

digitalen Spiegelreflexkamera für die Mikroblitzfotografie

Von Rainer Schubert

Vorbemerkungen

Es ist an dieser Stelle nicht beabsichtigt, digitale Spiegelreflexkameras (DSLR¹) mit digitalen Kompaktkameras (DKK) hinsichtlich ihrer Eignung für die Mikrofotografie zu vergleichen und zu beurteilen. Aus meiner Sicht ist keines der beiden Systeme generell besser oder schlechter geeignet. Es gibt unterschiedliche Vor- und Nachteile (s. Tabelle 1) und die Wahl der optimalen Lösung hängt vom Anwendungsfall und von subjektiven Kriterien ab. Diese spielen vor allem dann eine Rolle, wenn das Budget begrenzt ist oder die Kamera hauptsächlich für die normale Alltagsfotografie und nebenbei auch für das Mikroskop verwendet werden soll.

Tabelle 1: Unvollständige Liste der für die Mikrofotografie wichtigen Eigenschaften von DSLR und DKK in der Mikrofotografie

Eigenschaften	DSLR	DKK
Adaption ans Mikroskop	Möglich, i. d. R. standardisiert	Möglich, unterschiedlich aufwändig, teilweise unmöglich
Bildqualität	Sehr gut	Gut bis sehr gut, deutlich stärkerer Rauschanteil
Optik	Gehäuse kann ohne „störendes“ Fotoobjektiv verwendet werden	Es muss immer durch das fest eingebaute (Zoom-)Objektiv fotografiert werden. Ausnahme: Lösung nach R. Nötzel und K. Henkel [1].
Erschütterungen bei Aufnahme	Ja; durch Spiegel und Verschluss	Nein
TTL ² -Blitzsteuerung	Ja; nur bei wenigen Modellen fürs Mikroskop geeignet	Selten; bisher nirgendwo fürs Mikroskop geeignet (Stand: Herbst 2004)
Live-Bild auf Kameradisplay	Nein	Ja
Scharfstellung durch Kamerasucher nach Luftbildmethode	Teilweise; Voraussetzung: Entsprechende Sucherscheibe	Nein
Fernsteuerung vom PC	Teilweise	Teilweise

In der folgenden Darstellung geht es vor allem um die Frage, ob in einer „klassischen“ Konfiguration mit analoger Spiegelreflexkamera und TTL²-gesteuertem Mikroblitz der Einsatz einer digitalen SLR möglich und sinnvoll ist.

¹ SLR von engl. „single lens reflex“ = Einäugige Spiegelreflex (Kamera)

² TTL von engl. „through the lens“, = Belichtungsmessung durch das Objektiv.

1. Welche Digitalen Spiegelreflexkameras eignen sich für die Mikroblitzfotografie?

Für die Kombination einer analogen Spiegelreflexkamera mit einem Mikroblitz sind die entscheidenden Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Kamera in [2-9] beschrieben. Ein ganz wesentliches Merkmal ist dabei die Fähigkeit der Kamera zu einer automatischen TTL-Belichtungssteuerung des Blitzes. Damit diese Blitzautomatik handhabbar wird, gehört auch die Möglichkeit einer Belichtungskorrektur für diese Blitzbetriebsart dazu.

Warum ist TTL-Blitzsteuerung wichtig?

Auch das ist detailliert in der oben genannten Literatur motiviert worden: Bei einem Mikroblitz nutzt der Automatik-Modus eines Blitzgerätes überhaupt nichts, weil dessen Messzelle kein Licht aus dem Beleuchtungsstrahlengang des Mikroskops empfangen kann. Da die fotografierten Präparate und Objekte typischerweise sehr unterschiedlich in Dichte, Helligkeit und Kontrast sind, und da sich die Beleuchtungsverhältnisse je nach gewählter Objektiv/Okular-Kombination sowie der Einstellung von Leuchtfeld- und Aperturblende ständig ändern, ist es auch ein praktisch aussichtsloses Unterfangen, die richtige Blitzdosierung durch experimentelles Verändern der Parameter im manuellen Blitzmodus bestimmen zu wollen. Das ist bei bewegten Objekten sogar völlig unmöglich!

Die automatische TTL-Blitzsteuerung ist also für die Mikroblitzfotografie unabdingbar, will man nicht Unmengen von Film belichten, um rein zufällig einmal ein korrekt belichtetes Bild aus dem Labor zurück zu bekommen.

Hier sei allerdings angemerkt, dass die Kombination einer DSLR mit der sofortigen Kontrolle der Bilder am PC diese Aussage etwas relativiert. Wer ausschließlich statische Objekte fotografieren möchte und viel Zeit hat, kann mit dieser Technik solange herumprobieren, bis die Belichtung stimmt – die Wartezeit und die Kosten für die Filmentwicklung entfallen hier. Allerdings stellt sich für eine solche Situation die Frage, ob man überhaupt einen Mikroblitz braucht und nicht vielleicht mit einer digitalen Kompaktkamera besser bedient ist.

TTL ist nicht gleich TTL

Bei einer analogen Kamera ist die TTL-Blitzbelichtungsmessung typischerweise so realisiert, dass eine Messzelle während der Belichtung das vom Film reflektierte Licht misst. Durch den Wegfall des Films in einer digitalen Kamera ist dieses Verfahren hier nicht mehr möglich.

Es scheint sehr schwierig zu sein, die normale TTL-Blitzmessung auch ohne Film als Reflexionsmedium technisch zu realisieren, die Reflexionseigenschaften des CCD-Chips sind wohl nicht sonderlich geeignet. Jedenfalls haben bisher nur zwei Hersteller, Fuji und Pentax, diesen Versuch überhaupt gemacht. Der Gedanke liegt nahe, den Sensor selbst zum Messen zu benutzen. Das funktioniert aber nicht während der eigentlichen Aufnahme, da der Chip während der Belichtung nicht ausgelesen werden kann.

Studiert man nun die (immer spärlicher werdenden) technischen Informationen zu den aktuellen DSLR Modellen der verschiedenen Hersteller, so trifft man dort für die Blitzsteuerung auf Begriffe wie E-TTL, D-TTL, E-TTL2, ADI-TTL etc. Im ersten Moment könnte man meinen, dass die Kameras alle eine TTL-Blitzbelichtungsmessung besäßen und daher problemlos auch den Mikroblitz steuern könnten. Das ist leider ganz und gar nicht der Fall! Nach meinem jetzigen Kenntnisstand (März 2005) verbirgt sich bei allen Herstellern hinter diesen speziellen „X“-TTL Methoden eine Blitzlichtmessung auf dem Sensor durch einen kurz vor der eigentlichen Aufnahme abgegebenen Messblitz (Vorblitz; nicht zu verwechseln mit den „Rote-Augen-Reduzier-Blitzen“). Hierzu muss ein sehr exaktes Zusammenspiel zwischen Kamera und Blitzgerät gewährleistet sein. Diese Herausforderung an die Elektronik in beiden Geräten haben die Hersteller jeweils spezifisch gelöst. Daher sind diese „X“-TTL Messmethoden auch immer nur mit bestimmten, herstellerspezifischen Blitzgeräten möglich und deshalb auch kaum noch an das Metz-SCA-System anzupassen. Metz hat seit dem Aufkommen dieser Techniken auch mit der Entwicklung der sogenannten „dedicated“ Blitzgeräte begonnen, die nur herstellerspezifisch lieferbar sind.

Nun wären diese Techniken ja noch kein Ausschlusskriterium für die Mikroblitzfotografie – ein solcher, kaum wahrnehmbarer Vorblitz würde nicht unbedingt stören. Das Problem ist aber, dass bei allen Herstellern diese Messmethoden zusätzliche Informationen vom Autofokussystem heranziehen und deshalb nur mit bestimmten vom Hersteller vorgeschriebenen Objekti-

ven funktionieren. Sie funktionieren *grundsätzlich nicht* mit Objektiven mit manueller Scharfstellung und erst recht nicht an einem T2-Adapter für den Fototubus am Mikroskop!

Damit sind momentan tatsächlich nur drei DSLR-Kameras am Markt, die mit einem Mikroblitzgerät im TTL-Modus betrieben werden können: Die *Finepix S2 pro* von FUJI sowie die beiden PENTAX-Modelle **istD* und **istDs*. Die aktuellen Modelle von Canon, Konica-Minolta, Olympus, Nikon, Sigma und Kodak fallen hier komplett aus. Sie besitzen herstellerspezifische Blitzsteuerungen, die nicht Metz-kompatibel, wahrscheinlich sogar für einen Mikroblitz generell nicht zu verwenden sind.

Fuji hat die normale TTL-Technik in der *S2 pro* wohl nicht in den Griff bekommen (s. z. B. Diskussionen im [Fuji-Forum](#) im Internet), konsequenterweise beim Nachfolgemodell *S3 pro* ganz darauf verzichtet und stattdessen die Nikon D-TTL Technik mit Vorblitz eingebaut. Bei dem ersten Pentax DSLR-Modell **istD* gab es ebenfalls Probleme, allerdings arbeitet die Technik einwandfrei bei ISO 400 und ist mit einer konstanten Belichtungskorrektur auch bei ISO 200 zu verwenden. Die Funktionen und (geringeren) Einschränkungen bei der **istDs* werden im folgenden beschrieben.

Wie finde ich heraus, ob eine bestimmte Kamera geeignet ist?

Da die Hersteller in immer kürzeren Abständen neue Modelle auf den Markt bringen, kann sich die momentan dürftige Auswahl an geeigneten DSLR ständig verbessern (die Hoffnung stirbt zuletzt...). Allerdings ist es nicht ganz leicht, den Überblick zu behalten und wegen der immer weniger aussagekräftigen technischen Informationen der Hersteller auch sehr aufwändig, herauszufinden, was die Kamera nun wirklich kann. Daher ein Hinweis, wie man die TTL-Fähigkeiten eines Modells relativ schnell und sicher bestimmen kann.

Auf der Web-Site von Metz (<http://www.metz.de>) ist es möglich, sich für eine Kamera den passenden SCA-Adapter suchen zu lassen („SCA-Adaptersuche“). Hier wählt man nach Auswahl von Hersteller und betreffendem Kameramodell ein Blitzgerät, das auf jeden Fall TTL fähig ist (z.B. das Spitzenmodell 70 MZ-5) und bekommt dann den passenden Adapter sowie eine Tabelle gezeigt, die alle unterstützten Funktionen aufführt. Wenn hier nicht explizit ein „stinknormaler“ TTL-Modus dabei ist, dann kann man davon ausgehen, dass die Kamera keinen besitzt und deshalb auch nicht mit einem Mikroblitzgerät betrieben werden kann. Leider wird man die allerneuesten Kameramodelle hier erst verspätet finden, da Metz diese zunächst selbst „entschlüsseln“ muss. Die Aussagen, die man auf diese Weise bekommt, sind sehr verlässlich, da man davon ausgehen kann, dass Metz einen normalen TTL-Modus einer Kamera auch an das eigene SCA-System adaptieren kann und will. Man kann sich dann auch mit seiner E-Mail Adresse in eine Liste eintragen, so dass man benachrichtigt wird, sobald das Metz-Labor die Kamera analysiert hat.

2. Ausgangssituation

Abbildung 1 zeigt den *bisher* von mir benutzten Aufbau zur Mikrofotografie: Eine analoge SLR (klassischerweise eine Olympus OM, hier eine Ricoh XR-X) ist über einen T2-Adapter und Fototubus mit Projektiv an den Trinokulartubus eines Mikroskops mit Endlich-Optik angeschlossen. Die Steuerung des im Mikroskopfuß eingebauten SCA300-kompatiblen Metz-Blitzgerätes erfolgt über den passenden SCA-Adapter und das Metz-Verbindungskabel SCA 307A. Die Auslösung erfolgt über einen Fußschalter.



Abbildung 1:

Mein bisheriger, analoger Aufbau.

- 1 analoge SLR,
- 2 Fototubus mit Projektiv 4:1,
- 3 Metz Adapter SCA 364 mit aufgestecktem...
- 4 ...Verbindungskabel SCA 307A,
- 5 elektrischer Fernauslöser mit Fußschalter (liegt nur für dieses Foto auf dem Tisch),
- 6 Schaltnetzteil für das Blitzgerät,
- 7 Bedienpult für das Blitzgerät.

Nicht sichtbar ist das im Mikroskopfuß eingebaute Blitzgerät, ein demontiertes Metz 30TTL-1(i), dessen Anzeigen und Schalter ins Bedienpult ausgelagert sind.

Diese meine Konfiguration ist sicherlich nur eine von vielen Möglichkeiten – Überlegungen zu möglichen anderen Ausgangssituationen finden sich im Abschnitt 11. Die Grundlagen zur Mikroblitzfotografie sind in [2-8] ausführlich beschrieben.

3. Die Kamera *Pentax *istDs*

Aus der beschriebenen Konfiguration ergeben sich eine absolute und eine sehr wünschenswerte Voraussetzung für den Ersatz der analogen Kamera durch eine digitale SLR: Die Kamera muss eine „normale“ TTL-Blitzsteuerung besitzen, und es sollte möglichst einen passenden Adapter für das SCA-System von Metz geben. Diese Voraussetzungen werden, wie schon in Abschnitt 1 ausgeführt, nur von ganz wenigen der aktuellen digitalen Kameras erfüllt. Ich habe mich jedenfalls nach längerer Suche für die *Pentax *istDs* entschieden (s. Abbildung 2). Die folgenden Aussagen über diese Kamera sind, soweit ich es überblicke, weitgehend auch für die **istD* gültig. Die wichtigen Eigenschaften der *Pentax *istDs* für die Mikrofotografie sind:

1. Neben dem spezifischen P-TTL-Modus (siehe auch Abschnitt 1) gibt es einen ganz normalen TTL-Blitzmodus, und nur dieser ist für einen Mikroblitz geeignet.
2. Es existiert ein Metz-SCA-Adapter Nr. 3702 zum direkten Anschluss an alle SCA3000er Blitze.
3. Eine Spiegelvorauslösung (SVA) ist möglich durch die Einstellung des Selbstauslösers auf 2 sec Vorlaufzeit. Der Spiegel wird dann nach Auslösung hochgeklappt, es ertönt ein akustisches Signal bis 2 sec später der Verschluss geöffnet wird.
4. Der CCD-Sensor verfügt über 6 Megapixel, entsprechend 3008x2008 Pixel auf einer Fläche von 15,7 x 23,5 mm. Das Bildrauschen ist insbesondere im Vergleich zu einer digitalen Kompaktkamera systembedingt gering. Als Dateiformate stehen JPEG und ein verlustfreies RAW-Format zur Verfügung.

5. Die Kamera ist über Kabel, Infrarot-Fernsteuerung (dann aber ohne SVA) und USB-Kabel und PC auslösbar (dann auch mit automatischem Download des gerade geschossenen Bildes auf den Rechner).
6. Die Sucherscheibe ist wechselbar. Es gibt allerdings momentan im Zuberhörprogramm keine Klarsichtscheibe mit Fadenkreuz, die zur Fokussierung am Mikroskop besonders gut geeignet wäre [9]. (Im Internet sind aber Berichte zu finden, nach denen man Sucherscheiben für ältere Pentax-Modelle umarbeiten kann, damit sie für die **istD(S)* passen.)
7. Zur Stromversorgung können Lithium-Ionen-, normale Mignon-Batterien (4x) oder entsprechende Akkus (Ni-Cd, Ni-MH) verwendet werden. Für längere Sitzungen kann man die Kamera auch an einem Steckernetzteil betreiben (6,5 Volt; teuer bei Pentax, günstig bei den typischen Elektronik-Versendern).
8. Die Kamera ist sehr kompakt und angeblich die zur Zeit kleinste DSLR, wodurch der „Störfaktor“ am Mikroskop minimiert wird.
9. Die Kamera ist weitgehend kompatibel auch mit „uraltem“ Pentax-Zubehör – das hat unter anderem zur Folge, dass alle „modernen“ Funktionen abschaltbar sind. Daher gibt es z.B. keine Probleme mit nicht vorhandenen Autofokus(AF)- und Blenden-Kontakten am Mikroskopadapter. (Ein hier nicht so wichtiger Nebenaspekt ist, dass auch wirklich alte Objektive und Makroalgen etc. für das Pentax-K-Bajonett ohne AF und ohne Automatikblende weiterhin mit Einschränkungen verwendbar sind).

Für weitere Informationen sei auf die Hersteller-Seite (www.pentax.de) und die einschlägigen Foren (z.B. <http://www.digitalfotonetz.de/>) im WWW verwiesen.



Abbildung 2: Die verwendete Pentax **istDs* mit Streichholzschachtel zum Größenvergleich.

4. Adaption an das Mikroskop und an das Blitzgerät

Die Kamera kann über einen T2-Adapter an die entsprechenden Mikroskopadapter angeschlossen werden. Wie man das fachgerecht macht, ist in der Mikrofilbel von Klaus Henkel ausführlich beschrieben [5]. In meinem Fall wird die bisher schon für die analoge Kamera benutzte Technik mit Fototubus und Fotoprojektiv verwendet. Die Pentax schaltet beim Anschluss des T2-Adapters automatisch den Autofokus komplett ab. Da ich bereits für die analoge Ricoh-Kamera einen Pentax-kompatiblen T2-Adapter benutzt hatte, konnte ich Kamera und Mikroskop ohne Änderungen sofort verheiraten.

Zum Anschluss der Kamera an das Metz Blitzsystem ist ein passender SCA-Adapter notwendig. Die folgende Beschreibung schildert meinen ursprünglichen Aufbau bei Verwendung des aktuellen Adapters SCA 3702. Inzwischen konnte ich auch den "alten" SCA 372 testen, der eigentlich für die Verwendung mit den älteren analogen Kameras von Pentax gedacht ist. Überraschenderweise funktioniert der TTL-Blitzbetrieb an der **istDs* auch mit diesem Adapter, lediglich weitergehende Funktionen, wie z.B. das Übertragen der Objektivbrennweite an ein Blitzgerät mit Motorzoom sind nicht verfügbar. Wer also den SCA 372 noch auftreiben kann oder ihn ohnehin schon besitzt, kann bei Verwendung eines 300er Blitzgerätes den Aufbau stark vereinfachen. Es ist dann lediglich das Metz Entfesselungs-Kabel SCA 307A nötig, um Kamera und Blitzgerät zu verbinden. Der aktuelle Adapter SCA 3702 wird von Metz zwar nur für die **istD* angegeben, funktioniert aber für den normalen TTL-Modus anstandslos auch an der **istDs*. Ich vermute, dass die von Metz angekündigte Entwicklung eines speziellen Adapters für die **istDs* vor allem die Funktionen des herstellerspezifischen P-TTL betrifft.

Der Adapter SCA 3702 ermöglicht den direkten oder entfesselten Anschluss eines SCA300er-kompatiblen Blitzgerätes. Wer wie ich ein SCA300er-kompatibles Blitzgerät benutzt, braucht

noch einiges Zubehör von Metz. Zunächst wird auf den SCA 3702 an der Kamera ein SCA 3000C gesteckt. Dieser Adapter führt die Steuerkontakte über ein Spiralkabel auf einen Stecker, für den man dann zwei Möglichkeiten der Weiterführung hat:

1. Der Adapter SCA 300E nimmt den Stecker des SCA 3000C auf und kann dann direkt oder über das Entfesselungskabel SCA 307A in die Adapter-Aufnahme der Metz 300er Blitzgeräte gesteckt werden.
2. Man kann den Stecker des SCA-3000C auch an den Metz Power Griff G15 anschließen und dann auf diesen direkt oder über das Entfesselungskabel SCA-307A das 300er Blitzgerät stecken.

Da ich den Power Griff ohnehin schon für meine alte Ricoh besaß, habe ich mir die zusätzliche Geldausgabe für einen SCA 300E gespart und die zweite Möglichkeit gewählt. Abbildung 3 zeigt diese Konfiguration.

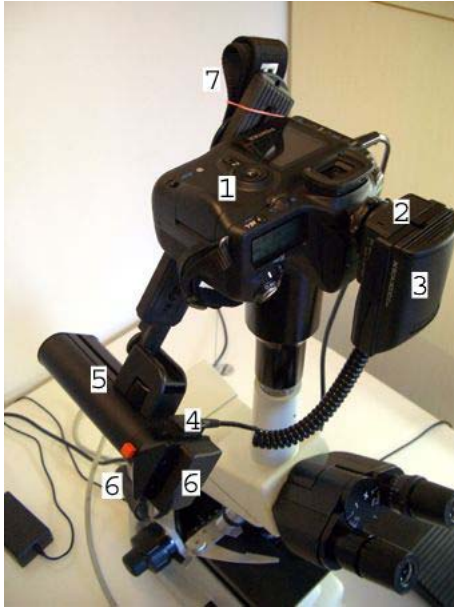


Abbildung 3: Der Anschluss der Kamera an ein Metz 300er Blitzgerät.

- 1 Kamera Pentax **istDs*
- 2 Metz Adapter SCA 3702
- 3 Metz Adapter SCA 3000C (« vermittelt » zwischen 3000er und 300er System)
- 4 Stecker des SCA 3000C
- 5 Metz Power Griff G15 (alternativ kann hier ein SCA 300E benutzt werden)
- 6 Kabel SCA 307A, angeschlossen am Power Griff. Unten sichtbar das Spiralkabel, das zum Blitzgerätanschluss an der Rückseite des Mikroskops läuft.
- 7 Kameragurt mit Gummiband an der Schiene des G15 befestigt (hier nur aufgeführt um Verwirrung zu vermeiden)

Der Adapter SCA 3702 ermöglicht verschiedene Einstellungen (z.B. Synchronisation auf den zweiten Verschlussvorhang etc.). Ich habe ihn bisher nur in der „Normalstellung“ betrieben, da die anderen Einstellungen für die Mikroblichtfotografie belanglos sind. Ich vermute jedoch, dass es mit ihnen Probleme geben kann, da sie auf die **istD* und nicht auf die **istDs* abgestimmt sind.

Hat man schließlich alles nach Metz-Anleitung zusammengeschaltet, das Blitzgerät auf TTL-Betrieb gestellt und Kamera und Blitzgerät eingeschaltet, so wird die Blitzbereitschaft korrekt im Display und im Sucher der Kamera angezeigt.

Den technischen „Maximal-Aufbau“ mit Rechner-Steuerung und Netzanschluss der Kamera zeigt Abbildung 4.

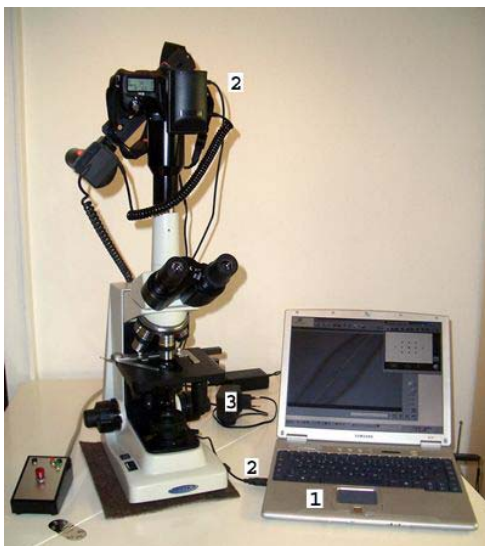


Abbildung 4: Der Aufbau mit Rechnersteuerung und Netzanschluss der Kamera.

- 1 Notebook mit Steuer-Software.
- 2 USB-Verbindung
- 3 Steckernetzteil für Kamera.

Sonstiger Aufbau wie in Abbildung 1 und 3

5. Kleinbildfilm vs. CCD-Sensor

Tauscht man den bewährten Kleinbildfilm gegen einen digitalen Bildsensor, stellt sich zunächst die Frage, ob sein endliches Auflösungsvermögen ausreicht, um das von einem gegebenen abbildenden System (Objektiv + Okular/Projektiv) von Objektiv und Projektiv auf den Sensor projizierte Bild verlustfrei abzutasten. Um das zu beantworten, müssen beide Auflösungen, die des Bildes und die des Sensors bestimmt und verglichen werden. Beide Größen können grundsätzlich berechnet (genauer: abgeschätzt) werden (s. z.B. [5,10,11]).

Das Auflösungsvermögen des Sensors

Abweichend von den Überlegungen von HUSEMANN in [10] soll hier eine etwas pessimistischere, dafür aber sicherere Abschätzung für das Auflösungsvermögen des CCD-Sensors benutzt werden. Aus dem Abtasttheorem folgt direkt, dass das maximale Auflösungsvermögen eines digitalen Sensors dem doppelten Pixelabstand entspricht. Dies gilt aber strenggenommen nur für kreisförmige Pixel. Ausgehend von einer für CCD-Chips typischen quadratischen Form der Pixel, liegen die aufzulösenden Bildpunkte im schlechtesten Fall auf der Pixeldiagonalen. Das Auflösungsvermögen entspricht daher angenähert der doppelten Pixeldiagonalen. Für den *Pentax*-Sensor ergibt sich diese Strecke $2 \cdot p_{diag}$ mit $Z = 3008 \times 2008 \text{ Pixel} = 6040064$ auf einer Fläche von $a=23,5 \text{ mm} \times b=15,7 \text{ mm}$ als:

$$2 \cdot p_{diag} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{a \cdot b}{Z}} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{23500 \mu\text{m} \cdot 15700 \mu\text{m}}{6040064}} = 22 \mu\text{m} .$$

Diese Auflösung stellt die rechnerische Nyquistgrenze des Sensors dar, wird aber aus verschiedenen Gründen in der Praxis nicht erreichbar sein. Die Einflussfaktoren sind vielfältig, und hier sollen nur die wichtigsten genannt werden:

1. Die einzelnen Pixel des Sensors messen nur jeweils eine der Farben Rot, Grün oder Blau. Die „fehlenden“ zwei Farben müssen aus den Messwerten der Umgebungspixel interpoliert werden. Die lokale Auflösung hängt also von der Verteilung der spezifischen Pixel auf dem Sensor, der Software zur Interpolation und von der Farbverteilung des Motivs ab.
2. Das Erreichen der maximalen Auflösung hängt davon ab, dass ein ausreichender Kontrast die Unterscheidung benachbarter Strukturen ermöglicht. Der wiederum ist u. a. abhängig vom Signal-Rausch-Abstand. Dieser hängt wiederum von verschiedenen Faktoren ab – insbesondere aber von der Temperatur und der Empfindlichkeitseinstellung (eingestellter ISO-Wert).
3. Die Auflösung wird auch durch den Antialiasing-Filter verschlechtert, einen dünnen, gläsernen Low-Pass-Filter, der vor dem Sensor angebracht ist, um Aliasing-Effekte (s. a. Abschnitt 10) zu vermindern, der dabei aber auch die Auflösung herabsetzt.
4. Die Kamerasoftware nimmt verschiedene Korrekturen, wie Kontrastveränderungen, Nachschärfungen etc. vor, die Auswirkungen auf die resultierende Auflösung haben.

Das errechnete Auflösungsvermögen soll daher für die folgenden Überlegungen mit einem Sicherheitsfaktor von 2 beaufschlagt werden. Die geschätzte Auflösung³ des Sensors ist dann

$$d_{\text{Sensor}} = 44 \mu\text{m}$$

Dieser Wert stellt zunächst eine relativ willkürliche Annahme dar. Die tatsächliche Auflösung des Sensors ist aufgrund der o. g. vielfältigen Einflussfaktoren letztlich nicht exakt zu errechnen und muss für den konkreten Fall messtechnisch ermittelt werden. Solche Messungen nehmen z. B. die Fotomagazine für ihre Kamerateests vor. Das Magazin *ColorFoto* lässt beispielsweise die Auflösung einer Kamera mit einem bestimmten Objektiv durch die Aufnahme von Siemenssternen bei unterschiedlichen Einstellungen des ISO-Wertes und des Objektivs messen. Als maximale Auflösung wird der Wert angegeben, bei dem noch 10% des Ausgangskontrastes des Motivs abgebildet werden. Für die *Pentax *istDs* wurden so Maximalwerte von 822 bzw. 823 Linienpaaren pro Bildhöhe für die ISO-Einstellungen 200 bzw. 400 ge-

³ Üblicherweise wird die Auflösung als Kehrwert des kleinsten Abstandes noch zu trennender Punkte angegeben. Hier und im folgenden soll zur einfacheren Darstellung mit Auflösung der nicht invertierte Abstand bezeichnet werden.

messen (s. *ColorFoto* 2/2005). Dies entspricht einer Auflösung von 19 µm. Die Abweichung zu den oben errechneten 22 µm erklärt sich daraus, dass *ColorFoto* einen Mittelwert für acht Richtungen bildet, während die 22 µm für den schlechtesten Fall, die Pixeldiagonale, gelten. Obwohl in die Messergebnisse von *ColorFoto* auch die Eigenschaften des Objektivs eingehen, die mit den Verhältnissen am Mikroskop nicht direkt vergleichbar sind, zeigen sie doch, dass die Abschätzung mit 44 µm einen sicheren, praxisrelevanten Wert darstellt, wobei noch Reserven möglich sind.

Abschätzung der Bildauflösung für verschiedene Kombinationen von Objektiv und Okular/Projektiv

Die Auflösung des auf den Sensor projizierten Bildes hängt vom Auflösungsvermögen des verwendeten Objektivs und vom Abbildungsmaßstab der Projektion ab.

Der von einem Objektiv im Objekt auflösbare Abstand zweier Punkte ergibt sich als:

$$d_{\text{objektiv}} = k (\lambda / A) \quad (1)$$

A ist die numerische Apertur des Objektivs, λ die Wellenlänge des Lichts und k ein Faktor zur Abschätzung der Abhängigkeit des Auflösungsvermögens von der Kohärenz des Lichtes und der Kontrastempfindlichkeit des Empfängers. HUSEMANN benutzt in [10] für k das RAYLEIGH-Kriterium (0,61), das auch gut mit der Theorie von ABBE (0,6) übereinstimmt. Dieser Wert ist für die Praxis wahrscheinlich zu optimistisch - hier soll aber bewusst der oben gemachten pessimistischen Abschätzung für die Sensorauflösung eine optimistische Abschätzung der Bildauflösung entgegengesetzt werden. Die so gewonnenen Aussagen sind dann auch in der Praxis sicher realisierbar und bieten eventuell noch Reserven.

Für λ setzt man bei Verwendung von weißem Licht die Wellenlänge 0,55 µm ein, die dem (grünen) Empfindlichkeitsmaximum des menschlichen Auges entspricht. Diese Annahmen sind relativ willkürlich, für eine genauere Abschätzung müssten allerdings quantitative Daten über die Kontrastempfindlichkeit des CCD-Sensors, sowie deren Frequenzabhängigkeit benutzt werden, die mir nicht bekannt sind.

Betrachten wir nun als Beispiel das für einige der gezeigten Aufnahmen verwendete Objektiv 40:1/0,95, so ergibt sich:

$$d_{\text{objektiv}} = 0,61 (0,55 \mu\text{m} / 0,95) = 0,35 \mu\text{m}$$

Der kleinste Abstand zweier Punkte im darzustellenden Objekt, unter dem sie noch als getrennte Punkte vom Objektiv abgebildet werden können, beträgt also 0,35 µm. Wichtig: Dieser Wert stellt eine Grenzwertabschätzung dar. Er kann zwar zufällig einmal lokal erreicht werden, die Auflösung ist insgesamt aber durch das Abtasttheorem begrenzt; d. h. bei der hier vorausgesetzten Verwendung einer Abtastfrequenz mit einer Wellenlänge von 0,55 µm ist die maximal realisierbare globale Auflösung bei 1,1 µm erreicht. Legt man trotzdem den rechnerischen Grenzwert von 0,35 µm zugrunde, so wird dieser Abstand dann entsprechend dem Abbildungsmaßstab des aus Objektiv und Okular/Projektiv bestehenden bildgebenden Systems auf den Sensor projiziert.

Die projizierte Strecke ergibt sich bei bekanntem Abbildungsmaßstab M_{ges} als

$$d_{\text{Bild}} = d_{\text{Objektiv}} \cdot M_{\text{ges}} \quad (2)$$

Bei Verwendung eines Projektivs, das ein reelles Bild auf dem Chip erzeugt, ergibt sich M_{ges} als aus dem Produkt der Abbildungsmaßstäbe von Objektiv und Projektiv sowie dem Tubusfaktor T :

$$M_{\text{ges}} = M_{\text{obj}} \cdot T \cdot M_{\text{proj}} \quad (3)$$

Da Okulare im Gegensatz zu Projektiven kein reelles Bild erzeugen, für das ein Abbildungsmaßstab angegeben werden könnte, ergibt sich M_{ges} in diesem Fall aus dem Produkt von Abbildungsmaßstab des Objektivs, Tubusfaktor, Vergrößerung des Okulars und dem Verhältnis der Kameralänge k (typischerweise 125 mm) zur „konventionellen Sehweite“ (250 mm):

$$M_{\text{ges}} = M_{\text{obj}} \cdot T \cdot V_{\text{oku}} \cdot k/250 \quad (4)$$

Legen wir als Beispiel das o. g. Objektiv und ein Projektiv⁴ mit einem Abbildungsmaßstab von 4:1 sowie einen Tubusfaktor von 1,0 zugrunde, so ergibt sich mit (3):

⁴ Bei Verwendung eines Okulars ergibt sich im Vergleich zum Projektiv durch den konstanten Term $k/250$ [mm] = 0,5 (bei einer typischerweise benutzten Kameralänge von 125 mm) der jeweils gleiche Abbil-

$$M_{ges} = 40 \cdot 1,0 \cdot 4:1 = 160:1$$

Damit wird der oben errechnete kleinste, auflösbare Abstand im Objekt von $0,35 \mu\text{m}$ nach (2) als $0,35 \mu\text{m} \cdot 160 = 56 \mu\text{m}$ lange Strecke auf dem Sensor abgebildet:

$$d_{Bild} = 56 \mu\text{m}$$

Daraus folgt, dass für dieses Beispiel mit Objektiv 40:1/0,95 und Projektiv 4:1 das Auflösungsvermögen des Sensors ($44 \mu\text{m}$) ausreicht, um das projizierte Bild mit einer Auflösung von $56 \mu\text{m}$ verlustfrei abzutasten.

Nach diesem Schema kann die Auflösung des projizierten Bildes bei beliebigen Kombinationen aus Objektiv und Projektiv/Okular abgeschätzt und mit dem Auflösungsvermögen des Sensors verglichen werden.

Das Auflösungsvermögen der Pentax *istDs am Mikroskop

Das Auflösungsvermögen des Sensors liegt rechnerisch bei $22 \mu\text{m}$. Dieser theoretische Wert wird in der Praxis kaum erreicht werden. Daher soll hier vom doppelten Wert, einem Auflösungsvermögen von $44 \mu\text{m}$ ausgegangen werden (siehe oben). Es wird also ein Auflösungsvermögen des Sensors angenommen, das sicher ausreicht, um ein auf ihn projiziertes Bild verlustfrei abzutasten, wenn dessen Auflösung nicht besser ist als $44 \mu\text{m}$.

Die Auflösung des auf den Sensor projizierten Bildes hängt vom bildgebenden optischen System ab. Die Bildauflösung für verschiedene Kombinationen von Objektiv und Okular/Projektiv kann, wie oben ausgeführt, abgeschätzt werden. Tabelle 2 listet die Werte für verschiedene gängige Kombinationen auf.

Tabelle 2:

Berechnete Bild-Auflösungen d_{Bild} in μm bei unterschiedlichen Objektiv/Projektiv-Kombinationen.

↓ Objektiv / Projektiv →	3,2:1	4:1	6,3:1	10:1
100:1 / 1,25	85,89	107,36	169,09	268,40
63:1 / 1,40	48,30	60,38	95,12	150,95
40:1 / 0,95	45,18	56,48	88,96	141,20
20:1 / 0,50	42,94	53,68	84,55	134,20
10:1 / 0,30	35,79	44,73	70,45	111,83
5:1 / 0,10	53,68	67,10	105,68	167,75
2,5:1 / 0,08	33,55	41,94	66,05	104,85
1,25:1 / 0,03	44,73	55,92	88,07	139,79

Zur Interpretation: Der Sensor der Pentax *istDs hat ein angenommenes Auflösungsvermögen von $d_{Sensor} = 44 \mu\text{m}$. Wenn $d_{Sensor} \leq d_{Bild}$, dann bildet der Sensor das projizierte Bild ohne Informationsverlust ab.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Ausnahme der in der Tabelle grau unterlegten Kombinationen das Auflösungsvermögen des Sensors ausreicht. Die Bildauflösung ist aber auch bei den problematischen Kombinationen noch relativ weit entfernt von den rechnerisch möglichen $22 \mu\text{m}$ des Sensors – es wäre also auf jeden Fall ein Experiment wert, das tatsächliche Auflösungsvermögen des Sensors mit diesen Kombinationen zu testen. Leider fehlen mir (bisher) die dafür nötigen Objektive.

Zusammenfassend zeigt sich erwartungsgemäß, dass der Sensor nicht so gut zu den typischen Abstufungen der mikroskopischen Optiken passt wie der Kleinbildfilm. Objektive mit niedriger Vergrößerung und hoher nA (numerische Apertur) bringen den Sensor an seine Grenzen oder überschreiten sie sogar, wenn zur Erzielung höchster Auflösung die volle Objektivapertur genutzt wird. Das ist jedoch meist gar nicht der Fall. Dennoch sind die Möglichkeiten zur Fotografie von großflächigen Objekten mit sehr hoher Auflösung gegenüber dem

Abbildungsmaßstab, wenn die Vergrößerung des Okulars doppelt so groß ist, wie der Abbildungsmaßstab des Projektivs. Im obigen Beispiel wird der durch das Projektiv 4:1 erreichte Abbildungsmaßstab ebenfalls durch ein Okular mit einer Vergrößerung von 8x erreicht.

Kleinbildfilm eingeschränkt. Das ist aber auch nicht der typische Anwendungsbereich der Fotografie mit Mikroblitz. In Bezug auf das Auflösungsvermögen erscheint mir die Pentax daher für den überwiegenden Teil der Einsatzmöglichkeiten der Mikroblitzfotografie gut geeignet.

Die Größe des Sensors

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der meisten DSLR zu analogen Kleinbildkameras sind die im Vergleich zum Kleinbildformat kleineren Abmessungen der Sensorfläche. Abbildung 5 macht die Größenverhältnisse für den in der Pentax verwendeten Sensor anschaulich.

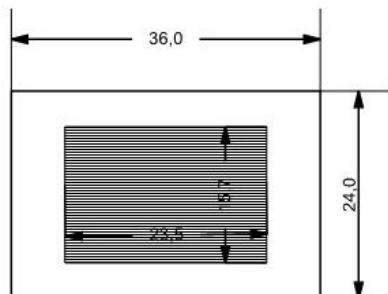


Abbildung 5:

Bildgröße des Kleinbildformats (24 x 36 mm) im Vergleich zur Größe des Kamerasensors (grau, 15,7 x 23,5 mm).

Bei gegebener Optik fängt der Chip nur einen Teil des Bildes auf, das auf einen Kleinbildfilm fällt. Ersetzt man lediglich die Kleinbild-SLR durch eine DSLR mit einem Sensor in der Größe gem. Abb. 5, ohne den Abbildungsmaßstab des bildgebenden Systems zu verändern, so werden die Seitenlängen des vom Sensor aufgefangenen Bildes nur 65 % der Kleinbildseitenlängen betragen und die Bildfläche nur 43 % der Kleinbildfläche. Die Bildauflösung ist in beiden Fällen die gleiche, das Sensorbild zeigt aber nur einen Ausschnitt des Bildes aus dem Kleinbildformat. Zum Vergleich listet Tabelle 3 die jeweils mit Sensor bzw. Kleinbildnegativ aufgefangenen Objektfelder auf.

Tabelle 3: Die von Sensor und Kleinbildformat jeweils abgebildeten Objektfelder bei verschiedenen Objektiv/Projektiv-Kombinationen.

Objektiv	Objektfeld in μm für Projektiv 3,2:1		Objektfeld in μm für Projektiv 4:1		Objektfeld in μm für Projektiv 6,3:1		Objektfeld in μm für Projektiv 10:1	
	KB	CCD	KB	CCD	KB	CCD	KB	CCD
100:1	75 x 113	49 x 73	60 x 90	39 x 58	38 x 57	25 x 37	24 x 36	16 x 24
63:1	119 x 178	78 x 116	95 x 142	62 x 93	60 x 91	39 x 60	38 x 57	25 x 37
40:1	188 x 281	123 x 184	150 x 225	98 x 147	95 x 143	62 x 94	60 x 90	39 x 59
25:1	300 x 450	196 x 294	240 x 360	157 x 235	153 x 229	100 x 150	96 x 144	63 x 94
20:1	375 x 562	245 x 367	300 x 450	196 x 294	191 x 286	125 x 187	120 x 180	79 x 118
16:1	467 x 703	306 x 459	375 x 563	245 x 367	238 x 357	156 x 234	150 x 225	98 x 147
10:1	750 x 1125	490 x 734	600 x 900	392 x 587	381 x 571	249 x 374	240 x 360	157 x 236
5:1	1500x2250	981x1469	1200x1800	785x1175	762x1143	500 x 748	480 x 720	314 x 471
2,5:1	3000x4500	1963x2938	2400x3600	1570x2350	1524x2286	997x1495	960x1440	628 x 942
1,25:1	6000x9000	3925x5875	4800x7200	3140x4700	3048x4571	1994x2990	1920x2880	1256x1884

Auch für die resultierenden Papierabzüge oder -ausdrucke der Bilder gilt: Bei gleicher Nachvergrößerung sind die Bilder vom Sensor um den Faktor 0,65 kleiner. Auch die obere Grenze der förderlichen Vergrößerung wird bei der Nachvergrößerung um den Faktor 0,65 eher erreicht. Aus technischer Sicht ist zu berücksichtigen, dass bei einer Ausgabe mit 300 dpi Ausdrucke bis ca. 18 x 24 cm ohne Interpolation möglich sind. Ob diese Ausgabeauflösung auch vollständig genutzt wird, hängt alleine von der möglichst optimalen Ausnutzung des Auflösungsvermögens des Sensors durch das bildgebende System (Objektiv und Projektiv) ab. Die Pixelgröße des Sensors (ca. 0,01 mm) erreicht die Korngröße von durchschnittlichen Kleinbildfilmen.

Sollte der Effekt stören, dass die zu fotografierenden Objekte nicht mehr wie gewohnt in die neue Bildgröße passen, so gibt es verschiedene Möglichkeiten, ihn zu vermeiden bzw. zu vermindern.

Die einfachste Lösung wäre eine DSLR mit Vollformatsensor. Diese sind aber nicht nur teuer, sondern bieten auch die nötige TTL-Blitzsteuerung nicht. Will man trotzdem mit den vorhandenen Objektiven die vom Kleinbildformat gewohnten Verhältnisse erreichen, so kann man versuchen, die optische Adaption der Kamera zu verändern, um das projizierte Bild vom

Kleinbildformat auf die Sensorgröße zu verkleinern. Hier bietet sich zunächst die Verwendung eines Projektivs mit entsprechend kleinerem Abbildungsmaßstab an. Wie Tabelle 3 zeigt, erzielt man damit annähernd die vom Kleinbildformat gewohnten Objektfelder beim Wechsel von 10:1 auf 6,3:1 und von 6,3:1 auf 4:1. Ähnliche Wirkung hätte es, würde man von 4:1 auf 2,5:1 wechseln. Wie aber Tabelle 2 zeigt, kann man schon mit dem Projektiv 3,2:1 an die Grenzen des Auflösungsvermögens des Sensors stoßen. Diese Methode ist also nur für Anwendungen gut geeignet, in denen keine großen Objektfelder fotografiert werden sollen.

Als weitere Möglichkeiten zur Anpassung der Bildgröße an die Sensormaße bieten sich an:

- Das Zwischenschalten einer Großfeldlinse. Diese Methode stellt die einzige Möglichkeit dar, wenn kein Projektiv zur Verfügung steht, sondern ein Fotookular (oder ein normales Okular mit entsprechender Anhebung im Tubus) verwendet werden soll.
- Die direkte Projektion des Bildes auf den Sensor, ohne Projektiv oder Okular. Diese Methode empfiehlt sich besonders bei Mikroskopen mit Unendlichoptik, weil hier das Okular oder Projektiv keinen Farbvergrößerungsfehler korrigieren muß.
- Die Verwendung eines Fotoobjektivs in der Kamera. Dadurch schafft man die gleiche Situation, die bei der Anpassung einer DKK gegeben ist. Die optische Adaption, die erzielbaren Effekte und der mögliche Qualitätsverlust hängen vom benutzten Fotoobjektiv ab. Es sei weiter auf die von Göke beschriebene Möglichkeit hingewiesen, einen fotografischen Telekonverter als negatives Projektionssystem zu benutzen [12].

Auch bei diesen Methoden gilt es, die Grenzen des Auflösungsvermögens des Sensors zu beachten. Weitere, hierbei wichtige Überlegungen und praktische Grenzen sind u. a. in [1] diskutiert worden und sollen hier nicht weiter vertieft werden.

Eine andere mögliche Vorgehensweise kann das Anpassen des visuellen Gesichtsfeldes an die veränderte Bildgröße sein. Dies könnte man durch das „Zurückschalten“ des Objektivrevolvers um eine Stufe (z.B. von gewohnten 100:1 auf 63:1) und das gleichzeitige „Hochschalten“ der Okulare (z.B. von 10x auf 16x) bewirken. Tabelle 3 zeigt, dass dies bei bestimmten Abstufungen der Objektive (z.B. 100, 63, 40, 25, 16, 10, 6, 4 etc.) und Okulare (10, 16, 25) ganz gut passt. Man erhält dann visuell und fotografisch ungefähr die vom Kleinbild bekannten Größenverhältnisse. Bei dieser Methode verringert man aber in der Regel die Auflösung (durch die geringere nA des schwächeren Objektivs) und begibt sich mit den stärkeren Okularen an die obere Grenze der förderlichen Vergrößerung. Dieses Verfahren wird daher für die meisten Anwendungen ungeeignet sein.

Es hängt daher letztendlich vom Anwendungsfall ab, welche Methode geeignet ist und ob die resultierenden Effekte tolerierbar, erwünscht oder ein Ausschlusskriterium sind. In meinem Fall sind die Einschränkungen eher gering, da ich kaum Übersichtsvergrößerungen benutze und für die Jagd im Wassertropfen vor allem mit den Objektiven 10:1, 20:1 und 40:1 Ciliaten und Rädertiere fotografieren möchte. Dafür ist das verringerte Bildfeld in der Regel keine Einschränkung, manchmal sogar ein Vorteil.

6. Blitzsteuerung

Für die eigentliche Belichtungsmessung stehen an der Pentax **istDs* grundsätzlich drei Modi zur Verfügung: Eine 16-Feld-Messung, eine mittenbetonte Integral- und eine Spotmessung. Beim Anschluss eines T2-Adapters ist jedoch nur die mittenbetonte Integralmessung möglich. Weiterhin können für die Blitzauslösung ein Auto- oder ein Manuell-Modus gewählt werden. Beim Auto-Modus entscheidet die Kamera, ob ein Blitz zugeschaltet wird und führt eventuell nur eine Aufhell-Blitzbelichtung durch. Im Manuell-Modus wird auf jeden Fall geblitzt. Alle in diesem Bericht gezeigten Blitzaufnahmen wurden im Manuell-Modus gemacht.

Die Kamera bietet zwei Möglichkeiten zur Korrektur der TTL-Blitzbelichtung. Die „normale“ Belichtungskorrektur im Bereich von -2 LW bis $+2$ LW wirkt unabhängig davon, ob ein Blitzgerät benutzt wird oder nicht. Sie ist bequem über eine Taste in der Nähe des Auslösers zu erreichen. Der gewünschte Korrekturwert wird bei gedrückter Taste am Wahlrad der Kamera eingestellt. Diese Korrekturfunktion hat jedoch ein schon von der Pentax **istD* bekanntes Problem geerbt: Die Korrektur im negativen Bereich, d.h. die Verminderung der Belichtung funktioniert für die TTL-Blitzsteuerung nicht korrekt. Der Effekt ist kaum bis gar nicht wahrnehmbar. Im Gegensatz zur **istD* gibt es aber bei der Pentax **istDs* eine zusätzliche Blitzbelichtungskorrektur. Diese ist über das Software-Menü erreichbar und ermöglicht Einstellungen von -2 LW bis $+1$ LW. Sie arbeitet auch im negativen Bereich einwandfrei.

Die Effekte von Blitzbelichtungs- und normaler Belichtungskorrektur addieren sich im positiven Bereich. Möchte man also eine Korrektur der Blitzbelichtung von + 2LW erreichen, so kann dies durch Einstellen der normalen Korrekturfunktion auf +2 LW geschehen, oder aber durch jeweils +1 LW für die normale und die Blitzbelichtungskorrektur. Bei +2 LW ist dann aber Schluß – auch bei einer Einstellung von +2 LW für die normale und +1 LW für die Blitzbelichtungskorrektur werden nicht etwa +3 LW erreicht, sondern nur die maximal möglichen +2 LW. Im negativen Bereich, also zur Abschwächung der Blitzbelichtung, wirkt vor allem die Blitzbelichtungskorrektur, während negative Einstellungen der normalen Korrektur kaum Effekt zeigen. Es ist aber möglich, die Blitzbelichtungskorrektur auf einen negativen Wert zu stellen und dann bei Bedarf durch positive Werte der normalen Korrektur wieder in den neutralen oder positiven Bereich zu korrigieren. Das funktioniert wie gesagt aber nur, solange die Summe innerhalb des Intervalls von +/- 2LW liegt.

Abbildung 6 zeigt den Effekt der Belichtungskorrektur bei einer eingestellten Empfindlichkeit von ISO 200 (obere Reihe) und ISO 400 (untere Reihe). Helligkeit und Kontrast der Bilder wurden nicht weiter digital verändert. Die Belichtung hängt offensichtlich auch von der ISO-Einstellung ab, die untere Reihe ist insgesamt etwas stärker belichtet.



Abbildung 6: Aufnahme eines Streupräparates von *Pleurosigma angulatum*, Objektiv 10:1/0,25. Obere Reihe: ISO-Einstellung 200, untere Reihe 400. Belichtungskorrektur von links nach rechts –2 LW, -1 LW, +/- 0 LW, +1 LW, +2LW

Pentax gibt für die normale TTL-Blitzsteuerung nur die beiden Empfindlichkeiten ISO 200 und ISO 400 als „optimal“ an. Abbildung 7 zeigt den Grund dafür: Bei höheren Empfindlichkeiten werden die Bilder überbelichtet. Bei ISO 800 bekommt man das gerade noch mit einer maximalen Korrektur von –2 LW halbwegs in den Griff, bei noch höheren ISO-Werten geht dann nichts mehr. Schaut man sich im Internet um, so findet man Berichte, nach denen dieses Problem schon bei der **istD* auftritt - hier funktioniert wohl nur ISO 400 problemlos. Das hängt nicht vom verwendeten Blitzgerät ab, denn es tritt sowohl mit Pentax- als auch bei Metz-Blitzgeräten auf, wenn sie im normalen TTL-Modus betrieben werden.



Abbildung 7: Einfluss der Empfindlichkeitseinstellung auf die Blitzbelichtungssteuerung. Von links nach rechts: ISO 800 ohne Korrektur; ISO 800 mit Korrektur –1 LW; ISO 800 mit Korrektur –2LW; ISO 1600 mit Korrektur –2 LW; ISO 3200 mit Korrektur –2LW.

Zusammenfassend sind nur die Empfindlichkeitsstufen ISO 200 und ISO 400 ohne Einschränkung brauchbar. Die leichten Unterschiede zwischen diesen beiden Stufen hat man schnell im Griff. Ich verwende bei ISO 400 normalerweise keine Korrektur, bei ISO 200 stelle ich auf +0,5 LW. Diese Grundeinstellungen müssen dann gegebenenfalls für sehr dichte oder „dünne“ Präparate verändert werden.

Die beiden ISO-Stufen 200 und 400 sind für die Fotografie von Wasserpräparaten im Hellfeld mehr als ausreichend. Mit meiner Konfiguration müssen zur Vermeidung von Überbelichtungen sogar Graufilter zwischengeschaltet werden, wenn ich schwächere Objektive benutze als das 40:1. Leider verfügt die Kamera nicht über eine akustische Warnung vor Fehlbelichtungen, und da CCD-Sensoren sehr viel empfindlicher mit Kontrastverlust auf Überbelichtungen reagieren als Filmemulsionen, ist hier Vorsicht geboten.

Ein wesentliches Ziel bei der Mikroblitzfotografie ist es, möglichst kurze Blitzzeiten zu erreichen. Daher ist es sehr schade, dass man für die Benutzung von starken Vergrößerungen, sehr lichtdichten Präparaten oder lichtschluckenden Beleuchtungs- und Kontrastverfahren die Einstellung ISO 800 nur eingeschränkt, die ISO 1600 und ISO 3200 Einstellungen überhaupt nicht verwenden kann. Eine Verdoppelung der Empfindlichkeitsstufe entspricht immerhin einer Verdoppelung der Leitzahl des Blitzgerätes. Da dieses Problem schon bei der länger auf dem Markt befindlichen **istD* bekannt ist und bisher nicht gelöst werden konnte, und da andere Hersteller die normale TTL- Blitzsteuerung offensichtlich gar nicht erst in Angriff nehmen, braucht man wohl nicht auf Abhilfe von Seiten des Herstellers, z. B. durch ein Firmware-Update, zu hoffen. Immerhin ist die Kamera mit den für normales Hellfeld völlig ausreichenden ISO-Einstellungen 200 und 400 problemlos, für ISO 800 mit Einschränkungen für einen TTL-gesteuerten Mikroblitz verwendbar und damit momentan einzigartig unter den DSLR.

7. Spiegelvorauslösung

Die Spiegelvorauslösung (SVA) ist so realisiert, dass man neben dem normalen Selbstauslöser mit 12 Sekunden Vorlaufzeit auch die Möglichkeit hat, eine Vorlaufzeit von 2 s zu wählen. In diesem Modus klappt bei Auslösung der Spiegel hoch und erst 2 s später wird belichtet. Den Vorteil der SVA für die Mikrofotografie zeigen die Abbildungen 8 a bis 8 d.

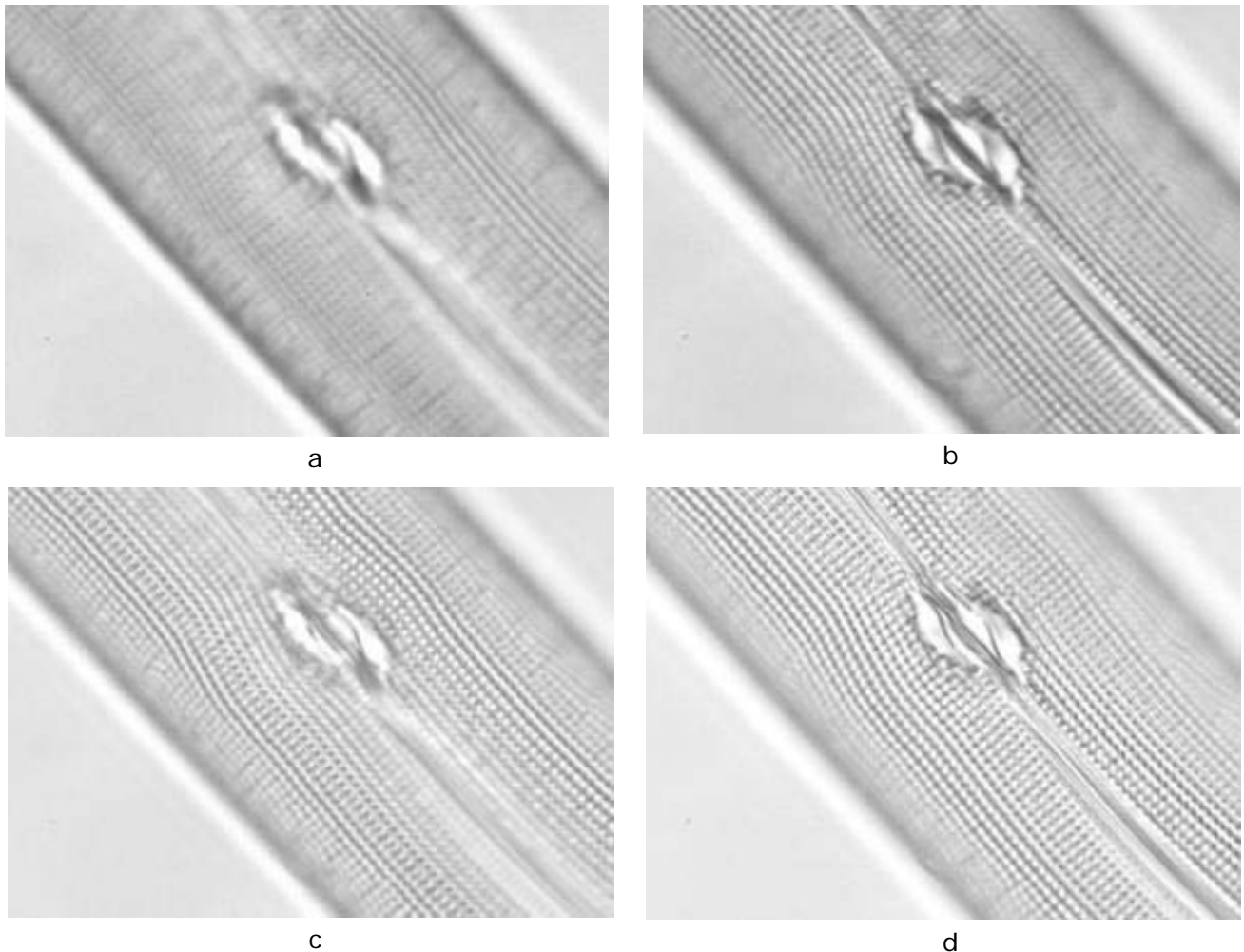


Abbildung 8: *Gyrosigma balticum*, Streupräparat, Ausschnitt, Objektiv Carl Zeiss Jena Apo 40:1 / 0,95.

- a Beleuchtung: LED, keine SVA, Belichtungszeit 1/10sec, ISO 200.
- b Beleuchtung: LED, mit SVA, Belichtungszeit 1/10sec, ISO 200.
- c Beleuchtung: LED gedimmt, mit SVA, Belichtungszeit 3 sec, ISO 200.
- d Beleuchtung: Blitz, mit SVA, ISO 200.

Die Aufnahmen bestätigen den Nutzen des Mikroblitzes auch für die Fotografie statischer Objekte. Die Abbildung 8 c macht deutlich, dass neben dem Spiegelschlag auch der Verschluss für einen erheblichen Teil der Unschärfe verursachenden Erschütterungen verantwortlich ist. Sorgt man durch eine entsprechend zurückgenommene Beleuchtung für eine lange Belichtungszeit (hier 3 sec), dann fallen die Auslöseerschütterungen, die nur am Anfang der Belichtung auftreten, weniger ins Gewicht und das Bild wird deutlich schärfer.

Für die Mikrofotografie ist das akustische Signal, das die Kamera zwischen SVA und Verschlussauslösung ausgibt, sehr praktisch. Nach ein wenig Übung fotografiere ich mit SVA nach folgendem Ablauf: Auslösen, Verfolgen und Fokussieren des Objekts während des akustischen Signals der Kamera, kurz vor Ablauf des Countdowns alle Triebe loslassen, Aufnahme.

Je kürzer die Blitzzeiten zu realisieren sind, desto geringer werden die Einflüsse von Spiegelschlag und Verschluss auf die Schärfe der Bilder. Man kann daher auch oft auf die SVA verzichten und „in Echtzeit“ auslösen, ohne Schärfeeinbußen hinnehmen zu müssen. Für die Beispielbilder im Ergebnisteil ist jeweils vermerkt, ob sie mit oder ohne SVA aufgenommen wurden.

8. Fernauslöser, Fernsteuerung vom PC

Die Kamera kann über einen Kabelfernauslöser oder eine Infrarot-Fernsteuerung ausgelöst werden. Beides ist als Zubehör erhältlich, im Internet sind aber auch die Beschreibung der Kontaktbelegung (Abbildung 9) für die Kabelauslöserbuchse und Beschreibungen zur Verwendung von (Aldi-)Universalfernbedienungen zu finden. Ich konnte so meinen bisher an der analogen Kamera benutzten Kabelauslöser mit Fußschalter problemlos durch Austausch des Steckers an die Pentax anpassen.

Die Infrarotfernsteuerung habe ich zwar nicht ausprobiert, sie ist aber auch für die Mikrofotografie relativ uninteressant, da die Kamera nur entweder in den SVA-Modus oder aber in den Infrarotmodus zu schalten ist – beides zusammen scheint nicht zu funktionieren.

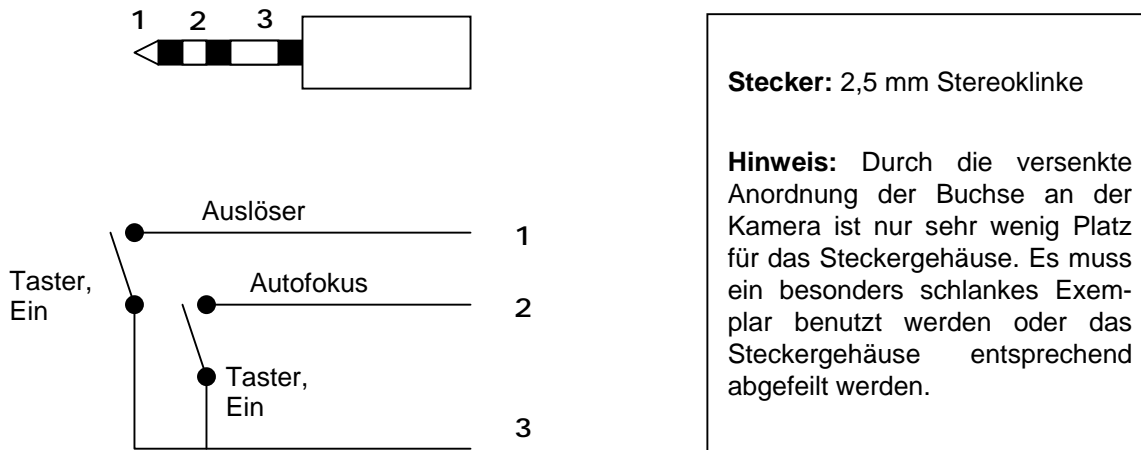


Abbildung 9: Anschlussbelegung für eine Kabelfernauslösung

Zum Schwestermodell **istD* ist die frei verfügbare Software „Pentax Remote Assistant“ erhältlich, die eine komplette Fernsteuerung vom Rechner über ein USB-Kabel ermöglicht (s. Abbildung 10). Die Software ist zwar bisher nicht speziell an die **istDs* angepasst - insbesondere die vielen Optionsmenüs passen nicht richtig – trotzdem ist eine Fernsteuerung der wichtigsten Funktionen auch für die **istDs* möglich. Zu den von mir bisher getesteten Funktionen gehören die Auslösung, der programmierbare Intervall-Timer, der automatische Download der Bilder und die Anzeige der wichtigsten Aufnahmeparameter im virtuellen Sucher. Dieser zeigt natürlich nicht das Sucherbild an – das ist systembedingt bei einer DSLR nicht möglich und bleibt ein Vorteil der digitalen Kompaktkameras.

Die Kamera ist im übrigen auch bei Verwendung der PC-Fernsteuerung gleichzeitig über den Kabelfernauslöser zu bedienen. Man kann also weiterhin z.B. einen Fußschalter zum Auslösen verwenden und muss nicht ständig die PC-Maus in der Hand halten.

Im Internet sind Berichte zu finden, die Probleme mit der Software bei verschiedenen Systemkonfigurationen des Rechners schildern. Auf meinem Desktop-PC (Windows XP) habe ich bisher keine Probleme dieser Art gehabt. Allerdings hängt sich die Verbindung zur Kamera auf meinem Notebook häufig auf. Als Ursache vermute ich hier aber die elektrisch schwache USB-Schnittstelle des Notebooks.

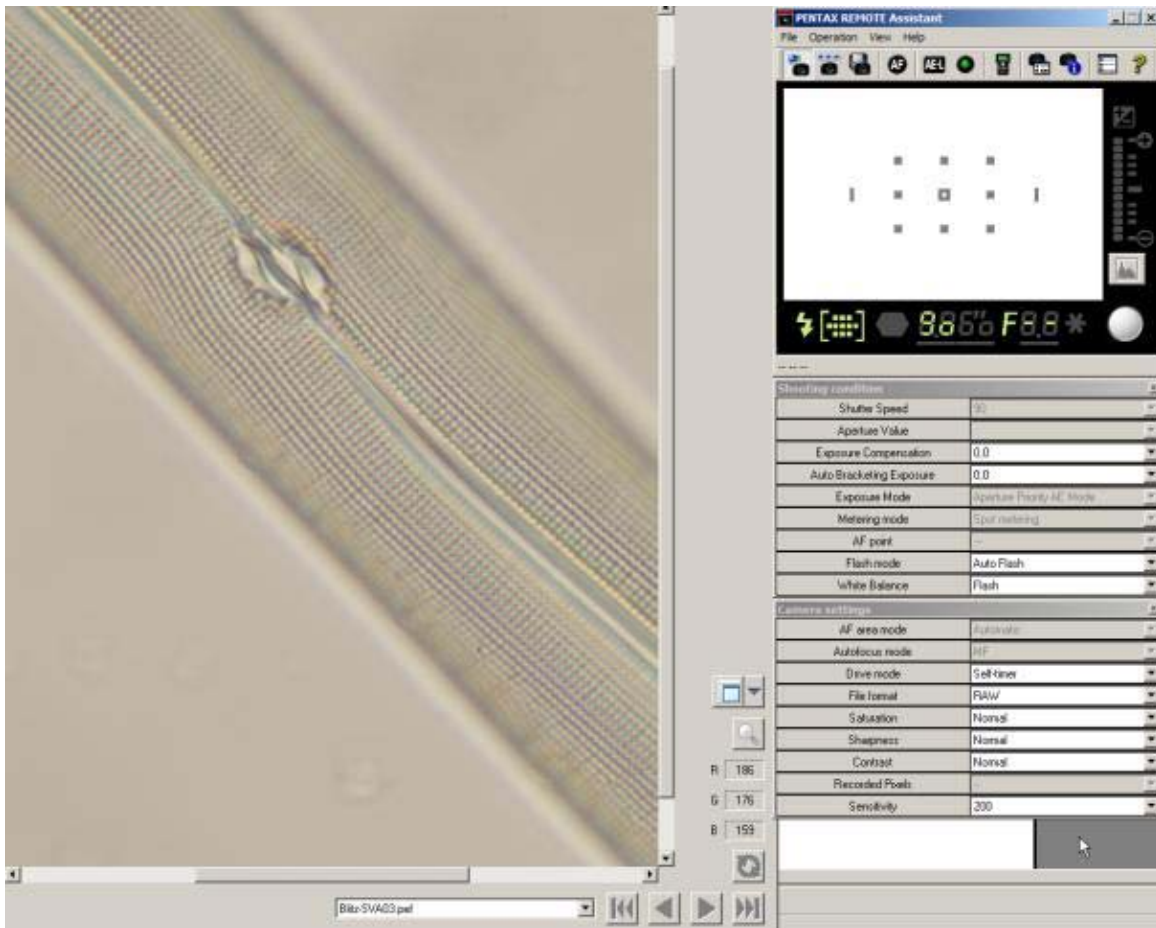


Abbildung 10: Screenshot während der Fernsteuerung der Kamera am PC. Rechts das Programm „Remote Assistant“ mit virtuellem Kamerasucher (oben) und Menüs für diverse Kameraeinstellungen. Links das Anzeigefenster der Software *Pentax Photo Laboratory*, in dem die automatisch übertragenen Bilder betrachtet und bearbeitet werden können.

9. Diverse Kameraeinstellungen

Weißabgleich, Farbsättigung, Schärfe und Kontrast

Die Kamera bietet verschiedene Funktionen für einen automatischen oder manuellen Weißabgleich. Werden die Bilder im RAW-Format gespeichert, ist der Weißabgleich jederzeit nachträglich zu verändern. Meiner Erfahrung nach erzielt man die besten Ergebnisse, wenn man für jedes Präparat einen manuellen Weißabgleich durchführt. Dazu wählt man die entsprechende Funktion der Kamera an und macht dann eine Leeraufnahme an einer freien Stelle des Präparates – das funktioniert auch mit Blitz. Mit den Kamera-Einstellungen für Farbsättigung, Schärfe und Kontrast sollte man experimentieren, da die optimalen Parameter von der konkreten Beleuchtungssituation und den fotografierten Objekten abhängen.

Autofokus bei manueller Fokussierung

Grundsätzlich gibt es die Möglichkeit, die Schärfemessung der Kamera als Kontrollanzeige auch bei der Verwendung von Nicht-Autofokusobjektiven zu nutzen. Dies funktioniert tadellos, wenn ich beispielsweise ältere MF-Objektive oder meine Makrozwischenringe und -konverter anschließe. Die Funktion wäre auch sehr nützlich für die Fokussierung am Mikroskop, setzt aber einen Automatikblendenkontakt am Objektiv voraus und ist daher bei Verwendung eines T2-Adapters abgeschaltet.

Serienaufnahmen und Belichtungsreihen

Die Kamera bietet einen Serienbildmodus mit bis zu 2,8 Bildern pro Sekunde und bis zu 8 Bildern in Folge. Dieser Modus funktioniert auch im Blitzbetrieb, wobei einstellbar ist, ob die Kamera auf den Abschluss des Ladevorgangs des Blitzgerätes wartet oder nicht.

Es sind auch automatische Belichtungsreihen mit 3 Bildern und wählbarem Abstand von 1/2 oder 1/3 LW möglich. Die Kamera macht dann nicht etwa nach einmaligem Auslösen drei Auf-

nahmen. Stattdessen muss dreimal ausgelöst werden und die Belichtung wird automatisch von Aufnahme zu Aufnahme variiert. Auch diese Funktion ist für Blitzaufnahmen wählbar. Sowohl der Serienbildmodus, als auch die Belichtungsreihe können allerdings nicht gemeinsam mit der Spiegelvorauslösung benutzt werden. Das funktioniert jedoch über die PC-Software: Hier gibt es einen programmierbaren Intervall-Timer, der die automatische Aufnahme von Belichtungsreihen mit frei wählbaren Schritten, Blitz und SVA ermöglicht.

Die Kamera bietet neben diesen für die Mikrofotografie noch bedingt interessanten Eigenschaften eine Vielzahl weiterer Funktionen, die aber in diesem Zusammenhang eher unwichtig sind. Zur allgemeinen Beurteilung sei daher noch einmal auf die bereits oben genannten Quellen verwiesen.

10. Ergebnisse

Bildstörungen

Die Ursachen für typische Störungen, die systembedingt bei allen CCD-Sensoren auftreten können, sollen hier nicht im Detail erklärt werden. Sie treten allerdings auch bei der Mikrofotografie mit der hier besprochenen Konfiguration auf und sollen daher kurz dargestellt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen der Effekte im Bild oft nicht eindeutig von Fehlern zu trennen sind, die durch das abbildende System (Mikroskop, Objektiv und Projektiv) oder durch fehlerhafte Belichtung entstehen. Wenn man aber z. B. die Farbmuster der folgenden Abbildung 11 zwar in der Fotografie, aber nicht bei subjektiver Beobachtung wahrnehmen kann, ist der Verdacht naheliegend und berechtigt, dass hier eine oder mehrere der folgenden Sensor-bedingten Bildstörungen eine Rolle spielen.

Aliasing-, oder Moiré-Effekt

Dieser Effekt führt zu artifiziellen Farbmustern im Bild. Sie treten immer dann auf, wenn das Abtasttheorem verletzt wird, also dann, wenn die Auflösung des bildgebenden Systems die Auflösung des Sensors überschreitet und weniger als zwei Sensorpunkte auf einen Bildpunkt kommen (s. auch Abschnitt 5). Dies ist ein Grund dafür, dass z. B. besonders hochwertige Fotoobjektive nicht unbedingt gute Ergebnisse an einer DSLR bringen. Die Kamerahersteller versehen daher die Sensoren mit einem sogenannten Antialiasing-Filter. Dieser Low-Pass-Filter blockiert hohe Bildfrequenzen und setzt damit die mögliche Auflösung guter Objektive künstlich herab, um die störenden Aliasing-Effekte zu reduzieren.

In Abschnitt 5 wurde dargestellt, dass das theoretische Auflösungsvermögen des Sensors der Pentax **istDs* am Mikroskop durchaus erreicht und überschritten werden kann. Daher muß mit Aliasing-Effekten auch bei der Mikrofotografie gerechnet werden. Abbildung 11 zeigt ein Beispiel für Farbfehler, die durch diesen Effekt verursacht oder verstärkt werden und bei subjektiver Beobachtung am Mikroskop nicht wahrnehmbar, weil nicht vorhanden sind. Sie treten vor allem bei der Verwendung von Projektiven mit kleinem Abbildungsmaßstab (3,2:1 und 4:1) auf und sind mit dem Objektiv 20:1/0,40 häufiger und stärker als mit dem 40:1/0,95 oder 10:1/0,25. Die Effekte verstärken sich also offensichtlich bei zunehmender Annäherung der Bildauflösung an das Auflösungsvermögen des Sensors (s. auch Tabelle 2).

Kommt es im konkreten Fall nicht auf das letzte Quäntchen Auflösung an, so kann man diese Effekte durch die Verwendung von stärkeren Projektiven herabsetzen.

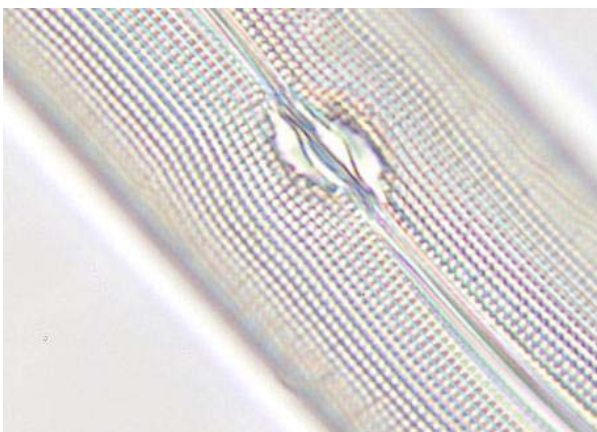


Abbildung 11: Farbfehler, subjektiv deutlich geringer wahrnehmbar, wahrscheinlich mitverursacht durch Aliasing-Effekte.

Überschreiten des Kontrastumfangs, „*Blooming*“

Eine Eigenschaft aller CCD-Sensoren ist der endlich begrenzte Quantifizierungsbereich. Die einzelnen Photodioden des Sensors haben eine begrenzte Aufnahmekapazität für Photonen. Wird diese Kapazität bei starkem Lichteinfall überschritten, so kommt es zum „Überlaufen“ oder „*Blooming*“: Ein Teil der Ladung fließt in die benachbarten Zellen ab und führt dort zu einem fälschlich hohen Helligkeitswert. Dieser Effekt kann sich vor allem auf zwei Arten auswirken. Zunächst kann es einen plötzlichen Kontrastverlust innerhalb einer weitgehend hellen Fläche geben. Dieser Effekt ist schwer von einer Überbelichtung zu unterscheiden. Immer dann, wenn man nicht in der Lage ist, eine korrekte Belichtung herzustellen, sondern beim Variieren der Einstellungen einen plötzlichen Sprung von unterbelichteten zu überbelichteten Aufnahmen hat, dürfte dieser Effekt (mit)verantwortlich sein. Bisher ist er bei meinen Experimenten mit der Kamera jedoch nicht aufgetreten.

Abbildung 12 zeigt eine weitere Auswirkung: An Kanten mit hohem Kontrast führt das „Überlaufen“ der Ladung der Kantenpixel zu typischen violetten Farbsäumen. Der Effekt wurde hier durch eine gezielte Überbelichtung verstärkt. Mit diesen violetten Kanten habe ich bisher durchaus öfter zu kämpfen gehabt. Sie treten besonders dann gerne auf, wenn man hyaline Objekte vor weißem Hintergrund fotografieren möchte.

Gegen beide Auswirkungen des Effekts kann man sich nur begrenzt schützen, da der Kontrastumfang des Sensors festliegt. Eine leichte Unterbelichtung hilft eventuell, führt aber oft zu einem „Grau-in-Grau-Bild“, das auch durch nachträgliche Bearbeitung nicht den Eindruck der subjektiven Beobachtung wiedergibt. Die violetten Kanten kann man während der Aufnahme durch Kontrastverminderung (Kondensorblende öffnen) reduzieren und notfalls nachträglich durch eine selektive Absenkung der Farbsättigung herausrechnen.

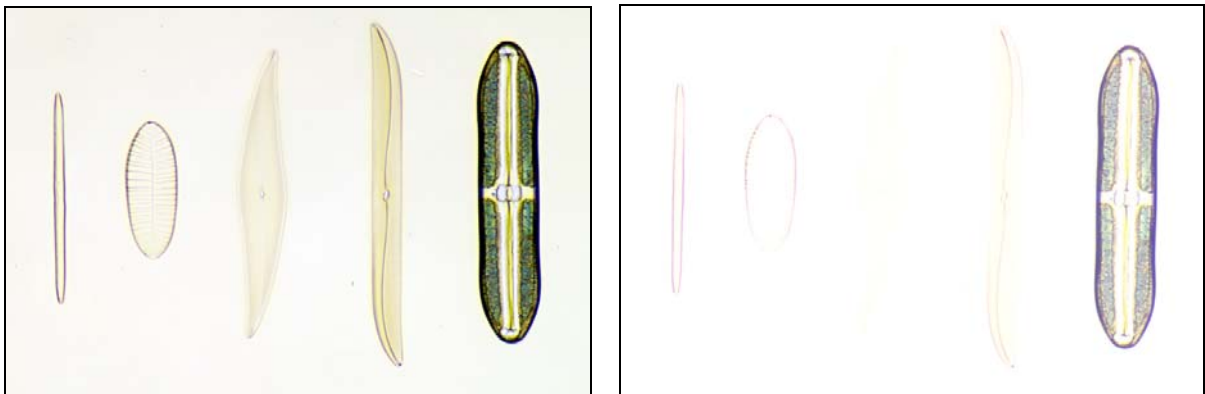


Abbildung 12: Korrekt belichtete Diatomeen-Testplatte (links) und durch Überbelichtung hervorgerufene, sogenannte „*Blooming*“-Effekte (rechts).

Beispielbilder

Die folgenden Fotos sollen einen Eindruck von den Möglichkeiten der Kamera im Zusammenspiel mit einem Mikroblitzgerät geben. Zusätzlich sind auch einige statische Motive aufgenommen, für die typischerweise kein Mikroblitzgerät benötigt wird. Sie zeigen jedoch die Grenzen des Sensors auf, insbesondere bei Übersichtsvergrößerungen.

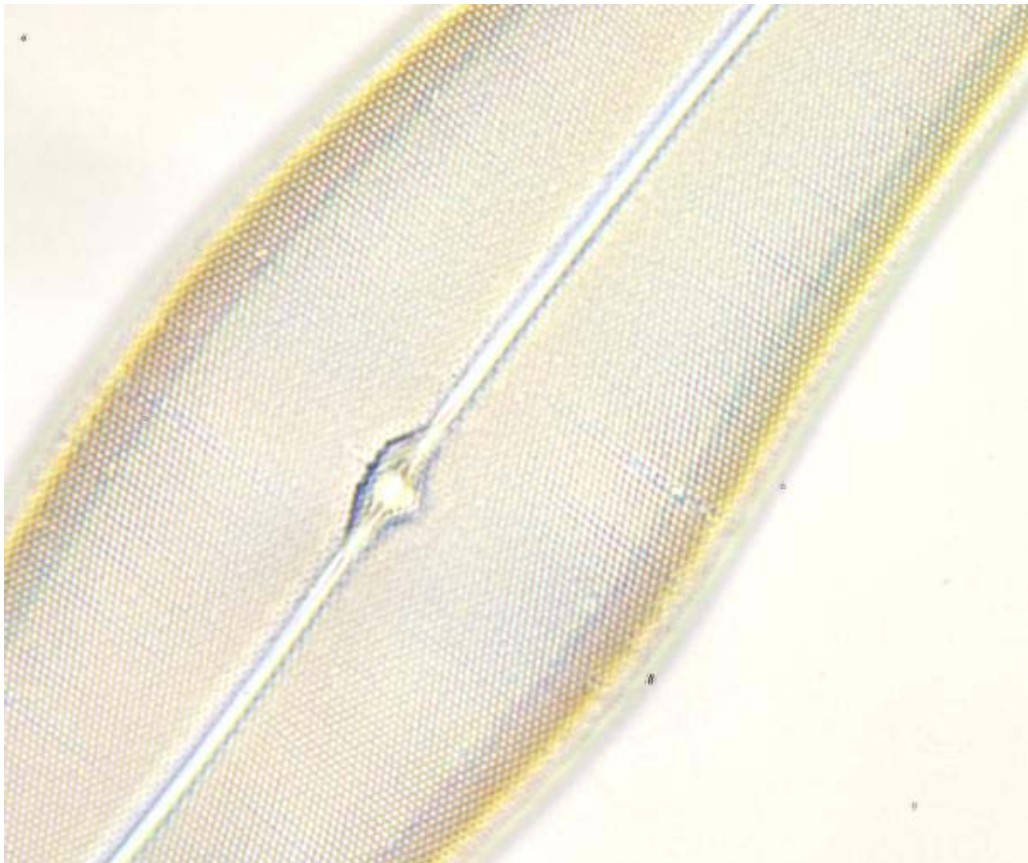
Für diese und die vorstehenden Fotos ist zu berücksichtigen, dass die Qualität der gezeigten Mikrofotos ganz entscheidend vom Mikroskop und dessen Optik abhängt. Verwendet wurde hier ein Mikroskop chinesischer Herkunft mit den zugehörigen Objektiven - Ausnahme: Das Apo 40:1/0,95 mit Deckglaskorrektur von Carl Zeiss Jena. Als Foto-Projektiv kam ein mf Projektiv K 3,2:1 von Carl Zeiss Jena zur Anwendung. Das Mikroskop besitzt eine LED-Beleuchtung nach NELSON (aber mit Leuchtfeldblende) mit einer PE-HD-Folie als Mattscheibenersatz zwischen LED und Kollektor. Der verwendete Mikroblitz ist ein in den Mikroskopfuß eingebauter Metz 30TTL-1(i). Das Blitzrohr ist hierbei so angeordnet, dass es die Mattscheibe (Folie) anblitzt, was einen entsprechenden Licht- und Kontrastverlust im Vergleich zu professionelleren [2-4] Lösungen mit Köhlerscher Beleuchtung zur Folge hat. Die aus dieser Konfiguration resultierende vergleichsweise schlechtere Bildqualität, mit teilweise deutlichen Farbsäumen und geringem Kontrast, sagt aber nichts über die Möglichkeiten der Kameralösung aus – hier soll es nur um die technischen Möglichkeiten der verwendeten DSLR gehen.

Alle Bilder wurden im JPEG-Format mit der maximalen Qualitätsstufe der Kamera aufgenommen. Anschließend wurden die Bilder mit bikubischer Interpolation auf eine für dieses Dokument verträgliche Größe reduziert. In einigen Fällen wurden nachträglich Kontrast und Helligkeit optimiert und mit „unscharfer Maskierung“ moderat nachgeschärft.

Schließlich wurde bei einigen Bildern die oben beschriebenen violetten Effekte des „Bloomings“ durch selektive Absenkung der Farbsättigung abgemildert.

Im Übrigen betrachte ich mich selbst auch noch als Anfänger in der Mikrofotografie, und ich bin gerade bei der Koordination von Beleuchtung, Fokussierung und punktgenauer Auslösung gelegentlich überfordert, wenn Ciliaten und Rädertierchen einfach nicht still halten wollen...

Abbildung 13: *Pleurosigma angulatum*, Streupräparat.
Objektiv CZJ 40:1/0,95, ISO 200, Blitz, SVA, Ausschnitt



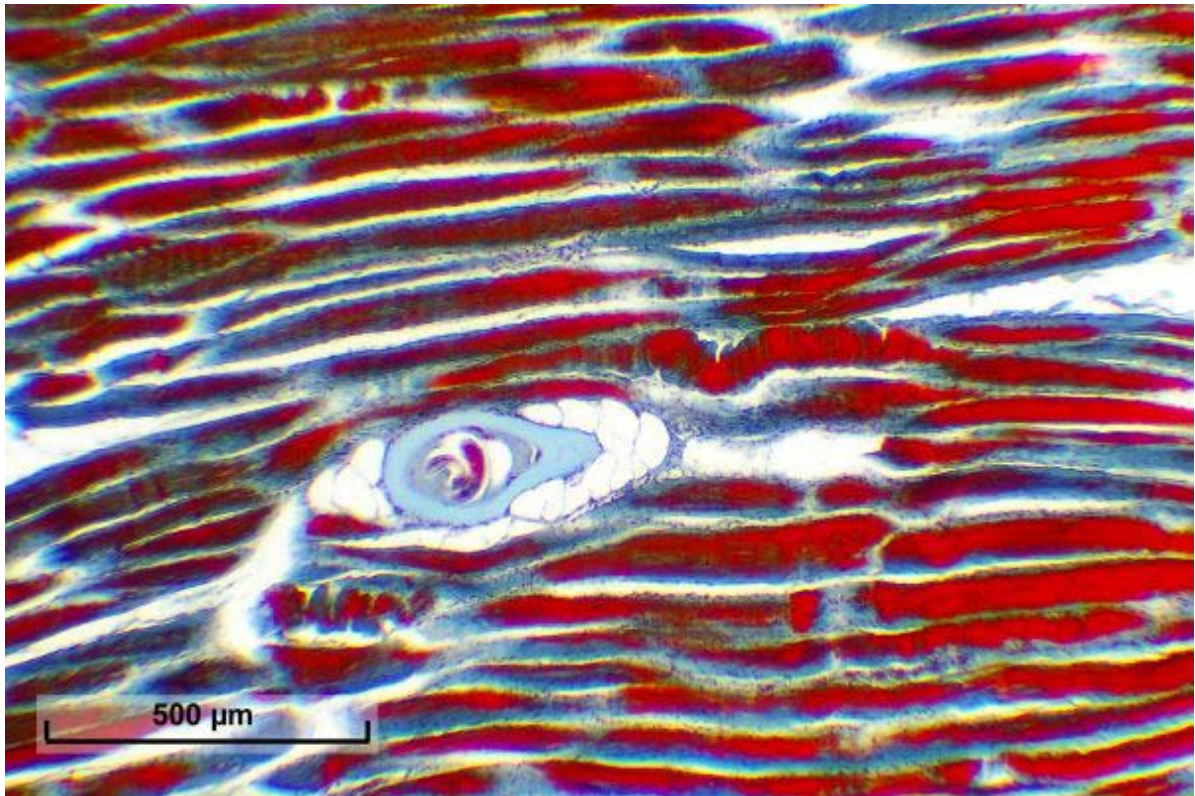


Abbildung 14: *Trichonella spiralis* in quergestreifter Muskulatur, ISO 200, Blitz, Objektive: oben 4:1/0,1, unten 10:1/0,25, Projektiv bei allen Aufnahmen Carl Zeiss Jena mf K 3,2:1, Vollformat

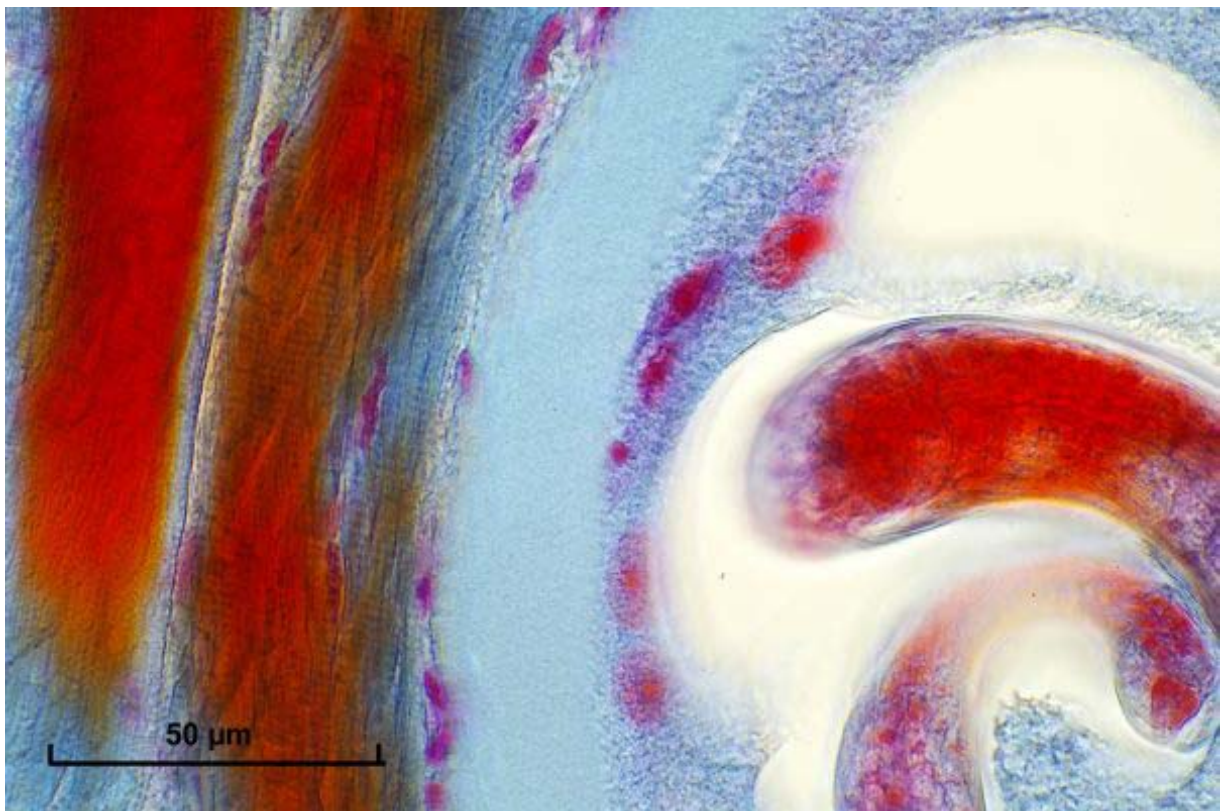
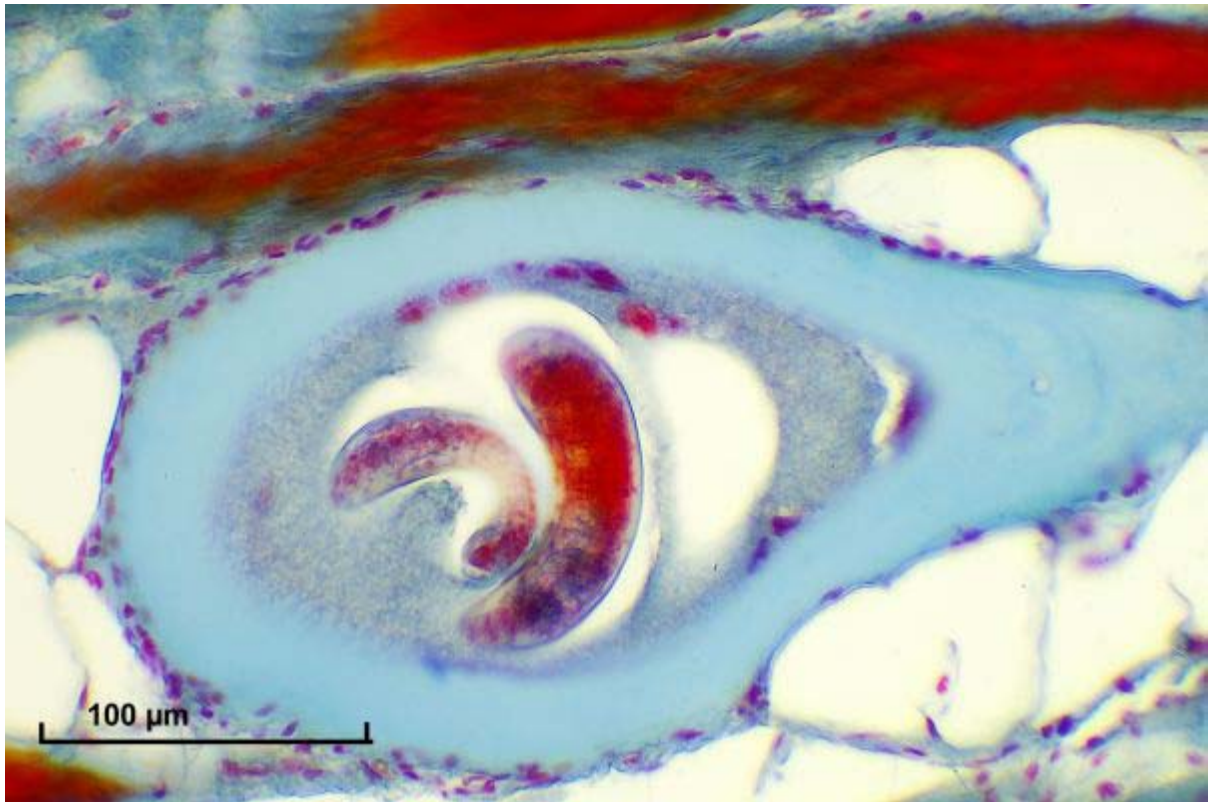


Abbildung 15: *Trichonella spiralis* in quergestreifter Muskulatur, ISO 200, Blitz, Objektive: oben 20:1/0,4, unten 40:1/0,95. Projektiv bei allen Aufnahmen: mf K 3,2:1, Vollformat

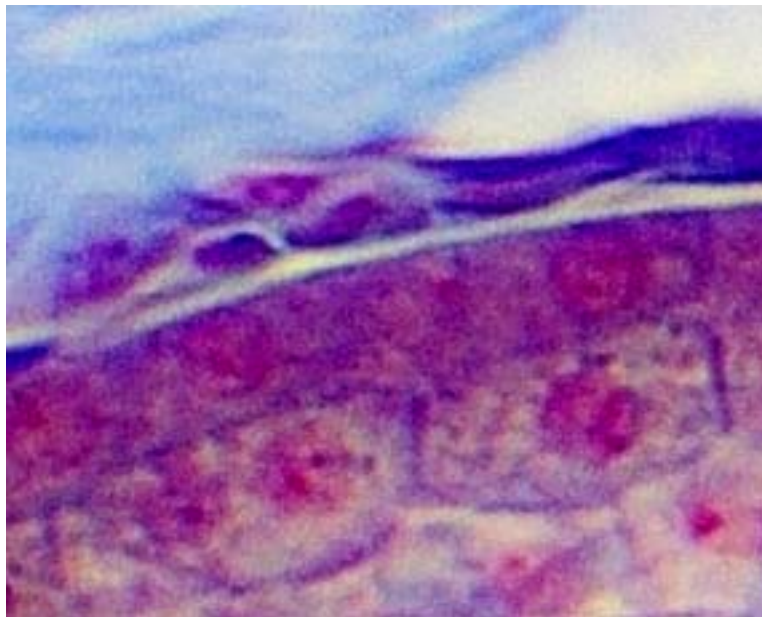
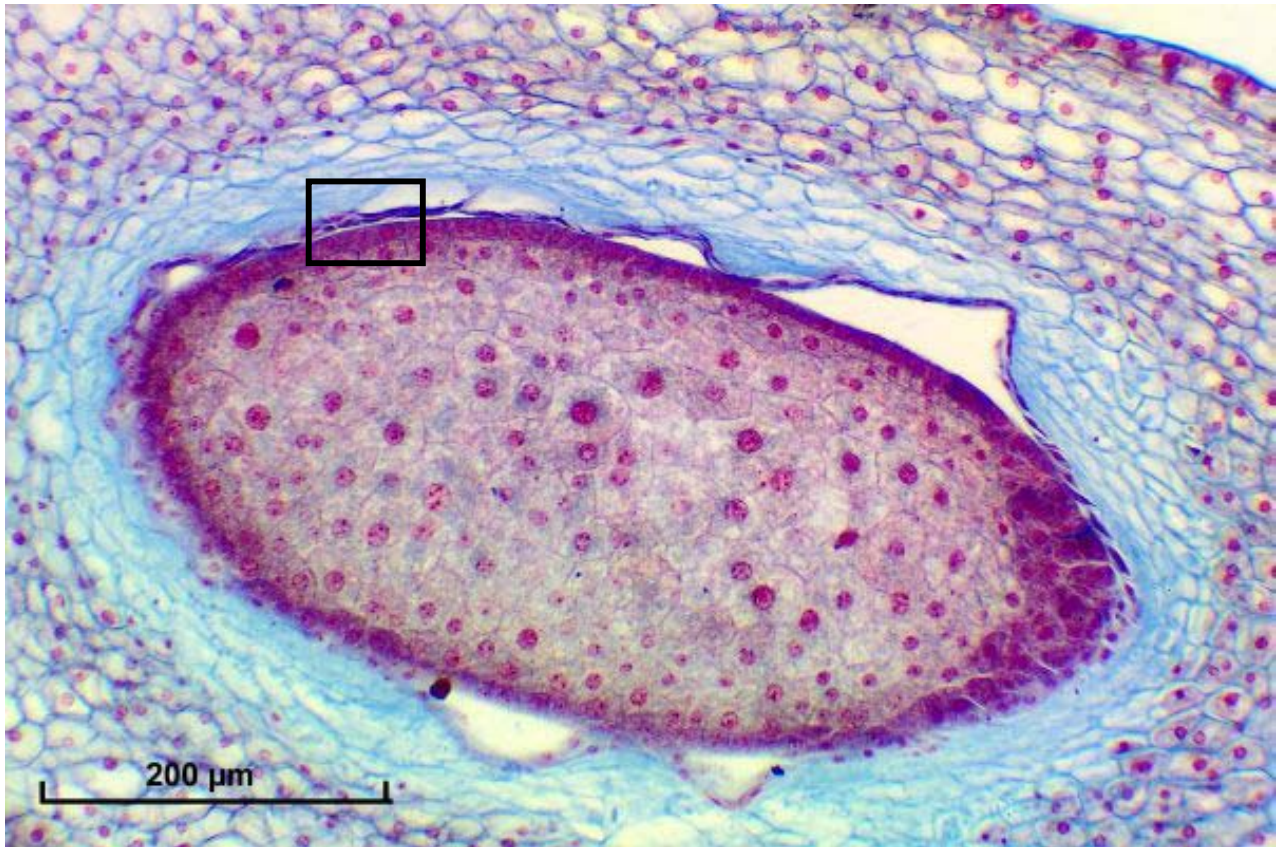


Abbildung 16: Tomate, junge Frucht.

Oben: Objektiv 10:1/0,25, Projektiv 3,2:1, ISO 200, Blitz, Vollformat
Links: Ausschnitt entsprechend der Markierung oben.

Originalauflösung (ein Bildschirmpixel entspricht einem Sensorpixel).

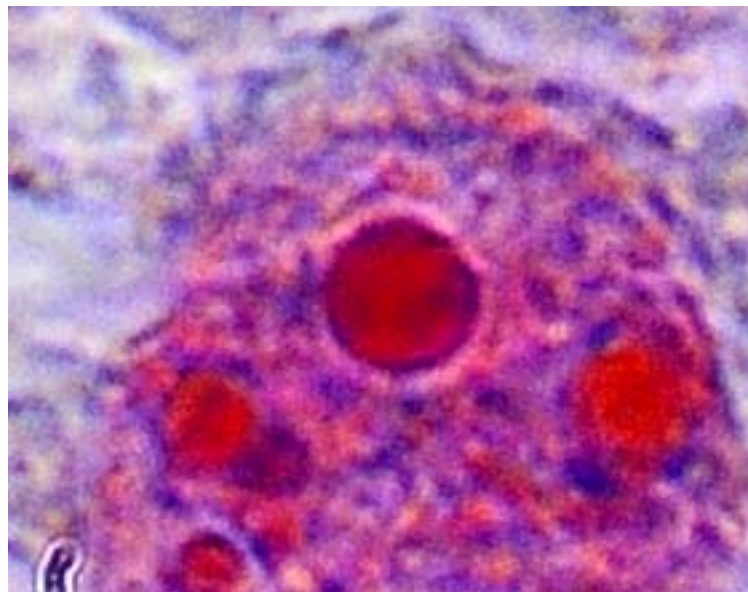
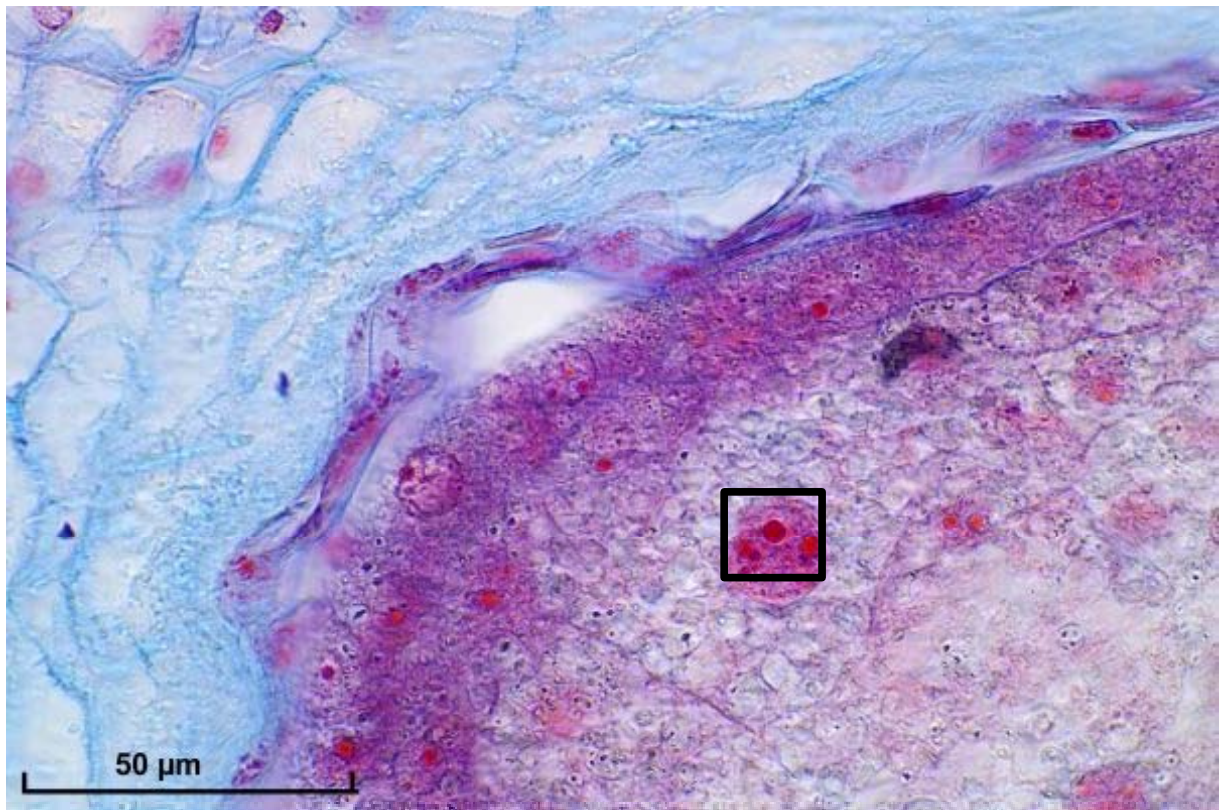


Abbildung 17: Tomate, junge Frucht.
Oben: Objektiv 40:1/0,95, Projektiv 3,2:1, ISO 200, Blitz, Vollformat.
Links: Ausschnitt entsprechend der Markierung oben. Originalauflösung
(ein Bildschirmpixel entspricht einem Sensorpixel).



Abbildung 18: Schmetterlingsfühler, Objektiv 40:1/0,95, Projektiv 3,2:1, ISO 200, Blitz, Vollformat



Abbildung 19: *Gloeocystis vesiculosa* (?), Objektiv 40:1/0,95, ISO 200, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt



Abbildung 20: Rädertier (*Philodina citrina* ?), Objektiv 10:1/0,25, ISO 200, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt



Abbildung 21: *Euplotes patella* (?) und Rädertier (?), Objektiv 10:1/0,25, ISO 200, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt

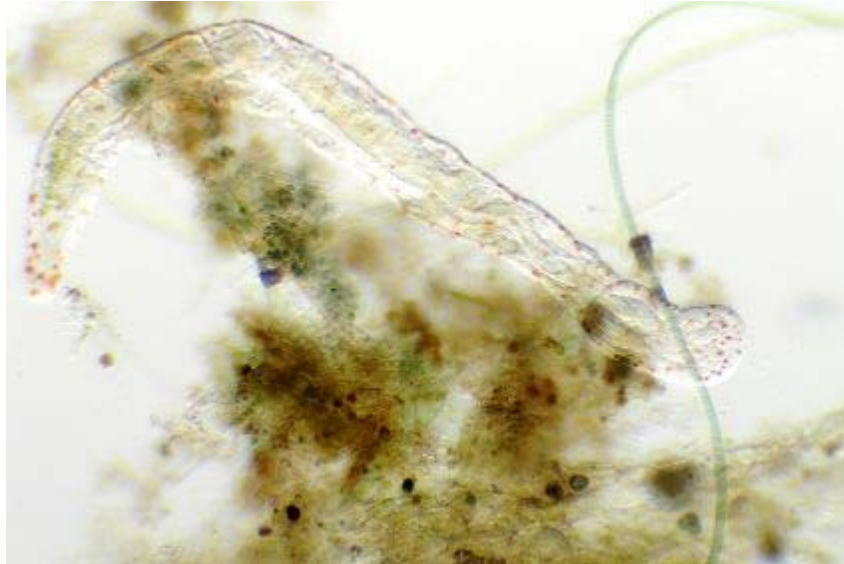


Abbildung 22: Ringelwurm (*Aelosoma variegatum?*), Objektiv 10:1/0,25, ISO 200, Blitz, schiefe Beleuchtung, ohne SVA, volles Format

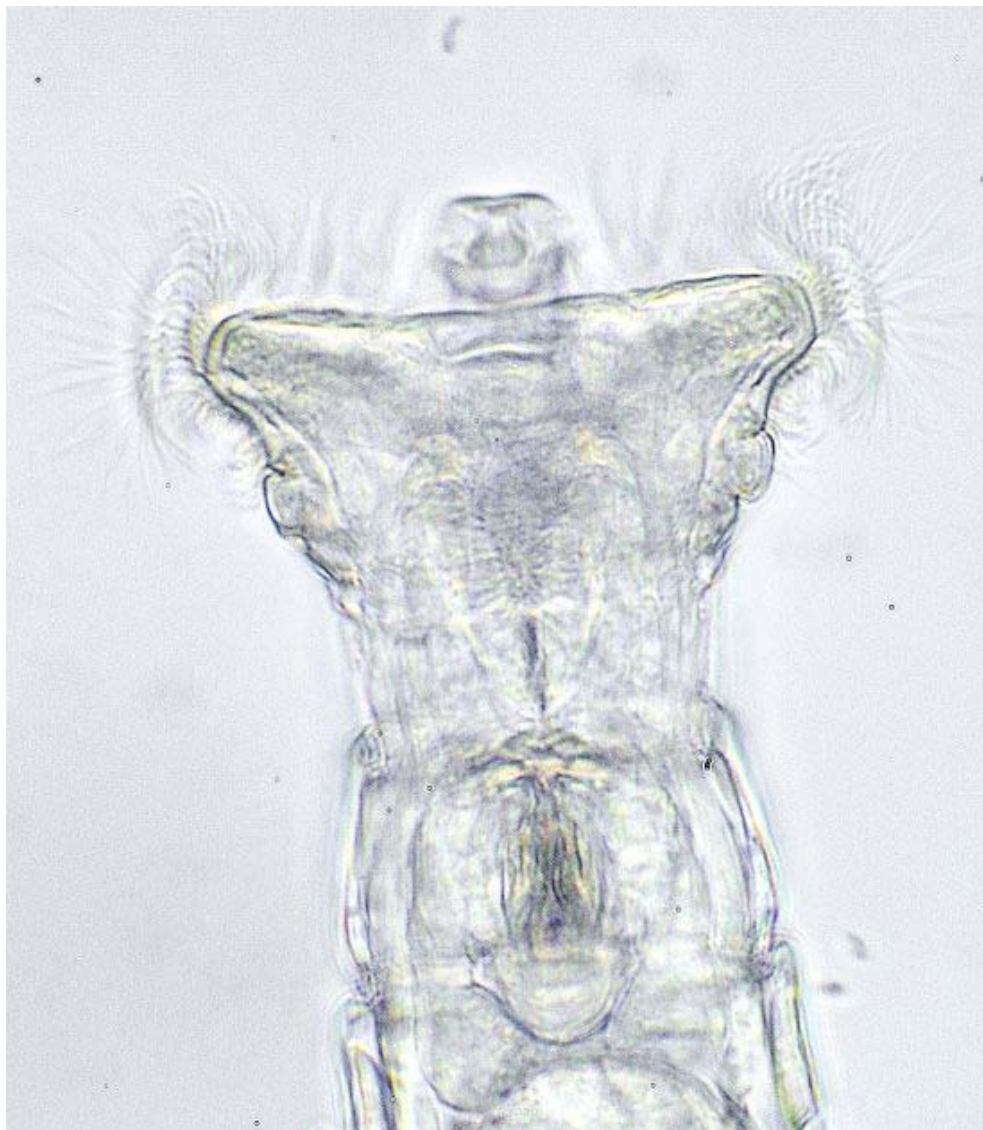


Abbildung 23: Rädertier, Objektiv 40:1/0,95, ISO 200, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt



Abbildung 24: Rädertier, Blick auf Kaumagen, Dorsaltaster und Räderorgan, Objektiv 40:1/0,95, ISO 200, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt



Abbildung 25: Glockentierchen, Objektiv 40:1/0,95, ISO 400, Blitz, SVA, Ausschnitt

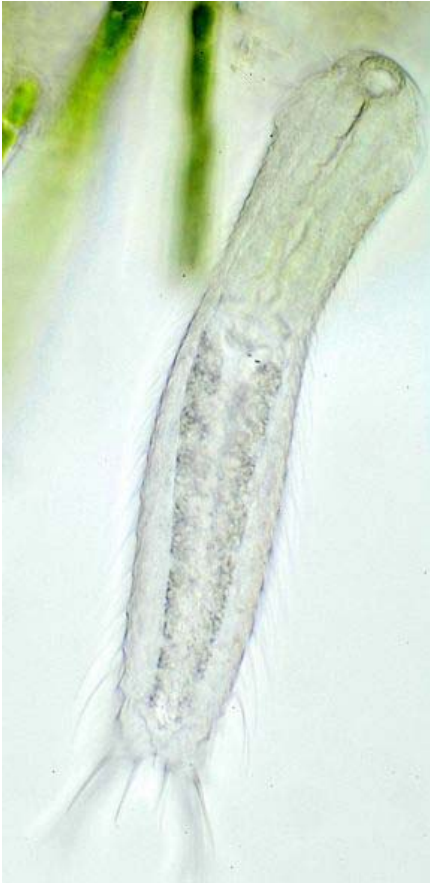


Abbildung 26: Bauchhärting (*Chaetonotus spec. ?*), links Objektiv 20:1/0,40, rechts Objektiv 40:1/0,95, beide ISO 400, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt.



Abbildung 27: Flagellat ?, Objektiv 40:1/0,95, ISO 400, Blitz, ohne SVA, Ausschnitt.

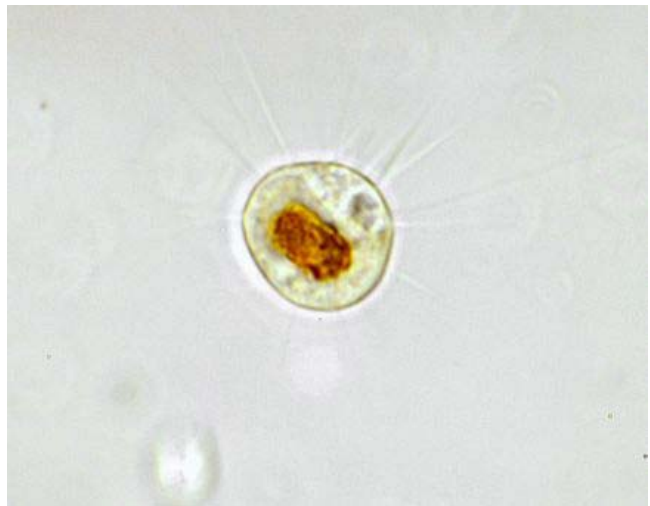


Abbildung 28: Sonnentierchen (*Raphidocystis spec. ?*), Objektiv 40:1/0,95, ISO 400, Blitz, SVA, Ausschnitt.



Abbildung 29: Trompetentier (*Stentor igneus*),
Objektiv 20:1/0,40, ISO 400, Blitz, SVA, Ausschnitt.

11. Überlegungen zu anderen Ausgangssituationen

Die hier beschriebene Lösung geht von meiner spezifischen Ausgangssituation, einem Metz SCA300er Blitzgerät, aus. Für andere Ausgangssituationen ergeben sich abweichende, teilweise einfachere Lösungen, wenn man die Pentax **istDs* benutzen möchte:

Mikroblitz vorhanden, Blitz ist Metz SCA3000-kompatibel

Dies ist die wohl am einfachsten zu adaptierende Konfiguration. Die Pentax ist über den Adapter SCA 3702 direkt an das vorhandene Equipment anzuschließen.

Mikroblitz vorhanden, Blitz ist herstellerspezifisch (z.B. Olympus)

Mir ist keine Möglichkeit bekannt, wie man ein nicht Pentax-kompatibles Blitzgerät eines anderen Herstellers an die Pentax adaptieren kann. Hier müsste man also überlegen, ob man das alte Mikroblitzgerät ersetzen kann oder will. Man hätte dann die Möglichkeit, ein Pentax-Blitzgerät, ein kompatibles Gerät von einem Fremdhersteller (z. B. Sigma), oder aber ein Metz-Blitzgerät einzubauen. Letzteres hätte den Vorteil, dass mit jeweils einem passenden SCA-Adapter sowohl die „alte“ Kamera als auch die Pentax den Mikroblitz steuern könnten.

Noch kein Mikroblitz vorhanden, aber geplant

Auch hier gibt es die drei Alternativen Pentax, Fremdhersteller, Metz. Für Metz spricht aus meiner Sicht, dass die, wenn auch nicht garantierte, Möglichkeit besteht, bei einem zukünftigen Kamerawechsel lediglich einen neuen SCA-Adapter zu benötigen – an der Pentax arbeitet immerhin auch noch mein über 15 Jahre altes, Metz-kompatibles Blitzgerät Cullmann *DC36-TTL*. Ein weiteres Argument könnte sein, dass man geeignete Metz-Blitzgeräte teilweise sehr günstig auf dem Gebrauchtmrkt bekommt. Das Alter spielt hier, wie man an meiner Konfiguration mit dem Metz 30TTL-1(i) sieht, kaum eine Rolle - lediglich TTL-fähig und SCA-kompatibel muss das Gerät sein.

12. Fazit

Der Austausch meiner bisher benutzten analogen Kamera war weitgehend problemlos und ohne Qualitätseinbuße möglich. Das ist als Ergebnis schon deutlich mehr, als ich zu erwarten gewagt hatte. Zusätzlich erhält man neue Funktionen und Möglichkeiten: Sofortige Ergebnis-kontrolle, Fernsteuerung über den Rechner etc.

Dagegen stehen die beschriebenen Einschränkungen wegen der im Vergleich zum Kleinbildformat verringerte Größe des CCD-Sensors. Sie spielen aber für meine typischen Anwendungen eine untergeordnete Rolle – für andere können sie jedoch ein Ausschlusskriterium sein. In einem solchen Fall bleibt momentan wohl nur, bei der konventionellen Mikroblitzfotografie im Kleinbildformat auf Film zu bleiben und darauf zu hoffen, dass es möglichst bald eine DSLR mit Vollformatsensor und TTL-Blitzsteuerung gibt. Bis dahin wird meine analoge SLR auch noch nicht ausrangiert, sondern bleibt für Anwendungen im Einsatz, bei denen ein größeres Bildfeld gewünscht ist.

Ein Wermutstropfen kann die Beschränkung der TTL-Blitzautomatik auf die Empfindlichkeitsstufen ISO 200, 400 und (mit Einschränkungen) 800 sein, wenn mit hohen Vergrößerungen, lichtdichten Präparaten oder lichtschluckenden Beleuchtungs- und Kontrastverfahren gearbeitet werden soll. Das niedrige Rauschen des Sensors würde eine Verwendung der höheren Empfindlichkeitsstufen nicht nur ermöglichen, sondern wegen der dann möglichen weiteren Verkürzung der Belichtungszeit sehr wünschenswert erscheinen lassen. Man kann hier momentan nur auf eine Lösung von Pentax hoffen, z. B. durch ein entsprechendes Firmware-Update. Da das Problem aber schon bei der länger auf dem Markt befindlichen **istD* bekannt und bisher ungelöst ist, ist diese Hoffnung wohl vergebens. Für meine Anwendungen ist das unerheblich. Ganz im Gegenteil wäre für die Fotografie im Hellfeld mit mittleren Vergrößerungen eher eine Erweiterung der ISO-Einstellungen nach unten auf ISO 100, 50 und 25 wünschenswert.

Für mich hat sich die Investition jedenfalls gelohnt, zumal es auch unabhängig vom Mikroskop großen Spaß macht, mit dieser Kamera zu fotografieren.

Dank

Mein Dank gilt Klaus Henkel von der Mikrobiologischen Vereinigung München e. V. für sein unermüdliches Interesse, seine fundierten Ratschläge und die ungezählten Korrekturlesungen dieses Aufsatzes.

Literatur

- [1] Nötzel, R. und Henkel, K.: [Adaption einer einfachen Digitalkamera an ein Mikroskop](#), Mikrokosmos, 93, 51-57, 2003.
- [2] Henkel, K.: [Der Mikroblitz. Aufsatz, Februar 2001; aus: "µ" Nr. 17, Dezember 1999](#).
- [3] Stahlschmidt, J.: Der TTL-gesteuerte Elektronenblitz in der Mikrofotografie, Mikrokosmos, 76, 9-17, 1987.
- [4] Stahlschmidt, J.: Bau eines universellen Mikroblitzes, Mikrokosmos, 80, 212-217, 1991.
- [5] Henkel, K.: [Die Mikrofibel, 2004](#).
- [6] Henkel, K.: [Über Mikrofotografie, Aufsatz, Oktober 2001; aus: "µ" Nr. 11, Juni 1998](#)
- [7] Henkel, K.: [Was muß und sollte meine Mikrokamera können?, Aufsatz, Oktober 2000; aus "µ" Nr. 15, Juni 1999](#)
- [8] Henkel, K.: [Die ideale Kamera für die Mikrofotografie?, Aufsatz, Dezember 2000; aus: "µ" Nr. 16, September 1999](#)
- [9] Henkel, K.: [Das Luftbild im Fadenkreuz - Erst der Blick auf Tegernsee macht das Mikrofoto scharf. \(Aufsatz, November 2000; aus: "µ" Nr. 15, Juni 1999\)](#)
- [10] Husemann, H.: Wie viele Pixel benötigt man für ein Mikrofoto?, Mikrokosmos, 93, 75-80, 2004.
- [11] Beyer, H., Riesenberg, H. (Hrsg.): Handbuch der Mikroskopie, VEB Verlag Technik Berlin, 3. stark bearb. Aufl., 1988
- [12] Göke, G.: Ein Vario-Tubus mit negativem Projektionssystem, Mikrokosmos, 75, 250-254, 1987

Kontakt

Rainer Schubert (Mikrobiologische Vereinigung München e. V.)
<mailto:Rainer.Schubert@gmx.at>