

# Der TTL-Blitz im Mikroskopfuß

Von Rainer Schubert

## **Warnung**

In diesem Aufsatz werden Umbauten an einem Mikroskop beschrieben, die auch Manipulationen an Netz- und Hochspannung führenden Teilen umfassen. Diese Manipulationen sind lebensgefährlich! Solche Arbeiten dürfen nur von fachlich qualifizierten Personen ausgeführt werden. Bitte nehmen Sie diese Warnung ernst.

## 1 Einleitung

Nach langen Überlegungen, Vergleichen und Rechnereien war ich eines Tages endlich stolzer Besitzer des in Abbildung 1 gezeigten „Trinokularen Lehrer- und Demonstrationsmikroskops“, das von verschiedenen Anbietern zu einem vergleichsweise moderaten Preis angeboten wird.

Da dieses Mikroskop schon in der Grundausstattung einen Fototubus besitzt, war meine Kamera schnell adaptiert und das bisherige Hobby, die Fotografie, mit dem neuen, der Mikroskopie, verbunden. Sehr schnell wurde dann aber klar, dass zur Ablichtung der quicklebendigen Organismen im Wassertropfen, die mich besonders faszinieren, etwas mehr Technik in Form einer Blitzeinrichtung nötig ist. Die Viecher wollen nun einmal nicht stillhalten für ein gutes Portrait.



**Abbildung 1:** Das Mikroskop, noch ohne Mikroblitz.

Mit dieser Erkenntnis war dann der Startschuss für erneute umfangreiche Überlegungen, Experimente und Basteleien gegeben: Das Mikroskop sollte mit einem TTL-gesteuerten Mikroblitz ausgestattet werden. Von Anfang an hatte ich dabei die Idee, diesen Mikroblitz möglichst komplett in den Mikroskopfuß einzubauen. Ich hielt es für eine gute Idee, auf diese Weise den Blitz in einem äußerlich unveränderten Mikroskop „immer dabei zu haben“ und ihn bei Bedarf einfach und ohne Umbauten zu- oder abschalten zu können.

Die letztendlich realisierte und gut funktionierende, dabei überraschend einfache Lösung soll hier im folgenden als Anregung für die Realisierung eigener Lösungen dargestellt werden.

Nicht weiter eingegangen wird dabei auf die grundsätzliche Idee, die Vorteile und Möglichkeiten eines Mikroblitzes mit TTL-Automatik. Dies ist ausführlich in den Artikeln nachzulesen, die in der Literaturliste aufgeführt sind [1-4].

## 2 Die Problemstellung

Für die technische Realisierung eines Mikroblitzes sind verschiedene Vorschläge gemacht worden (eine gute Übersicht findet sich in [2]). Die optimale Lösung ist ein Blitzlicht, das so in den Strahlengang der Köhler-Beleuchtung eingespiegelt wird, dass das Foto exakt die Beleuchtung wiedergibt, die man zuvor subjektiv beim Blick durch das Okular bei Beleuchtung mit dem Pilotlicht gesehen hat. Je nach verwendetem Mikroskop können hier unterschiedliche Wege beschrrieben werden. Die beiden „elegantesten“ Lösungen sind wohl die Doppelkollektor-Methode nach MÖLLRING [1,2] und der „Stahlschmidt-Würfel“ [3]. Bei der ersten Methode wird zunächst ein Bild des Pilotlichtes im Blitzrohr erzeugt und dieses dann nach dem Köhlerprinzip in die Ebene der Aperturblende abgebildet. Bei der Methode nach STAHLSCHMIDT bekommt das Blitzlicht einen eigenen Kollektor und wird vor der Leuchtfeldblende über einen Strahlenteiler in den ansonsten unveränderten Strahlengang der Köhlerbeleuchtung eingespiegelt. Diese Lösung kann weitgehend unabhängig vom Mikroskoptyp und vom verwendeten Blitzgerät realisiert werden.

Leider kommt keine dieser bewährten Methoden für mein Mikroskop in Frage, da es keine Beleuchtung nach *Köhler*, sondern eine sogenannte kritische Beleuchtung nach *Nelson* hat. Diese Beleuchtung sieht an meinem Mikroskop im Detail folgendermaßen aus (s. auch Abbildung 2):

- 1) Halogenlampe im justierbaren Lampenhalter (Abbildung 3 oben)
- 2) Mattscheibe (Abbildung 3 oben)
- 3) Kollektor (Abbildung 3 unten)
- 4) Leuchtfeldblende (Abbildung 3 unten)
- 5) Kondensator mit Aperturblende (Abbildung 3 unten)

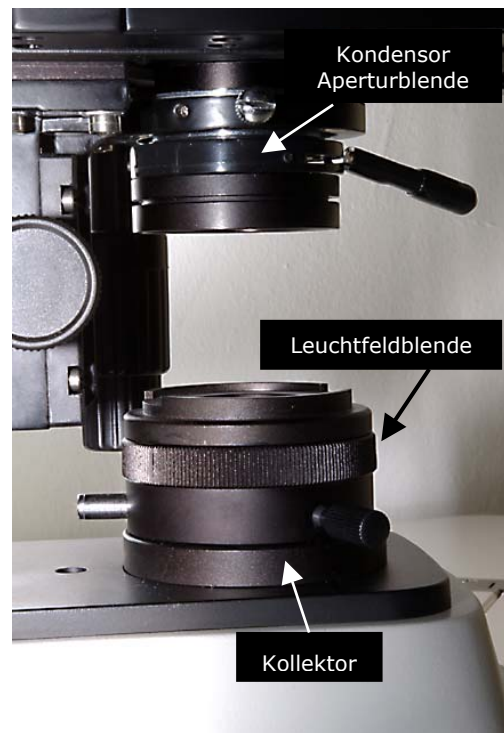
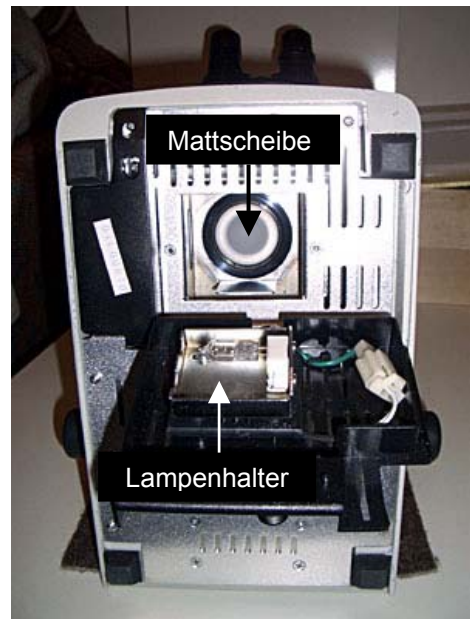
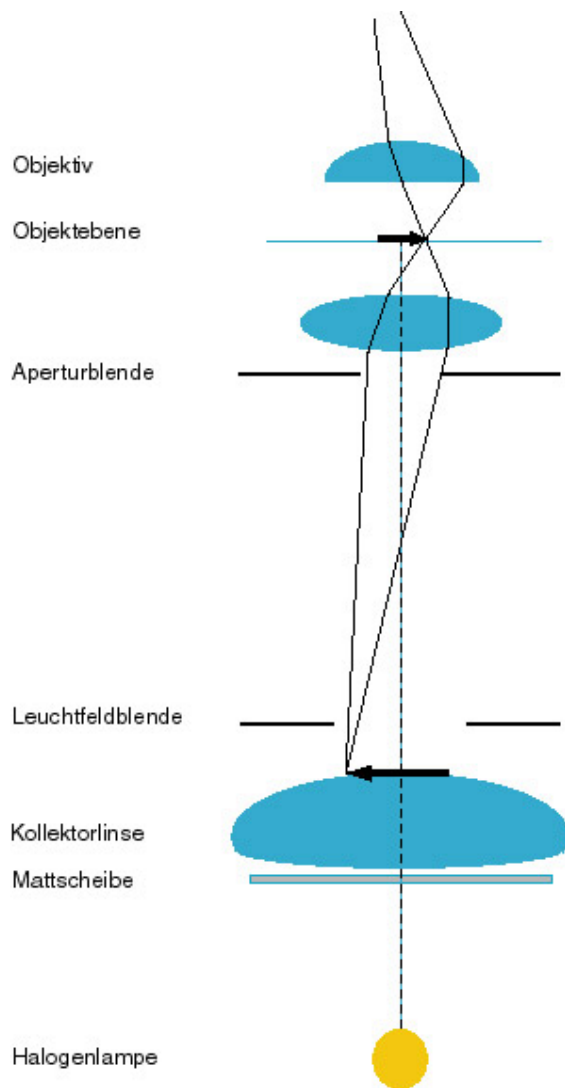
Bei dieser Beleuchtungsart wird nicht, wie es bei der Köhler-Beleuchtung der Fall ist, die Lampenwendel in der Ebene der Aperturblende scharf abgebildet. Stattdessen wird das Licht der Lampe durch die Mattscheibe gestreut und homogenisiert. Die Kollektorlinse wird dadurch gleichmäßig ausgeleuchtet. Der Kondensator bildet dann die so ausgeleuchtete Oberfläche der Kollektorlinse in der Objektebene ab. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Beleuchtungstechnik und einen Vergleich mit der Köhler-Methode findet sich in [6].

Was macht man nun also, wenn das Mikroskop gar keine Köhlerbeleuchtung besitzt, sondern wie im hier betrachteten Fall eine sogenannte kritische Beleuchtung nach Nelson?

## 3 Lösungsmöglichkeiten

Will man in den Beleuchtungsstrahlengang der Nelson-Beleuchtung einen Mikroblitz einfügen, der die Bedingung erfüllt, exakt die Beleuchtung auf das Foto zu bringen, die man bei der subjektiven Betrachtung mit dem Pilotlicht sieht, so sind verschiedene Möglichkeiten denkbar:

- 1) Die Beleuchtung wird umgebaut und eine echte Köhler-Beleuchtung installiert. Diese Möglichkeit schien mir zunächst die erstrebenswerteste zu sein. Nach einigen Überlegungen und Experimenten wurde aber sehr schnell klar, dass dies nur mit umfangreichen Umbaumaßnahmen inklusive dem Ersetzen von Kollektor und eventuell auch des Kondensators zu realisieren ist. Diese Lösung würde also eine komplett neue Beleuchtungsoptik erfordern und wurde daher nicht weiter verfolgt.



**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der Beleuchtung nach Nelson.

**Abbildung 3:** Oben: Unterseite des Mikroskops mit geöffneter Bodenklappe, Halogenlampe mit Halter und Blick auf die Mattscheibe. Unten: Mikroskopfuß mit Kollektor und Leuchtfeldblende enthaltendem Aufsatz.

2) Man versucht, die Blitzröhre so zu integrieren, dass sie die Mattscheibe genauso gleichmäßig ausleuchtet, wie das Pilotlicht. Die damit verbundenen Nachteile, insbesondere den Lichtverlust durch die Mattscheibe, nimmt man in Kauf. Die naheliegende Lösung zur Realisierung dieser Idee ist ein Strahlenteiler in 45°-Anordnung zwischen Kollektor und Pilotlicht. Über diesen wird dann das Blitzlicht eingespiegelt. Diese Lösung wurde von mir realisiert, und funktioniert auch mit Einschränkungen. Die Einschränkungen ergeben sich dadurch, dass es unter dem Kollektor sehr eng wird. Auch mit einem nur 10 x 10 mm großen Strahlenteiler kommt man mit Pilotlicht und Blitzröhre nicht mehr nahe genug an die Kollektorunterseite, um eine vollständige Ausleuchtung des Gesichtsfeldes bei Verwendung von Objektiven schwächer als ca. 5:1 zu gewährleisten.

- 3) Man ordnet die Blitzröhre unmittelbar über dem Pilotlicht an, das dann die Mattscheibe durch das Glasrohr beleuchtet. Diese im ersten Moment sehr „quick and dirty“ erscheinende Lösung hat sich als optimal und dabei wirklich einfach zu realisieren herausgestellt.

Sowohl die zweite, als auch die dritte Möglichkeit haben direkt zur Folge, dass die Halogenbeleuchtung des Mikroskops ersetzt werden muss. Die Hitzeentwicklung der Halogenlampe würde die in unmittelbarer Nähe angeordnete Blitzröhre oder den Strahlenteiler zerstören. Der Weg zum Mikroblitz führt also über eine LED-Beleuchtung.

Wie im folgenden deutlich wird, haben die Lösungen zwei und drei den zusätzlichen, angenehmen Vorteil, dass die gesamte Technik in den Mikroskopfuß eingebaut werden kann. Das Mikroskop kann daher sowohl zur „normalen“ Beobachtung, als auch zur Mikrofotografie ohne große Umbauten oder Einschränkungen in der Bedienung benutzt werden.

## 4 Umsetzung

Zunächst habe ich das Mikroskop von allen nicht mehr benötigten Teilen befreit. Dies betrifft die komplette Halogenbeleuchtung mit Lampenhalter, Transformator und Regelplatine. Im Bereich des Mikroskopfußes sind ursprünglich einige Blechverkleidungen am Bodenblech festgeschraubt, die offensichtlich dem Wärmeschutz bei Halogenbeleuchtung dienen. Auch diese habe ich vollständig entfernt und dadurch ausreichend Platz gewonnen, um später die komplette Blitzanlage im Mikroskopfuß unterzubringen.

Das Ergebnis dieser „Entkernung“ ist in Abbildung 4 zu sehen. Die Umrüstung auf LED-Beleuchtung und der Einbau des Mikroblitzes werden aus Gründen der Übersichtlichkeit getrennt beschrieben.

### 4.1 LED-Beleuchtung

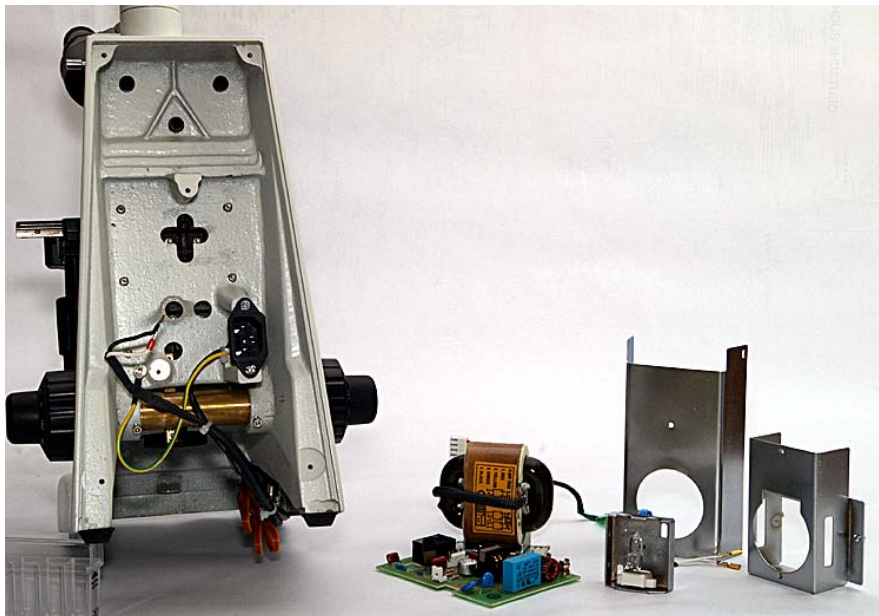
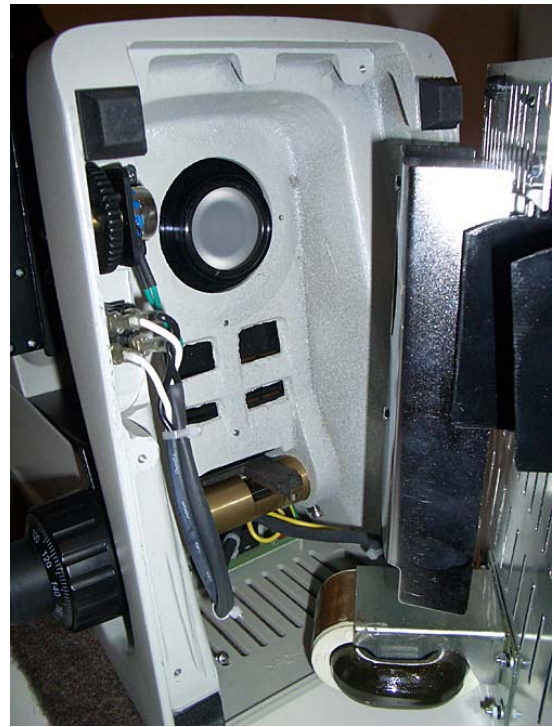
Eine Mikroskopbeleuchtung mit weißen LEDs ist inzwischen nichts ungewöhnliches mehr. Es gibt verschiedene Bastelanleitungen, und auch in kommerziellen Geräten sind sie schon zu finden.

#### Auswahl einer geeigneten LED

Bei der Auswahl einer LED, die weißes Licht liefert, über eine ausreichende Leistung verfügt und möglichst gut und justierbar zu befestigen ist, kommt man an den Luxeon-LEDs kaum vorbei. Die für meine Zwecke am besten geeigneten Typen sind die weißen LEDs in der Bauart „Star“ und der Abstrahlcharakteristik „Lambertian“ (s. Abbildung 5). Sie sind in drei Leistungsstufen erhältlich: 1 Watt, 3 Watt und 5 Watt. Sie unterscheiden sich außer im Preis in zwei weiteren wichtigen Eigenschaften. Die Größe der Leuchtfläche reicht von ca. 1,5 x 1,5 mm beim 1W-Typ bis zu etwa 4 x 4 mm beim 5W-Typ. Mit dem 5W-Typ ist daher auch eine größere Fläche beleuchtbar. Besonders beim Ersatz einer Glühwendel für eine Beleuchtung nach Köhler ist dies sehr interessant. Allerdings ist die Lebensdauer der 5W-LED vergleichsweise kurz. Der Hersteller gibt 1.000 Stunden an – ein optimales Wärmemanagement vorausgesetzt. Angesichts des Preises von derzeit etwa 35 Euro sind die deutlich günstigeren und mit einer Lebensdauer von bis zu 100.000 Stunden angegebenen 1W- und 3W-Typen die attraktivere Alternative. Bei diesen Überlegungen ist aber zu berücksichtigen, dass die tatsächlich erreichbare Lebensdauer stark von der Betriebstemperatur abhängt und die angegebene zunächst einmal nur bedeutet, dass nach Ablauf dieser Zeit nur noch ein bestimmter Prozentsatz der ursprünglichen Lichtleistung abgegeben wird – und nicht etwa, dass die LED dann defekt ist!

Im einzelnen macht der Hersteller für den 5W-Typ die in Tabelle 1 dargestellten Angaben. Für die 3W-LED werden dagegen nach 50.000 Stunden Betriebsdauer eine Lumenleistung von 70% bei einer Sperrschichttemperatur von höchstens 90°C angegeben. Die Sperrschichttemperatur ist nicht gleichzusetzen mit der Temperatur des Kühlkörpers, kann aber aus ihr errechnet werden. Vereinfachend kann man aber davon ausgehen, dass diese Bedingung bei dem hier besprochenen Einsatz mit Kühlblech eingehalten wird.

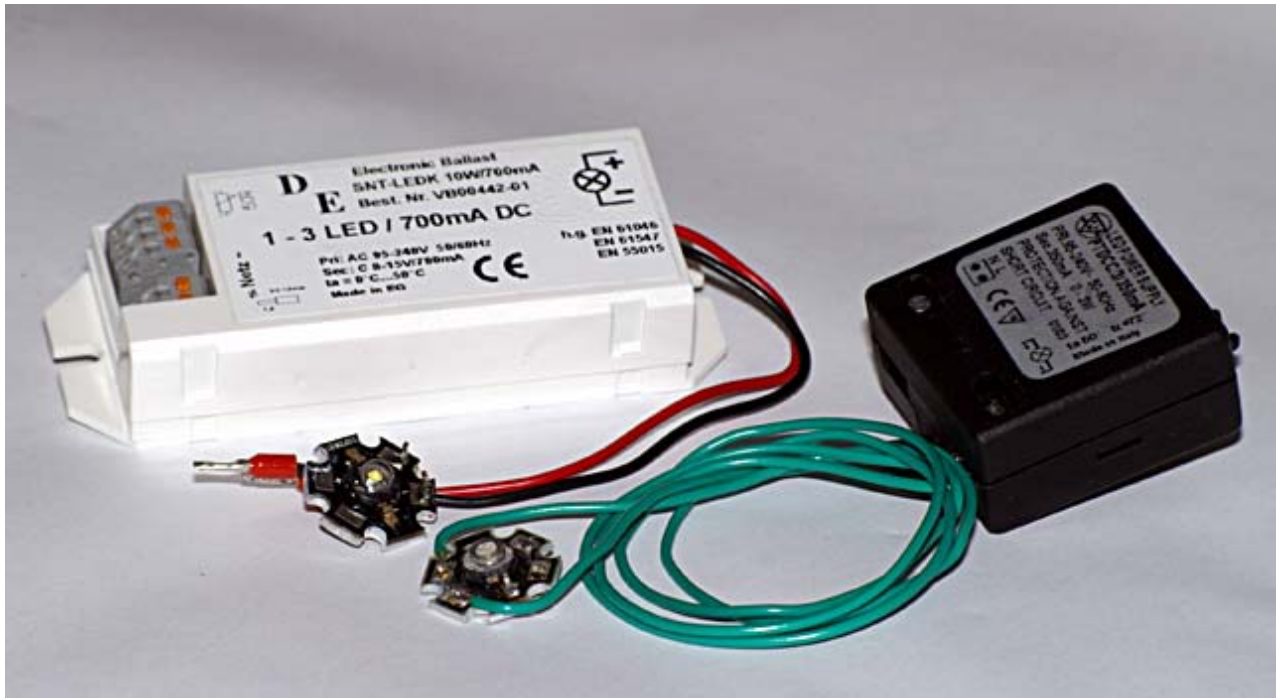




**Abbildung 4:** Das Stativ vor (oben) und nach (unten) Ausbau der Halogen-Beleuchtung mit den ausgebauten Teilen: Reglerplatine, Transformator, Lampenhalter mit Halogenbirne und zwei Hitzeschutzbleche. (Jeweils links Blick von hinten in den „Rücken“, rechts Blick von unten in den Fuß des Mikroskops).

**Tabelle 1:** Mittlere Lebensdauer der 5W-LED (übernommen aus Luxeon Dokument Nr. DS40 (02/04), ©2003 Lumileds Lighting)

Temperatur des Kühlkörpers	Steuerstrom	Mittlere Lumenleistung nach 500 Stunden Betriebsdauer
35 °C	700 mA	90 %
75 °C	700 mA	75 %
85 °C	600 mA	65 %



**Abbildung 5:** Die Luxeon-LEDs (links 1W, rechts 3W) und die maßgeschneiderten Versorgungsmodule. Rechts ein nicht regelbares Modul für die 1W- und 3W-Typen, links das dimmbare Modul für den 5W-Typ.

## Praktische Erfahrungen

In der Praxis ist an meinem Mikroskop schon der 1W-Typ ausreichend hell, um die ursprüngliche 20W Halogenlampe ohne Lichteinbuße zu ersetzen. Mit der 1W-LED ist aber eine homogene Ausleuchtung des Gesichtsfeldes bei kleinen Vergrößerungen in meiner Konfiguration nicht zufriedenstellend möglich.

Der 3W-Typ ist schon so hell, dass er gedimmt werden muss, um Blendungen im Hellfeld bei schwachen und mittleren Vergrößerungen zu vermeiden. Die Ausleuchtung des Gesichtsfeldes bei schwachen Vergrößerungen gelingt auch mit dieser LED nicht vollständig, hier kann man dann aber bei Bedarf mit einer zwischen Leuchtfeldblende und Kondensor gelegten Sammellinse für Abhilfe sorgen (s. auch [5]).

Weder die 1W-, noch die 3W-LED werden in dem unten beschriebenen Aufbau so heiß, dass mit einer stark verkürzten Betriebsdauer zu rechnen ist.

Der 5W-Typ, den ich momentan experimentell einsetze, ist so hell, dass er von mir auch unter ungünstigsten Verhältnissen nicht mit maximaler Leuchtstärke benutzt wird. Die LED wird fast ausschließlich im unteren Drittel des Regelbereiches des Dimmers betrieben. Dann halten sich die Temperaturen in Grenzen und überschreiten auch bei längerem Betrieb nicht den Bereich, in dem man den Kühlkörper noch gut anfassen kann. Dreht man den Dimmer voll auf, so steigt die Temperatur nach einiger Zeit doch so weit an, dass man die Finger besser vom Kühlkörper entfernt hält. Allerdings hat die LED mehrstündige Tests mit voller Leistung mehrmals überlebt.

Die große Leuchtfläche dieser LED lässt keine Probleme bei der Ausleuchtung großer Gesichtsfelder aufkommen. Insgesamt wäre dieser Typ daher am besten geeignet für den hier beschriebenen Zweck, wenn nicht die hohen Kosten und die fragliche Lebensdauer wären. Für eine abschließende Bewertung ist es aber noch zu früh, da ich die LED erst seit ca. 100 Stunden in Betrieb habe. In dieser Zeit hat die ursprüngliche Leuchtstärke subjektiv nachgelassen, ist aber immer noch mehr als hell genug. Auch die Lichtfarbe hat sich in dieser Zeit verändert und ist inzwischen für mein subjektives Empfinden nicht mehr so bläulich, wie am Anfang. Das empfinde ich durchaus als Vorteil. Meine Hoffnung ist, dass die LED mit zwar verringerter aber durchaus ausreichender Leuchtstärke deutlich länger benutzbar ist, als die von Luxeon vorausgesagten 1.000 Stunden.

Für alle drei LEDs gilt, dass sie ein sehr weißes Licht abgeben (Farbtemperatur 5500K), das subjektiv im Vergleich zur Halogenbeleuchtung (Farbtemperatur 3200K) eher kalt und bläulich wirkt. Ein eventuell für die Halogenbeleuchtung benutzter Blaufilter ist bei ihnen überflüssig. Nach kurzer Eingewöhnung empfinde ich das Licht als sehr neutral und angenehm, und sowohl auf Diafilm als auch mit einer Digitalkamera sind neutrale, farbstichfreie Aufnahmen

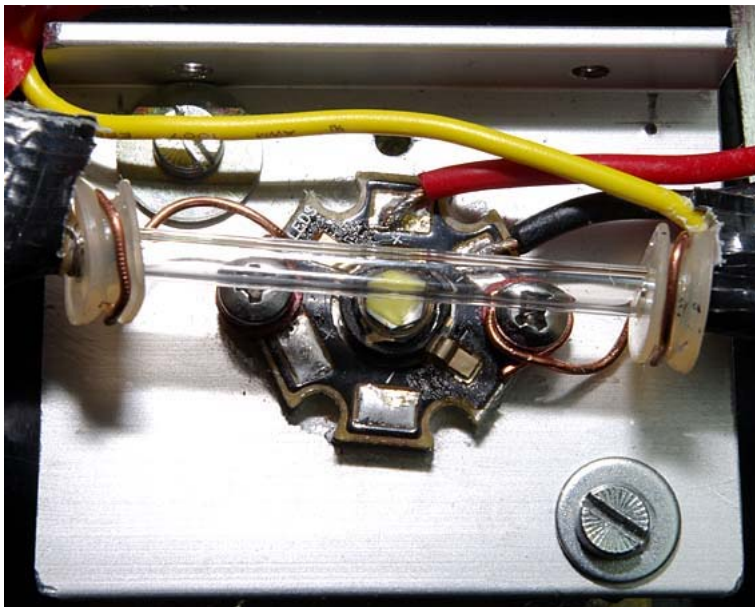


ohne zusätzliche Filter möglich (s. auch [7]). Die Lichtfarbe verändert sich beim Dimmen der LEDs praktisch nicht.

## Befestigung und Kühlung

Die mechanische Befestigung der LED habe ich sehr einfach gelöst. Der ursprüngliche Lampenhalter für die Halogenlampe ist durch ein Aluminiumblech ersetzt worden, das ich von einer entsprechenden Profilleiste aus dem Baumarkt abgesägt habe (s. Abbildung 6). Die LED ist mit diesem Aluminiumblech unter Zugabe einer Wärmeleitpaste fest verschraubt. Hier muss man darauf achten, dass durch die Befestigungsschrauben kein Kurzschluss der LED-Kontakte verursacht wird. Das kann man leicht durch isolierende Unterlegscheiben vermeiden. Das Aluminiumblech erfüllt somit gleichzeitig die Funktion des Kühlkörpers für die LED. Die Kabel für die Stromversorgung können direkt an die LED gelötet und dann nach hinten weggeführt werden.

Das Aluminiumblech selbst wird mit zwei Schrauben am justierbaren Träger des ursprünglichen Lampenhalters befestigt. Dadurch ist die LED in X-Y-Richtung justierbar. Ursprünglich hatte ich auch eine vertikale Justierung vorgesehen. Nach einigen Experimenten hat sich das aber als unnötig herausgestellt, und es reicht, das Aluminiumblech durch Abstandshalter und entsprechend lange Schrauben im experimentell festgestellten, optimalen Abstand zum Träger am Bodenblech zu fixieren. Zu diesem „richtigen Abstand“ mehr im Abschnitt „Die Mattscheibe“.



**Abbildung 6:** Links die Befestigung von LED und Blitzröhre auf einem Stück Alu-Profil, rechts das eingebaute Stromversorgungsmodul mit Anschlüssen.

## Stromversorgung

Die Luxeon-LEDs müssen mit einem konstanten Gleichstrom versorgt werden und können durch Pulsweitenmodulation geregelt (gedimmt) werden. Ein versierter Elektroniker findet hier eine Herausforderung für eigene Schaltungsentwürfe – ich habe es mir aber ganz einfach gemacht. Passend zu den LEDs sind fertige Versorgungsmodule erhältlich, die nur noch an die 220V-Netzspannung einerseits und die LED andererseits angeschlossen werden müssen (s. Abbildung 5 und 6). In der Luxusausführung besitzen diese Module sogar einen integrierten Dimmer, und es muss nur noch ein externes Potentiometer zur Regulierung der Helligkeit angeschlossen werden.

Ich benutze momentan das regelbare Modul für die 5W-LED und habe es einfach in der Nähe der 220V-Netzbuchse im Mikroskopstativ mit einer Schraube festgeschraubt. Hier sind dann die 220V-Zuführung (einseitig über den im Mikroskopfuß befindlichen Netzschalter geführt), die beiden Kabel zur LED und drei Leitungen zum Potentiometer für die Helligkeitsregelung angeklemt (s. Abbildung 6).

Das Regelpotentiometer soll 50 Ohm haben und ermöglicht dann die Regelung der Helligkeit zwischen 10% und 100%. Ich habe das bereits für die Halogenbeleuchtung vorhandene Po-

tentiometer durch einen 50 Ohm Typ ersetzt. Der ursprüngliche Regler auf dem Mikroskopfuß hat so seine Funktion beibehalten und es musste kein zusätzliches Loch gebohrt werden.

## 4.2 Der TTL-Blitz

Vor weiteren Ausführungen noch einmal eine :

### Warnung

Beim Öffnen eines Blitzgerätes begibt man sich in **Lebensgefahr!** Der Blitzkondensator kann auch nach jahrelanger Nichtbenutzung noch **tödliche Spannungen im Kilovoltbereich** abgeben! Der Kondensator muss daher fachgerecht und vollständig entladen werden, bevor überhaupt auch nur an dem Gerät hantiert werden darf. Dazu reicht es absolut nicht, den Blitz solange zu zünden, bis die Batterien oder der Kondensator scheinbar leer sind – es befindet sich auch dann noch eine potentiell tödliche Ladung im Kondensator.

Mein Aufsatz ist nur ein Bericht, aber keine Arbeitsanleitung. Wer nicht über ausreichende Kenntnisse und Fähigkeiten verfügt oder auch nur unsicher bei der Beantwortung dieser Frage ist, darf die folgenden Arbeiten auf keinen Fall selbst ausführen, sondern muß sie einem Fachmann mit entsprechender Ausbildung überlassen.

**Das Risiko ist hoch, die Gefahr sehr real, das ist nicht nur Theorie!**

## Auswahl eines geeigneten Blitzgerätes

Die Auswahl eines geeigneten TTL-Blitzgerätes hängt wesentlich von der verwendeten Kamera ab. Es kommen kameraspezifische Geräte des Kameraherstellers oder solche von Fremdherstellern in Frage. Wichtig war für mich vor allem die TTL-Blitzsteuerung (s. [1-4]) und geringe Abmessungen. Die benötigte Leitzahl hängt vom Anwendungszweck ab und sollte um so höher sein, je größer der Lichthunger der verwendeten mikroskopischen Beleuchtungsverfahren ist.

Es sind viele, auch unorthodoxe Kombinationen von Kamera und Blitzgerät denkbar, die hier weder allgemein, noch beispielhaft besprochen werden können. Wichtig ist es allerdings, bei allen ins Auge gefassten Kombinationen darauf zu achten, ob die Kamera die Zündspannungen des Blitzgerätes auch verträgt. Gerade moderne Digitalkameras können eventuell durch die hohen Spannungen von älteren Blitzgeräten für nicht-digitale Kameras zerstört werden! Im Zweifelsfall sollte man daher eine von den Herstellern empfohlene Kombination wählen.

Ich habe eine sichere, von Kameraherstellern weitgehend unabhängige Lösung gewählt und einen alten gebrauchten Metz 30 TTL eingebaut. Das Metz-System erlaubt die Verwendung eines Blitzgerätes mit unterschiedlichen Kameras durch Austausch eines elektronischen Adapters und hält die nötigen Verbindungskabel bereit.

Der von mir verwendete 30 TTL ist überhaupt nur im TTL-Modus zu betreiben und wird vollständig von der Kamera gesteuert. Er ist gebraucht günstig zu bekommen und eignet sich hervorragend als Mikroblitzgerät. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf diesen Typ.

## Vorbereitung des Blitzgerätes

Unabhängig vom verwendeten Blitzgerätmodell muss die Blitzröhre soweit „frei-präpariert“ werden, dass sie separat vom Gehäuse und Reflektor dicht über der LED angebracht werden kann. In der Regel wird das Blitzgerät mit Gehäuse zu groß sein, um in den freien Raum des Mikroskopfußes zu passen. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass im Betrieb des Mikroskops eventuell Triebe und Zahnstangen deutlich weiter in den scheinbar freien Raum fahren, als es bei der oberflächlichen Inspektion vermutet wird. Bei meinem Mikroskop ist z. B. die Zahnstange des Tischtriebes ein solches Hindernis, das den scheinbaren Platz deutlich begrenzt.



Kurzum, das Blitzgerät muss zerlegt werden. Hierzu werde ich keine detaillierte Anleitung geben, da dieser Eingriff ohnehin nur von Personen durchgeführt werden darf, die genau wissen, was sie tun und einer Anleitung nicht bedürfen. Es sei auch noch einmal auf die Warnungen am Anfang des Kapitels und des Aufsatzes verwiesen. Hier nur ein paar Hinweise für das schon vom Gehäuse befreite Gerät mit entladenen Kondensator:

Wenn immer möglich, sollte man die Anschlussdrähte zur Blitzröhre so belassen, wie sie vom Hersteller eingelötet wurden. Eine auch nur geringfügige Verlängerung dieser Leitungen kann dazu führen, dass die Synchronisation zwischen Kamera und Blitzgerät nicht mehr richtig funktioniert und Fehlbelichtungen entstehen.

Vor dem Zerlegen des Gerätes sollte man sich genau überlegen, welche Anschlüsse und Bedienelemente nach außen geführt werden sollen oder müssen. Der Metz 30 TTL wird beispielsweise durch jeweils einen Taster an- und ausgeschaltet und schaltet sich selbstständig automatisch ab, wenn er 5 min. lang nicht benutzt wurde. Man kann ihn also nicht so einbauen, dass er dauerhaft eingeschaltet ist und im Mikroskop nur durch das An- und Abschalten der Versorgungsspannung den Betriebszustand wechselt. Daher müssen die beiden Taster und, wenn man schon dabei ist, auch die grüne LED zur Anzeige der Stromversorgung und die rote LED für die Anzeige des Ladevorgangs des Kondensators nach außen, z.B. in ein eigenes Bedienpult geführt werden.

Weiterhin sollte man sich die Kontaktbelegung und die Zuordnung der angelöteten Kabel für die Herausführung genau (schriftlich!) dokumentieren, sonst steht man hinterher dumm da.

Das gilt insbesondere auch für die Kontakte des SCA-Anschlusses!

Das „nackte“ Blitzgerät kann man nach der Herausführung aller notwendigen Anschlüsse am einfachsten in ausreichend großen und spannungsfesten Schrumpfschlauch einpacken und isolieren (s. Abbildung 9a). Abbildung 7 zeigt den Metz 30 TTL vor und nach dem Zerlegen.



**Abbildung 7:** Das verwendete Blitzgerät Metz 30 TTL (mit SCA Adapter und Entfesselungskabel) vor und nach dem Zerlegen.

## Die „Elektrik“

Unabhängig vom konkreten Blitzgerät müssen auf jeden Fall die Stromversorgung und der Anschluss der Steuerkontakte an die Kamera sichergestellt werden.

Damit die hierfür vorgesehenen Buchsen sicher festgeschraubt werden können und gut an der Rückseite des Mikroskops zugänglich sind, habe ich sie an dem einen Schenkel eines Aluwinkels befestigt, den ich mit dem anderen Schenkel am Bodenblech verschraubt habe (s. Abbildung 9a). Dieses Steckerfeld wird dann nach dem Zusammenbau an der Rückseite des Mikroskopfußes durch eine Aussparung zugänglich, die ich dafür in die Kunststoffverkleidung des Stativs gesägt habe (s. Abbildung 9b).

Für die Stromversorgung habe ich die Anschlusskabel des ehemaligen Batteriegehäuses des Blitzgerätes verlängert und an eine Niedervoltbuchse geführt (s. Abbildung 9a und 9b rechts). Dazu habe ich mir ein passendes Schaltnetzteil besorgt, das 6V/2,4A liefert. Die genauen Da-

ten des benötigten Netzteils hängen von der Spezifikation des Blitzgerätes ab (von der Firma Metz bekommt man dazu jederzeit Auskunft). Auch die Verwendung von Akkus im (teilweise) belassenen Gehäuse des Blitzgerätes ist denkbar und würde die Ladezeit des Blitzkondensators im Vergleich zur Netzteillösung wahrscheinlich verkürzen. Dann ist aber ein Anschluss für ein geeignetes Ladegerät nötig, wenn man nicht jedes Mal das Mikroskop aufschrauben möchte um die entladenen Akkus in einem externen Ladegerät aufzuladen.

Die Verbindung des eingebauten Blitzgerätes mit der Kamera hängt wieder stark von den konkret verwendeten Geräten ab. Für das Metz-System bietet sich das Entfesselungskabel SCA 307A für das 300er System von Metz an. Für das 3000er System gibt es ein entsprechendes Kabel, mit dem ich aber keine Erfahrungen habe.

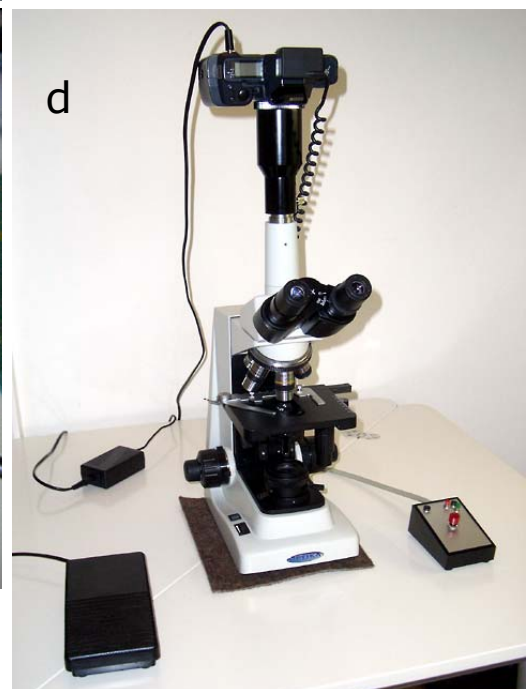
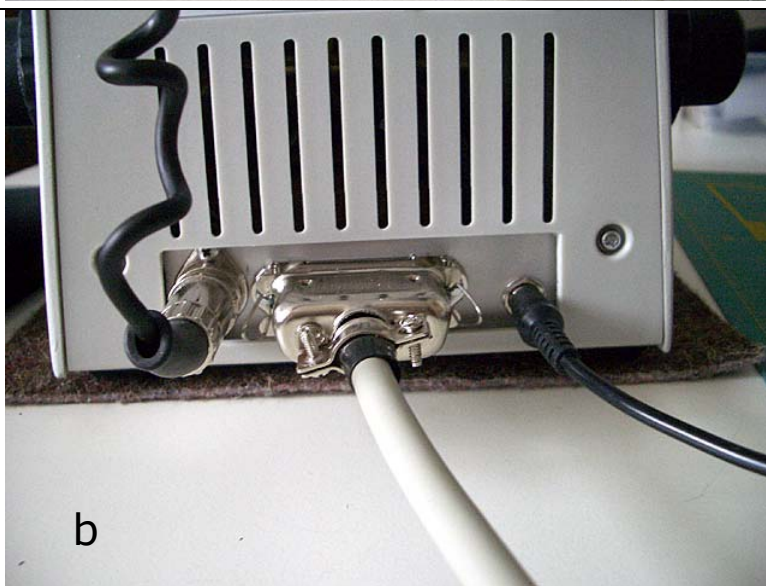
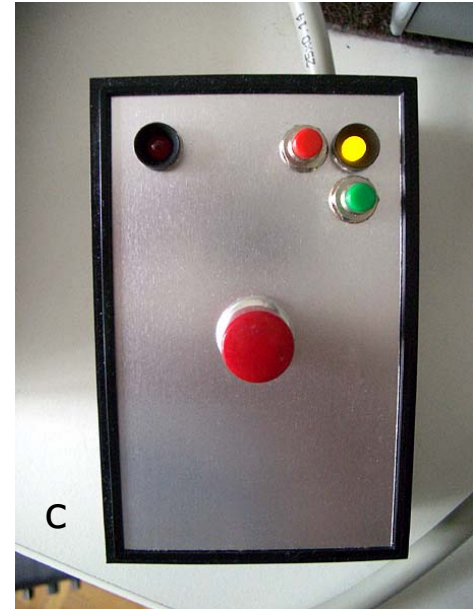
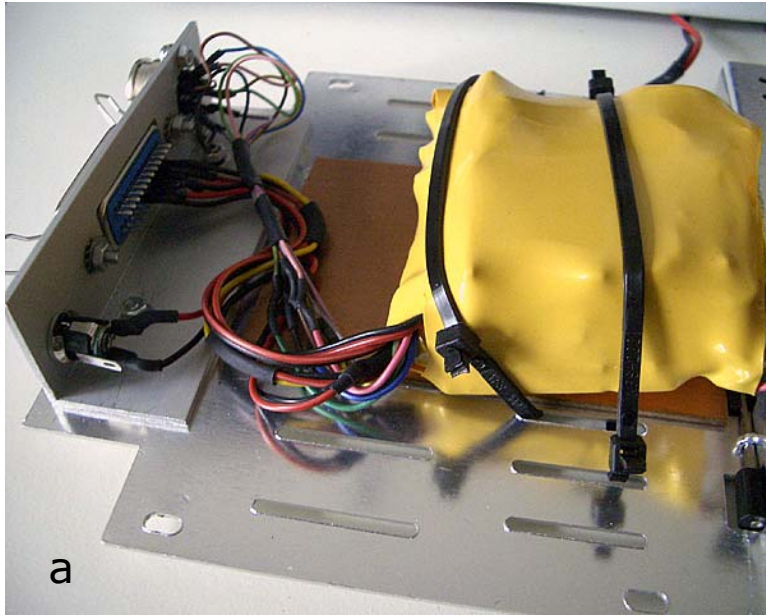
Das in Abbildung 8 gezeigte Kabel SCA 307A wird normalerweise auf der einen Seite mit dem auf der Kamera montierten, kameraspezifischen Adapter verbunden und auf der anderen Seite in den SCA-Adapterschacht des Blitzgerätes geschoben. Diesen blitzseitigen Anschluss habe ich durch einen 8poligen DIN-Stecker ersetzt (s. Abbildung 8). Das Kabel überträgt genau 8 Kontakte. Wie diese genau mit dem Blitzgerät verschaltet werden, kann man herausfinden, wenn man sich die Belegung der Kontakte am zerlegten Blitzgerät ansieht. Diese habe ich dann an die passende 8polige DIN-Buchse geführt, die am schon erwähnten Aluwinkel auf der Rückseite des Mikroskops befestigt ist (s. Abbildung 9a und 9b links).



**Abbildung 8:** Das SCA-Kabel 307 im ursprünglichen Zustand und mit dem angelöteten 8poligen DIN-Stecker.

Die Ein- und Aus-Taster des Blitzgerätes sind ebenso wie die Betriebs- und Ladeanzeige in ein externes Bedienpult verlegt, das in Abbildung 9c gezeigt wird. Die entsprechenden Kontakte des Blitzgerätes sind hierfür an eine Centronics-Buchse am Aluwinkel geführt (s. Abbildung 9b mitte), an die das Bedienpult bei Bedarf angeschlossen wird. In der Abbildung ist auf dem Bedienpult ein großer roter Taster zu sehen, der ursprünglich als Fernauslöser für die Kamera gedacht war. Da ich mangels drittem Arm aber inzwischen immer einen Fußschalter benutze, ist dieser Taster im Bedienpult nie aktiviert worden.

Zusammenfassend ermöglicht die beschriebene Ausführung einerseits die schnelle Aktivierung des Mikroblitzes und die volle Bedienbarkeit des Blitzgerätes über das externe Bedienpult, andererseits aber auch die vollständige Entfernung aller eventuell störenden Kabel, wenn die Mikroblitzeinrichtung nicht benötigt wird. Abbildung 9d zeigt den kompletten Aufbau mit angeschlossenen Kabeln für die Mikroblitzfotografie.



**Abbildung 9:** Der fertige Einbau des Blitzgerätes in das Mikroskop. Auf der Bodenplatte des Mikroskopfußes ist das komplette, vom Gehäuse befreite und in gelben Schrumpfschlauch verpackte Blitzgerät befestigt (a). Die elektrischen Anschlüsse sind an entsprechende Buchsen an die Rückseite geführt (b). Die Bedienelemente des Blitzgerätes sind in ein Bedienpult verlegt (c). Die komplette Verkabelung mit Netzteil und Fußschalter ist in (d) zu sehen

## Der mechanische Einbau

Das in Schrumpfschlauch verpackte Blitzgerät ist sehr einfach mit Kabelbindern befestigt, sie schnüren das „Paket“ fest an das Bodenblech.

Die Befestigung der Blitzröhre über der LED ist ebenfalls ganz simpel: Mit zwei an den Befestigungsschrauben der LED verankerten Drähten wird die Röhre in Position gehalten (s. Abbildung 6). Diese Lösung sieht zwar nicht gut aus, ist aber sehr effektiv, da die Röhre so gut justierbar ist. Weiterhin ist bei der Befestigung zu berücksichtigen, dass die Blitzröhre während der Entladung sehr heiß wird. Sie sollte also durch die Befestigung nicht zu eng eingeschlossen werden. Mit der „Zweidraht-Lösung“ können sogar die ursprünglich im Blitzgerät benutzten Silikon-Muffen weiterverwendet werden.

Bei anderen Lösungen sollte man darauf achten, dass die Materialien, die in direktem Kontakt zur Blitzröhre stehen, hitzebeständig sind. Meine ersten Versuche mit Schrumpfschlauch ha-



ben sich im Wortsinn in Rauch aufgelöst. Gute Erfahrung habe ich mit Silikonschlauch gemacht, wie er z.B. als Luftschlauch im Aquarienhandel zu bekommen ist. Es muss aber wirklich der milchig weiße Silikonschlauch sein und nicht etwa die grünen, schwarzen oder transparenten Kunststoffschläuche, die auch und häufiger angeboten werden.

Auf jeden Fall sollte man die Anschlüsse der Blitzröhre isolieren, wozu sich wiederum der Silikonschlauch eignet. Im Betrieb liegt an den Anschlüssen der Blitzröhre die volle Zündspannung an. Sollte die simple „Zweidraht-Befestigung“ einmal versagen, würde diese Spannung im Kilovoltbereich ohne Isolierung der Anschlüsse allzu leicht auch am Mikroskopstativ liegen! Bis man das dann bemerkt ist man eventuell schon tot!

#### 4.3 Die Mattscheibe und die Justierung

Die ursprünglich in das Mikroskop eingebaute Mattscheibe und der optimale Abstand der LED-Blitzrohr-Kombination zu ihr haben mir einiges Kopfzerbrechen gemacht.

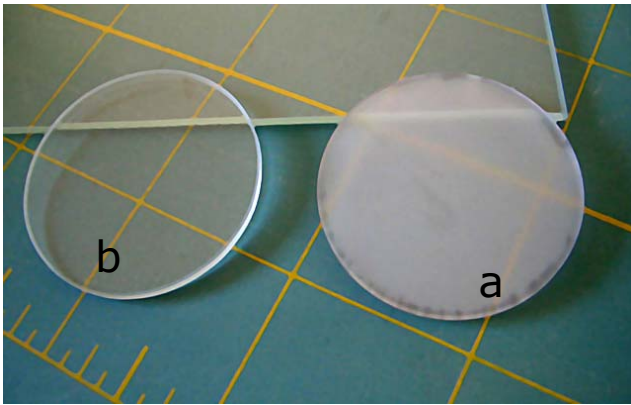
Die originale Mattscheibe ist sandgestrahlt, sehr opak und schluckt entsprechend viel Licht (s. Abbildung 10a). Sie sollte daher nach Möglichkeit durch eine weniger lichthungrige Version ausgetauscht werden. Alle Experimente in dieser Richtung hatten jedoch durch die dann verringerte Diffusion zunächst zur Folge, dass das Gesichtsfeld nur noch unvollständig und ungleichmäßig ausgeleuchtet wurde. Der Fehler lag darin, dass ich die LED und das Blitzrohr etwa im gleichen Abstand zur Mattscheibe angeordnet hatte, den auch die ursprüngliche Halogenlampe hatte - dies in der Annahme, dass hier die Brennebene des Kollektors liegt. Erst, als ich die Entfernung zur Mattscheibe deutlich verringerte, ergab sich plötzlich auch mit durchlässigeren Mattscheiben eine gleichmäßige und sehr viel hellere Ausleuchtung des gesamten Gesichtsfeldes. Rückblickend war wohl die ursprüngliche Anordnung der Halogenlampe ein Kompromiss des Herstellers: Die starke Hitzeentwicklung der Halogenlampe machte den großen, nicht optimalen Abstand notwendig und dieser wiederum machte eine sehr opake, stark streuende Mattscheibe erforderlich, damit eine gleichmäßige, ausreichend große Leuchtfläche entsteht.

Mit der LED-Beleuchtung ist eine größere Annäherung bis in die Brennebene des Kollektors möglich. Der Abstand der LED zur Mattscheibe beträgt jetzt bei mir ca. 12mm, das Blitzrohr ist noch näher dran.

Nach einigen Experimenten, u.a. mit einer beim Optiker auf Maß geschliffenen Scheibe aus dem mattierten (= geätzten) Glas eines „entspiegelten“ rahmenlosen Bildhalters, hat sich letztlich eine schon von GÖKE empfohlene PE-HD-Folie als idealer Ersatz für die Mattscheibe herausgestellt [8]. Diese besorgt man sich kostenneutral in Form einer Plastiktüte z.B. vom Obststand des nächstgelegenen Supermarktes. Bei meinem Mikroskop lässt sich die Folie am besten dadurch „einbauen“, dass man ein mit „Saum“ zugeschnittenes Stück der Folie auf den Tubus legt, in dem die ursprüngliche Mattscheibe gefasst war und die Folie dann mit dem Fassungsring in den Tubus dreht. Dadurch wird die Folie schön glatt gespannt. Die überstehenden Reste können dann abgeschnitten werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 10 zu sehen.

Einige Sorgen hat mir die im Betrieb entstehende kurzzeitige, aber starke Hitzeentwicklung der Blitzröhre gemacht. Ich hatte befürchtet, dass dadurch die sehr nahe gelegene Folie und auch die im direkten Kontakt zur Röhre stehende LED „angeschmort“ werden könnten. Glücklicherweise hat sich diese Befürchtung bisher auch nach größeren „Blitzorgien“ nicht bewahrheitet.





**Abbildung 10:** Im linken Bild die ursprüngliche, sandgestrahlte Mattscheibe (a) und eine experimentell benutzte, inzwischen aber verworfene Mattscheibe, die aus dem geätzten Mattglas eines entspiegelten Bilderhalters geschliffen wurde (b). Rechts das Rohmaterial für eine Mattscheibe aus PE-HD-Folie zusammen mit dem Ergebnis, der in den Kollektorhalter eingedrehten und -gespannten Folie.

## 5 Ergebnisse

Die folgenden Fotos zeigen die Eigenschaften und Möglichkeiten der LED-Beleuchtung und der Blitzeinrichtung für die Mikrofotografie.

Alle Fotos wurden mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Pentax \*istDs) bei ISO 200 aufgenommen. Der Weißabgleich erfolgte bei allen Blitzaufnahmen mit der Kamera-Voreinstellung für Blitzlicht, für die Aufnahmen mit LED-Licht wurde ein manueller Weißabgleich benützt, der einmalig an einer freien Stelle eines Diatomeen-Testpräparates durchgeführt wurde. Diese Einstellung verwende ich unabhängig vom Präparat für alle Aufnahmen mit LED-Licht. Sie erzeugt eine etwas neutralere Darstellung als der automatische Weißabgleich der Kamera.

Für die Fotos mit LED-Beleuchtung wurde mit Spiegelvorauslösung gearbeitet. Außerdem sind die Belichtungszeiten durch den Einsatz von Graufiltern auf mindestens 2 sec ausgedehnt worden. Nur so ist der Einfluss der durch den Verschluss hervorgerufenen Erschütterungen auf ein erträgliches Maß zu verringern. Für die Blitzaufnahmen ist das nicht nötig. Die kurzen Blitzleuchtzeiten bis hinunter zu 1/25.000sec. führen zu absolut verwackelungsfreien Fotos. Aus diesem Grund fotografiere ich seit dem Umbau des Mikroskops selbst statische Motive nur noch mit Blitzlicht. Das ist einfach und bequem: Man braucht sich um die Belichtungszeit und Verwackelungsgefahr nicht mehr kümmern, nur noch auslösen.

Alle Aufnahmen wurden im RAW-Format gespeichert und teilweise leicht in Kontrast und Helligkeit verbessert. Anschließend wurde der gewünschte Ausschnitt gewählt, die Bildgröße verkleinert und das Ergebnisbild moderat nachgeschärft.

Am Mikroskop wurden ein Projektiv mf K 3,2:1 (VEB Carl Zeiss, Jena) und die Objektive Apo 6,3:1/0,20, Apo 20:1/0,65 und Apo 40:1/0,95 von Carl Zeiss Jena verwendet. Alle Aufnahmen sind im einfachen Hellfeld entstanden.

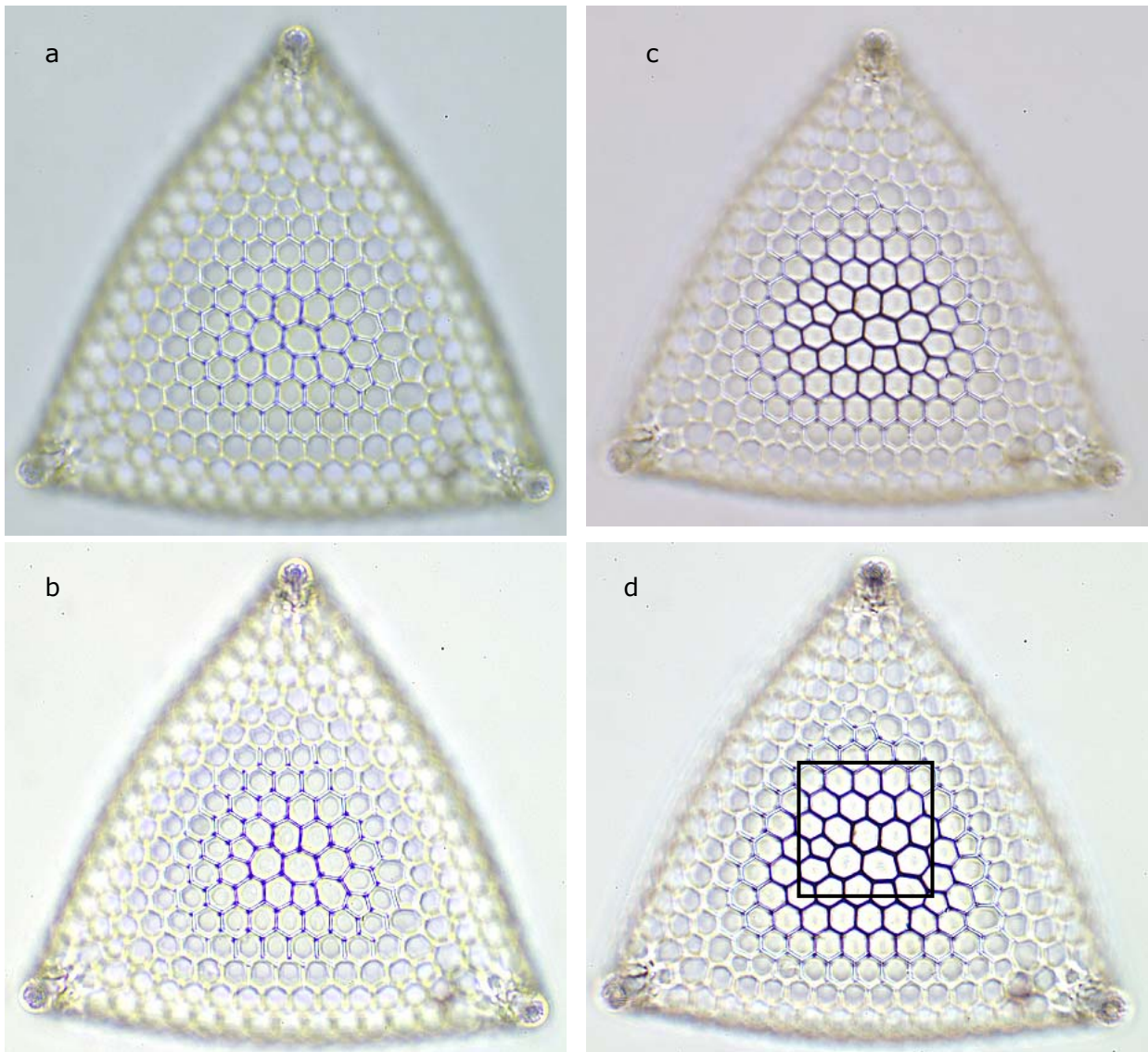
### Vergleich LED- / Blitzbeleuchtung

Die Abbildung 11 zeigt den unterschiedlichen Farbcharakter von LED- und Blitzlicht. Erwartungsgemäß erreicht man mit dem Blitzlicht schon mit der Kameravoreinstellung für den Weißabgleich bei Tageslicht ein sehr neutrales Ergebnis. Auch das LED-Licht liefert mit dieser Einstellung sehr gute Ergebnisse, die aber im Vergleich zum Blitzlicht etwas bläulicher wirken. Mit einem manuellen Weißabgleich ist für beide Lichtarten eine sehr neutrale Farbwiedergabe möglich, die hervorragend mit dem subjektiven Eindruck korrespondiert. Insgesamt scheinen die Blitzaufnahmen etwas „knackiger“, d.h. kontrastreicher zu sein.

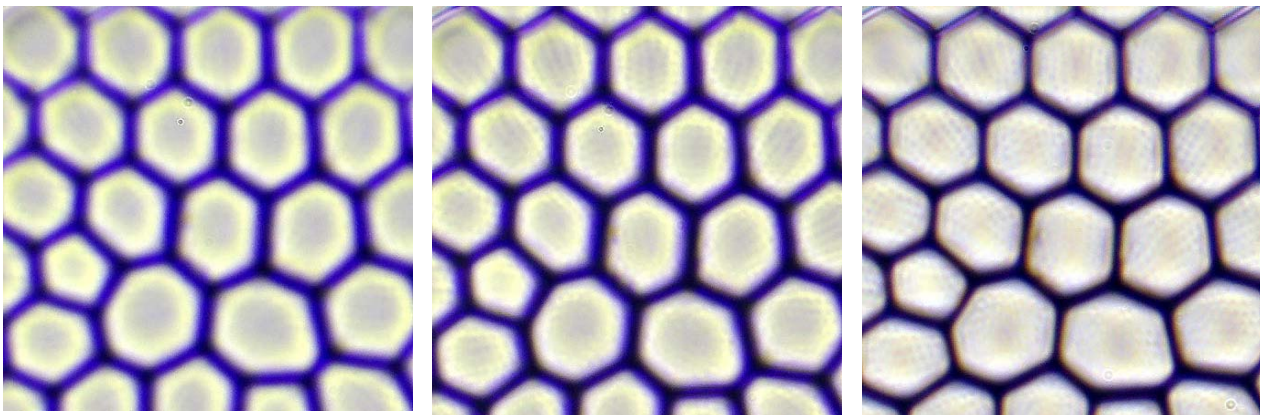
Abbildung 12 zeigt anhand von Ausschnittvergrößerungen einen großen Vorteil des Blitzlichtes auch bei der Anwendung für die Fotografie von statischen Objekten: Jegliche Unschärfe durch Erschütterungen wird ausgeschaltet. Diese Schärfe ist mit der LED-Beleuchtung nur mit sehr langen Belichtungszeiten und einer absolut erschütterungsfreien Umgebung zu erreichen.

Dies und die neutrale, kontrastreiche Wiedergabe sind die Gründe dafür, dass ich nur noch mit Blitz fotografiere. Dadurch wird alles viel einfacher: Man kann sich vollständig auf die Beobachtung, Verfolgung und Fokussierung seiner Objekte konzentrieren und muss nur noch

zum richtigen Zeitpunkt auslösen. Die Schärfe ist dann garantiert und die Belichtung funktioniert durch die TTL-Steuerung zuverlässig und reproduzierbar. Lediglich bei aussergewöhnlich „dünnen“ oder „dichten“ Motiven muss, wie in der Alltagsfotografie auch, eventuell etwas korrigiert werden. Die folgenden Beispielfotos sind durchgehend mit Blitzlicht entstanden. Auf eine Spiegelvorauslösung wurde dabei verzichtet.



**Abbildung 11:** *Triceratium favus* auf Diatomeen-Testplatte. a) LED-Beleuchtung, Belichtungszeit 3 sec., Spiegelvorauslösung, Weißabgleich mit Kamavoreinstellung für Tageslicht, b) LED-Beleuchtung, Belichtungszeit 3 sec., Spiegelvorauslösung, Weißabgleich manuell, c) Blitzbeleuchtung, ohne Spiegelvorauslösung, Weißabgleich Kamavoreinstellung für Tageslicht, d) Blitzbeleuchtung, ohne Spiegelvorauslösung, Weißabgleich manuell. (Objektiv 40:1)



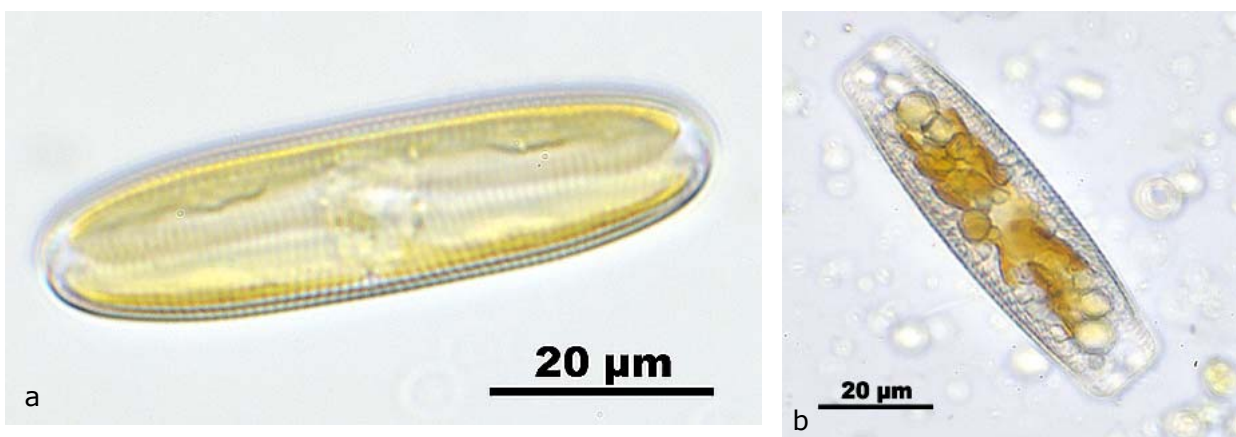
**Abbildung 12:** Der Markierung in Abbildung 11 entsprechende Ausschnittvergrößerungen. Links maximale LED-Beleuchtung mit 1/45 sec. Belichtungszeit. Mitte gedimmte LED-Beleuchtung plus Graufilter mit 3 sec. Belichtungszeit. Rechts Blitzbeleuchtung. (Objektiv 40:1)



Bildbeispiele, aufgenommen mit der beschriebenen Mikroblichteinrichtung



**Abbildung 13:** a) *Zygnema* spec., Objektiv 40:1 b) *Cosmarium* spec. und unbekanntes Objekt im Blaualgenwald, Objektiv 40:1, c) *Gomphonema* spec., Objektiv 40:1



**Abbildung 14:** a) *Pinnularia* spec., Objektiv 40:1, b) *Eunotia* (?) Seitenansicht?, Objektiv 40:1



**Abbildung 15:** *Rotaria* spec. in verschiedenen "Entfaltungszuständen", a, c, d: Objektiv 40:1, b: Objektiv 20:1

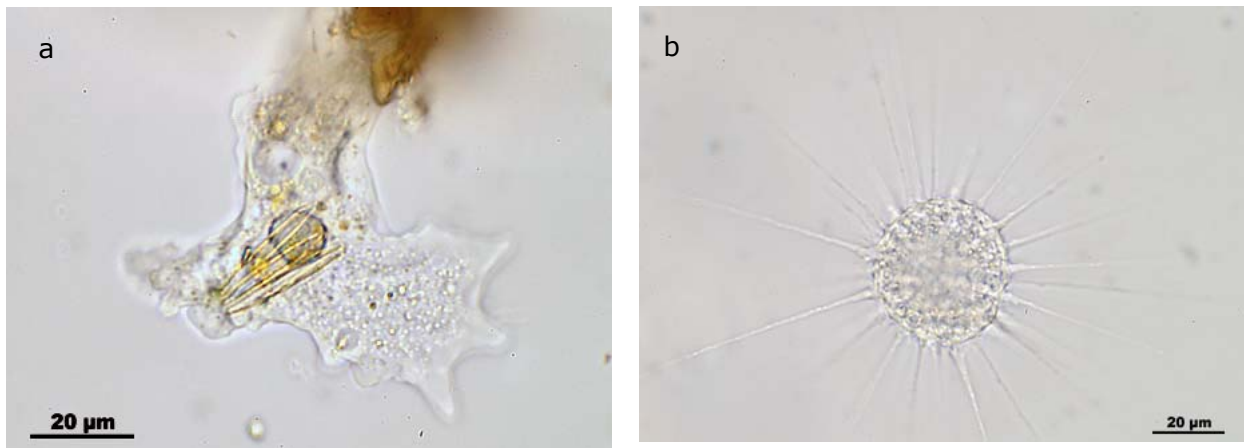


**Abbildung 16:** Rädertier *Philodina* (*roseola* ?), a: Objektiv 20:1, b: Objektiv 40:1

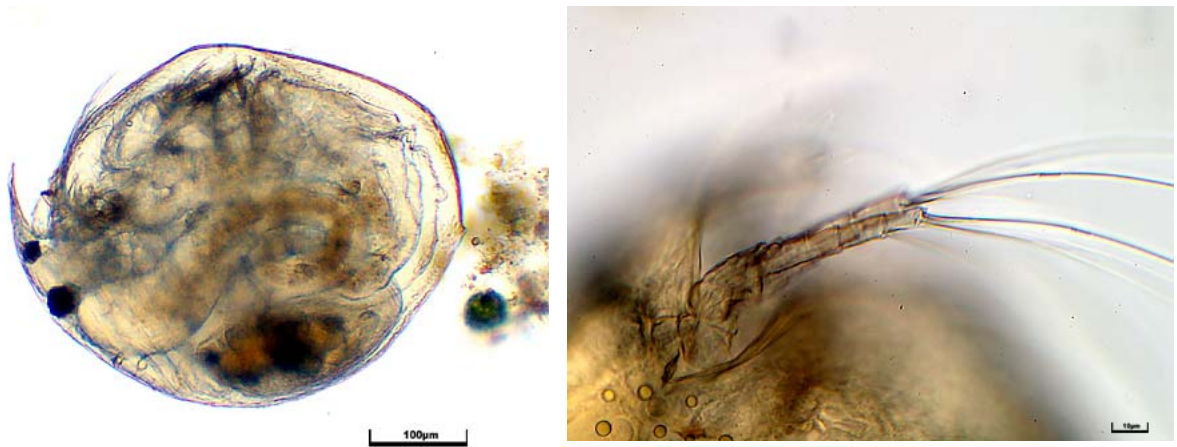




**Abbildung 17:** a) Glockentier *Vorticella similis*., Objektiv 40:1, b) *Opercularia articulata* (?), Objektiv 40:1



**Abbildung 18:** a) Amöbe, Objektiv 40:1, b) Sonnentierchen , Objektiv 40:1



**Abbildung 19:** Blattfußkrebs, links Übersicht, Objektiv 6,3:1, rechts Detail der Antennen, Objektiv 40:1



**Abbildung 20:** Bauchhärlinge, Objektiv 40:1

## 6 Fazit und offene Fragen

Abschließend ist festzuhalten, dass sich der Umbau rundherum gelohnt hat. Für vergleichsweise geringe Kosten ist das Mikroskop jetzt mit einer LED-Beleuchtung und einem TTL-Mikroblitz ausgestattet.

Die LED-Beleuchtung, die ja eigentlich nur als Mittel zum Zweck für den Blitzeinbau gedacht war, ist für sich alleine schon eine deutliche Verbesserung gegenüber der ursprünglichen Halogenbeleuchtung. Die Vorteile liegen im gleichmäßigen, neutralen Licht, das auch beim Dimmen die Farbe nicht ändert, und in der extrem langen Lebensdauer (bei Verwendung von 1W- und 3W-Typen).

Die Qualität der mit dem Blitzlicht im Nelson-Beleuchtungsstrahlengang erzielbaren Fotos hat mich positiv überrascht: Sie entsprechen sehr genau dem subjektiven Betrachtereindruck. Es werden kürzeste Belichtungszeiten bis hinunter zu den mit dem Metz 30 TTL möglichen 1/25.000 sec. erreicht und das trotz der nicht optimalen kritischen Beleuchtung nach Nelson mit der Licht schluckenden Diffusionsfolie. Bei schwachen Vergrößerungen und „dünnen“ Präparaten muss sogar ein Graufilter benutzt werden, um Überbelichtungen trotz kürzester Blitzzeiten zu vermeiden.

Ein weiterer, vom mir bisher nicht genutzter Vorteil des Umbaus ist die Möglichkeit, Pilotlicht und Blitz mit Batterien oder Akkus zu speisen. Dadurch erhalte man ein transportables, netzunabhängiges Mikroskop für Reisen und Exkursionen.

Eine offene Frage ist, ob die hier beschriebene Lösung wirklich mit einer Blitzeinrichtung konkurrieren kann, die in einen Beleuchtungsstrahlengang nach Köhler eingespiegelt wird. Die Überprüfung dieser Frage wird für die Zukunft anvisiert durch den geplanten Einbau eines Mikroblitzes in mein inzwischen vorhandenes Carl Zeiss Jena Amplival.

---

### Dank

Mein Dank gilt Klaus Henkel von der Mikrobiologischen Vereinigung München e. V. für sein unermüdliches Interesse und seine fundierten Ratschläge.

### Literatur

- [1] Henkel, K.: [Der Mikroblitz. Aufsatz, Februar 2001; aus: "µ" Nr. 17, Dezember 1999.](#)
- [2] Stahlschmidt, J.: Der TTL-gesteuerte Elektronenblitz in der Mikrofotografie, Mikrokosmos, 76, 9-17, 1987.
- [3] Stahlschmidt, J.: Bau eines universellen Mikroblitzes, Mikrokosmos, 80, 212-217, 1991.
- [4] Henkel, K.: [Die Mikrofibel, 2004.](#)
- [5] Stahlschmidt, J: Problematik der Beleuchtung großer Objektfelder, Mikrokosmos, 78, 54ff, 1989.
- [6] Göke, G: Nelson- und Köhler-Beleuchtung und davon abgeleitete Beleuchtungsverfahren, Mikrokosmos, 91, 175- 181, 2002.
- [7] Schubert, R.: [Erfahrungen mit einer digitalen Spiegelreflexkamera für die Mikroblitzfotografie, 2005.](#)
- [8] Göke, G.: Einsatz neuer Leuchtdioden (LEDs) in der Mikroskopie, Mikrokosmos, 91, 307-311, 2002.

## **Bezugs- und Informationsquellen (unvollständige Liste)**

### *„Trinokulares Lehrer- und Demonstrations-Mikroskop“:*

Conatex (<http://www.conatex.com>), sehr unübersichtliche Homepage, Mikroskop zu finden unter Best.Nr. CL35240

Windaus (<http://www.windaus.de>), sehr unübersichtliche Homepage, Mikroskop zu finden im Online-Shop als Modell HPM 730

Micros <http://www.micros.at>, hier auch mit Unendlich-Optik, als Epi-Fluoreszenz-Mikroskop und zu deutlich „anderen“ Preisen

### *Luxeon LEDs:*

Luxeon (<http://www.luxeon.com>), ausführliche Dokumentation, größtenteils auch in deutsch

LED-Shop24 (<http://www.led-shop24.de>)

Conrad (<http://www.conrad.de>)

### *Aluprofil für LED-Halter / Kühlkörper:*

Baumarkt (Aluprofile)

Conrad (<http://www.conrad.de>)

### *Elektronische Bauteile, Steckverbinder:*

Conrad (<http://www.conrad.de>)

Bürklin (<http://www.buerklin.com>)

### *(gebrauchte) TTL-Blitzgeräte:*

Photodose (<http://www.photodose.de>)

ebay

lokale Fotogeschäfte mit Second-Hand-Abteilung

## **Kontakt**

Rainer Schubert (Mikrobiologische Vereinigung München e. V.)

<mailto:Rainer.Schubert@gmx.at>