

LED-Beleuchtung für Mikroskope .

Glühlampen platzen und eine Schublade voller ausgeglühter Filter? gehen Sie an den Aufbau Ihrer eigenen LED-Mikroskop-Beleuchtung mit einer einfachen Batterie-Stromversorgung, die Arbeit dauert nur Stunden!

Von Ian Walker. Großbritannien.

Einleitung .

LEDs oder Light Emitting Diodes sind Halbleiter-Bauelemente die Licht beim Anlegen einer Spannung an ihren Anschlüssen erzeugen können; dieses Phänomen wird als Elektrolumineszenz bezeichnet. Im Gegensatz zu der Glühlampe, die viel Wärme erzeugt, ist diese Diode eine kalte Lichtquelle und je nachdem, welches Halbleitermaterial verwendet wird, können verschiedene Farben des Lichts generiert werden. Galliumarsenid erzeugt Licht in dem infraroten Bereich, Gallium-Phosphid erzeugt rotes Licht, wenn es mit Sauerstoff oder grünes Licht, wenn es mit Stickstoff dotiert wird, weitere Dotierungen in unterschiedlichen Mengen können auch andere Farben des Lichtspektrums schaffen. LED-Lampen gibt es in allen Formen und Größen; von ganz kleinen, kaum größer als ein Stecknadelkopf, bis zu riesigen LED-Arrays in Verkehrszeichen und Shop-Displays. Hier sind wir mit bescheidenen Einzel-LEDs von ca. 5mm Durchmesser befasst. Vor dreißig Jahren hätte man wahrscheinlich matte rote oder grüne Einheiten von etwa 3 mm Durchmesser gesehen, die weitgehend in verbrauchernahen Produkten verwendet wurden (Hi-Fi, Video-Rekorder, etc.) Nun ist die gesamte Palette der verfügbaren Farben innerhalb des gesamten sichtbaren Spektrums plus Ultraviolett und Infrarot vorhanden. Einige der wichtigsten Hersteller von spezialisierten LEDs gehören Hewlett Packard, Kingbright und Nichia. Nichia ist einer der LEDs die ich für meine letzten leichten Montagearbeiten eingesetzt habe.

Was sind "weiße" LEDs ?

Weißer LEDs und blaue LEDs werden durch Zusatz von speziellen Phosphoren hergestellt. Wir können Shuji Nakamura für die Erfindung der blauen LED danken und einen faszinierenden Bericht über seine Arbeit an blauen Laserdioden und LEDs unter

[S WISSENSCHAFT W ATCH](#) Website finden

Vorteile & Nachteile der Verwendung von LED in-Mikroskop- Glühlampenstrahlern.

Wesentliche Vorteile gegenüber Glühlampen :

Extrem effiziente Beleuchtung nur mit leichten Energiequellen wie Batterie; im Vergleich zu Glühlampen, die normalerweise einen Netztransformator und 1,5-2,5 Ampere bei 6 Volt AC benötigen. Besonders nützlich, wo Portabilität wichtig ist.

Sie liefert, wenn sie richtig ausgerichtet ist, wunderschönen weißen Hintergrund auf allen Ebenen. Außerdem entfallen durch das Fehlen der Lampe Artefakte wie Rest-Filament-Effekte, die manchmal mit echten Köhler Leuchten auftreten. Diese Licht Reinheit kann besonders attraktiv sein, bei botanischen und histologischen Schnitten bei geringer Vergrößerung.

Der Weißabgleich bleibt gleich in ihrem ganzen Fokus, es gibt keine Notwendigkeit für die Benutzung eines Blau-Filters; oft habe ich zwei übereinander liegende blaue Filter in den benutzten Glühlampengehäusen benötigt.

Man kann schnell die LED-Farbe ändern, von weiß bis grün für Phasenkontrast oder farbige Dunkelfeldbeleuchtung. Die Reinheit des Lichts von grünen LEDs mit einer Spitzenleistung (in der Regel bei 565 nm) ist für die Arbeit mit Kieselalgen ausgezeichnet.

Es sind einige sehr interessante rot-grün-blaue LEDs auf den Markt gekommen, mit drei oder mehr Leitungen, bei denen durch Einstellen der Spannung auf diesen Drähten die gesamte Farbe durch das ganze Spektrum des sichtbaren Lichts verändert werden kann. Ein kleiner Batterie Schaltkasten mit drei Kontrollen könnte Ihnen gestatten, die Farbintensität und Gesamtleistung an Ihre eigenen Bedürfnisse anzupassen. Da die Farbe in den einzelnen Packungen sehr variiert, kann es möglich sein, die Peak-Wellenlängen für spezielle Techniken zu kalibrieren.

Sehr lange Lebensdauer.

Sie könnte das Leben in eine alte externe Köhler Lampe die Sie haben, zurück bringen, wenn der Spezialist Glühbirnen nicht mehr oder nur sehr teuer beschaffen kann; hier müssen Sie unter Umständen mehrere Tests machen, um die beste LED zu finden. Mein Bruder hat einige Versuche auf einer LOMO Köhler Lampe gemacht, indem er einen alten Glühlampen Körper verwendete. Er hat dabei einen Ring um den Glasboden geschnitten, die Glashülle entfernt dann eine LED an den Glühfadenhaltern eingelötet und zentriert, (siehe [seinen Artikel](#)) .

Hauptnachteil bei der Erstellung Ihrer eigenen Beleuchtung mit LEDs :

An den beiden Extremen der Vergrößerungsbereich wird es immer schwieriger, gute Ergebnisse zu erzielen. Mit meinem Leitz 6.3x Okular zusammen mit einem 3.5x Objektiv kam ich nicht zu einem einheitlichen Hintergrund im Hellfeld auf dem LOMO Biolam Mikroskop. Am anderen Ende des Spektrums, mit exotischen Objektiven hoher NA wäre es eine Verschwendung ihrer Fähigkeiten, ich hatte eine Leitz Fluorit Ölimmersion 95x mit einem Leitz 6.3x Okular eingesetzt - die Ergebnisse waren zwar ausreichend, waren aber nicht so gut wie mit einer externen Köhler Lampe. Nach diesen Worten kommt es sehr darauf an, was Ihnen an Ressourcen zur Verfügung steht, um das Beste aus der LED und der Art des verwendeten Kondensators zu machen; bin ich durch die Teile die mir zur Verfügung stehen beschränkt. Die Eigenschaften der LED spielen hier eine wichtige Rolle und ich habe nur eine von vielen gewählt und ich vermute, es gibt bessere mit größerem Durchmesser und breiterer Lichtverteilung.

Die besten Kombinationen :

Ohne Zweifel zeigen Tests, dass meine verwendeten LED-Baugruppen die besten Ergebnisse zwischen den beiden extremen Vergrößerung macht; es sind hervorragende Ergebnisse mit meinem Nikon-Plan 10x NA 0,30 und einer ganze Reihe von Okularen einschließlich Baker 5x und 8x erreicht worden. Auch das Objektiv LOMO 40x NA 0,75 Wasserimmersion gibt eine gute Auflösung auf *Pleurasigma angulatum* auf Klaus Kemp Kieselalgen Testobjekträger.

Worauf man bei LED-Daten für die mikroskopische Nutzung achten muss.

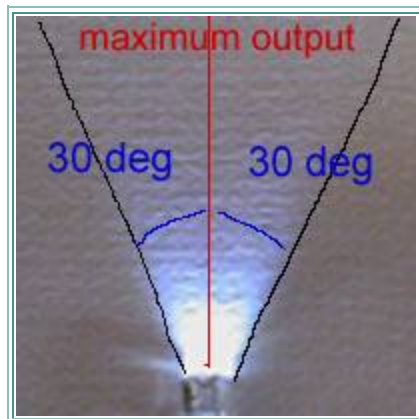
Mit Begriffen wie ultrahellen, hyperbright, superhellen und extreme Helligkeit gibt es eine verwirrende Auswahl von Helligkeitsbezeichnungen für LEDs. Da wir mit einem effizienten Kondensator unsere Objekte beleuchten, werden wir nicht die brillantesten LEDs verwenden, welche heute verfügbar sind; typischerweise liegen deren Werte um oder über 12000 mcd. Die hellsten LEDs haben meist eine sehr enge Lichtverteilung typischerweise in der Größenordnung von 15 Grad oder weniger; wobei die Einheiten mit weniger Leistung wie die, die ich verwende, eine breitere Lichtverteilung in der Größenordnung von 50 bis 60 Grad haben kann. Es hängt es von der Linse, dem Halbleiterübergang und die Lage des Halbleiter-Überganges von der Linse ab;- eine breitere Lichtverteilung macht es leichter, sie mit einem subtilen Diffusor zu verwenden.

Warum einen Diffusor, das ist effizienzmindernd, nicht wahr ?

Ich experimentierte mit LEDs ohne Diffusoren und sie arbeiten sehr gut mit 40x-Objektiven, aber es gibt eine Tendenz: subtile Unterschiede in der Hintergrundfarbe in Hellfeld-Beleuchtung durch kleine Defekte auf der Kunststoff-Oberfläche oder Halbleiterübergang Anomalien. Ich habe auch lieber die Sicherheit der Reduzierung der Leistung der maximalen Helligkeit, durch den Diffusor. Ohne einen Diffusor bei geringer Vergrößerung werden Sie höchstwahrscheinlich ein kleines Licht sehen, wenn Sie ohne das Okular einen Blick auf die hintere Brennebene des Objektivs werfen!

Die "Beam Pattern z. B. 15 oder 50 Grad bezieht sich auf den gesamten Winkel, in dem die Lichtleistung um etwa die Hälfte der in-line mit der Achse der LED gemessen gesunken ist, für die Nichia wäre es etwa plus und minus 25 Grad um die Achse der maximalen Ausgangsleistung [siehe Diagramm unten].... und der Begriff Candela ist die moderne SI-Einheit der Lichtstärke: 1000 milicandelas [mcd] = 1 Candela [cd].

Für die technische Interessierten : " Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz 540×10^{12} . Hertz und deren Strahlstärke in dieser Richtung $1 / 683$ Watt pro Steradian " Dieser wurde 1979 eingeführt. (SI-Einheit Definition .)



Die obige Grafik zeigt die Lichtverteilung, die rote Linie zeigt die maximale Lichtausbeute und die beiden schwarzen Linien in der das Licht auf etwa 50% der maximalen gefallen ist.

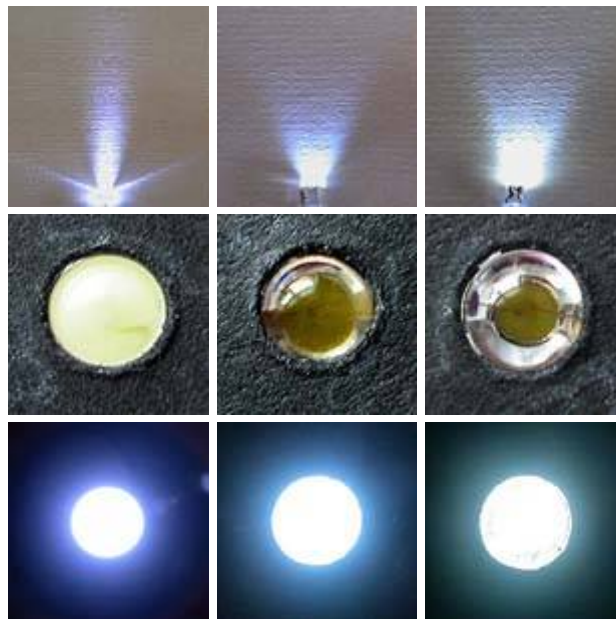
Vorsichtsmaßnahmen bei der Verwendung von LEDs .

Licht emittierende Dioden möchten immer nur in eine Richtung über die gesamte Anschlusskette verdrahtet werden und leuchten nur auf, wenn dies richtig ist. Bei Umkehrung der Versorgung der LED leuchtet sie nicht und Sie können sie zerstören. Typische maximale Sperrspannung für eine, wie die hier diskutierte Nichia LED mit hohe Leuchtkraft, beträgt 5 Volt - also: nicht viel mehr als typische Batteriespannung. Ich habe mich viele Male während meiner Experimente verpolt, weil ich keine Farbcodierung auf meinen LED Versorgungsleitungen habe, aber der Grund warum ich keine zerstört habe ist, weil ich den Licht Level-Regler auf Minimum gestellt habe, bevor ich angeschlossen habe - genug, um zu sehen, ob die LED leuchtet oder nicht - Ich habe das immer getan. LEDs mit einem Widerstand in Reihe in einer der Leitungen zu haben, es beschränkt den maximalen Strom und setzt eine sichere Arbeitsumgebung. So sollte man nicht sie nicht direkt mit einer Batterie verbinden. Beim Löten der LEDs sollten Sie einen LötKolben mit niedriger Wattzahl benutzen und eine Zange zwischen die Lötstelle und die LED halten und schließlich versuchen, das Biegen der Drähte an der LED zu vermeiden.

Anm. d. Übersetzers:

eine in die Zuleitung eingelötete normale Diode verhindert zuverlässig Schäden.

Licht Eigenschaften von drei ausgewählten "weißen" LEDs .



Die obere Reihe zeigt Strahlmuster von 3 verschiedenen "weißen" 5mm LEDs die auf eine Karte projiziert wurden, die linke und mittlere sind unbekannte Hersteller, und auf der rechten Seite ist die Nichia, welche ich speziell für das Experimentieren mit Mikroskop-Beleuchtung kaufte.

Die Kamera wurde in der gleichen Entfernung aufgestellt, und zeigt, dass die linke LED eine schmale Strahlbreite mit Nebenkeulen hat, die nicht ideal für die Mikroskopie ist. Die mittlere LED, welche aus einem tragbaren Funkgerät speziell für die Beleuchtung eines kleinen Bereiches konzipiert wurde ausgeliehen wurde, ist extrem hell bei maximaler Einstellung, hat aber einen Blaustich vor allem bei niedrigeren Spannungen ;dadurch wurden einige der Hellfeld-Bilder verdorben . Die rechte Nichia hat die beste Gesamtleistung, die unter normaler Hellfeld Arbeit im Hintergrund sehr gut und gleichmäßig ist. Wie bei den meisten dieser LEDs ist die Farbbalance während seiner gesamten Spannung in etwa gleichbleibend, - ein deutlicher Vorteil gegenüber Glühlampen. Eine kleine Batterie-Stromversorgung und variable Lichtsteuerung ist alles, was für ein in sich geschlossenes Beleuchtungssystem benötigt wird. Die Einstellungen der Nikon 4500 waren die gleichen, wie in allen Tests.

Die mittlere Zeile zeigt die LEDs ohne angelegte Spannung, wie sie vor Ort durch ein Periplan Okular erscheinen würde [siehe unten]. Obwohl die linke LED, scheinbar den gleichmäßigeren Ausleuchtungsbereich hat, besitzt sie die ärmste Lichtverteilung für die Mikroskopie. Die mittlere LED, die eine ähnliche Konstruktion wie die Nichia hat, hat eine bessere Lichtverteilung, aber einen leichten Blaustich, auf der rechten Seite die Nichia, die scheinbar den kleinsten beleuchteten Bereich haben, ist die beste Abstrahlcharakteristik und Weißabgleich vorhanden.

Die untere Reihe zeigt die LEDs die mit ungefähr der gleichen Leuchtkraft betrieben werden[das erfordert unterschiedliche Einstellungen auf meiner variablen Spannungs- Batterieversorgung], um die signifikanten Unterschiede im Farbstich zeigen.

Ein Wort der Vorsicht:

Es gibt Interesse, die hellsten LEDs zu verwenden. Dies könnte ein Risiko für die Sehkraft werden, da die stärksten 5mm LEDs von heute so hell sind, dass sie anzusehen, bei der maximalen Helligkeit im Nahbereich oder vor allem unter dem Mikroskop schädlich für Ihre Augen sein könnte. Die Nichia, die ich gekauft habe, hat eine moderate maximale Helligkeit nach heutigen Maßstäben [ca. 2000 mcd bei 4,0 Volt] und Nichia liefern einen vollständigen Satz von Daten, so dass Sie Ihren eigenen Anforderungen beurteilen können; aber vergleichen Sie diese, denn einige der hellsten LED von ähnlicher Größe - können 12000 mcd überschreiten! Ein weiterer Bereich der LEDs, die Sie beachten sollten, sind diejenigen, die zur Erzeugung ultra-violetten Lichts[UV] geeignet sind. Die Nichia Graphen, zeigen einen scharfen Ausschnitt in Lichtleistung vor dem UV Ende des Spektrums. Es gibt aber keine Garantie für diese, wenn Sie sie aus unbekanntem Quellen kaufen. LEDs, die in der Lage sind UV-Strahlung abzugeben, sollten mit Warnhinweisen auf der Verpackung versehen sein, ähnlich denen, die Sie auf dem Laser von tragbaren CD-Player sehen können.

**Zusammenfassung der typischen Arbeitsbedingungen für die 5mm Nichia
NSPW510BS 5mm 'white' LED I:**

Betriebsspannung [V]	typischen Strom [mA]	Richtung Charakteristiken [Grad]	typische Helligkeit bei 3,6 Volt [mcd]
3,6	20	50	1800

[Beachten Sie, dass Nichia jetzt eine "warmweiße" unter dem Code NSPL510S liefert, die gut eine Überlegung wert sein kann, um ein Mikroskop mit LED auszurüsten. Die Arbeitsbedingungen sind sehr ähnlich wie die Standard-5mm weiß Serie und konnte direkt für die, die ich verwendet ersetzt werden].

LED-Beleuchtung mit einem Leitz Periplan Okular .



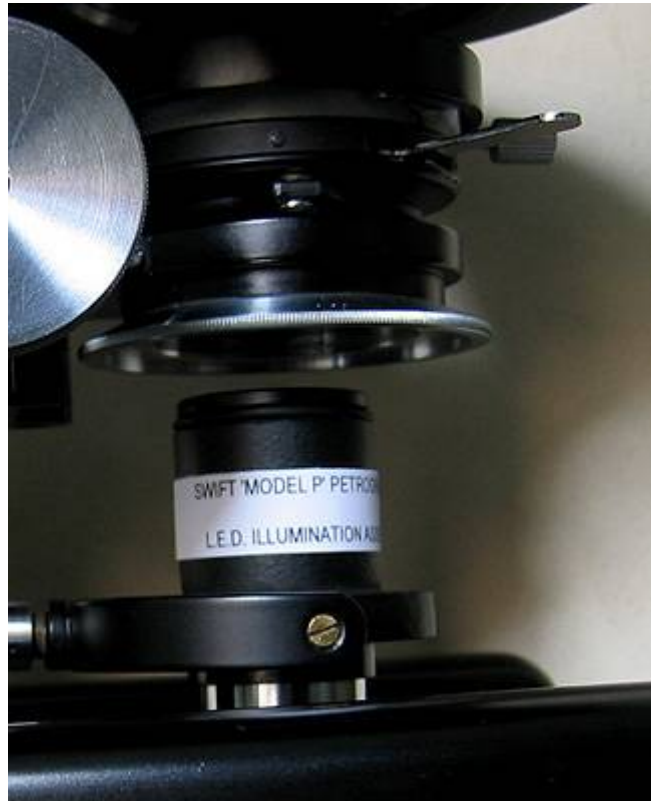
links: Periplan Frontlinse, Mitte : Darstellung des Diffusors auf der Blende und rechts : die Montage des LED-Halters, der die 5mm LED trägt ist erfolgt, alles mit dem ursprünglichen Periplan montiert.

Das LED-Gehäuse für das [Swift 'Model P' Mikroskop](#) bestand aus einem 10-fach Leitz Periplan Okular bei dem die untere Linse entfernt wurde [heben Sie sie gut auf, Sie können sie wieder brauchen und mehr, wie herum die Linse angebracht war] und durch eine runde Metallscheibe ersetzt wurde (dort wo die Linse durch den ursprünglichen Schraubring angebracht war). Die Scheibe wurde mit schwarzem Karton abgedeckt und beide durchbohrt, um einen 5mm Kunststoff-Halter für die LED anzubringen. Diese werden vom Anbieter von elektronischen Komponenten zur Verfügung gestellt, wenn Sie die LEDs erwerben. Nach der Prüfung verschiedener streuender Materialien um den besten Kompromiss zwischen Lichtverlust und guter Hintergrund Uniformität zu finden, war die Plastikfolie, die Film-Negative abdeckt. Dieses Material ist fast durchsichtig und scheint besser zu sein als Zeichenpapier. Der Diffusor wurde mit einem scharfen Messer um eine 1 Pence Stück [wenn Sie in Großbritannien sind] ausgeschnitten- eine perfekte Passform in meinem Periplan Okular und an der Stelle wegen der sehr fragilen Natur durch einen Karton Ring, wie oben Mitte gezeigt, gesichert. Nach vielen Experimenten habe ich festgestellt, dass es der beste Ort ist, wenn er fast die LED berührt, dort, wo sich eine kleine Blende im Periplan befunden hat. Wenn Sie ein gutes Ergebnis erhalten haben, ein paar kleine Stücke von Blu-Tak sollten es in Position halten, aber ich habe ein großes Sortiment an Gummi-O-Ringen und einer dieser passte. Beachten Sie, dass die Nutzung von Glaselementen direkt vor der Glühlampe in Konstruktionen wie Zeiss-Standard der 1960er Jahre und der Wild M20 Lampe üblich war, um einige der Probleme die mit kompakten Filamente verbunden waren zu entfernen, so ist diese Technik keineswegs neu .

Eine wichtige Sache ist, daran zu erinnern, dass bei der Verwendung von LEDs als Lichtquelle in Mikroskopen eine genaue Zentrierung bei der Montage erforderlich ist. Dies wegen des geringen Beleuchtungsbereiches der LEDs im Vergleich zu Glühlampen. Es ist sehr wichtig, nicht nur die Zentrierung zu korrigieren, sondern noch wichtiger ist es, sicherzustellen, dass die LED nicht in einem Winkel in seiner Aufnahmebohrung sitzt, selbst kleine Fehler bedeuten, das hier die Effizienz verringert wird und Sie bekommen dunkle Bereiche im Sehfeld. Wenn Sie einen richtigen LED Halter wie ich benutzt haben, sollten Sie keine Probleme haben, weil sie "Klick" einrasten.

Vorstellung :

Ich fand, dass die oben genannte Beleuchtung zusammen mit der Nichia LED eine gute, gleichmäßige Ausleuchtung ergab; auch bei niedrigen Vergrößerungen wie 5x und 10x Swift Objektive. Die beste Leistung für 40x und oben genannten Objektive tritt auf, wenn Sie die Periplan Frontlinse abschrauben und einfach LED und Diffusor zusammen mit der Nachjustierung des Kondensators zusammenbauen. Für eine optimale Beleuchtung wird das Okular aus dem Tubus entfernt und die LED justiert. Die Platzierung der Beleuchtung fand ich als optimal, wenn sich der Diffusor etwa dort befindet, wo ursprünglich der Spiegel bei älteren Mikroskopen angebracht werden würde. Wenn Sie die Montage bis knapp unterhalb des Kondensators erhöhen, sollten Sie eine scharfe Kontur der Kondensatorblende beim Abblenden sehen, um den besten Kontrast in Hellfeld-Beleuchtung zu erhalten



Swift 'Model P' LED-Beleuchtung mit dem Periplan Okular, die in dem ursprünglichen Spiegelhalter sitzt. In einem selbstgebauten Träger aus einer durchbohrten Glasfaser-Bodenplatte, und mit beiden Messing Befestigungsschrauben und einer Papprolle die das Okular hält. Obwohl die Spitze des Periplan in der Nähe des Kondensators liegt, ist der eigentliche Diffusor vor der LED in der Nähe der ursprünglichen Stelle, wo der Spiegel gewesen wäre. Dieses Gerät funktionierte gut und war als Vorstufe zu einer differenzierteren Montage für mein LOMO Student Stativ verwendet. Mit dem originalen Spiegelhalter ermöglicht es eine genaue Zentrierung des Lichts und bietet eine hervorragende variable Schrägbeleuchtung. Diese Methode der Montage könnte mit einer Reihe von älteren Mikroskopen, die den Spiegel verwenden, benutzt werden. Das Licht von LEDs kann in der Regel sehr gut kontrolliert werden, es verhindert Probleme mit Blendung vor allem in Hochleistungsobjektiven, aber ich habe ein Experiment mit einer Karton- Feldblende mit dem Periplan Hilfslicht [saß auf der Frontlinse] für das 10x Nikon Objektiv, welches den Kontrast verbessert hat.

LED-Beleuchtung mit einer alten Dunkelkammer Fotolabor Linsengruppe .



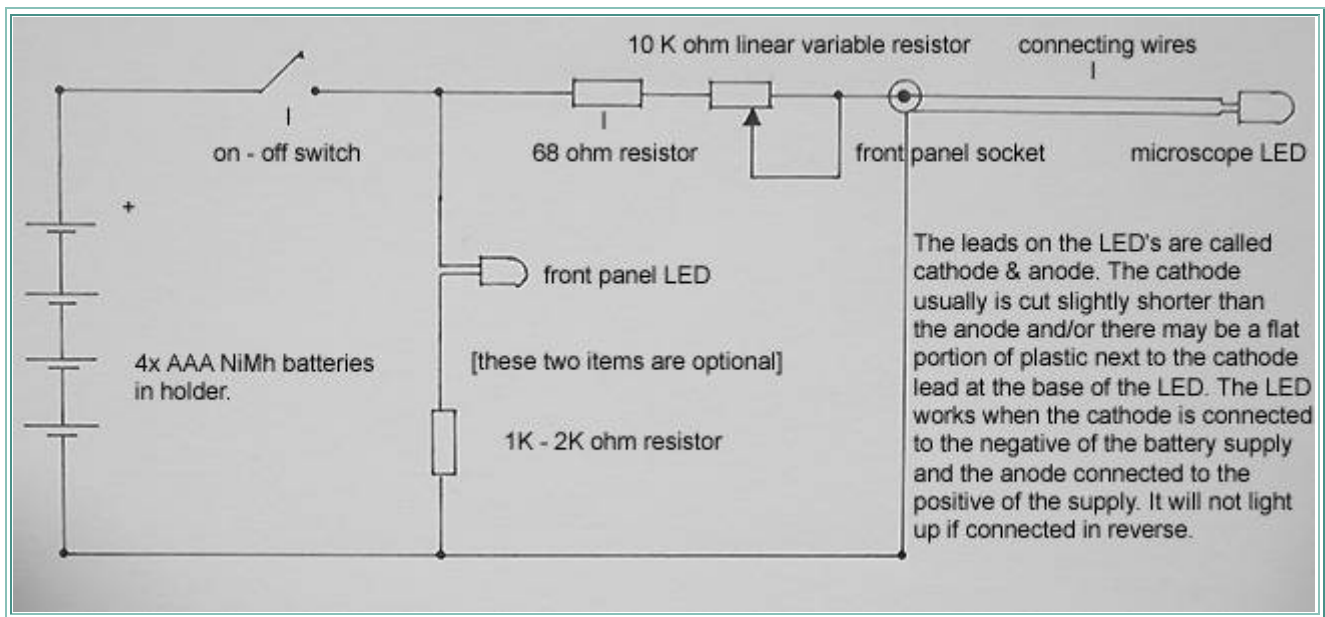
Ein Teil der LOMO Schrauber staunt über die Beleuchtung. Dieses Mal habe ich eine russische Linsengruppe aus einem überflüssigen Dunkelkammer Foto-Vergrößerungsgerät, welche sehr gut ästhetisch mit dem Stativ harmoniert, verarbeitet! Die Konstruktion bestand aus 3 Linsen, nach einigen Experimenten entfernte ich eine von ihnen und positionierte die beiden anderen in ihren Halterungen zu einer ausgezeichneten Beleuchtung. Der Vorteil dieses Gerätes ist, dass es eine variable Blende hat, damit habe ich jetzt effektiv eine Feldblende für das LOMO. Sie arbeitet ein wenig besser, vor allem mit dem LOMO 40x Wasserimmersionsobjektiv. Die Pappscheibe unterhalb der Montage erlaubt die freie Bewegung der Beleuchtung unter dem Kondensator für eine genaue Zentrierung, die leicht erreichbar durch die Schließung der Irisblende ist. Auch hier kann ich verschiedene Grade der schiefen Beleuchtung anwenden, ohne Notwendigkeit eines speziellen Kondensators. Das rechte Bild zeigt eine Nahaufnahme von der Spitze der Beleuchtung. Der Aluminium-Ring passt die Öffnung der Blende. Schwarzer Emallack wurde verwendet, um die Oberfläche des oberen Abschnittes zu verbessern.

Das Akku Netzteil .



Diese sehr einfache Batterieversorgung besteht aus 4x 750mAh AAA NiMH-Akkus in Serie, die leicht aus dem Gehäuse zum Aufladen zu entnehmen sind, einem Ein/Aus-Schalter, eine 10k Ohm Potenziometer und einem festen 68 Ohm Widerstand, in Reihe mit der LED. Das Potenziometer ändert die Helligkeit der LED und der feste Widerstand begrenzt den Strom und setzt die maximale Helligkeit durch die sichere maximale Betriebsspannung, die ich als etwa 3,6 Volt wählte fest, obwohl die Nichia bis zu 4,0 Volt verwendet werden kann. Typische voll aufgeladene Akkus liefern etwa 5,0 Volt. Die Beleuchtung ist effizient bei allen Helligkeitsstufen. Ich habe nur die Batterien wieder aufgeladen, theoretisch sollten die Batterien bei maximaler Helligkeit für etwa 37 Stunden Strom liefern.

Schaltplan für die Akku-Einheit .



Die Werte der Komponenten sind nominal, ich zum Beispiel mag, das die Beleuchtung nach rechts geringer wird, aber Sie möchten vielleicht eine bessere Kontrolle bei den höheren Helligkeitsstufen, die einen variablen Widerstand von, 1KOhm [1000 Ohm] haben, auch der Vorwiderstand für die LED auf der Frontplatte kann von 1K Ohm bis 33K Ohm [Standardwerte] geändert werden, je nachdem wie hell Sie Ihre Ein/Aus- Anzeige haben wollen.

Akku-Einheit montiert .



Die Batterie-Stromversorgung ist sehr klein und handlich, lässt sich leicht bewegen ist bei Bedarf schnell aufgebaut und im Gegensatz zu externen Köhler Lampen dauert es nur ein paar Sekunden, um die Lampe neu auszurichten.

Schlussbemerkung :

Obwohl ich ein Leitz Periplan Okular und ein 30 Jahre altes Vergrößerungsobjektiv für meine Strahler verwendet habe, haben die LEDs es möglich gemacht, alle möglichen Kombinationen auszuprobieren. Was Okularstutzen, diffundierendes Material und Linsen betrifft, müssen Sie möglicherweise ausprobieren. Im Hinblick auf die Batterie kann man mit einer flachen alkalischen 4,5 Taschenlampenbatterie und ein paar Drähten und Büroklammern für Steckverbinder arbeiten, so wie ich es für alle meine Vorversuche getan habe. Es ist aber keine gute Idee, verbinden Sie die LED direkt über die Batterie wird ein zu hoher Strom fließen. Folgen Sie nicht meine Ideen zu genau Experimentieren Sie und Sie können eine viel bessere Kombinationen finden.

Anm. d. Übersetzers:

Die Firma Ikea liefert eine gute LED-Leuchte zu moderatem Preis (Jansjö Standmodell). Ohne weitere Veränderungen ausgezeichnet für Auflicht und kleine Vergrößerungen; mit einer Vorsatzlinse (altes Okular, etc.) ergibt sich ein exzellentes Punktlicht.

Allerdings ist sie nicht werksmäßig regelbar.

Kommentare an den Autor, [Ian Walker](#) sind willkommen.

[Microscopy britischen Front Page](#)
[Micscape Magazin](#)
[Artikel-Bibliothek](#)

© **Microscopy Großbritannien oder deren Lieferanten.**

Veröffentlicht in der Mai-Ausgabe 2004 von Micscape.

Bitte melden Sie alle Web Probleme oder bieten allgemeine Anmerkungen zu den [Micscape Editor](#) .

Micscape ist die on-line Monatszeitschrift der Mikroskopie britischen Web-Site unter [Mikroskopie-Großbritannien](#)

