

Zur Oberfläche und Verwendung von Mattscheiben

Gerhard Göke

Der Nachteil von Niedervolt-Glühlampen als Mikroskopbeleuchtung ist die Inhomogenität ihrer Glühwendel. Besonders bei schwachen Vergrößerungen ist es kaum möglich, eine gleichmäßige Ausleuchtung des großen Sehfeldes zu erzielen. Das stört besonders bei der Mikrofotografie. Köhler hat bereits 1892 in der *Zeitschrift für Instrumentenkunde* eine Methode beschrieben, die dieses Übel beseitigt. Man schaltet zwischen Lichtquelle und erster Kollektorlinse eine Mattscheibe von ganz bestimmter Beschaffenheit ein.

Mattscheiben werden nach verschiedenen Methoden hergestellt. Eine klare Glasplatte kann einseitig auf einer Schleifscheibe oder mit einem Sandstrahlgebläse mattiert werden. Das Ergebnis ist eine Streuscheibe, die einen Lichtverlust von 60 bis 80% bewirkt, je nachdem, wie stark das Glas aufgeraut wurde.

Die optimalen Mattscheiben

Solche Scheiben können als Einstellscheibe verwendet werden. Für den Einbau in den Beleuchtungsstrahlengang sind sie ungeeignet. Für diesen Zweck muss die Mattscheibe durch Ätzen mit Flusssäure hergestellt werden. Bei Verwendung des richtigen Glases und der richtigen Steuerung des Herstellungsprozesses erhält eine Scheibe dieser Art eine Oberfläche, die sich aus unzähligen kleinen Konkavlinsen zusammensetzt. Diese sind zwar unterschiedlich groß, haben aber gleiche Krümmungsradien und deshalb gleiche Brennweiten. Es handelt sich hier um eine Art Linsenraster. Jede dieser winzigen Linsen erzeugt ein virtuelles kleines Bild. Durch eine solche Scheibe betrachtet, erscheint eine zerklüftete Lichtquelle vollkommen homogen. Ihre Fläche wird durch die Lichtstreuung nicht wesentlich vergrößert, im Gegensatz zur geschliffenen Mattscheibe. Es geht auch nicht so viel Licht verloren. Der Lichtverlust liegt zwischen 20 und 40%. Die Streuwirkung dieser Mattscheibe hängt allein

vom Öffnungsverhältnis der einzelnen Elemente des Linsenrasters ab. Wie später gezeigt wird, ist die Streuwirkung nur wenig von der Stellung zwischen Glühlampe und erster Kollektorlinse abhängig, wie das bei der geschliffenen Mattscheibe der Fall ist. Von dieser Tatsache wurde die Methode abgeleitet, die erste Linse des Kollektorsystems durch Behandlung mit Flusssäure zu mattieren. Auch der Glaskolben der Glühbirne wurde schon mit Flusssäure mattiert, was allerdings die Herstellungskosten erhöht.

Wohin mit der Mattscheibe?

Die Frage, wo die Mattscheibe im Beleuchtungsstrahlengang untergebracht werden soll, ist schon oft diskutiert worden. Am besten wäre es, sie so zwischen Glühbirne und erster Linse des zwei- bis dreilinsigen Kollektors – mit der matten Seite möglichst nahe am Lampenkolben – anzubringen, dass sie ein- und ausgeschaltet werden kann. Das ist leider bei den meisten Mikroskopen unmöglich. Viele einfache Beleuchtungseinrichtungen haben einen Kollektor, der nur aus einer einzigen, allerdings asphärischen Linse besteht.

Man hat Überlegungen angestellt, wo die günstigste Stellung der Mattscheibe im Raum zwischen Lichtquelle und Kollektorlinse sei. Michel (1957) sagt im Hinblick auf die mit Flusssäure mattierte Scheibe: *Die praktische Erfahrung zeigt jedoch, dass die Wirkung von der*

*Stellung ziemlich wenig abhängig ist... Jedenfalls ist die gelegentlich von Laien zu hörende Befürchtung, die Verwendung einer Mattscheibe, die zwischen Lichtquelle und Kollektor eingeschaltet ist, beeinträchtigt die Wirkung einer Beleuchtungsanordnung, völlig unbegründet, sofern die Scheibe die skizzierten Voraussetzungen erfüllt. Da sich die Mattscheibe vor der Leuchtfeldblende befindet, bleibt die Wirkung in der Objektebene voll erhalten. Die von Göke (2002) veröffentlichte Gegenüberstellung einer Nelsonbeleuchtung und einer Köhler'schen Beleuchtung zeigt ja auch, dass die dort vorgestellte modifizierte Nelsonbeleuchtung der Köhler'schen Beleuchtung in ihrer Wirkung nicht nachsteht. Van Duijn (1990) sagt zur Mattierung von Glühbirnen und Kollektorlinsen und zur Unterbringung von Mattscheiben zwischen Glühbirne und Kollektor: *Nachteil ist, dass man die Mattierung nicht ausschalten kann, die Bildhelligkeit wird stark herabgesetzt. Nur bei kleineren Lichtkörpern und kritischer (Abbe-Nelson) Beleuchtung kann diese Anordnung nützlich sein. An anderer Stelle sagt er: Eine Mattscheibe vermindert den Rausch im Bild, der von Abbildungsfehlern der optischen Elemente hervorgerufen wird. Wegen der Streuung des Lichtes wird das brauchbare Sehfeld erweitert und die**

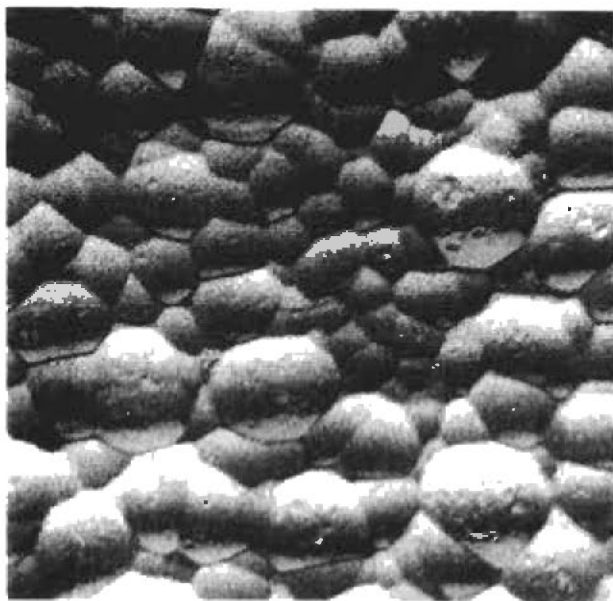


Abb. 1: Oberfläche der mit Flußsäure geätzten Mattscheibe. Achromat 20×/0,40. Interferenzkontrast eingestellt auf Rot I. Aufnahme von Prof. Dr. Pluta, Warschau 1976.

Einstelltoleranz im Objektraum vergrößert. Der Bildkontrast wird aber verringert. Daher könnte die Anwesenheit von Mattscheiben in einem eingebauten Beleuchtungssystem nur dann von Vorteil sein, wenn man sie auch entfernen kann! Alle Justierungen sollen immer ohne Mattscheibe vorgenommen werden und wenn man sie braucht, sollen solche erst nachher eingesetzt werden.

Es kann manchmal vorteilhaft sein, von der beschriebenen Unterbringung der Mattscheibe abzuweichen. Die Dunkelfeldbeobachtung kleinster Objekte, zum Beispiel Bakterien in histologischen Schnitten, wird durch die von großen Gewebselementen ausgehende Überstrahlung gestört. Durch Einschalten der Mattscheibe zwischen Kollektor und Umlenkspiegel verschwindet die Überstrahlung. Die kleinsten, auch schwach gefärbten Teilchen werden sichtbar. Die Dunkelfeldbeleuchtung wird zunächst ohne Mattscheibe eingestellt.



Abb. 2: Oberfläche einer mit der Schleifscheibe aufgerauten Mattscheibe. Planachromat 40×/0,65; Projektiv 4×. Interferenzkontrast.

Danach wird die Mattscheibe möglichst nahe am Kollektor mit der matten Seite zum Umlenkspiegel in den Strahlengang gebracht. Das Verfahren wurde durch Hoffman (Mitentdecker der *Spirochaeta pallida*) bekannt. Es lässt sich heute mit den meisten Systemmikroskopen nur noch nach einem mechanischen Eingriff durchführen.

Bei der Köhler'schen Beleuchtung ohne Mattscheibe werden die Glühwendel auf die Aperturblende des Kondensors projiziert, die sich in seiner vorderen Brennebene befindet. Das gesamte Lichtquellenbild soll die Aperturblende ausfüllen. Kondensor und Objektiv zusammen bilden die Aperturblende und mit ihr das Lichtquellenbild in die hintere Brennebene (= Austrittspupille) des Objektivs ab. In der vorderen Brennebene des Kondensors findet also eine Zwischenabbildung der Glühwendel statt. Wenn man die Mattscheibe mit der matten Seite nach unten unmittelbar vor der Apertur-

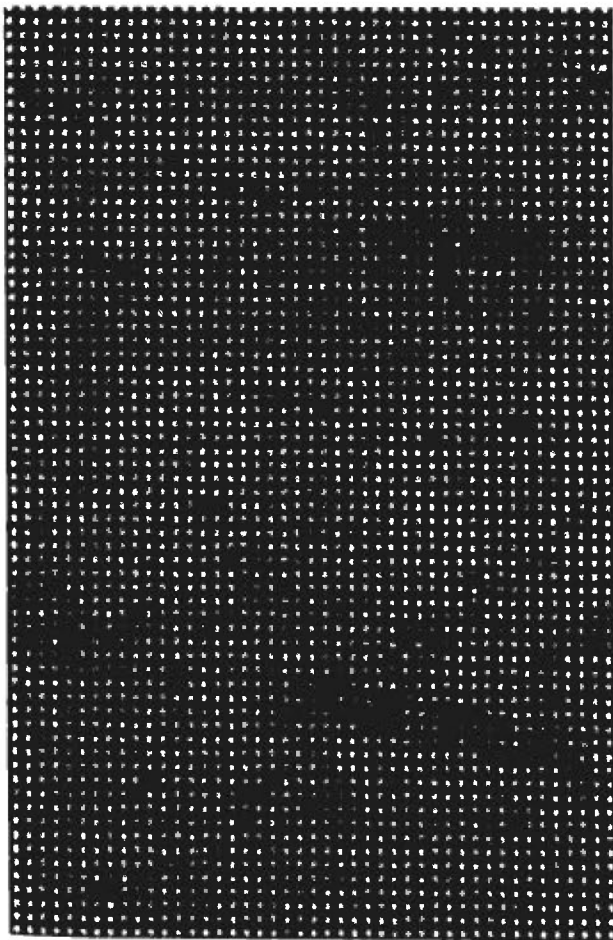


Abb. 3: Spektralfolie im Durchlicht. Planachromat $40\times/0,65$; Projektiv $4\times$. Interferenzkontrast.

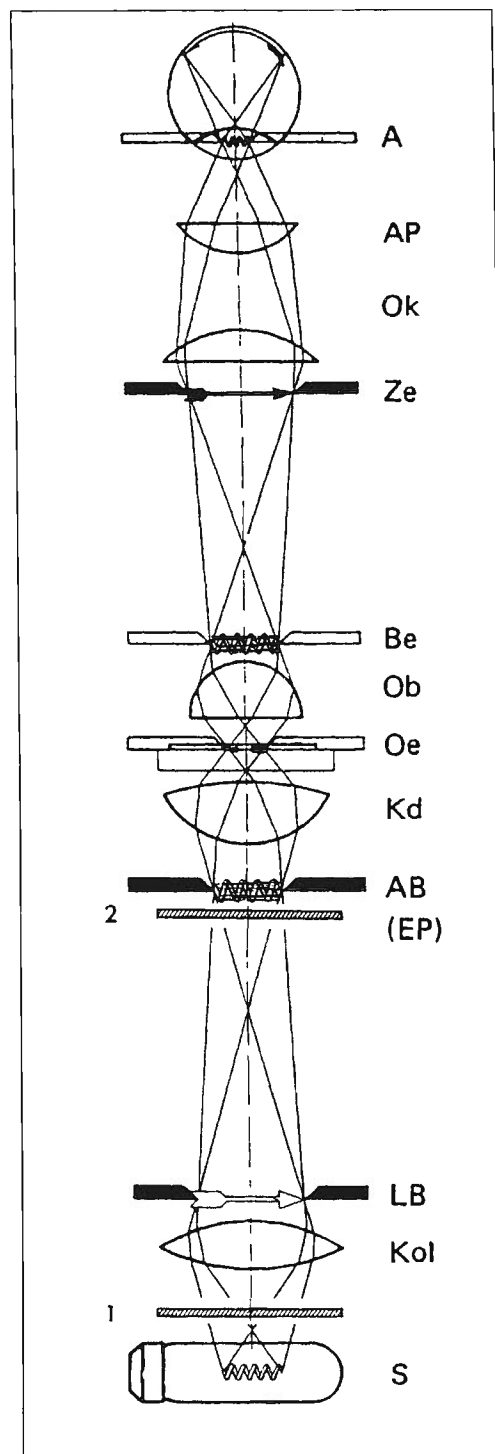


Abb. 4: Anordnung der Mattscheibe (Erklärung im Text). 1 Mattscheibe vor der Lichtquelle (S) = beste Methode. 2 Mattscheibe vor der Aperturblende (AB) = zweitbeste Methode. A = Auge, (AP) = Austrittspupille, Be = hintere Brennebene des Objektivs mit diffusem Bild der Glühwendel, (EP) = Eintrittspupille mit diffusem Bild der Glühwendel, Kd = Kondensor, Kol = Kollektor, LB = Leuchtfeldblende, Ob = Objektiv, Oe = Objektivebene, Ok = Okular, Ze = Zwischenbild-ebene.

blende in einen ein- und ausschaltbaren Filterträger legt, erzielt man eine ähnliche Wirkung, als würde sie sich unmittelbar vor dem Lampenkolben befinden. Deshalb ist diese Stelle die zweitbeste und meistens einzige Möglichkeit, die Mattscheibe wirkungsvoll unterzubringen.

Die streuende Wirkung der Mattscheibe wird auch ausgenutzt, um die Ausleuchtung in der Aperturblendebeziehungsweise in einer konjugierten Pupillenebene zu vergrößern. Es gelingt, mit Kondensoren höherer Aperturen ein größeres Objektfeld auszuleuchten als ohne diese Maßnahme. Die Wirkung ist besonders groß, wenn man anstelle einer Mattscheibe eine mattierte bikonvexe Linse oder eine klare Linse mit Mattscheibe ein- und ausschaltbar unter der Aperturblende des Kondensors anbringt.

Auf die Lichtaustrittsöffnung des Stativfußes wird die Mattscheibe mit der matten Seite nach unten immer dann gelegt, wenn man die Glühwendel bei zugezogener Leuchtfeldblende zentrieren will. Danach sollte sie wieder entfernt werden.

Prüfung der Mattscheiben

Man kann die Oberfläche einer Mattscheibe am besten im differentiellen Interferenzkontrast beurteilen. Ein Tropfen Wasser wird auf die matte Seite gebracht. Dann legt man ein Deckglas auf und betrachtet die Oberfläche bei mittlerer Vergrößerung im Durchlicht-DIC (Abb. 1 und 2).

Ersatz für Mattscheiben

Eine klare Glasscheibe (32 mm Ø) wird so mit *Scotch Magic Tape* oder mattem Tesafilm beklebt, dass ein gerader oder kreuzförmiger Spalt mit einer Breite von 1 bis 2 mm frei bleibt. Diese Art von Mattscheibe als Schlierenfilter oder zur Bekämpfung des *Hot Spots* ist schon mehrfach beschrieben worden. Auch eine Spektralfolie, wie sie von Bornhardt bei den 7. Internationalen Mikroskopie-Tagen in Hagen 1998 für Diffraktionsversuche beschrieben wurde, ist als Mattscheibenersatz geeignet. Hier handelt es sich um ein prismatisch-rechteckiges Punktraster (Abb. 3). Die einzelnen

Prismen lenken einen Teil des Lichtes an den Kanten seitlich ab, so dass es nicht mehr zur Verfügung steht (Absorptions- bzw. Transmissions-Punktraster). Es ist sinnvoll, die Folie (unbedingt mit der gewölbten Seite nach oben) auf eine klare 32 mm runde Glasscheibe aufzukleben und ringsum abzuschneiden. Der so gewonnene Filter absorbiert einen Teil des Lichtes und homogenisiert in Grenzen das Bild der Glühwendel. Man kann ihn einfach auf die Lichtaustrittsöffnung des Stativfußes oder in den Filterträger des Kondensors legen. Die von Bornhardt zur Tagung mitgebrachte Spektralfolie stammte aus dem Fachgeschäft für Holographie, Frankfurter Str. 132–134 in 63262 Neu-Isenburg (Fax 0 61 02/3 27 09). Es handelt sich um Meterware mit etwa 60 cm Breite (Abb. 4).

Auf die Lichtaustrittsöffnung des Stativfußes kann man anstelle einer Mattscheibe auch ein Edelstahlsieb mit einer Maschenweite von circa 0,1 mm legen. Das Licht wird gedämpft, die Lichtquelle homogenisiert, wobei das durch die Maschen fallende Licht zum Teil kohärent bleibt. Es ist sinnvoll, einen Metallring mit einem Außendurchmesser von 32 mm mit Zweikomponentenkleber auf ein ausreichend großes Stück des Metallgewebes zu kleben und nach dem Aushärten des Klebers auszuschneiden. Man gewinnt auf diese Weise eine Art von Lichtdämpfungsfilter, mit dem man an verschiedenen Stellen des Strahlenganges experimentieren kann.

Literaturhinweise

- Göke, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Franckh, Stuttgart 1988.
- Göke, G.: Nelson- und Köhlerbeleuchtung und davon abgeleitete Beleuchtungsverfahren. *Mikrokosmos* 91, 175–181 (2002).
- Michel, K.: Die wissenschaftliche und angewandte Photographie. Band 10. Die Mikrophotographie. Springer-Verlag, Wien 1957.
- Skell, F.: Kritische Betrachtung über den Gebrauch der Mattscheibe in der Mikroskopbeleuchtung. *Mikrokosmos* 24, 85–88 (1930/31).
- Van Duijn, Jr. C.: Optische Filterung. Grundlagen der Methoden. Arbeitsmappe der 3. Internationalen Mikroskopie-Tage in Hagen 1990.

Verfasser: Gerhard Göke, Am Widey 7, D-58095 Hagen