

# Selbstbau eines „3D“-Kondensors

Gerhard Göke

Räumliches Sehen ist im gewöhnlichen Lichtmikroskop technisch kaum zu realisieren. Mit ein paar Tricks und Umrüstungen im Beleuchtungsstrahlengang läßt sich jedoch sehr wirkungsvoll der Eindruck der Dreidimensionalität erzielen. Dieser Aufsatz erläutert die zur Kontrastverstärkung zwischen Objekt und Umfeld notwendigen und im Prinzip recht einfachen Eingriffe am Kondensor.

Vor etwa 40 Jahren entwickelten die ungarischen Ärzte L. Zselionka und F. Kiss in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren Barabás und Libik einen speziellen Kondensor für Reliefbeleuchtung, der zuerst im Anatomischen Institut der Universität Budapest bei der Untersuchung von Biogranula (Mikrozyten) des Blutes eingesetzt wurde. Im Jahre 1961 haben Zselionka und Kiss die mit ihrem „dreidimensionalen (Super-) Kondensor“ erreichbaren Leistungen genauer beschrieben. Durch Elektroimpex Budapest gelangte das Gerät bald nach Deutschland und in die USA. Nachdem auch im MIKROKOSMOS mehrfach darüber berichtet wurde (Ramaszeder, 1966; Kipping, 1971), fand der Kondensor das Interesse vieler Hobby-Mikroskopiker, aber auch von Kritikern (Vrba, 1961). Leider war der 3D-Kondensor nur kurze Zeit erhältlich. Kürzlich konnte ich ein Exemplar von einem Mikroskopiker erwerben, genau untersuchen und nachbauen.

## Basiskonstruktion

Bei dem „dreidimensionalen (Super-) Kondensor“ handelt es sich zunächst um einen gewöhnlichen aplanatischen Kondensor mit Filterträger, Apertur-Irisblende und wechselbaren Frontlinsen (vgl. Ramaszeder, 1966). Oberhalb der Irisblende befindet sich jedoch ein sogenannter Schlierenfilter, wie er in ähnlicher Form in der Schlierenmikroskopie verwendet wird (Abb. 1). Eine runde Glasscheibe ist bis auf einen etwa 3 mm breiten diametralen Spalt metallbedampft. Außerhalb des glasklaren Spalts beträgt die Transmission dieses Schlierenfilters etwa 20%, wobei die spektrale

Durchlässigkeit etwas in Richtung Blau verschoben ist. Zum Kondensor gehören drei wechselbare Frontlinsen. Eine, mit der numerischen Apertur 1,2 ist vollkommen klar. Die beiden anderen besitzen auf ihrer Unterseite einen kleinen Abschleiß, der mit einem schwarzen lichtundurchlässigen Plättchen beklebt ist. Das eine der beiden Plättchen hat einen Durchmesser von 7 mm. Diese Frontlinse ist für Objektive bis zur n. A. 0,65 bestimmt. Das Plättchen der anderen Frontlinse ist 10 mm rund und für höhere Objektivaperturen von 0,8–1,2 vorgesehen. Da sich die als Zentralblende wirkenden Plättchen auf der Unterseite der Kondensorfrentlinse befinden, kann die Oberseite mit Öl immigiert werden (vgl. Abb. 1).

Wenn der Kondensor mit der klaren Frontlinse verwendet wird, wirkt er wie ein normaler aplanatischer Kondensor, in dessen Filterträger

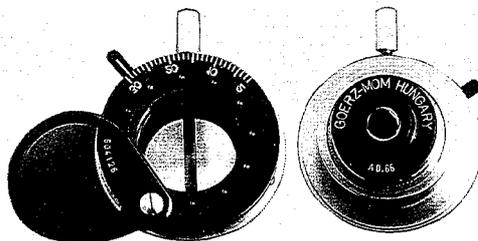


Abb 1.: „3D“-Kondensor nach Zselionka und Kiss (1961).  
Links Unterseite mit Filterträger, Aperturblende und Schlierenfilter. Rechts Frontlinse mit Zentralblende. Erklärung im Text.

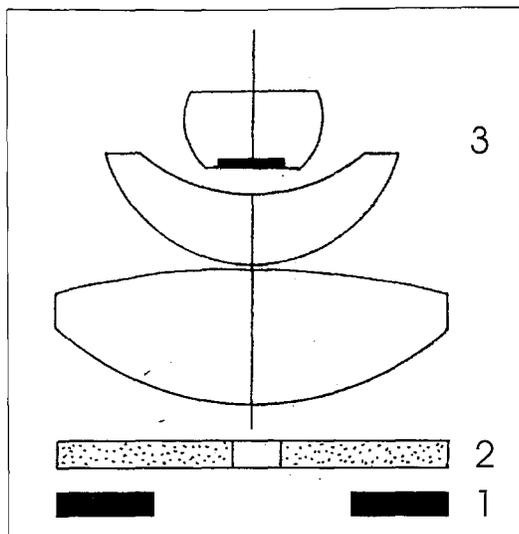


Abb. 2: Aufbau des ungarischen „3D“-Kondensors. 1 Aperturblende. 2 Schlierenfilter. 3 Zentralblende unter der Kondensorfrontlinse. Zeichnung des Verfassers.

ein Schlierenfilter liegt. Das Präparat wird durch den Spalt kohärent beleuchtet, aber durch die Seitenflächen des Filters erhält es eine um etwa 80% reduzierte Lichtmenge. Die Beleuchtung ist azimuthal und, solange keine Mattscheibe verwendet wird (wie es die Erfinder empfehlen), stets kohärent. Der Bildkontrast wird gesteigert. Mit anderen Schlierenfiltern kann man ihn nach meinen Erfahrungen noch deutlicher erhöhen. Abb. 2 zeigt den Aufbau des „3D“-Kondensors.

Wenn man die klare Frontlinse gegen eine mit Zentralblende auswechselt, erhält man mit geeigneten Objektiven trotz des Schlierenfilters ein nahezu azimuthalfreies Dunkelfeld, mit anderen ein Grenzdunkelfeld. Dezentriert man nun die Zentralblende durch Verschieben des gesamten Linsensystems aus der optischen Achse, so beobachtet man mit dem Hilfsmikroskop (= Einstellhilfe) einen sichelförmigen Lichtschein (Abb. 4), der ein azimuthales Hellfeld bewirkt. Die Erfinder empfehlen, eine Mattscheibe in den Filterträger einzusetzen. Hierdurch entsteht eine gradientenfreie schiefe Beleuchtung, weil das Licht inkohärent gestreut wird. Darauf beruht auch die Wirkung

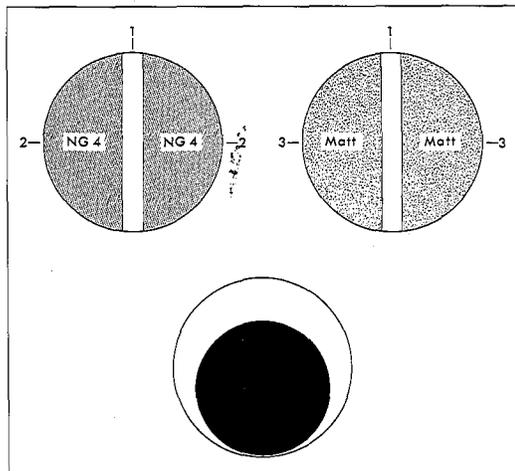


Abb. 3: Schlierenfilter und Zentralblende für den Selbstbau eines „3D“-Kondensors. Oben links Neutralglas NG 4 als Schlierenfilter. Oben rechts mit Scotch Magic Tape hergestellter Schlierenfilter. Unten die dezentrierte Zentralblende. 1 klarer Spalt. 2 Neutralfilter NG 4/1 mm. 3 mattierte Fläche. Erklärung im Text.

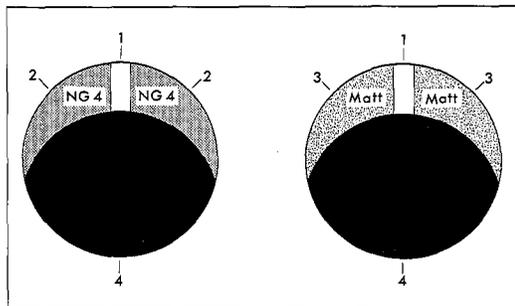


Abb. 4: Bilder in der hinteren Brennebene des Objektivs mit dem Hilfsmikroskop betrachtet. Schlierenfilter und Zentralblende liegen im Filterträger des Kondensors. 1 klarer Spalt. 2 Neutralfilter NG 4/1 mm. 3 mattierte Fläche. 4 Teil der dezentrierten Zentralblende.

der Blende nach Kreutz (1995). Die damit erzielten Bilder sehen ebenfalls plastisch aus. Beim „3D“-Kondensator wird die reliefartige Beleuchtung durch das Zusammenspiel von Schlierenfilter und Zentralblende bei schiefer Hellfeld- bzw. Dunkelfeldbeleuchtung erzielt.

Darüber hinaus ist eine ringförmige Beleuchtung möglich. Das ist im Prinzip nicht neu und wurde bereits Anfang dieses Jahrhunderts von Siedentopf beschrieben.

### Selbstbau

Am besten geeignet ist ein gewöhnlicher aplanatischer Kondensator n. A. 1,2 mit abschraubbarer Frontlinse und Filterträger.

Zunächst schneidet man einen runden Neutralfilter NG 4/1 mm, dessen Transmission 25% beträgt, mit der Diamantsäge in der Mitte durch und schleift die beiden Schnittflächen so weit ab, daß beim Zusammensetzen der beiden Flächen zu einem Kreis in der Mitte ein 2–3 mm breiter Spalt bleibt. Diese beiden Hälften werden mit Loctite oder einem anderen klaren Kleber auf eine runde Klarglasscheibe geklebt, deren Durchmesser dem des Filterträgers angepaßt ist. Wer das Schneiden und Schleifen des Glases nicht selbst durchführen kann, findet sicher einen Optiker, der das erledigt. Bei Verwendung eines Neutralfilters ist die Beleuchtung wie beim „3D“-Kondensator in Abb. 1 stets kohärent. Abb. 3 zeigt die beiden Schlierenfilter, die hier einen Durchmesser von 32 mm haben. Die Spaltbreite beträgt 3–4 mm.

Unter die Kondensatorfrontlinse klebt man ein rundes Stückchen lichtundurchlässiges Klebeband mit einem Durchmesser von etwa 7 mm, wenn Objektive bis zur n. A. 0,65 verwendet werden sollen, oder mit einem Durchmesser von etwa 10 mm, wenn nur Objektive der n. A. 0,8 bis 1,2 vorgesehen sind. Ein Abschleiff, wie beim Original-3D-Kondensator, ist nicht zwingend erforderlich. Eventuell muß man die angegebenen Durchmesser der Plättchen je nach Konstruktion des Kondensators etwas variieren.

### Modifizierter „3D“-Kondensator

Der beschriebene (fast) originalgetreue Nachbau des „3D“-Kondensators ist zwar leicht möglich, aber nicht unbedingt erforderlich. Die gleichen Eingriffe, die Zselionka und Kiss recht umständlich in der vorderen und hinteren Kondensorbrennebene vorgenommen haben, können ebenso gut beide in der vorderen Brennebene stattfinden, also dort, wo sich nor-

malerweise die Apertur-Irisblende befindet oder in deren Nähe (Filterträger). Besonders geeignet sind aplanatische Kondensoren, bei denen man Blenden und Filter dreh- und zentrierbar in der vorderen Kondensorbrennebene anordnen kann, wie das zum Beispiel bei dem UFC-Kondensator von PZO möglich ist (vgl. Abb. bei Göke 1990).

Der für den Nachbau des „3D“-Kondensators beschriebene Schlierenfilter, bei dem die Beleuchtung stets kohärent ist, kann vielfältig modifiziert werden. Man kann zum Beispiel eine runde Klarglasscheibe so mit Scotch-Magic-Tape oder einem anderen matten Klebeband bekleben, daß in der Mitte ein 2–3 mm breiter klarer Spalt bleibt (Abb. 3). Das Objekt wird dann nur durch den Spalt kohärent beleuchtet, während die matten Filterflächen das Licht inkohärent streuen. Zusätzlich kann man die matten Flächen mit Glasmalfarbe kolorieren, zum Beispiel Blau bzw. Grün oder die eine Hälfte Rot, die andere Grün; sehr günstig wirkt Orange in Kombination mit Blau. Solche Schlierenfilter haben für sich allein schon eine kontraststeigernde Wirkung.

Die Herstellung der erforderlichen Zentralblende ist recht einfach. Eine 18 mm runde schwarze Pappscheibe wird exzentrisch auf eine runde Klarglasscheibe geklebt, wie es Abb. 3 zeigt. Streng genommen ist der Durchmesser dieser exzentrischen Blende von der numerischen Apertur des Objektivs abhängig. Die Praxis hat jedoch gezeigt, daß diese eine Blende den Anforderungen genügt.

Nachdem die Köhlersche Beleuchtung optimiert wurde, legt man zuerst den Schlierenfilter mit der matten Seite nach unten in den Filterträger und darauf die Blende. Im Sehfeld des Hilfsmikroskops (Einstellhilfe) sieht man die Austrittspupille des Objektivs genau so, wie man sie auch mit dem Original „3D“-Kondensator sehen würde (Abb. 4). Durch Schwenken und Verschieben des Filterträgers kann man die Größe der sichelförmigen beleuchteten Fläche variieren und auf diese Weise den Kontrast erhöhen oder abschwächen. Die sichtbare Breite des klaren Spalts ist von der numerischen Apertur des Objektivs abhängig.

Bei Verwendung des Schlierenfilters aus Neutralglas (Abb. 3 und 4 links) wird das Objekt durch den klaren Spalt kohärent beleuchtet. Durch die Neutralglasflächen ebenfalls kohärent, aber mit um 75% abgeschwächter Lichtenergie. Wenn man den matten Schlie-

renfilter verwendet (Abb. 3 und 4 rechts), wird das Objekt nur durch den klaren Spalt kohärent beleuchtet, während die mattierten Flächen das Licht inkohärent streuen. Die Blende macht einen Teil der Objektiv-Austrittspupille (Fourier-Ebene) unwirksam. Bei Verwendung eines matten Schlierenfilters entsteht ein gradientenfreies, gut ausgeleuchtet Reliefbild des Objektes. Nimmt man jedoch den klaren Schlierenfilter aus Neutralglas, so ist das Bild nicht völlig gradientenfrei. Betrachtet man die mit dem ungarischen „3D“-Kondensator hergestellten Aufnahmen, die in den 60er Jahren mehrfach im MIKROKOSMOS erschienen sind, so kann man auch hier einen Lichtgradienten feststellen. Deshalb haben die Erfinder seinerzeit empfohlen, ihren Kondensator mit einer Mattscheibe zu benutzen.

Man kann das Reliefbild mit polarisationsoptischen Mitteln farbig darstellen. Auf der Lichtaustrittsöffnung des Mikroskopfußes wird ein Polarisator angeordnet. Im Abbildungsstrahlengang befindet sich ein Analysator, dessen Schwingungsrichtung mit der des Polarisators gekreuzt ist. Zwischen Polarisator und Schlierenfilter ist zusätzlich ein drehbar angeordnetes Verzögerungselement ( $1 \lambda = \text{Rot I}$ ) aus Kunststoff. Beim Drehen des Verzögerungselementes wechselt die Farbe des Bilduntergrundes von Rot über Violett und Blau bis Grün. Doppelbrechende Objekte kontrastieren dazu in anderen Farben. Das Verfahren liefert schöne Ergebnisse bei Foraminiferen, Thekamöben, Holothurienskleriten, Kristallen und anderen doppelbrechenden Objekten. Es ist allerdings eine starke Lichtquelle (z. B. 12 V/100 W Halogen) erforderlich.

### Diskussion

Das mit dem ungarischen „3D“-Kondensator zu beobachtende Reliefbild ist nicht wirklich dreidimensional oder stereoskopisch, wie die Er-

finder 1961 meinten. Um das zu erreichen, mußte der Beleuchtungsstrahlengang streng in zwei Hälften geteilt und das Objekt unter zwei verschiedenen Winkeln beleuchtet und (oder) bei geteiltem Beleuchtungsstrahlengang unter zwei verschiedenen Winkeln betrachtet oder fotografiert werden. Beim „3D“-Kondensator werden nur Unterschiede der Brechzahl und Dicke schlierenmikroskopisch sichtbar gemacht. Auch das Auflösungsvermögen der mikroskopischen Optik wird durch den „3D“-Kondensator nicht erhöht. Hier wird lediglich eine Kontrastanhebung bewirkt und die Unterschiedsschwelle zwischen Objekt und Umfeld erhöht, wodurch feine Strukturen besser sichtbar, aber keineswegs objektähnlicher werden. In dieser Hinsicht gleicht das Ergebnis dem von Hafemeister (1992) beschriebenen Hybridkontrast. Trotzdem ist der „3D“-Kondensator eine Bereicherung des mikroskopischen Instrumentariums, wie schon ein Kritiker (Vrba, 1961) bemerkt hat. Das gilt auch für den selbstgebauten und modifizierten „3D“-Kondensator. Eine starke Lichtquelle ist in jedem Falle erforderlich.

### Literatur

- Göke, G.: Farbiger Phasenkontrast mit einfachen Mitteln. *Mikrokosmos* 79, 220–222 (1990).  
 Hafemeister, U.: Hybridkontrast. *Mikrokosmos* 81, 114–117 (1992).  
 Kipping, W.: Der „3D“-Kondensator. Plädoyer für ein nicht mehr hergestelltes Gerät. *Mikrokosmos* 60, 122–126 (1971).  
 Kreutz, M.: Eine modifizierte schiefe Beleuchtung. *Mikrokosmos* 84, 197–199 (1995).  
 Ramaszeder, K.: Ein Kondensator mit Raumwirkung. *Mikrokosmos* 55, 214–217 (1966).  
 Vrba, V.: Der dreidimensionale (Super-) Kondensator – Kritische Bemerkungen. *Mikroskopie* 16, 288–290 (1961).  
 Zselionka, L., Kiss, E.: Der dreidimensionale (Super-) Kondensator. *Mikroskopie* 15, 263–283 (1961).

Verfasser: Gerhard Göke, Bahnhofstr. 27, 58095 Hagen.