

Methode:

Vario-Tubus mit negativem Projektionssystem

Literatur:

s. Literaturverzeichnis auf Blatt 5

Anwendungsbereich:

Mikroskope mit Endlich-Optik und einer mechanischen Tubuslänge von 160 mm. Ringschwalbe 42,3 mm \varnothing

Der Vario-Tubus von PZO ist ein trinokularer Fototubus, der, wie schon die Bezeichnung andeutet, bei der Mikrofotografie und Videomikroskopie ungewöhnlich vielseitig verwendet werden kann. Auf seiner Unterseite befindet sich eine Ringschwalbe und die von einer Linse staubdicht verschlossene Lichteintrittsöffnung. Auf die Fassung dieser Linse kann ein Polarisationsfilter als Analysator oder - bei der Fluoreszenzmikroskopie - ein Sperrfilter aufgesteckt werden. Die Oberseite des Vario-Tubus trägt eine Ringschwalbenfassung (1), die mit der des Stativarms aller PZO-Mikroskope identisch ist. Der Ringschwalbendurchmesser von 42,3 mm ermöglicht auch die Anpassung des Vario-Tubus an Mikroskope der Serie ZEISS-Standard.

Im Innern des Tubusgehäuses kann ein Schlitten mit Hilfe einer Zugstange (2) von Rastpunkt zu Rastpunkt verschoben werden. Er trägt drei optische Bauelemente: Ein Umlenkprisma, eine Korrektionslinse und ein Teilerprisma. Bei eingeschobener Zugstange befindet sich das Umlenkprisma im Strahlengang. Das vom Objektiv kommende Licht wird zu 100 % in die Okulare gelenkt. Am ersten Rastpunkt der Zugstange gelangt das Licht durch die Korrektionslinse zu 100 % in die Filmebene der Kamera bzw. zum Sensor der Videokamera. Am 2. Rastpunkt der Zugstange lenkt das Teilerprisma 30 % des Lichtes in die Okulare und 70 % in den Fotostutzen mit angeschlossener Kamera. Bei dieser Einstellung des Tubus ist der Mikroskopiker ständig dokumentationsbereit (Mikroblitzfotografie lebender Objekte u.a.)

Die beiden Okularstutzen des Variotubus (3) besitzen einen **Auto-kompensationsmechanismus**. Änderungen des Augenabstandes haben keinen Einfluß auf die mechanische bzw. optische Tubuslänge des Mikroskops.

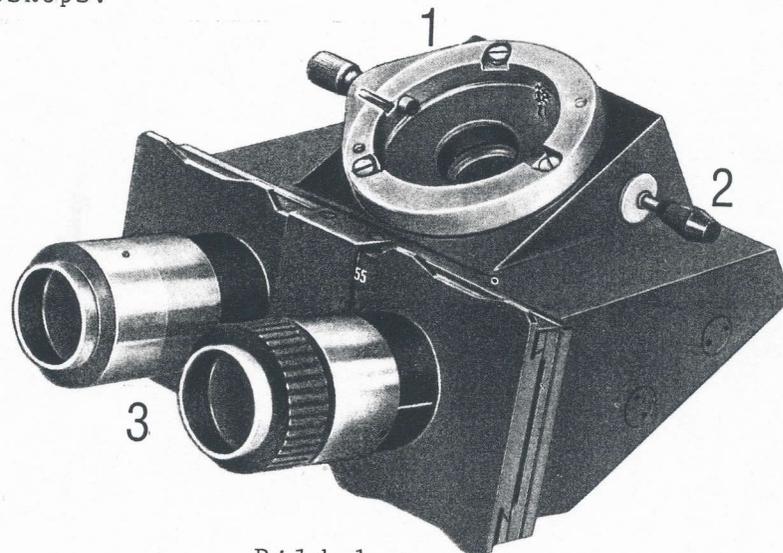


Bild 1 a

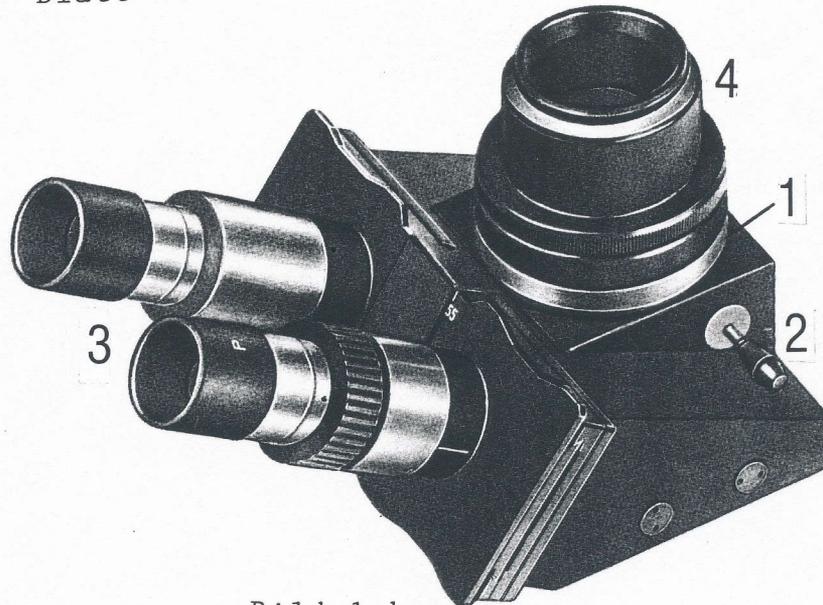


Bild 1 b

Für den Vario-Tubus stehen mehrere Projektive mit **negativer Brennweite** zur Verfügung, die sphärische und chromatische Fehler der Objektive korrigieren. Das reelle Zwischenbild liegt bei diesen Systemen nicht unterhalb, sondern oberhalb der Optik. (Bild 2). In Abhängigkeit vom Projektiv-Typ sind unterschiedlich lange Fototuben erforderlich.

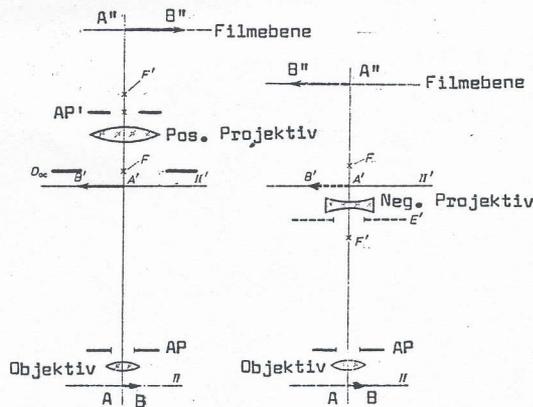


Bild 2: Unterschiede bei der Mikrofotografie mit positiven (links) und negativen Projektiven (rechts).

A B = Objekt. II = Objektebene.
 II' = Zwischenbildebene. A' B' = Zwischen-Bild des Objekts, links unterhalb, rechts oberhalb des Projektionssystems.
 A'' B'' = Bild des Objekts in der Filmebene.
 Die Kameralänge k ist rechts kürzer als links.
 F, F' = Brennpunkte des Projektivs.
 AP = Austrittspupille des Objektivs.
 AP' = Austrittspupille des Projektivs (rechts im Innern des Systems).

Ein sehr kurzer, zum Lieferumfang des Vario-Tubus gehörender **Kamera-Anschlußstutzen** (4) ist für die Weitwinkel-Projektive 8xPS, 12,5xPS und 16xPS bestimmt. Diese werden nur in Kombination mit **achromatischen** und anderen Objektiven **ohne Bildfeldebnung** verwendet. Sie wirken dem sphärischen Fehler solcher Systeme entgegen und ebnen deren Bildfeld. Deshalb darf man sie nicht mit Plan-Objektiven kombinieren. Sie würden mit diesen eine unerwünschte Bildfeldwölbung erzeugen. Bei Verwendung dieses Anschlußstutzens ist die optische Kameralänge besonders gering, der ganze Aufbau sehr gedrungen und dadurch wenig erschütterungsanfällig. Der Stutzen endet mit einem M 42-Gewinde, auf das Adapter für alle handelsüblichen KB-Kameragehäuse geschraubt werden können. Die nachfolgende Tabelle enthält die damit erzielbaren Bildübertragungsfaktoren ÜF.

Vario-Tubus mit kurzem Kamera-Anschlußstutzen
und Weitwinkel-Projektiven der Reihe PS

Best.-Nr.	Projektiv	Bildübertragungsfaktor ÜF in die Filmebene (24 x 36 mm)
54.001	8xPS	3,9
54.002	12,5xPS	4,6
54.003	16xPS	5,6

Die Projektive 4,5x, 6x und 7,5x mit normalem Bildwinkel und negativer Brennweite sind ebenfalls nur für Achromate bestimmt, deren Bildfeldwölbung sie ebenen. Sie erfordern den etwas längeren Fototubus T 3, der mit dem Mikrozwisehenstück P und zusätzlich mit dem Mikrozwisehenstück L kombiniert werden kann. Der Fototubus T 3 nimmt das Projektiv auf. Das Mikrozwisehenstück P mit M 42-Gewinde trägt mit Hilfe eines Kamera-Adapters das KB-Kameragehäuse. Mit dem Mikrozwisehenstück L (zwischen T 3 und P) kann die Vergrößerung im Filmformat erhöht werden, falls das erforderlich ist. Anstelle des Mikrozwisehenstückes L kann auch die **ZÖRK-Mini-Makro-Schnecke** (Zörkendörfer/ München) verwendet werden, die einen exakten Abgleich von visuellem und fotografischem Bild ermöglicht.

Der Fototubus T 3 in Kombination mit dem Mikrozwisehenstück P und (oder) dem Mikrozwisehenstück L bzw. der Mini-Makro-Schnecke ist auch für die **Plan-Projektive 4xP und 7xP** erforderlich. Diese Projektive sind für **Planachromate und Planachromate** bestimmt, deren chromatische Vergrößerungsdifferenz sie kompensieren. In Kombination mit Achromaten übertragen sie deren Bildfeldwölbung voll in die Filmebene. Sie sind deshalb für alle nicht geplanten Objektive ungeeignet. Wenn der Mikroskopiker mit Achromaten und Plan-Objektiven fotografiert, sollte er den Fototubus T 3 zusammen mit den genannten Mikrozwisehenstücken, geeigneten Projektiven mit normalem Bildwinkel und Plan-Projektiven anschaffen. Die erreichbaren Bildübertragungsfaktoren ÜF (mit und ohne Mikrozwisehenstück L) sind in den beiden nachfolgenden Tabellen enthalten.

Vario-Tubus mit Fototubus T 3 und Mikrozwisehenstück P

Best.-Nr.	Projektiv	Bildübertragungsfaktor ÜF in die Filmebene (24x36 mm)
54.004	4,5x*	4,2
54.005	6x*	5,1
54.006	7,5x*	6,3
54.007	4xP**	3,3
54.008	7xP**	5,6

* Für Achromate

**Für Plan-Objektive

Best.-Nr.	Projektiv	Bildübertragungsfaktor ÜF in die Filmebene (24x36 mm)
54.004	4,5x*	6,7
54.005	6x*	8,2
54.006	7,5x*	10,3
54.007	4xP**	5,1
54.008	7xP**	9,0

* Für Achromate

**Für Plan-Objektive

Es ist manchmal wünschenswert, mit Okularen (Meßokularen) oder positiven Projektiven zu fotografieren. Hierfür steht ein zweiseitiger **Kamera-Ansatzstutzen** zur Verfügung, der Fototubus und Mikrozwisehenstück ersetzt. Sein Unterteil, der Fototubus, nimmt das Okular bzw. Projektiv auf, während auf das T2-Gewinde seines Oberteils ein Kameraadapter mit dem KB-Spiegelreflexkameragehäuse geschraubt wird. Die mit dieser preiswerten Einrichtung und geeigneten Okularen erzielbaren Bildübertragungsfaktoren zeigt die nachfolgende Tabelle.

Vario-Tubus mit Kamera-Ansatzstutzen für Okulare

Best.-Nr.	Okular	Bildübertragungsfaktor in die Filmebene (24x36 mm)
21.008	10x Komplan	5,5
22.002	10x WF Comp	5,5
23.003	12,5x KP	5,3
23.001	PK 8x*	4,8

*Okular ca. 5 mm anheben

Tabelle 4

Videomikroskopie

Für den Anschluß von **Videokameras** an den Vario-Tubus ist der zum Lieferumfang gehörende **Kamera-Achlußstutzen** gut geeignet. Wahlweise kann der CCD-Sensor im reellen Zwischenbild des Objektivs oder im vergrößerten Bild eines Projektivs angeordnet werden. Von dem Fotostutzen wird der eigentliche Fototubus abgeschraubt und das Projektiv entfernt. Auf das M 42-Außengewinde des extrem kurzen Tubus schraubt man den **C-Mount-Adapter** der Videokamera. Der CCD-Sensor liegt dann im reellen Zwischenbild. Wir ein Projektiv eingefügt, so liegt er in dessen Projektionsbild. Der Schärfeabgleich von Monitorbild und mikroskopischem Bild kann durch Einfügen von kurzen M 42-Gewinderingen oder auch mit der Mini-Makro-Schnecke erreicht werden, wenn er nicht von vorneherein realisiert ist. Der große Unterschied zwischen den Bildübertragungsfaktoren ÜF zeigt die nachfolgende Tabelle.

Video-Kamera mit 1/2" CCD-Sensor
am kurzen Kamera-Ansatzstutzen (Methoden 1 und 2)

Best.-Nr.	Projektiv	Bildübertragungsfaktor UF auf den Sensor
	Ohne Projektiv	8,4
54.001	8xPS	16,4

- Bei der Anpassung einer Videokamera an den Vario-Tubus kann man eine bis zu 90 % ige Ausnutzung des reellen Zwischenbildes erreichen, wenn man 40 bis 50 mm unterhalb des Sensors eine **Zwischenoptik** einfügt. Bei einem 1/2-Zoll Sensor ist das mit einer achromatischen Linse erreichbar, deren Brennweite etwa 63 mm beträgt. Man kann auch ein Foto-Objektiv einfügen. Solche Anpassungen können von Fall zu Fall in der Werkstatt durchgeführt werden.

Wenn ein **Camcorder** angepaßt werden soll, dessen Optik nicht wechselbar ist, so benötigt man hierfür den Kamera-Ansatzstutzen für Okulare. Sein Unterteil endet mit einem T2-Gewinde. Es wird ein **Adapter** angefertigt, der auf der einen Seite das T2-Innengewinde, auf der anderen das Filtergewinde des Kamera-Objektivs als Außengewinde besitzt. Er verbindet das Camcorder-Objektiv mit dem Fototubus. Austrittspupille des Okulars und Eintrittspupille des Objektivs fallen zusammen. Wegen der möglichen Vignettierung sollten keine schwächeren Okulare als 10x verwendet werden. Die Automatik des Camcorder-Objektivs wird nach Einstellung einer geeigneten Brennweite abgeschaltet.

Literatur:

- GÖKE, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie.
 Franckh-Stuttgart 1988.
- .-.-. : Ein Vario-Tubus mit negativem Projektionssystem.
 MIKROKOSMOS 76, 250 - 254 (1987).
- .-.-. : Videomikroskopie.
 MIKROKOSMOS 80, 174 - 181 (1991)
- .-.-. : Projektionssysteme mit positiver und negativer
 Brennweite für die Mikrofotografie und Video-
 mikroskopie.
 Arbeitsmappe "4. Internationale Mikroskopie-Tage
 in Hagen 1992".
- .-.-. : Mikroskop und Kamera.
 Mikrofotografie und Videomikroskopie mit einfachen
 Mitteln.
 Fa. R. Göke, Hagen 1994
- PLUTA, M. Advanced Light Microscopy. Vol. 1: Warszawa 1988.
 Vol. 2 : Warszawa 1988.