

Die Verwendung von Bildern und Texten dieser Ausarbeitung ist unter Angabe der Quelle ausdrücklich erlaubt.

Dieser Vortrag ist im Internet veröffentlicht unter

<http://www.mikroskopie-forum.de/index.php?topic=23595.0>

Am Anfang und am Ende dieser Website befinden sich viele weiterführende Links zur Thematik.

Hagen, März 2016

Diese Einführung in die Mikrofotografie wendet sich an Mikroskopiker, die in die Mikrofotografie einsteigen möchten, aber noch nicht über das notwendige **Grundlagenwissen** verfügen. Es soll den Einstieg in **Selbstbaulösungen** erleichtern, aber auch eine Basis schaffen, evtl. notwendige **Beratungsgespräche** mit „Experten“ strukturierter durchführen zu können.

Bei der Mikrofotografie am zweistufig zusammengesetzten Mikroskop (d. h. das Mikroskopobjektiv entwirft ein Bild und das Okular vergrößert dieses Bild für den Betrachter) geht es darum, das mikroskopische Bild möglichst **unverfälscht** von optischen Fehlern und **ausreichend groß** auf einen Bildträger (heute im Allgemeinen nicht mehr der Film sondern der Bildsensor der Kamera) zu bringen.

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Austrittspupille Okular

Zwischenbildebene

Arbeitsabstand Objektiv

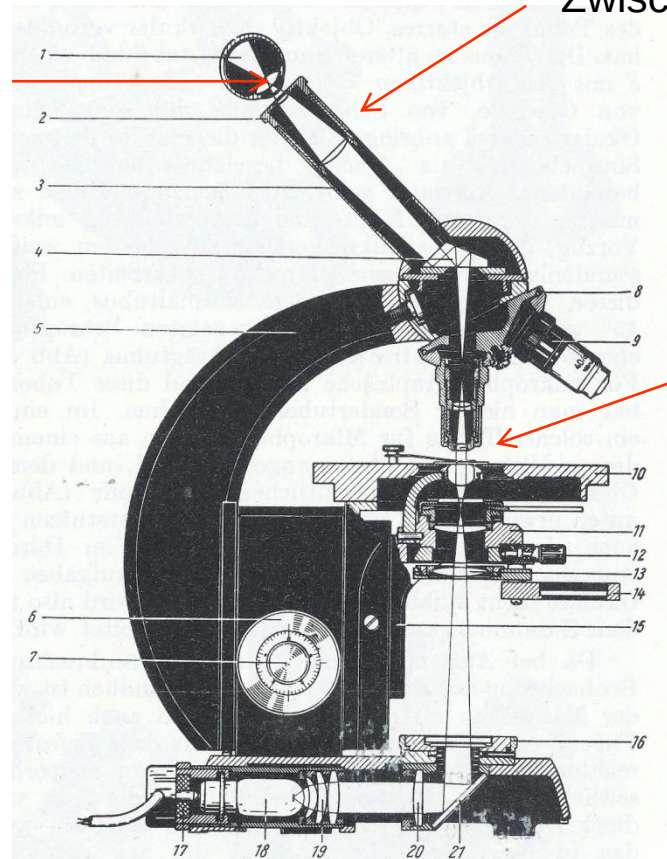


Abb. 204. Aufbauschema eines Mikroskops nach der „modernen“ Form (ZEISS-Standard-Mikroskop)

1 Auge, 2 Okular, 3 Okulartubus, 4 Ablenkprisma, 5 Tubusträger, 6 Grobbewegungsknopf, 7 Feinbewegungsknopf, 8 Objektivwechsler (Revolver), 9 Objektiv, 10 Objektisch, 11 Kondensor, 12 Kondensor-Zentriervorrichtung, 13 Kondensorhilfslinse, 14 Farblashalter, 15 Kondensorträger, 16 Leuchtfeldblende, 17 Lampenfassung, 18 Glühlampe, 19, 20 Lampenkollektor, 21 Spiegel

Kurt Michel, Die Mikrofotografie, Wien –New York 1967

Also gibt es im Mikroskop **zwei Bilder**, die man fotografieren kann:

1) Das eine ist das Bild, das in endlicher Entfernung unterhalb des Tubusrandes in der **Okularabgleichebene** oder auch Zwischenbildebene genannt entsteht, das sogenannte **Zwischenbild**.

2) Das andere ist das **Bild, das vom Okular im Unendlichen entworfen wird** und mit der kurzbrennweitigen Augenlinse auf der Netzhaut des Betrachterauges abgebildet wird.

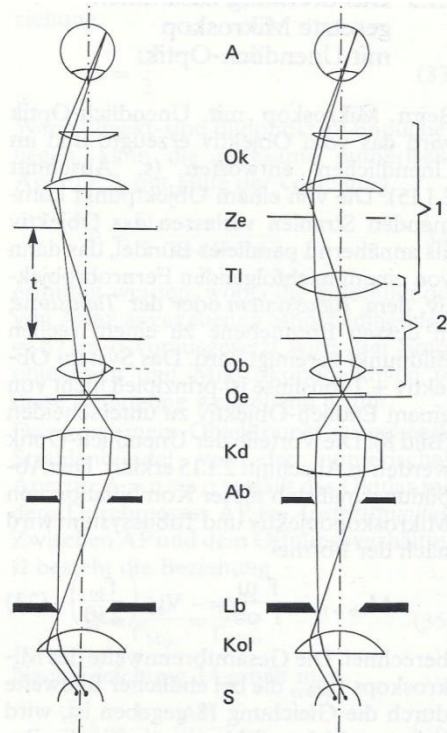
Die **Qualität** dieser Bilder kann **unterschiedlich** sein. Denn bei den sogenannten endlichen Mikroskopsystemen dient das Okular nicht nur der vergrößernden Betrachtung des Zwischenbildes, es **korrigiert auch Abbildungsfehler** des Objektivs, die zum Teil erheblich sein können. Bei den unendlichen Systemen ist das Zwischenbild (zumeist, es gibt einige Ausnahmen) durch eine vorgeschaltete Tubuslinse schon um diese Abbildungsfehler korrigiert. Hier hat das Okular nur die vergrößernde Funktion, das heißt, dass in solchen Fällen oft eine einfache optiklose "Ofenrohradaption,, reicht.

Ob man es mit einer **Endlich-** oder der moderneren **Unendlichoptik** zu tun hat, ist in der Regel auf dem Objektiv vermerkt (z. B. **160 mm oder eben das Unendlich-Symbol ∞**)

.

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

zweistufiges Mikroskop



zweistufiges Mikroskop
mit Tubuslinse

Bild 7 (links): Zweistufig zusammengesetztes Mikroskop. Objektiv *Ob* mit endlicher Bildweite; *t* optische Tubuslänge.

Bild 8 (rechts): Dreistufig zusammengesetztes Mikroskop. Objektiv *Ob* mit unendlicher Bildweite und Tubuslinse.

1 Das System aus Tubuslinse und Okular wirkt wie ein Fernrohr. 2 Das System aus Tubuslinse und Objektiv wirkt wie ein Objektiv mit endlicher Bildweite. *S* Lichtquelle, *Kol* Kollektor, *Lb* Leuchtfeldblende, *Ab* Aperturblende, *Kd* Kondensor, *Oe* Objektelebene, *Ob* Objektiv mit hinterer Brennebene, *TI* Tubuslinse, *Ze* Zwischenbildebene, *Ok* Okular, *A* Auge.

Gerhard Göke, Moderne Methoden der Lichtmikroskopie, Stuttgart 1988

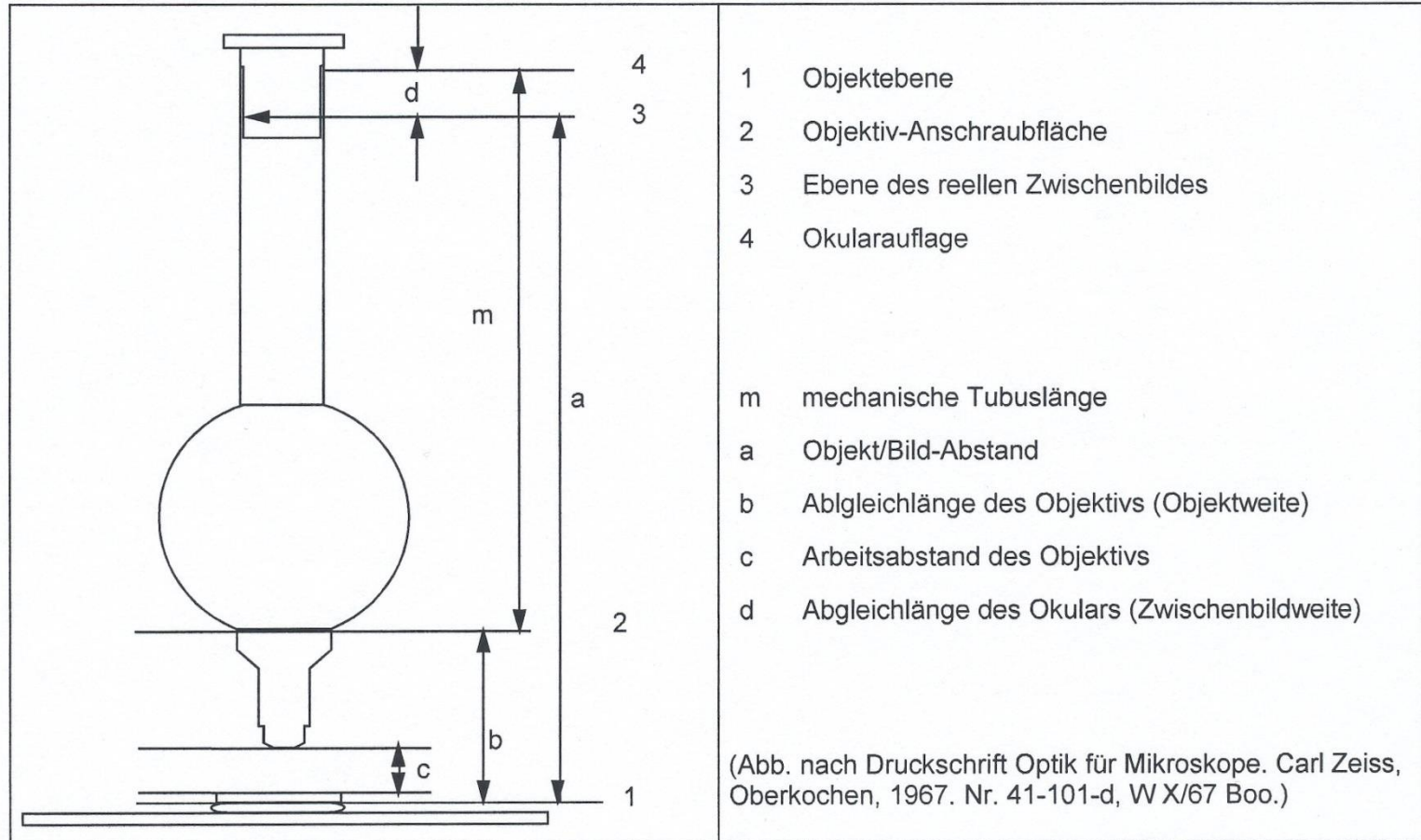
Die Qualität des mikroskopischen Bildes hängt u. a. erheblich von der Einhaltung des **richtigen Arbeitsabstandes** des Mikroskopobjektives ab. Dieser Arbeitsabstand ist - auch wenn er bekannt ist - schlecht messbar. Er ist aber dann richtig eingehalten, wenn das **Objektiv** und das **Okular** und die vorgesehene **mechanische Tubuslänge** zueinander passen. Das ist sichergestellt, wenn man Optiken eines Herstellers und einer „Optikgeneration“ kombiniert. Die mechanische Tubuslänge ist nur beim Einsatz eines geraden Tubusses messbar (**Entfernung Objektivanschlag am unteren Tubusende bis zum oberen Tubusrand**). Bei Schrägtuben oder Binokulartuben ist die optische Tubuslänge mit „Bordmitteln“ nicht auszumachen.

Merke: Ein Bild gibt es (leider!) immer.

Egal, welches **Objektiv**, welches **Okular**, welche **Tubuslänge** zum Einsatz kommen, ein Bild gibt es immer über die Defokussierung des optischen Systems, d.h. über die Änderung des vorgeschriebenen Arbeitsabstandes des Objektivs. Der Preis dafür ist immer die Verschlechterung der Bildqualität. Es kann bei stärkerer Defokussierung sogar vorkommen, dass bei dem 100er Objektiv der Arbeitsabstand so klein wird, dass die Frontlinse das Deckglas berührt.

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Messgrößen am Mikroskoptubus



Klaus Henkel, die Mikrofibel, München 2003

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Messgrößen am Mikroskoptubus nach Herstellern

Hersteller	Mech. Tubuslänge	Objektiv- abgleichlänge	Okular- abgleichlänge	Objekt/Bild- Entfernung
Carl Zeiss, Oberkochen Neueste Baureihen:	160 ∞	45	10	195
Zeiss-Winkel, Göttingen ca. 1949-57* seit 1957: Carl Zeiss, Oberkochen)	160	45	5	200
Carl Zeiss Jena alt * VEB Carl Zeiss Jena, ausgelaufen ca. 1992)	160 160	33,65 45	13 13	180,65 192
ROW, Rathenow alt (Busch) * (ausgelaufen ca. 1992)	170	33,62	13,7	189,92
ASKANIA, Rathenow (neu) *	160	45	10	195
Ernst Leitz, Wetzlar ältere Mikroskope ab ca. 1980 Neueste Baureihen (Leica)	170 170 160 ∞	4537 (36,86*) 45	18 18 10	197 189 195
W. Will, Nauborn bei Wetzlar * Will neu und Helmut Hund *	160 160	37 45		
C. Reichert, Wien (ältere Modelle) größere Modelle * ausgelaufen, heute Leica	160 ∞	37	13* (9?)	184 (188?)
PZO (Polnische Optische Werke)	160	45	10	195
LOMO, St. Petersburg	160	33,5 / 32,3	12,5	181 / 179,8
Meopta, Prag (ausgelaufen)	170	36	11	195
Wild, Heerbrugg, Schweiz ausgelaufen, heute Leica	160	37	9	188
Nachet (Sopelem), Paris	160			
Olympus, Tokyo, neuere Baureihen Neueste Baureihen	160 160 ∞	36, 65* 45	16 10	180,65 195
Nikon, Japan Neueste Baureihen	160 ∞	45		
American Optical Co. (Spencer), Buffalo, USA (heute Leica)	160		11,3	
Bausch & Lomb, Rochester, USA * (heute Leica)	160			

(* Werte nachgetragen von K. Henkel)

Klaus Henkel, Mikrofibel, München 2003

Konzeption der Fotoeinrichtung

Klaus Henkel, Mikrofibel, München 2003

1) Liegt ein **unendliches** System vor, kann man das **Zwischenbild fotografieren**. Voraussetzung ist dabei, dass man abmessungstechnisch an das Zwischenbild, welches unterhalb des Tubusrandes entsteht, mit dem Kamerasensor herankommt. Es kommt hier darauf an, wie der Mikroskophersteller diese **Schnittstelle** konstruiert hat.

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Wo das Zwischenbild liegt, weiß der Hersteller, oder man muss es empirisch ermitteln (ohne umzufokussieren!!).
D.h. das Objektiv wird auf den **richtigen Arbeitsabstand** eingestellt, indem mit **originalem Tubus** und **richtiger Dioptrienkorrektur** am Okular ein **Objekt scharf gestellt** wird.

Dann wird am Kameraausgang des Trinokulartubusses mit dem **Bildsensor** der Kamera die **Lage, die zur schärfsten Abbildung des Zwischenbildes** führt, gesucht. Zwischen Kamerasensor und Fotoausgang des Mikroskops benötigt man also im einfachsten Falle keinerlei Optik, es genügt eine Art entsprechend langer **"Abstandhalter" zwischen Kamera und Mikroskop**. Hier kommen üblicherweise sogenannte **"Ofenrohradapter"** zum Einsatz, einfache, am besten von innen reflexmindernd geschwärzte Rohre, die unten mit einem Anschluss zum Fotoausgang des Mikroskops und oben mit einem Anschluss an eine Kamera mit T2-Adapter ausgestattet sind.

2) Liegt ein **endliches** System vor, gibt es nur einen zufriedenstellenden Weg. Es muss auch ein **Okular in das fotografische Abbildungssystem**.

Wird ein Okular im fotografischen Strahlengang verwendet, kann man

a) das **System umfokussieren**, d. h. den Arbeitsabstand des Objektivs verändern, um in vielleicht 125 mm Entfernung vom Okular ein Bild zu erzielen.

Abbildungsfehler sind wie oben schon erläutert die Folge. **Kompensieren kann man diese Fehler durch Anheben des Okulars**. Die Höhe des Anhebens ist abhängig vom eingesetzten Okular.

b) das **Okular durch ein Projektiv des Mikroskopherstellers ersetzen**. Dieses Projektiv bildet das vom Objektiv erzeugte Zwischenbild unter Beibehaltung seiner Lage nicht im Unendlichen, sondern auf dem Bildträger ab (in der Regel in 125 mm Entfernung) bei **gleichzeitiger Kompensation** der vom Objektiv erzeugten Bildfehler.

c) oberhalb des Okulares ein **Kameraobjektiv (Relaisoptik)** verwenden. Bezeichnung: **Afokale Okularprojektion**. Die notwendige **Abbildungsgröße hängt von der Größe des Kamerasensors** ab, denn es soll ja in der Regel das fotografisch festgehalten werden, was auch das Auge sieht. Natürlich mit den Abstrichen, dass ein rundes Okularsehfeld größer ist als das Rechteck, das die Kamera abbildet. In der Regel sind **Kameraobjektive mit 40-60 mm Festbrennweite** im Allgemeinen passend für ein Okular 10 mit der Sehfeldzahl 18. Sehr bewährt haben sich die „dünnen“ Objektive (**Pancakes**), deren Blende in der Nähe der Frontlinse liegt. **Zoomobjektive** können sich u. U. optisch und mechanisch eignen. **Man muss es im Einzelfall testen.**

Zur Ermittlung der notwendigen Relaisoptik-Brennweite

Brennweite = 250 mm/Okularvergrößerung

Okularvergrößerung = 250 mm/Brennweite

APS-C-Diagonale = 26,8 mm

Okular 10x mit Sehfeld 18 und 25 mm Brennweite

Erforderliche Vergrößerung der Relaisoptik $26,8/18 = 1,48$

Brennweite der Relaisoptik $1,48 \times 25\text{mm} = 37\text{mm} = \text{ca. } 40\text{mm}$

Anders:

$40\text{ mm}/25\text{ mm} \times 18\text{ mm} = 28,8\text{ mm}$ Bilddiagonale der Transferoptik und notwendig 26,8 mm

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

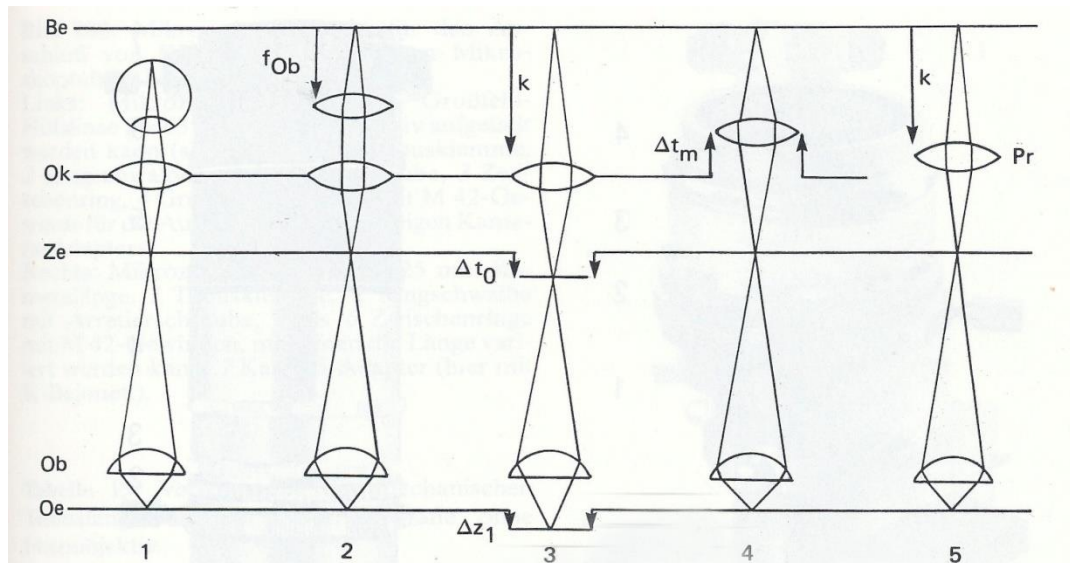


Bild 207: Umstellung des Mikroskops für die Mikrofotografie.

Oe Objektebene, Ob Objektiv, Ze Zwischenbildebene, Ok Okular, Pr Projektiv, Be Bildebene (Bildträger), k Kameralänge, f_{ob} Brennweite des Objektivs.

1 Visuelle Beobachtung.

2 Das reelle Bild wird mit Hilfe eines Foto-Objektivs auf dem Bildträger abgebildet.

3 Das reelle Bild wird mit einem Okular (z. B. über ein Mikroz Zwischenstück) auf den Bildträger projiziert. Dabei wird das Mikroskop umfokussiert.

4 Durch eine Tubusverlängerung wird die Umfokussierung vermieden.

5 Das reelle Bild wird mit einem Projektiv auf dem Bildträger abgebildet. Das Projektiv kann eine negative oder positive Brennweite haben.

Umstellung des Mikroskops für die Mikrofotografie

Gerhard Göke, Moderne Methoden der Lichtmikroskopie, Stuttgart 1988

Tabelle 15: Verlängerung der mechanischen Tubuslänge bei der Mikrofotografie ohne Fotoobjektiv

V_{Okular}	$5\times$ $6,3\times$ $8\times$ $10\times$ $12,5\times$ $16\times$ $20\times$						
t_m in mm	20	12,5	8	5	3	2	1

Gerhard Göke, Moderne Methoden der Lichtmikroskopie, Stuttgart 1988

Die mechanische Anpassung

1. Fotografie des Zwischenbildes

Zum **Fotografieren des Zwischenbildes** reicht ein „**Ofenrohradapter**“, d. h. ein rein mechanisches Bauteil ohne Optik.

Ein **T2-Adapter** (Kamera-Bajonett auf Gewinde M42 x 0,75) oder **M42-Adapter** (Kamera-Bajonett auf Gewinde M42 x 1) schafft die **Verbindung zwischen Kamera und Tubusrohr**.

Der Bildsensor im Kameragehäuse liegt in einem bestimmten Abstand zur Befestigungsfläche des Objektivs. Dieser Abstand ist herstellerspezifisch. Er wird als **Auflagemaß bezeichnet. Tabellen mit den Auflagemaßen verschiedener Kameras findet man Im Internet. Der **T2-Adapter verändert durch unterschiedliche Dicken das kameraspezifische Auflagemaß auf generell 55 mm.** Zur Erläuterung: der T2 Adapter für das Canon EF-Bajonett ist 11 mm dick (das Kameraauflagemaß der Canon-Eos ist 44mm), während der Adapter für die analoge OM 9mm dick ist (das OM-Auflagemaß beträgt 46mm).**

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Archivbild Peter Voigt, Bottrop

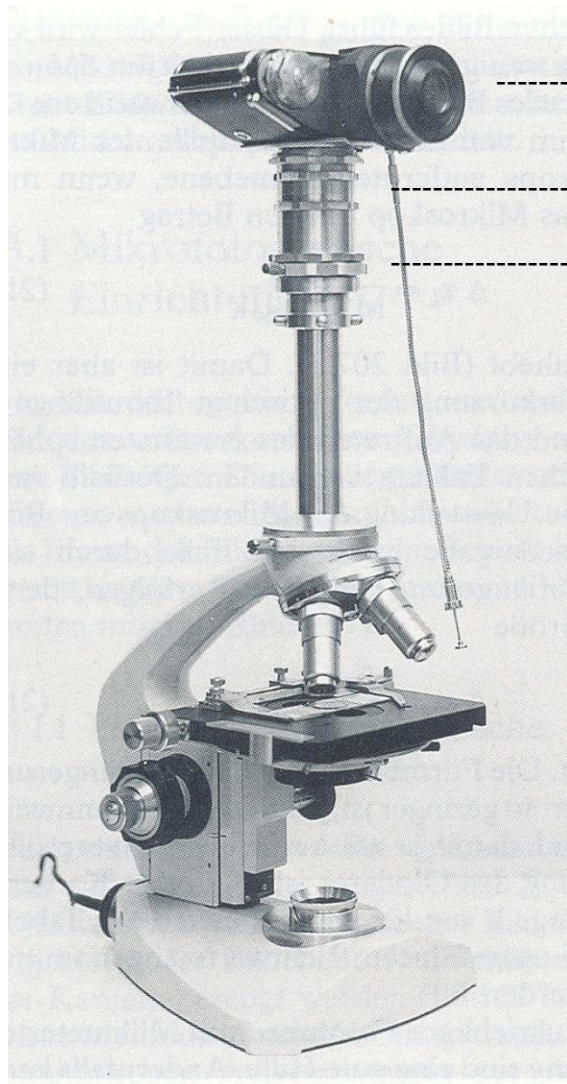
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Archivbild Peter Voigt, Bottrop

Die Fotografie des Okularbildes am Mikroskop

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



-----Kamera mit ca.125 mm Abstand Filmebene zum OKular

-----Tubusklemme

-----Okular entweder leicht angehoben
oder Objektiv defokussiert

Vorteil: preiswert

Nachteil : schwingungsempfindlich

Die einfachste Mikrofotografische Einrichtung

Gerhard Göke, Moderne Methoden der Lichtmikroskopie, Stuttgart 1988

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Mikrofotografische Einrichtung mit Relaisoptik

Bei der Verwendung einer **Relaisoptik** muss ein **Mikrozwischenstück** angefertigt werden. Es verbindet z. B. mit Hilfe des Objektivfiltergewindes das Kameraobjektiv mit dem Mikroskoptubus über eine **Tubusklemme**. Solche Tubusklemmen oder auch Kameraadapter für Mikroskope genannt werden als Mikroskopzubehör angeboten. Ein bisschen Bastelei ist dabei selten zu vermeiden. Es muss eben der obere Teil der Tubusklemme (evtl. ein **T2- oder ein anderes Gewinde**) mit einem Filteraußengewinde passend für das vorgesehene **Kameraobjektiv** verbunden werden.

Die Tubusklemmen- Konstruktion ist in der Regel realisierbar für den **geraden oder schrägen monokularen Tubus**, evtl. für einen **binokularen Tubus** und am besten für einen **trinokularen Tubus**. Bzgl. der käuflichen Tubusklemme kommt dem Bastler sehr entgegen, dass es schon über Jahrzehnte eine **Normierung der Tubusmaße** gibt. Der Durchmesser der **Okulare beträgt 23,2 mm**, manchmal auch 30 mm oder andere Ausnahmen. Damit ist der äußere Tubusdurchmesser ca. 25 bzw. 32 mm. Natürlich gibt es auch andere Schnittstellen, z. B. einen 40 mm Tubus von Zeiss.

Da das Herstellen eines Filtergewindes auf der Drehbank eine recht filigrane Arbeit ist, macht es häufig Sinn, den Gewinding eines Filters oder eines Anpassungsringes aus dem **Fotozubehör** modifiziert zu verwenden.

Für notwendige Klebeverbindungen hat sich **UHU plus endfest 300** sehr bewährt. Blanke Innenseiten an den Bauteilen sollten vermieden werden. Das Einfärben mit **mattschwarzer Dispersionsfarbe** reicht in der Regel.

Die Konstruktion sollte es erlauben, den **Abstand zwischen dem Okular und der Relaisoptik im gewissen Maße variabel** zu gestalten, damit eine optimale Pupillenlage (Entfernung Okular zum Kameraobjektiv) eingestellt werden kann, die entscheidend für die Abbildungsqualität sein kann. Bei der Verwendung eines **trinokularen Tubus** ist es hilfreich, wenn dieser in seiner **Tubuslänge auch anpassbar** ist (auch Optiken haben Fertigungstoleranzen). Damit kann die sogenannte **Parfokalität** sichergestellt werden, d. h. was dann im visuellen Strahlengang scharf gesehen wird, ist auch im fotografischen Strahlengang scharf und beim Objektivwechsel sind nur kleine Fokuskorrekturen notwendig.

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Einstellung des Abstandes Okular und Objektiv

Einstellung der Tubuslänge



Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Ein Grundkörper mit Strahlenteiler und Einstellokular zur Scharfstellung des fotografischen Bildes wird heute durch das Kameradisplay oder den Bildschirm ersetzt.

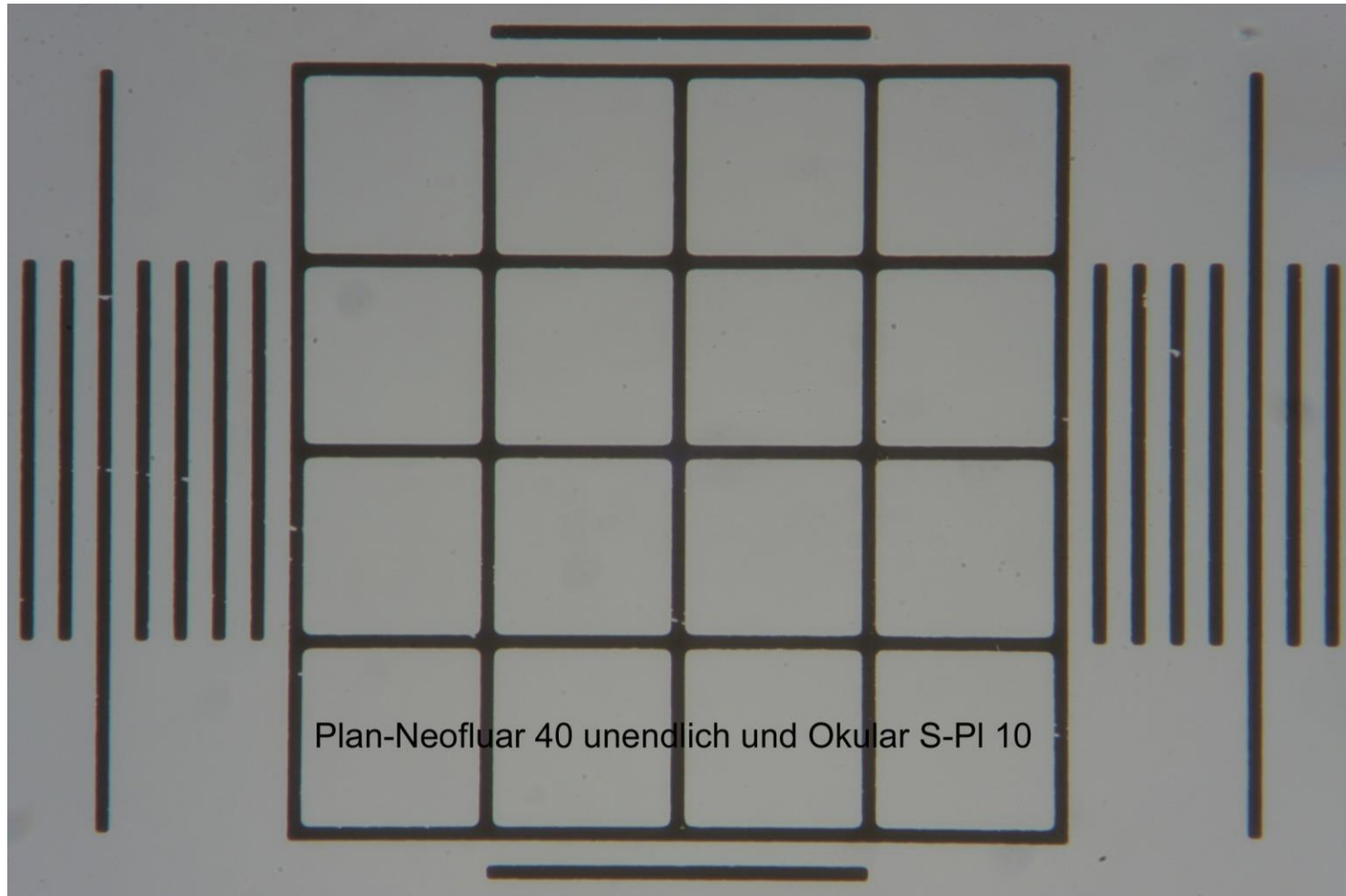
Gerhard Göke, Moderne Methoden der Lichtmikroskopie, Stuttgart 1988

Die Leistungsfähigkeit der Mikrofotografischen Einrichtung ist ausreichend gut mit einem **Objektmikrometer** zu testen. Eine Fotografie eines solchen Objektmikrometers sagt etwas über die Planarität der Abbildung und über chromatische Fehler aus. Dazu vergrößert man mit dem Bildviewer des Computers die Teilstriche der Mitte und der Ränder sehr stark und beurteilt die Schärfe (verwaschene Konturen durch Über- und Unterkorrekturen) und die chromatischen Fehler (blaue und rote Farbsäume) auf Ausgeprägtheit und Gleichmäßigkeit rechts und links.

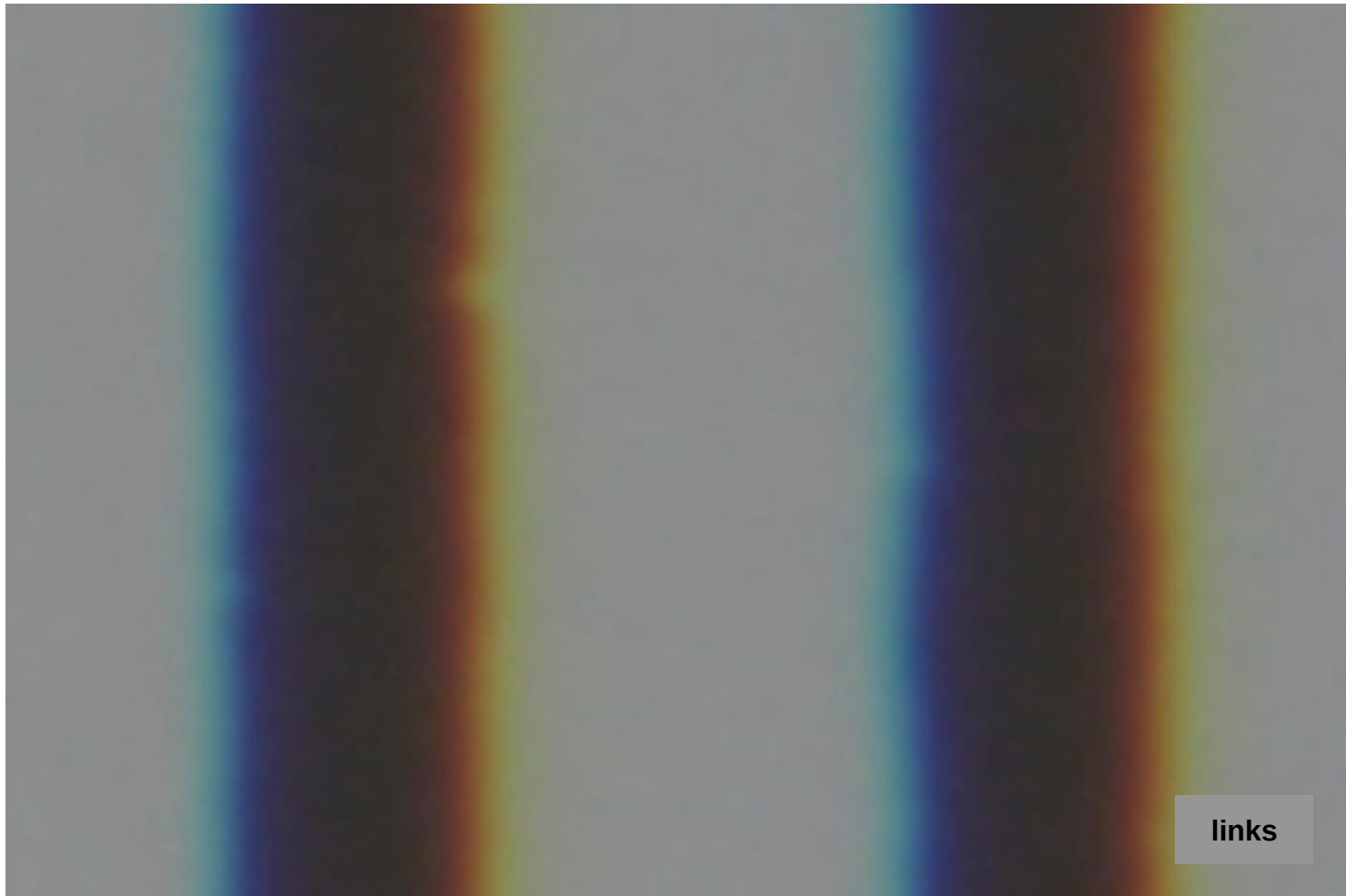
Ein Hinweis für das Anfertigen von Testfotos:

Ein **Mikroskop-Kamera-System ist ein recht labiles Konstrukt** und neigt zu Schwingungen, die durch externe Faktoren (z. B. Vorbeifahrt eines Lastwagens) oder interne Faktoren (z. B. Kameraverschluss, Spiegelschlag) ausgelöst werden. **Das Einhalten längerer Belichtungszeiten (größer 2 sec) vermeidet Verwacklungen durch die Verschlussabläufe und den möglichen Spiegelschlag.** Damit hat man eine Quelle, die zur Fehlinterpretation der fotografischen Ergebnisse führen kann, schon eliminiert.

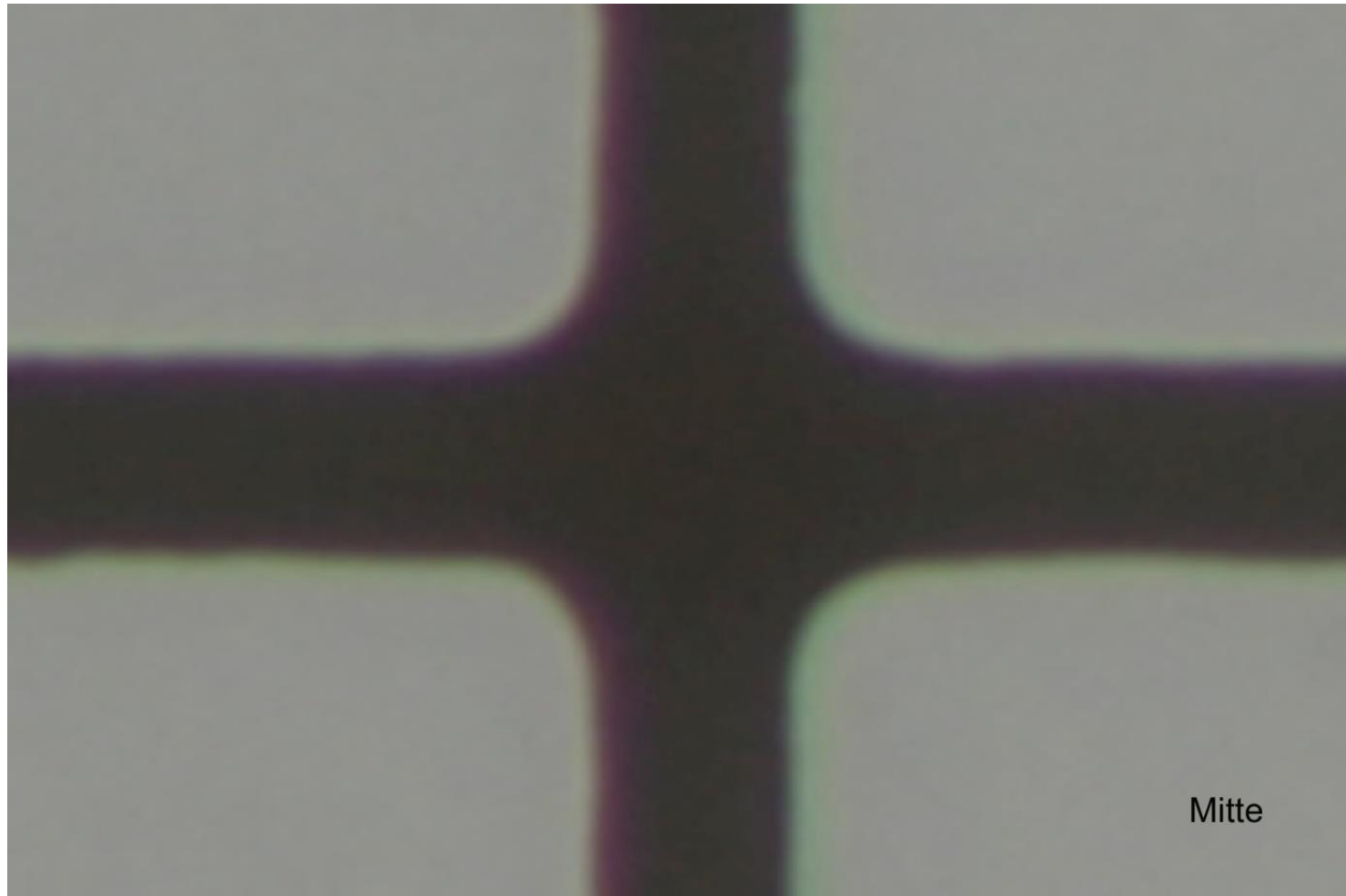
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



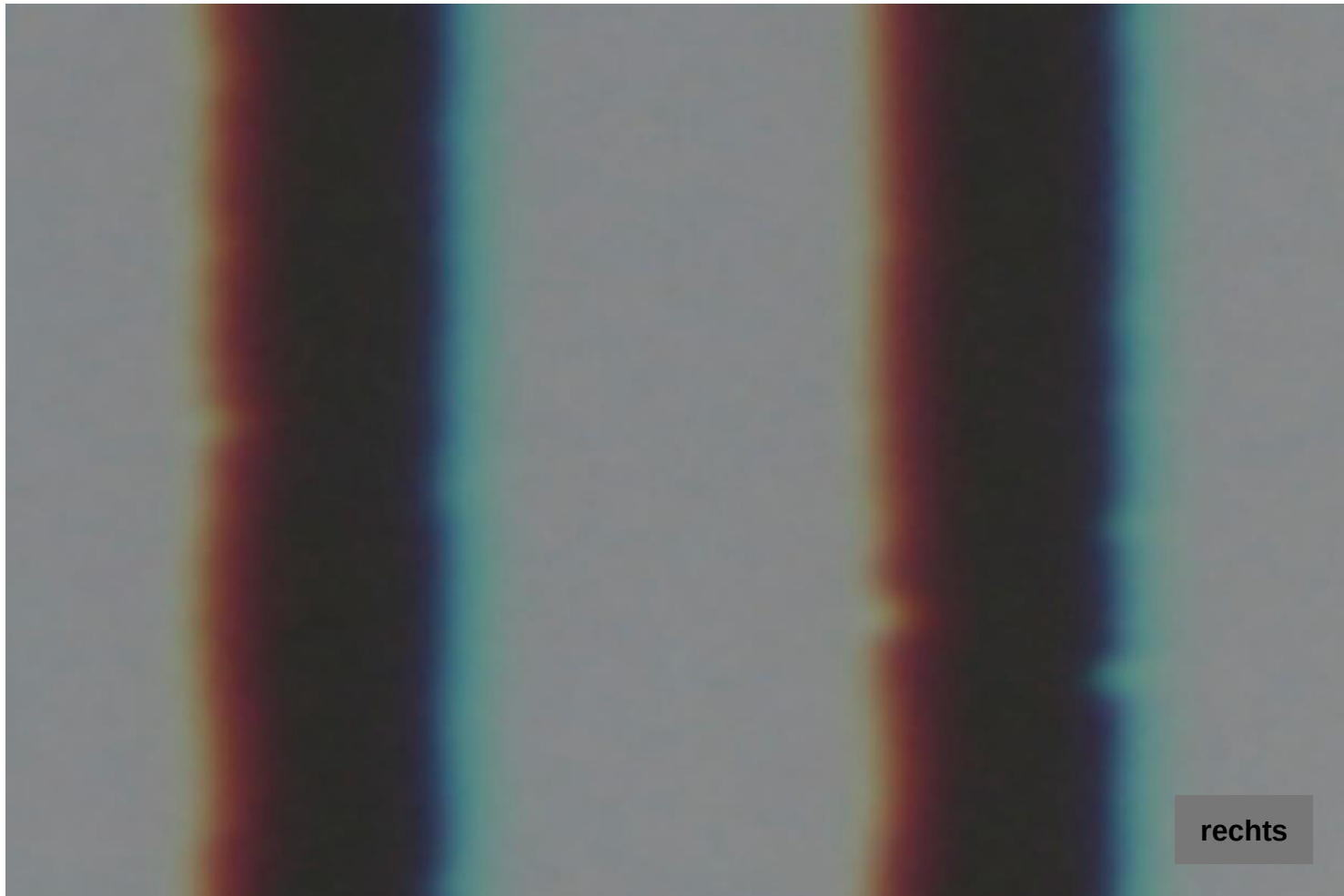
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



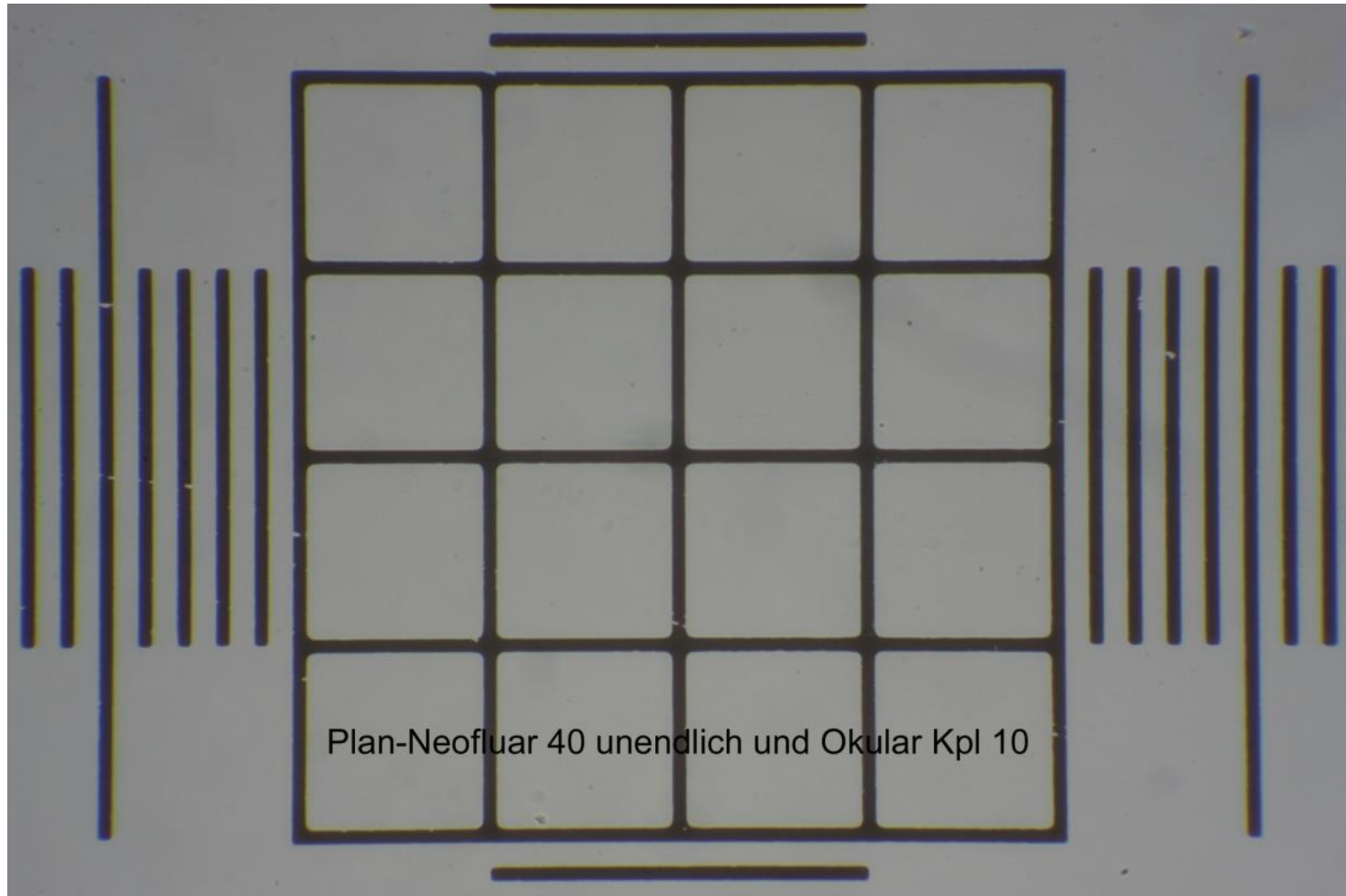
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



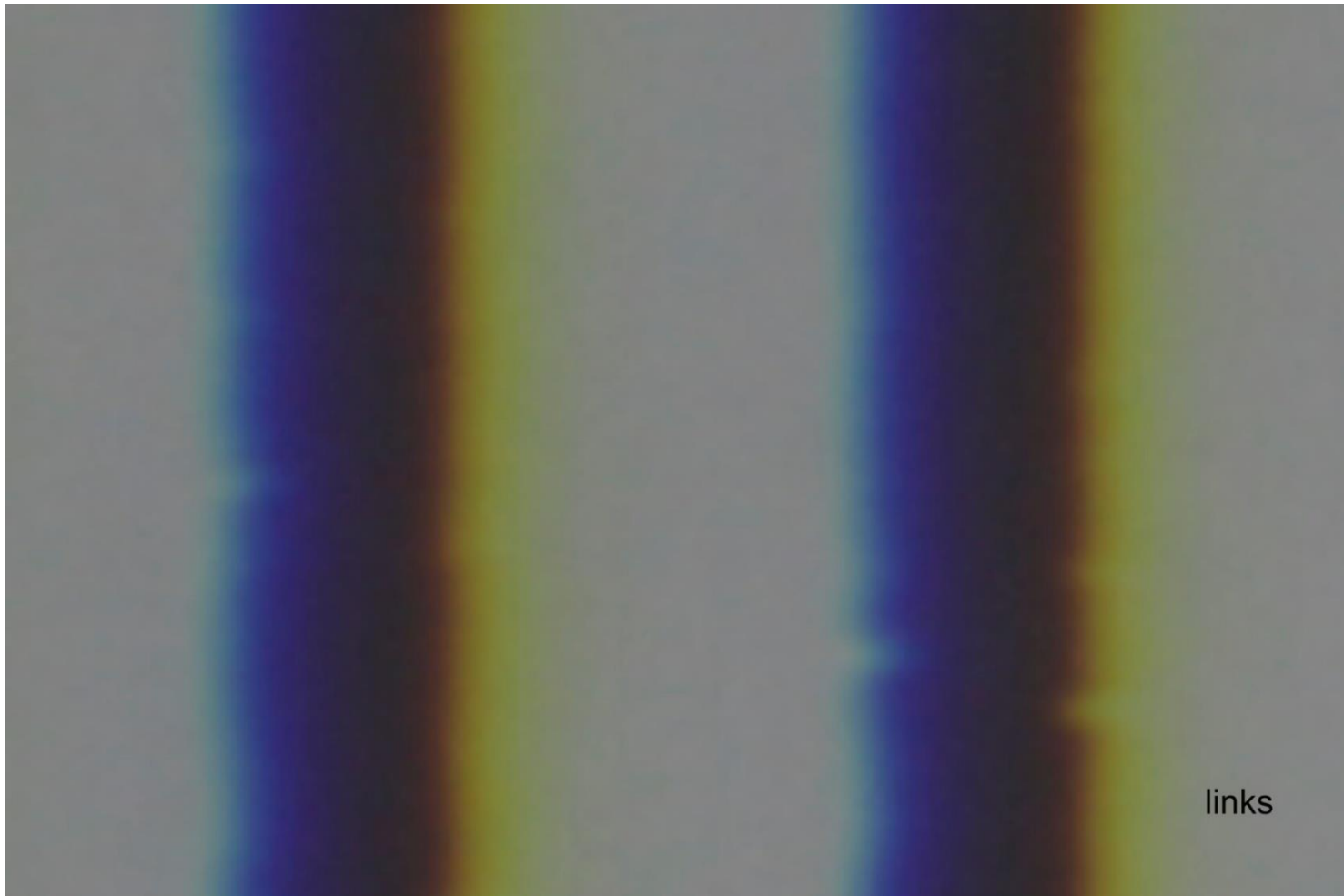
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



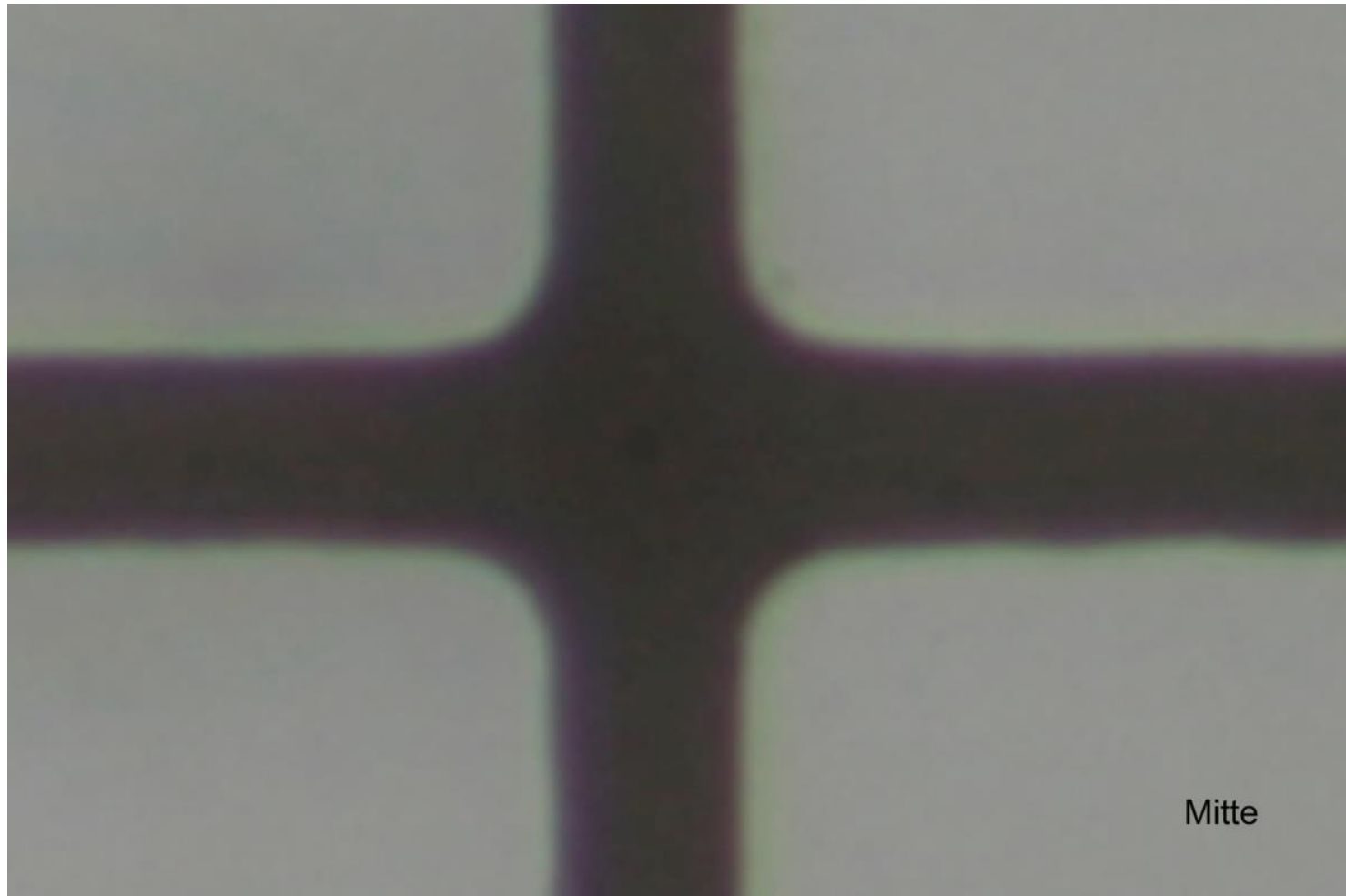
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



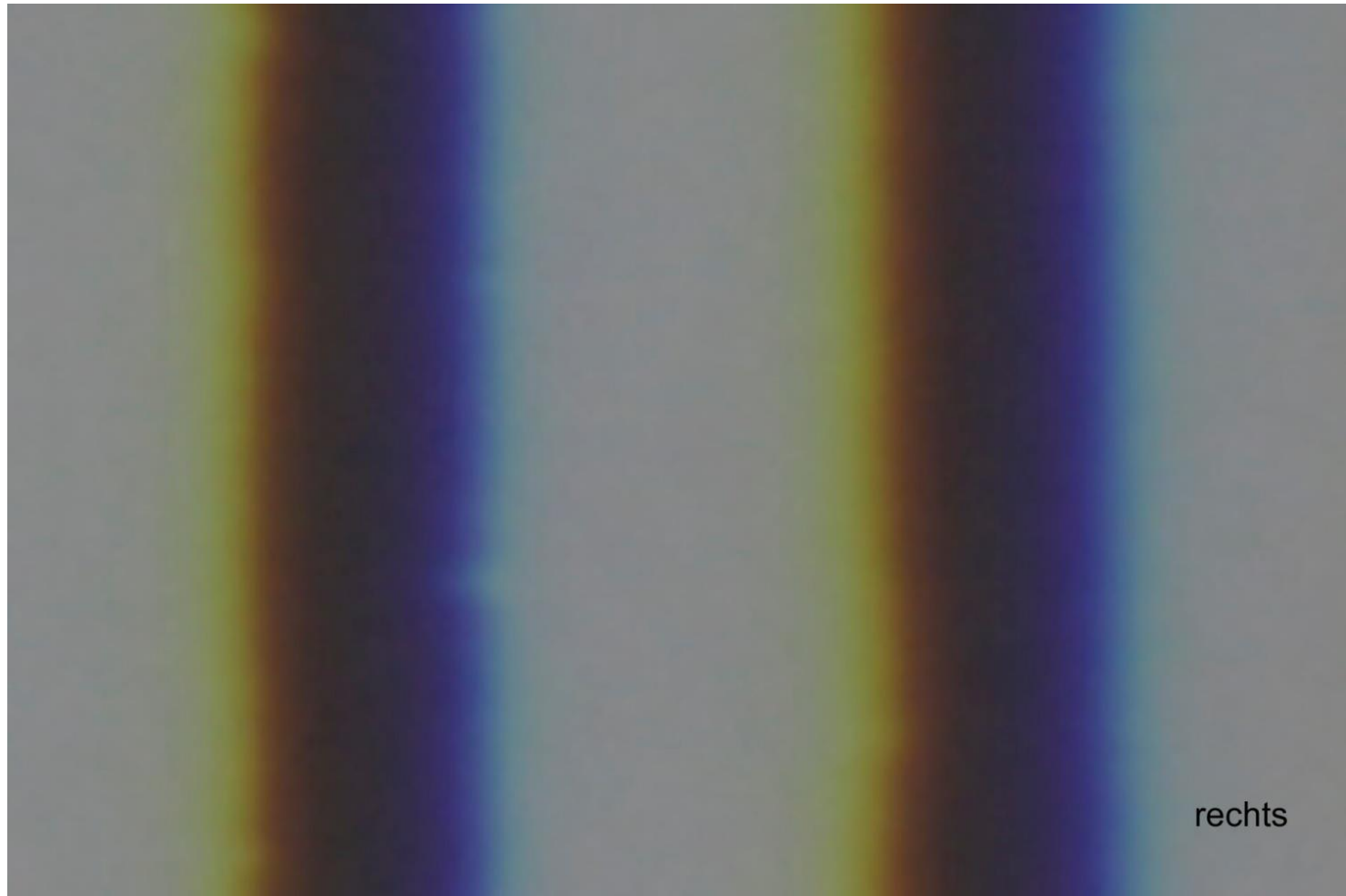
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



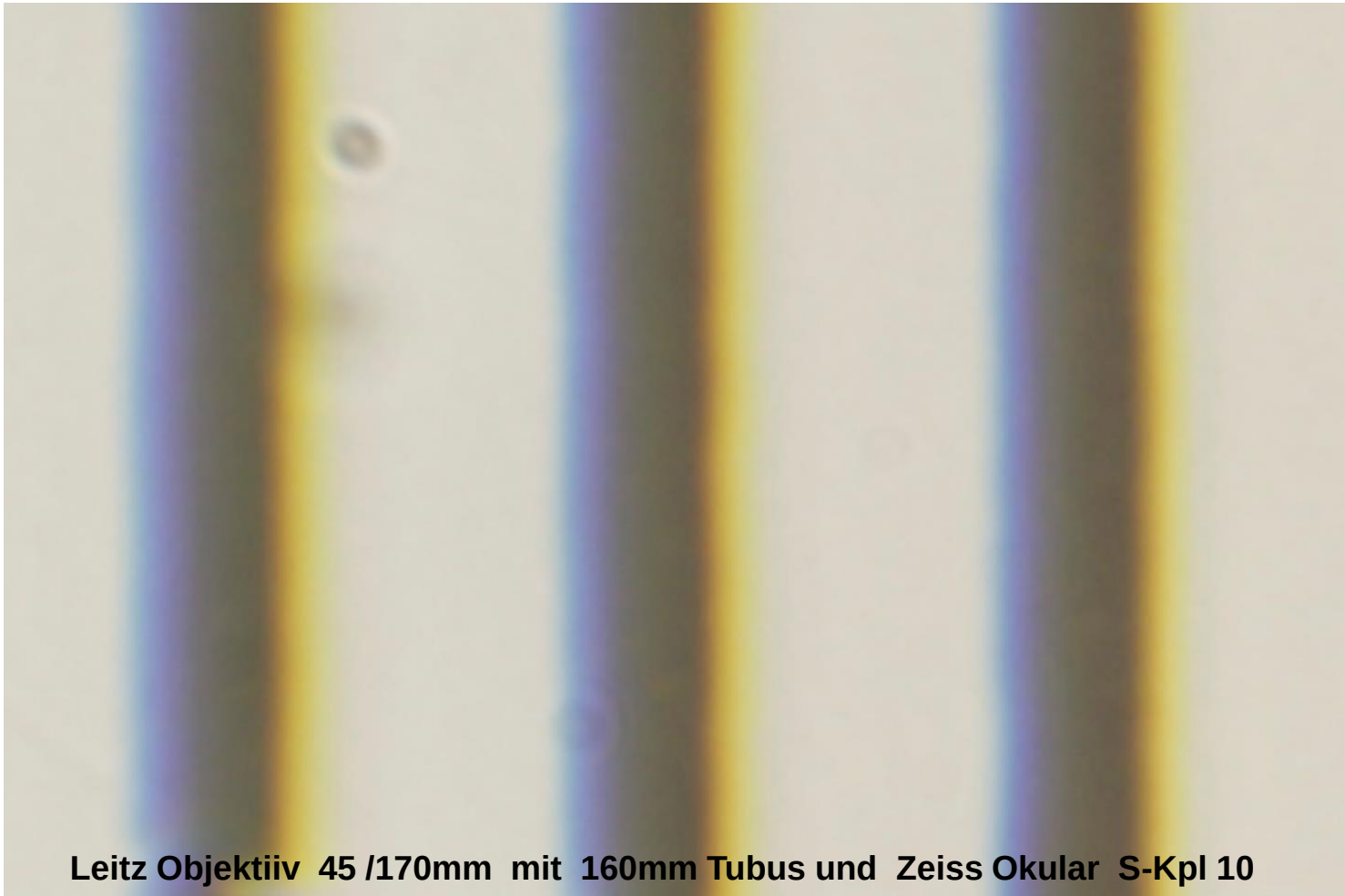
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



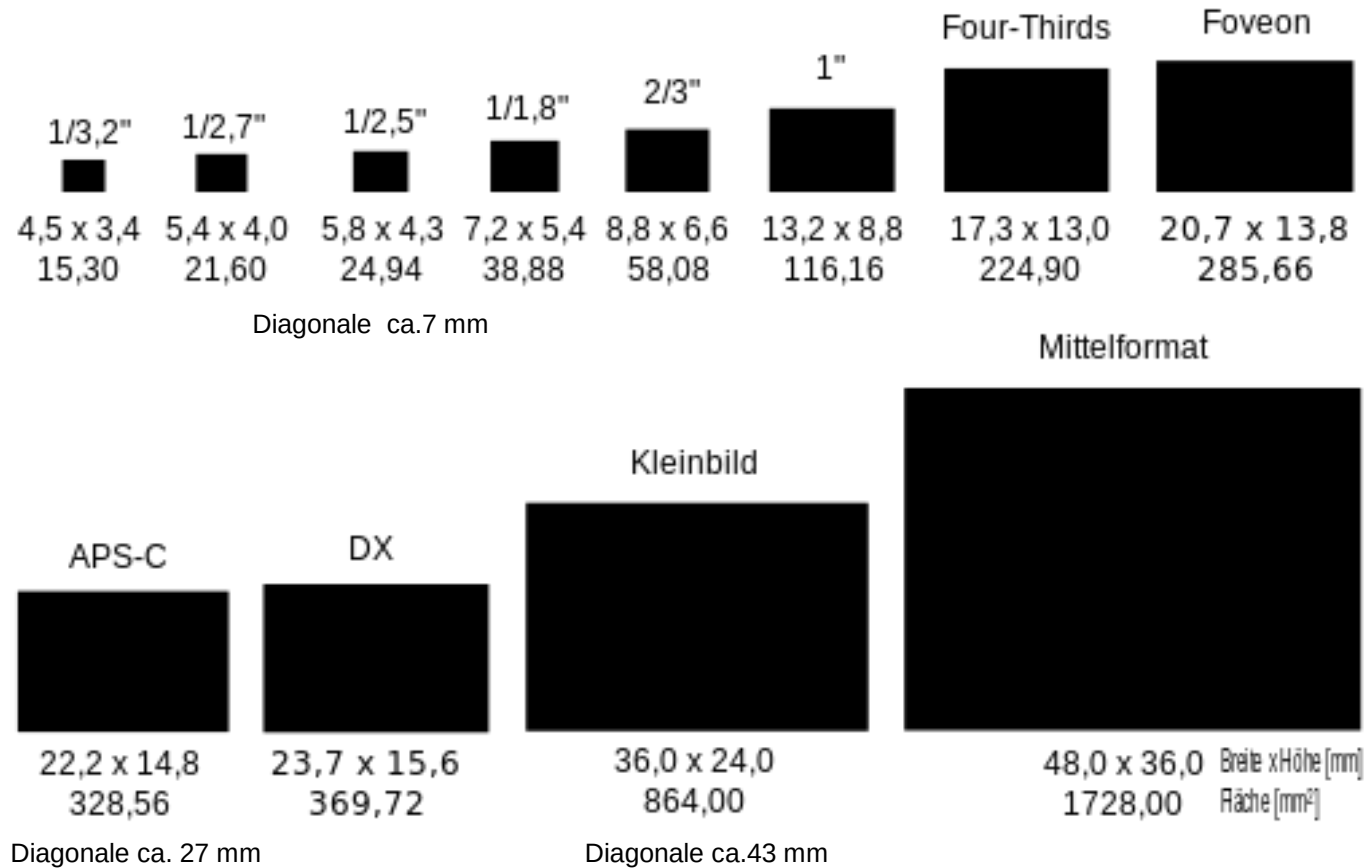
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Leitz Objektiv 45 /170mm mit 160mm Tubus und Zeiss Okular S-Kpl 10

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Gängige Formate von Kamerasensoren



Quelle, Wikipedia

Kompaktkameras

Quelle, Wikipedia

Auch digitale Sucherkameras eignen sich grundsätzlich für die Mikrofotografie. Hier lassen sich aber aufgrund der Angebotsvielfalt nur einige Dinge erwähnen. Generell gilt, dass Kameras mit **geringem Zoomfaktor** aufgrund des Objektivaufbaus geeigneter sind. Die mechanische Kopplung an den Tubus oberhalb des Okulars oder in Höhe des Zwischenbildes ist u.U. nicht ganz einfach.

Häufig fehlt das Filtergewinde und in der Regel **bewegt sich das Objektiv** beim Einstellen der Brennweite und beim Fokussieren, sodass eine Befestigung der Kamera am Objektiv nicht funktioniert. Eine Verbindungsmöglichkeit zum Gehäuse, die einige Kameras vorsehen, ist hier hilfreich.

Es sei erwähnt, dass es evtl.einer manuellen **Entfernungseinstellung auf Unendlich** bedarf, da das Okular ein Bild im Unendlichen entwirft (s. oben). Der Autofocus könnte überfordert sein.

Ein Test auf Verwendbarkeit solcher Kompaktkameras am Mikroskop ist vor dem Kauf angeraten.

Videokameras

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Die Adaption von **Videokameras** stellt eine weitere Herausforderung dar. Der **Bildsensor ist sehr klein** gegenüber dem Sensor in den sogenannten digitalen Spiegelreflexkameras. Damit ist der **Bildausschnitt aus dem Zwischenbild oder dem Okularsehfeld sehr klein**. Die namhaften Mikroskophersteller bieten für ihre aktuellen Modelle entsprechende verkleinernde Optiken an, die dann allerdings ihren Preis haben. Auf der Homepage von Peter Höbel wird eine Lösung vorgestellt, mit einer **verkleinernden Optik** sehr zufriedenstellende Bildausschnitte zu erzielen. Viele **DLSR-Kameras** (also digitale Spiegelreflexkameras) lassen aber auch **Videoaufnahmen** zu und haben einen größeren Bildsensor. Insoweit gelten dann die oben genannten Adaptioneregeln.

Der Einsatz eines umgekehrten Plössl-Okulars (ein gut korrigiertes Objektiv für kleine Bildgrößen)

Rechnung dazu:

Okular 10x/18 $f = 25 \text{ mm}$

Plössl-Okular $f = 12,5 \text{ mm}$

ergibt Adapter mit Faktor 0,5

Kamerasensor 1/2,5" mit Bilddiagonale 7,1 mm

Sehfeld Okular $10 / 18 \text{ mm} \times \text{Faktor } 0,5 = 9 \text{ mm}$

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption



Adaption einer Videokamera

Okularkameras

Okularkameras ersetzen das Okular und haben einen eingebauten Bildsensor, der mit dem Computer verbunden ist.

Solche Okularkameras kompensieren nicht, oder zumindest nicht unbedingt passend zum Objektiv des Mikroskops. Die Okularabgleichlänge ist nicht dokumentiert. Diese muss empirisch ermittelt werden, damit durch Anheben des Okulars die Defokussierung vermieden werden kann. Auf einen ausreichenden Bildausschnitt ist zu achten.

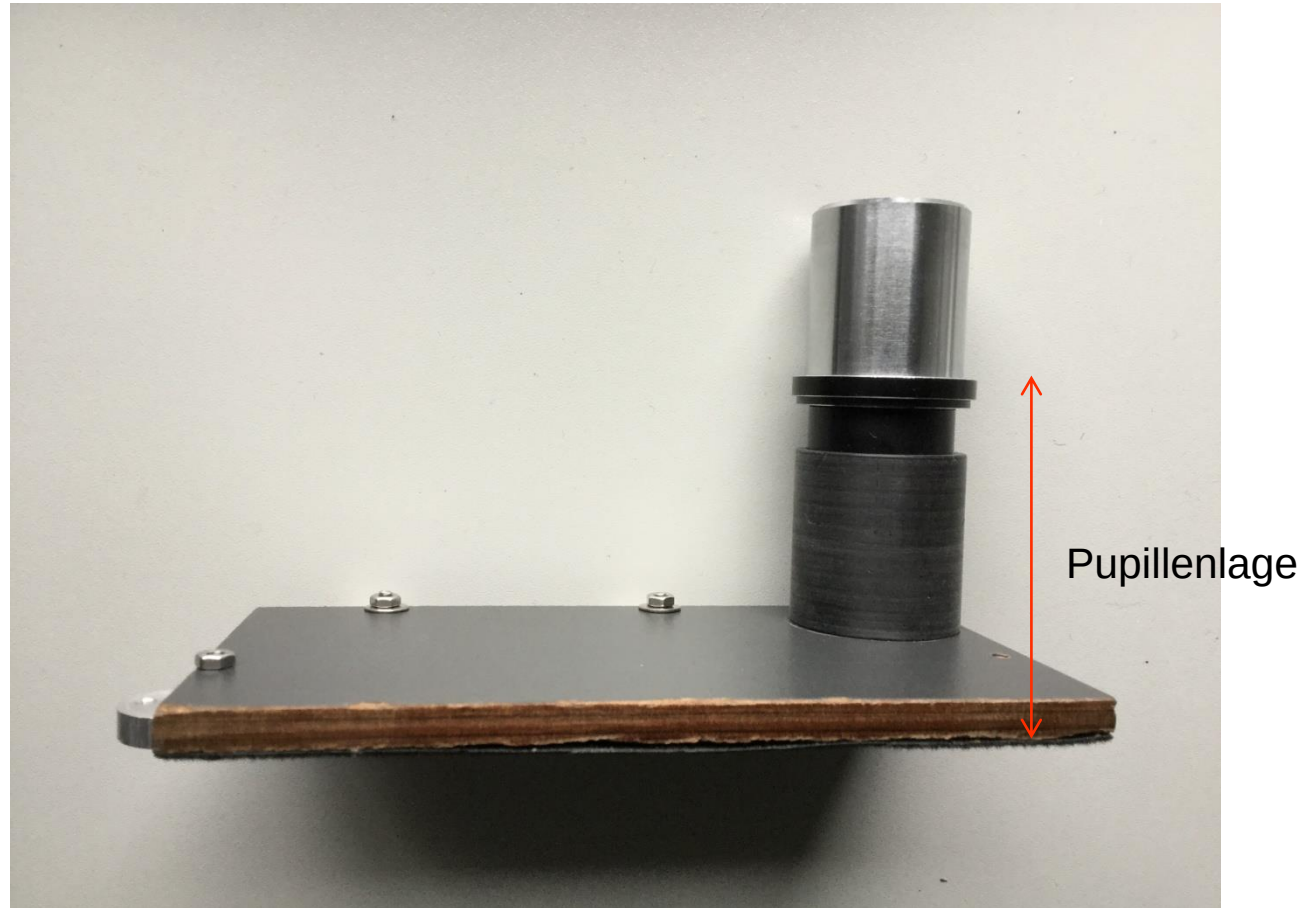
Hier hilft wie bei den Sucherkameras nur der Test vor der Anschaffung.

Adaption für ein Smartphone

Archiv , Bernd Wainzyk, Laatzen

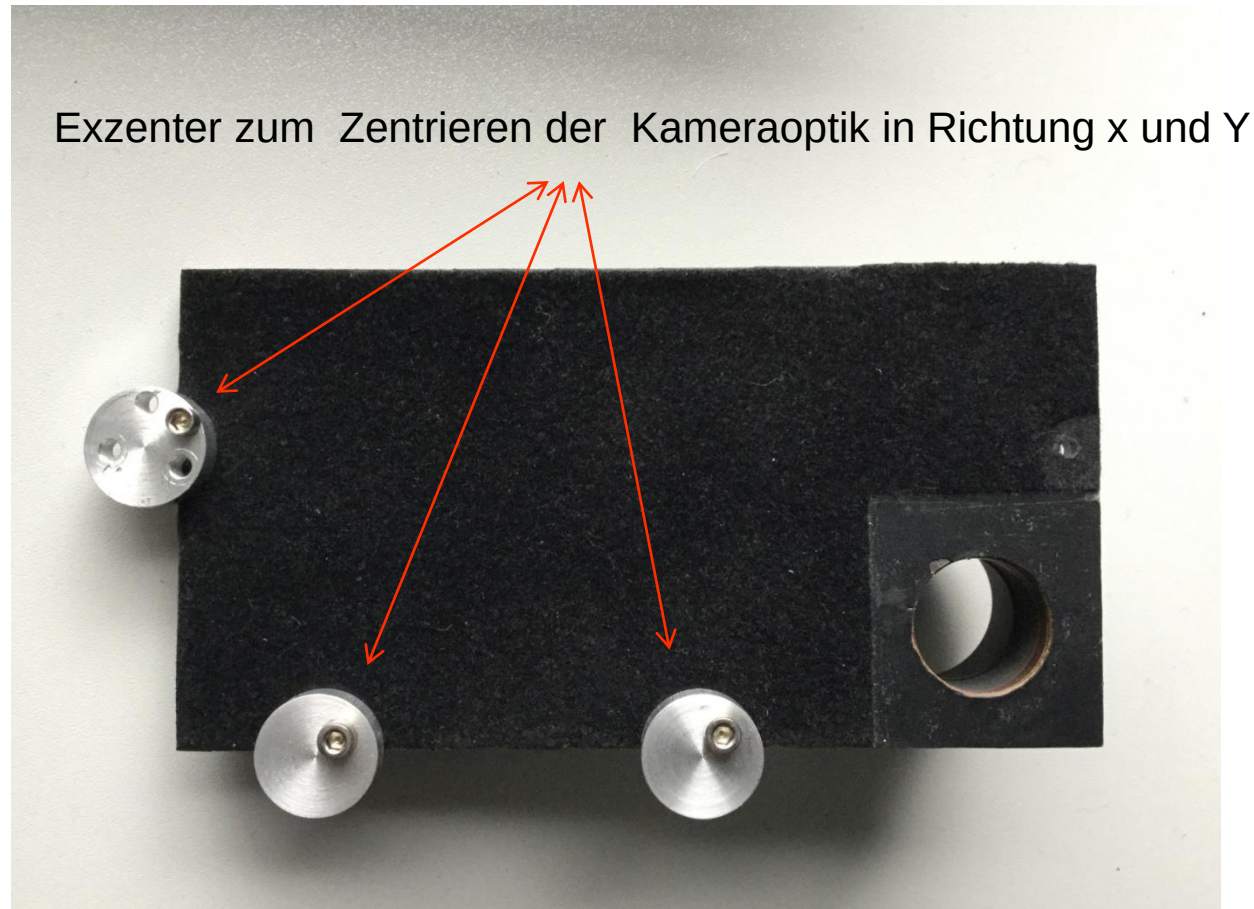
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



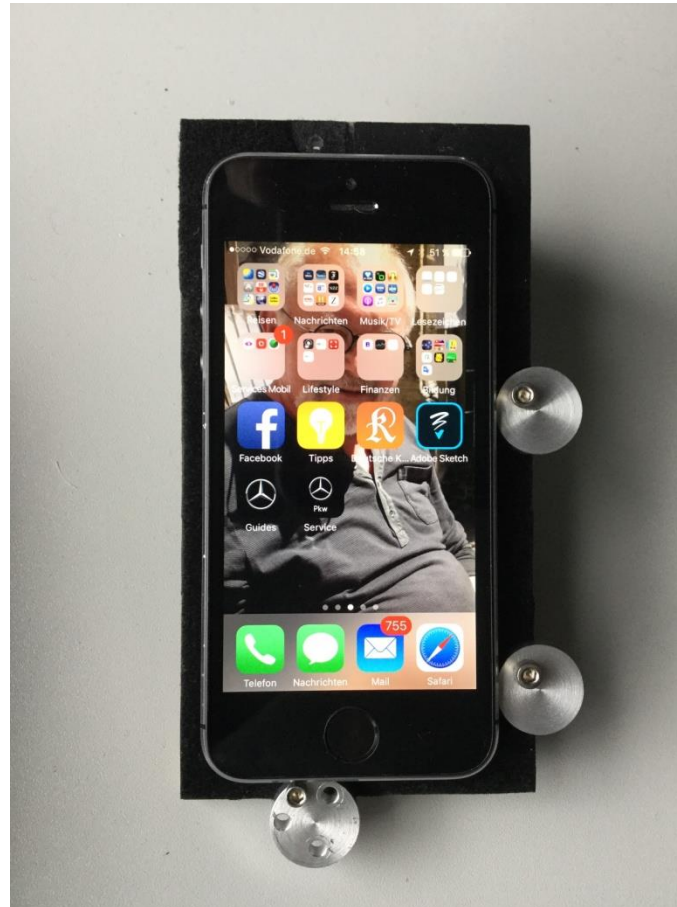
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



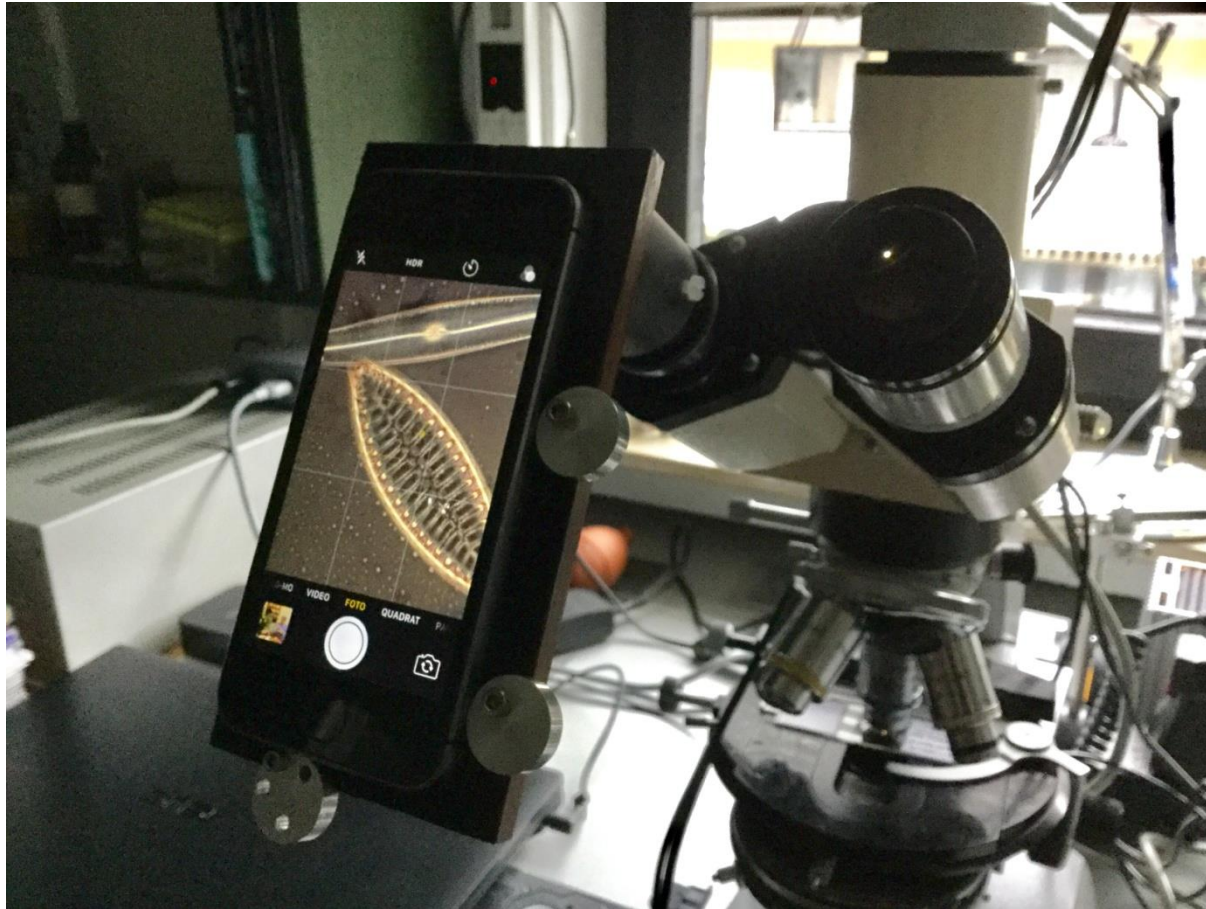
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



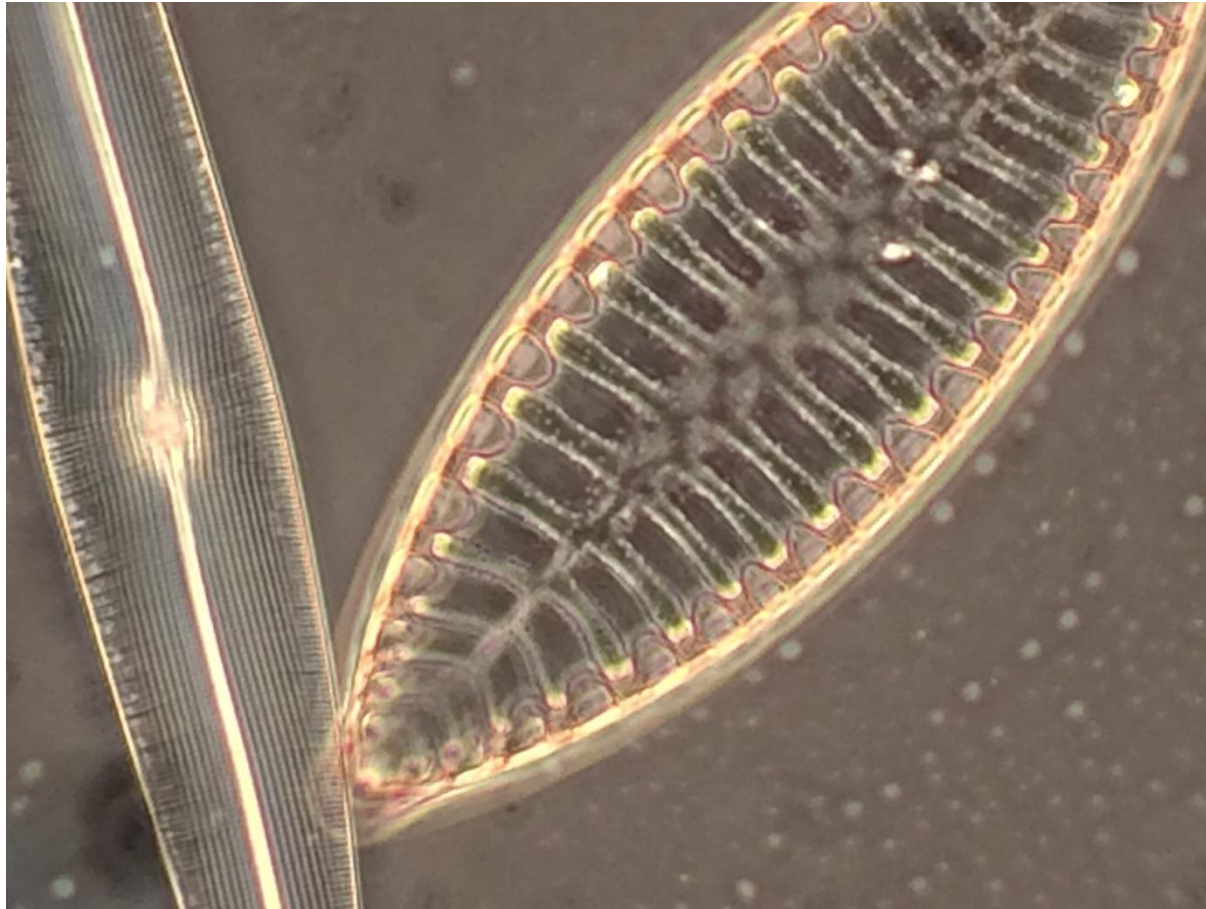
Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Adaption für ein Smartphone



Archiv , Bernd Wainzyk, Laatzen

Die Kamera am Mikroskop – Grundlagen der Adaption

Wie aus den vorausgegangenen Ausführungen ersichtlich, kommt man oft um ein gewisses **Experimentieren** nicht herum.

Man muss sich einige Fragen beantworten:

Kann ich ein Bild auf dem Kamerasensor erhalten, ohne das Mikroskop zu defokussieren?

Ist der Bildausschnitt ausreichend?

Ist die Planarität des Bildes hinreichend?

Sind die evtl. auftretenden Farbsaum- und andere Korrektionsfehler vertretbar?

Es gibt dann im Vorfeld sehr viele Möglichkeiten einen improvisierten Aufbau der Foteinrichtung zu realisieren (Tesafilm, Klorollen, Montageband, Hilfsstative etc.).

Nach dieser Testphase geht es an die mechanische Ausführung. Hier kommt es auf die eigenen Fähigkeiten und Möglichkeiten, aber auch manchmal auf die guten Beziehungen zu versierten Helfern an.