

2. Vorlesung Mikroskopische Bildgebung

Wahlpflichtmodul 9522: EI-M im 1. und 3. Fachsemester - WS 2015/2016

Wiederholung von der 1. Vorlesung

Website

website

website // Last

Web-Server Mikroskopische Bildgebung im WS 2015/16

http://izbifs.izbi.uni-leipzig.de/~braumann/HTWK/Mikroskopische_Bildgebung/

Initialisierung

30. Oktober 2015

Aus 2. Übersicht

Wozu Mikroskope?

Auflösungsvermögen des menschlichen Sehsystems i.W. begrenzt durch

- physische Grenze der Anpassung (Akkommodation) der Augenlinse (bestimmte Gegenstandsweite nicht unterschreitbar)
- Dichte der diskreten Rezeptoren auf der Netzhaut (getrennte Wahrnehmung von Details)

Breite Einsatzgebiete in Biomedizin, klinischer Diagnostik und Materialwissenschaften

Aus 3. Einführung, Grundbegriffe



Lupen-Vergrößerung ↔ Sehwinkel-Vergrößerung

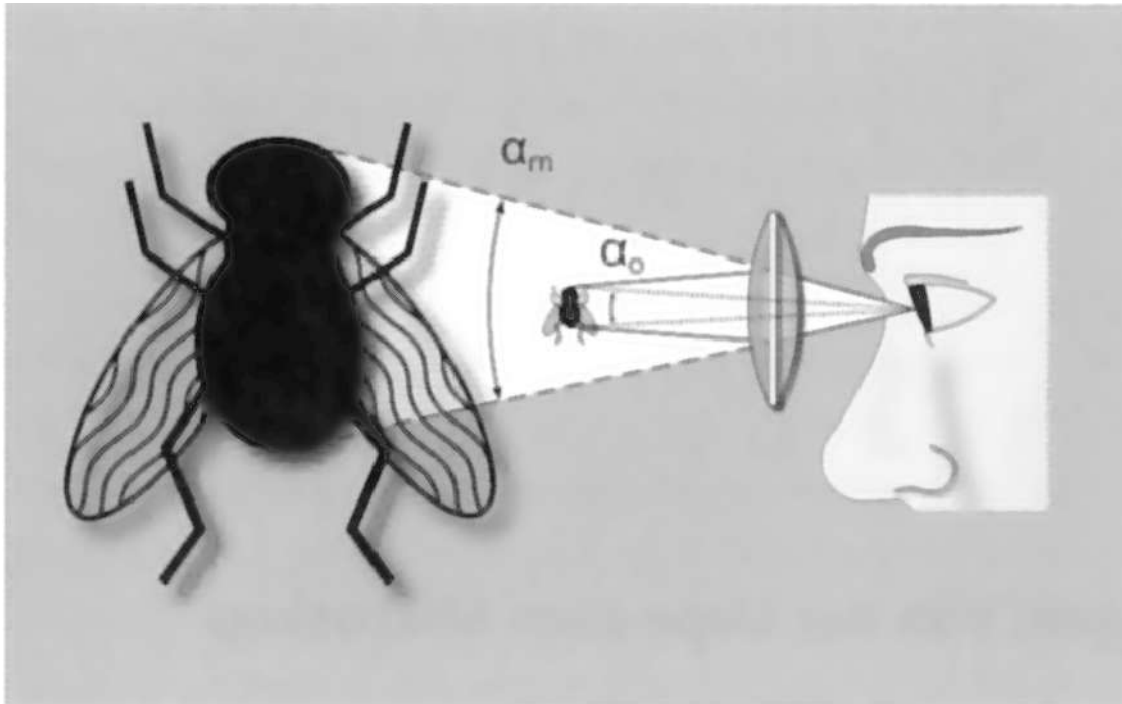
$$M = \frac{\alpha_m}{\alpha_o}$$

Sehwinkelverhältnis mit/ohne Instrument

unter Annahme kleiner Sehwinkel:

$$M = \frac{\tan[\alpha_m]}{\tan[\alpha_o]} = \frac{s_o}{F} \text{ mit } s_o, \text{ Sehweite ohne Instrument; } s_o \text{ mit 250 mm festgelegt}$$

(sog. deutliche Sehweite)



im dargestellten Fall ist das Objekt zwischen Linse und Brennpunkt;
falls das Objekt im Brennpunkt liegen würde, würde es als im Unendlichen liegend wahrgenommen,
so daß sich das Auge unabhängig vom Abstand zur Lupe akkomodieren könnte.

Es gilt :

h_m und h_o als Bildgrößen mit / ohne Instrument

s_m und s_o als Sehweiten (vom Auge zum Bild / Objekt) mit / ohne Instrument

s_i als Abstand zwischen Auge und Instrument

F als Brennweite

$(s_m - s_i)$ als Bildweite

$$M = \frac{\tan[\alpha_m]}{\tan[\alpha_o]} = \frac{h_m}{s_m} \cdot \frac{s_o}{h_o}$$

Das Verhältnis $\frac{h_m}{h_o}$ entspricht dem Verhältnis $\frac{s_m - s_i}{s_o - s_i}$.

Die Abbildungsgleichung für virtuelle Bilder lautet hier: $\frac{1}{F} = \frac{1}{s_o - s_i} + \frac{1}{s_i - s_m}$.

$\frac{h_m}{h_o}$ kann dann ausgedrückt werden als $(s_m - s_i) \cdot \left(\frac{1}{F} + \frac{1}{s_m - s_i} \right) = \frac{s_m - s_i}{F} + 1$

Somit gilt $M = \frac{s_o}{s_m} \cdot \left(\frac{s_m - s_i}{F} + 1 \right)$

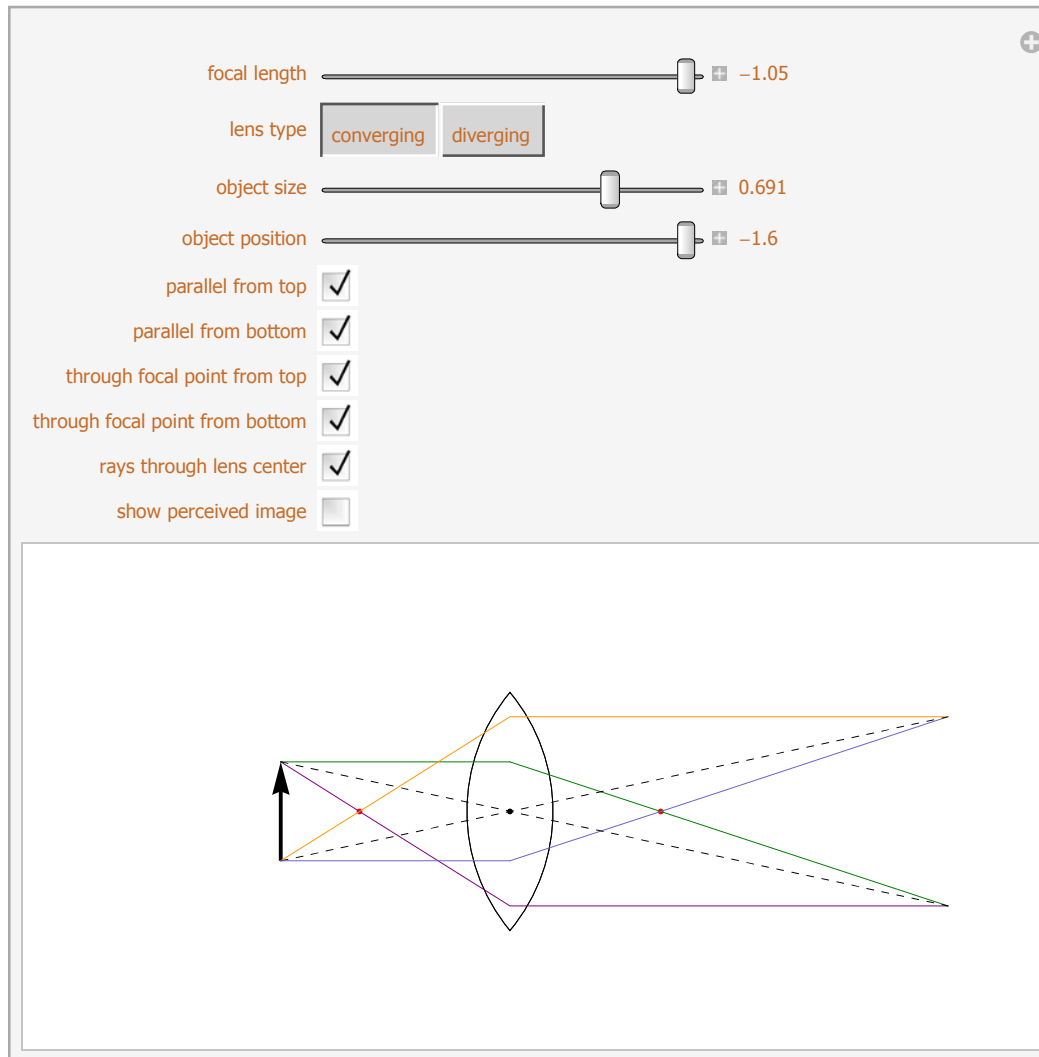
Bei Positionierung des Objekts im Brennpunkt wird $s_m = \infty$, woraus sich ergibt $M = \frac{s_o}{F}$

Probleme von Einlinsensystemen (Lupen) bei großen Vergrößerungen (kleine Krümmungsradien):

u.a. nehmen Kugelgestaltsfehler (sphärische Aberrationen) zum Rand hin zu, d.h. mit wachsendem Achsabstand eines Parallelstrahls kommt es zunehmend zum Verfehlen des Brennpunktes.

Lupe (Sammellinse): Objekt zwischen Brennpunkt und Linse → virtuelles Bild (kann nicht auf Schirm aufgefangen werden)

Hingegen: Objekt hinter Brennpunkt → reelles Bild (kann auf Schirm aufgefangen werden)



Brennweite: F

Gegenstandsweite: G_W

Bildweite: B_W

Gegenstandshöhe: G_H

Bildhöhe: B_H

Abbildungsmaßstab: $A = \frac{B_H}{G_H} = \frac{B_W}{G_W}$

$$\frac{B_H}{G_H} = \frac{B_W - F}{F} = \frac{B_W}{G_W}$$

$$\frac{B_W - F}{F B_W} = \frac{1}{G_W}$$

$$\frac{B_W}{F B_W} - \frac{F}{F B_W} = \frac{1}{G_W}$$

Linsengleichung (Abbildungsgleichung): $\frac{1}{B_W} + \frac{1}{G_W} = \frac{1}{F}$

⇒ **Mehrlinsensysteme!**

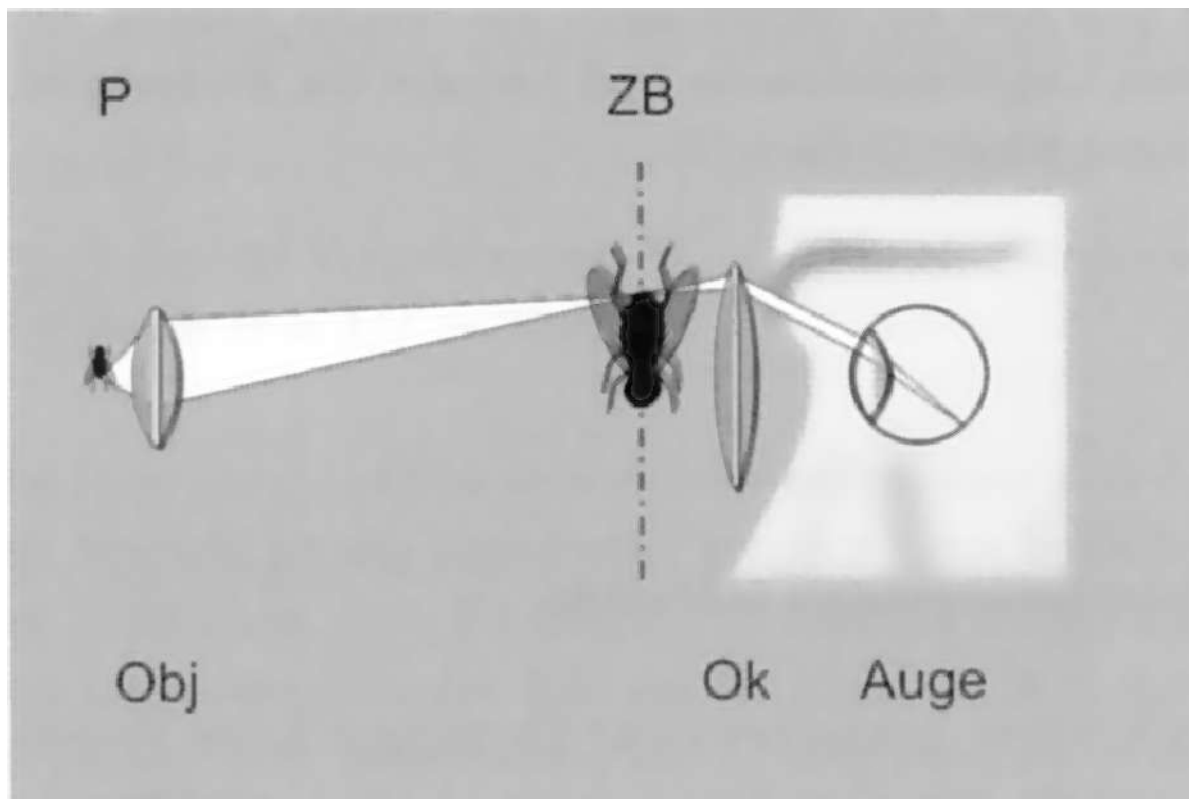
Gesamtvergrößerung als Zusammensetzung der Vergrößerungen bzw. Abbildungsmaßstäbe ihrer Komponenten

Einfachster Fall mit zwei Komponenten: Objektiv und Okular

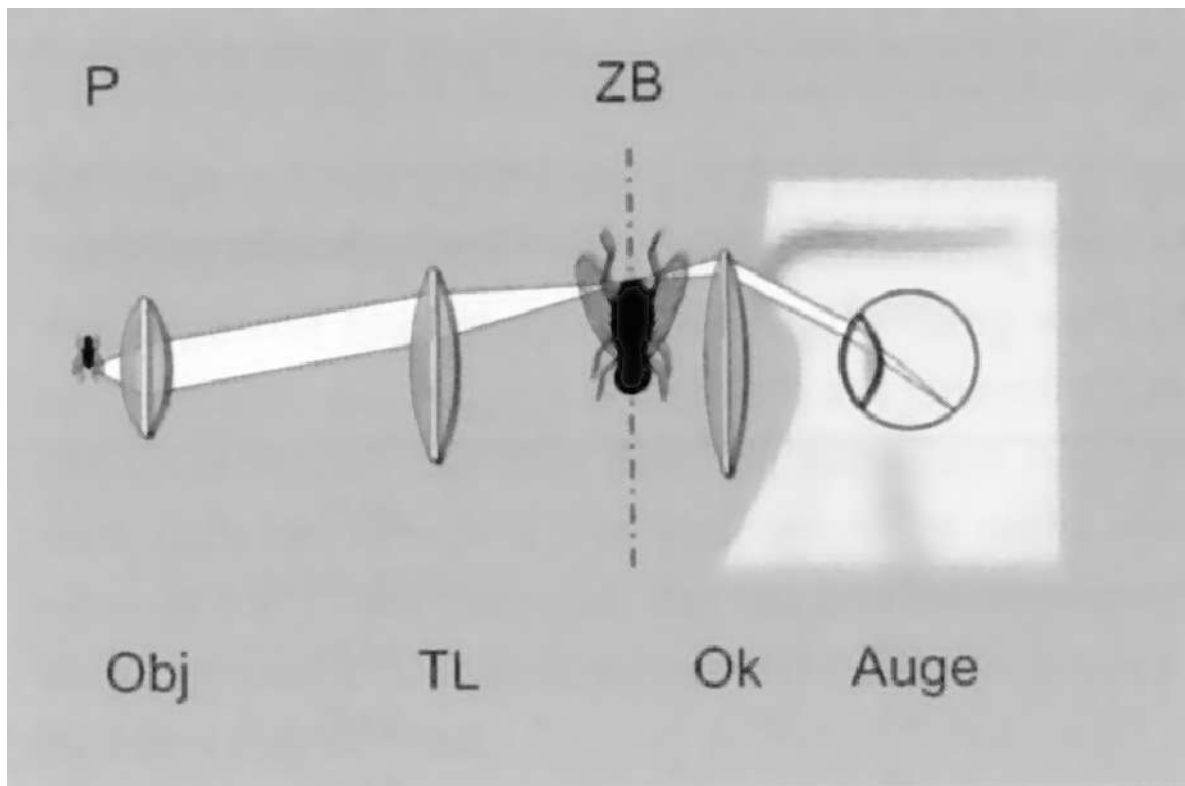
Objektiv: nimmt von Präparat kommendes Licht auf, entwirft ein umgekehrtes, reelles Zwischenbild. Abbildungsmaßstab z.B. $A = 40$.

Okular: setzt optische Abbildung fort, vergrößert das Zwischenbild (z.B. mit $M = 10$)

Gesamtvergrößerung: $M_{\text{ges}} = 400$



**Weitere Komponente im Strahlengang: Tubuslinse
(Unendlichoptik)**



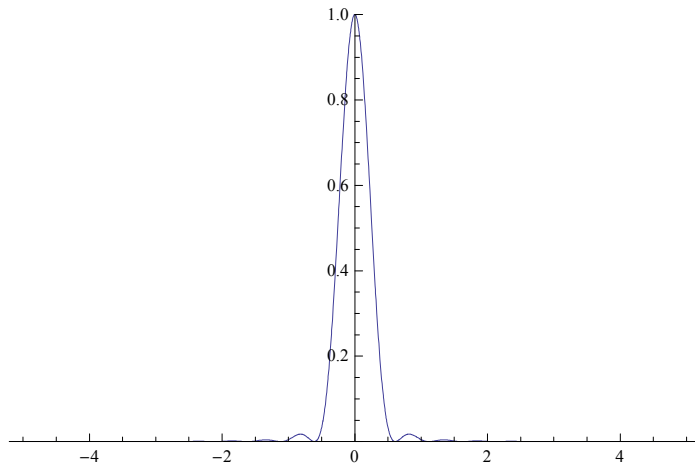
- Objektiv entwirft hier Zwischenbild im Unendlichen (also kein reelles Bild)
- Tubuslinse überführt Zwischenbild wieder in eine Ebene, in der es mit dem Okular betrachtet werden kann
- Für Objektiv und Tubuslinse wird ein Vergrößerungsfaktor angegeben, der sich aus Brennweitenverhältnis TL/Obj ergibt
- Tubuslinse kann Farbabbildungsfehler von Objektiven kompensieren
- weitere Vorteile ergeben sich, wenn Komponenten zum Ein- und Auskoppeln placiert werden sollen

Grenzen der Vergrößerung - Auflösung

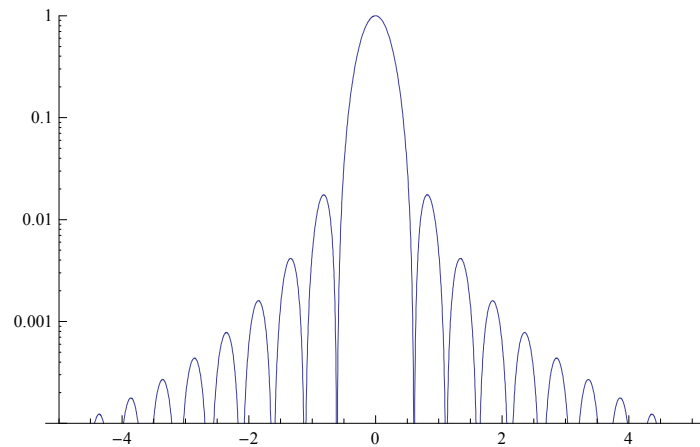
- Gesamtvergrößerung ist kein geeignetes Maß zur Beschreibung des Bildergebnisses
- Bilddetails werden nicht ohne weiteres zahlreicher
- charakteristische Beugungsmuster (Airy-Scheibchen) durch Objektivapertur

- die Lichtintensität folgt einer Besselfunktion erster Gattung erster Art

```
Plot[(BesselJ[1, 2 π x] / (π x))^2, {x, -5, 5}, PlotRange → {Full, {0, 1}}]
```

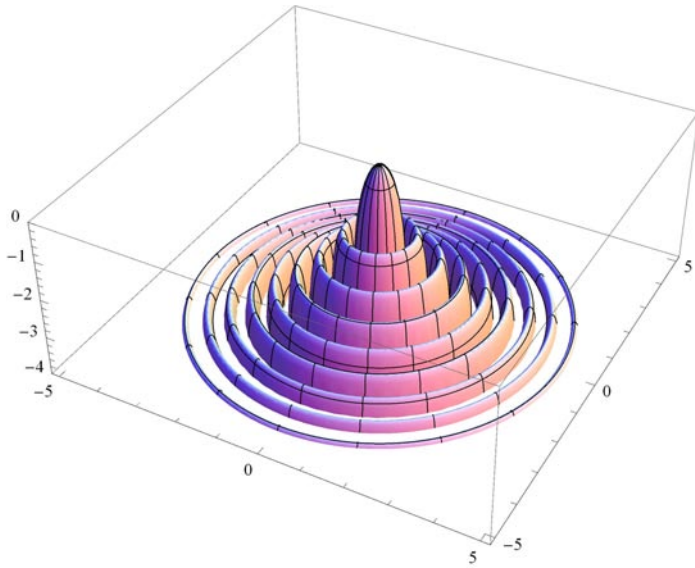


```
LogPlot[(BesselJ[1, 2 π x] / (π x))^2, {x, -5, 5}, PlotRange → {Full, {0.0001, 1}}]
```

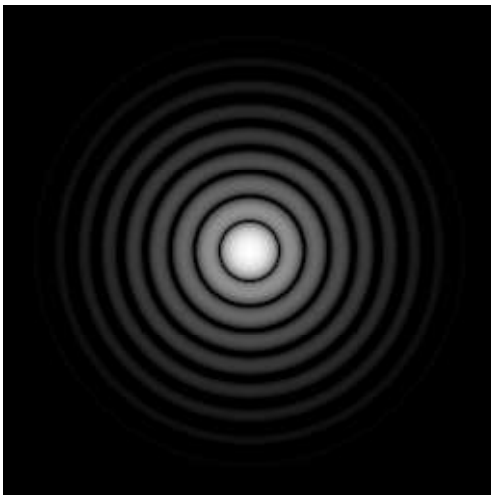


```
Union@ReplaceAll[r, NSolve[{(BesselJ[1, 2 π r] / (π r))^2 == 0, 0 < r < 5}, r]]
{0.609835, 1.11657, 1.61916, 2.12053, 2.62138, 3.12196, 3.62238, 4.1227, 4.62295}
```

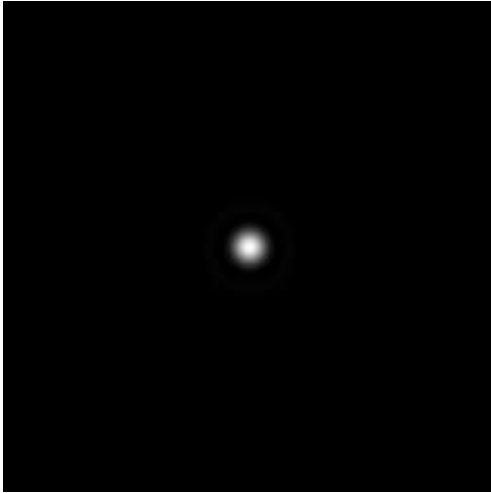
```
ParametricPlot3D[{r Cos[t], r Sin[t], Log[10, (BesselJ[1, 2 π r] / (π r))^2]},
{t, 0, 2 Pi}, {r, 0, 5}, PlotRange → {Full, Full, {-4, 0}}, PlotPoints → 50]
```

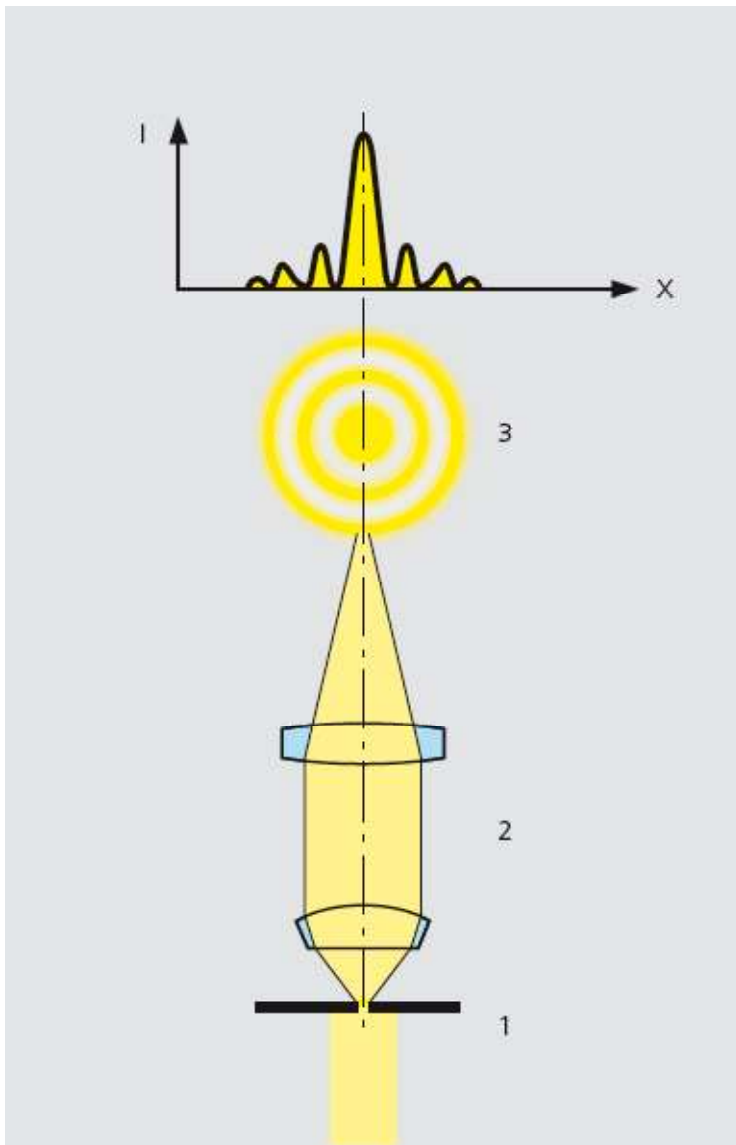


```
ImageAdjust[
Image@ParallelTable[Function[{x, y}, Log[10, (BesselJ[1, 2 π √x^2 + y^2] / (π √x^2 + y^2))^2]][x, y], {x, -5, 5, 10 / 255}, {y, -5, 5, 10 / 255}],
{0, 0, 1}, {-4, 0}]
```



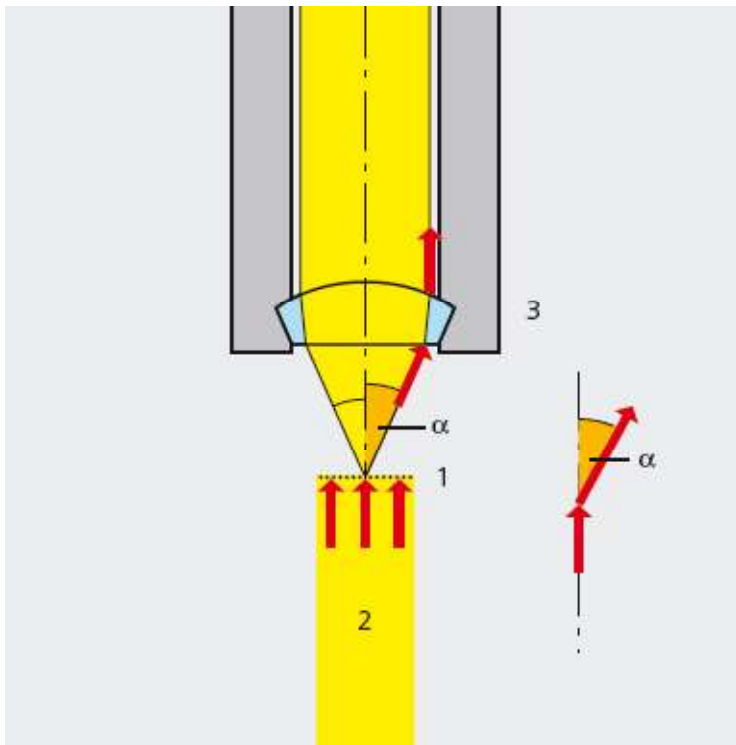
```
ImageAdjust[Image@ParallelTable[Function[{x, y}, (BesselJ[1, 2  $\pi$   $\sqrt{x^2 + y^2}$ ] / ( $\pi \sqrt{x^2 + y^2}$ ))^2][x, y], {x, -5, 5, 10 / 255}, {y, -5, 5, 10 / 255}]]
```





- wesentliche Einflußgröße zur Kennzeichnung der Detailübetragung eines optisches Systems: N.A.

Numerische Apertur (N.A.) und laterales Auflösungsvermögen



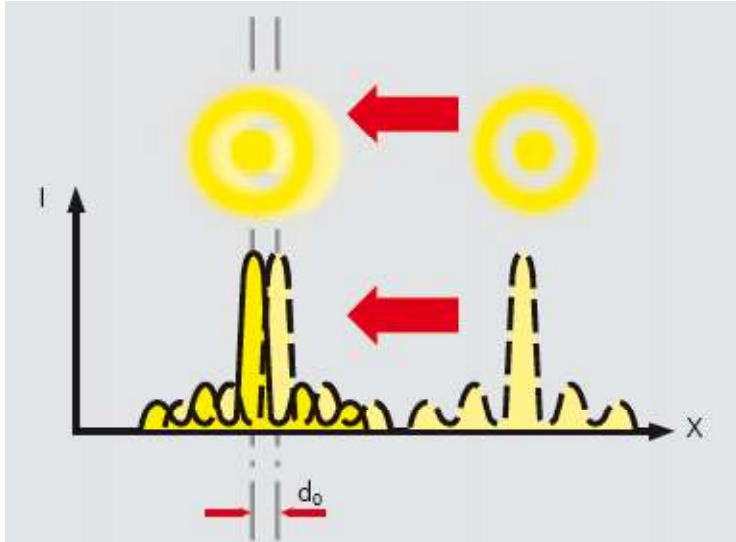
- an kleinen Objekten (1) wird das einfallende Licht (2) davon aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt (gebeugt)
- Ablenkung umso stärker, je kleiner diese werden.
- Um von kleinen Strukturen scharfe Bilder zu bekommen, muß das Objektiv (3) im Mikroskop möglichst viel von diesem gebeugten Licht "einsammeln".
- Dies geht besonders gut, wenn das Objektiv einen großen Raumwinkel überblickt.
- Der Begriff "Apertur" (Öffnung) beschreibt diese Eigenschaft.
- Damit zwei Objektive verglichen werden können, wurde die "Numerische Apertur" definiert, ein Maß für den Raumwinkel:

$$N.A. = n \cdot \sin[\alpha]$$

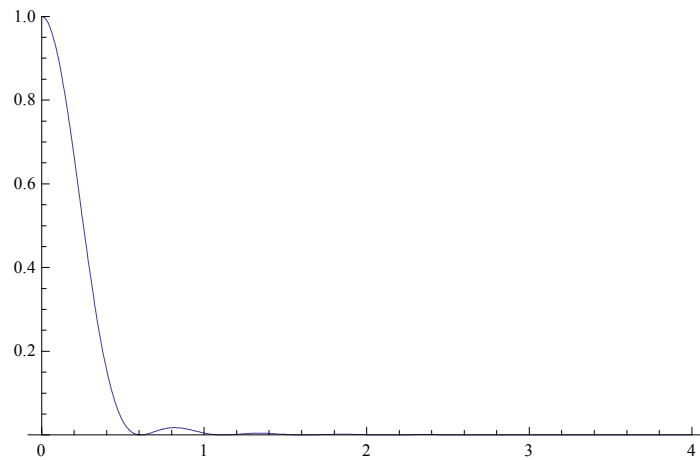
α ist der halbe Öffnungswinkel des Objektivs

n ist der Brechungsindex des zwischen Objektiv und Objekt verwendeten Immersionsmediums
(Luft: $n=1$; Öl/Glas (zueinander angepaßt): $n=1,51$)

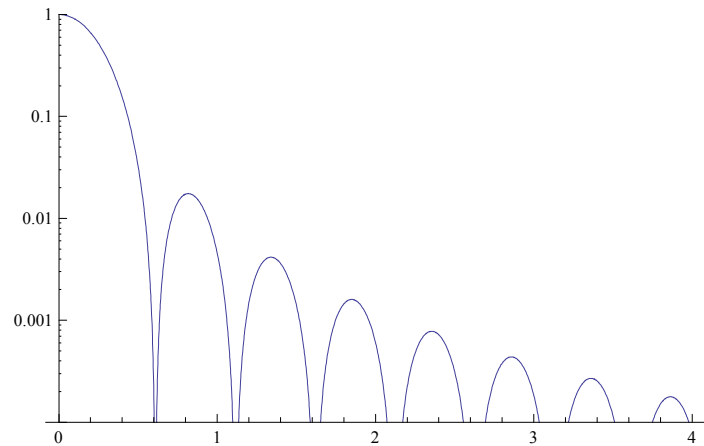
- Rayleigh-Kriterium zur Auflösung: zwei Bildpunkte können erst dann getrennt werden, wenn das zentrale Maximum des einen Bildpunktes in das erste Beugungsminimum des anderen fällt. 1
- $\Delta x = \frac{0,61 \cdot \lambda}{N.A.}$



```
Plot[(BesselJ[1, 2 π x] / (π x))^2, {x, 0, 4}, PlotRange -> {Full, {0, 1}}]
```



```
LogPlot[(BesselJ[1, 2 π x] / (π x))^2, {x, 0, 4}, PlotRange → {Full, {0.0001, 1}}]
```



```
Union@ReplaceAll[r, NSolve[{(BesselJ[1, 2 π r] / (π r))^2 == 0, 0 < r < 4}, r]]
```

```
{0.609835, 1.11657, 1.61916, 2.12053, 2.62138, 3.12196, 3.62238}
```

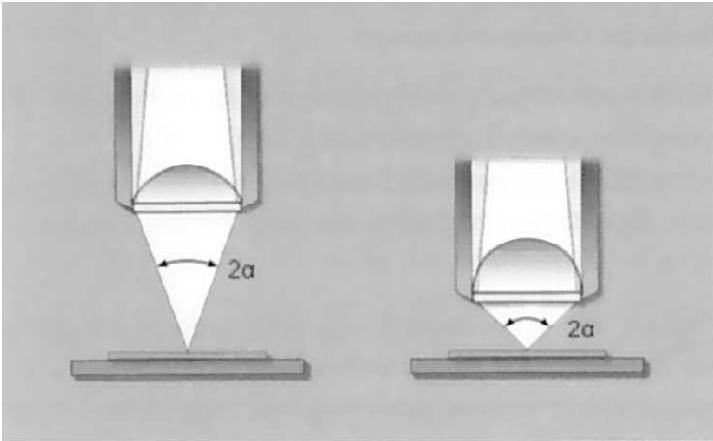
```
erstesminimum = First@Union@ReplaceAll[r, NSolve[{(BesselJ[1, 2 π r] / (π r))^2 == 0, 0 < r < 4}, r]]
```

```
0.609835
```



- je größer der Öffnungswinkel, desto höher die numerische Apertur,

desto kleiner Δx und damit desto höher die Auflösung

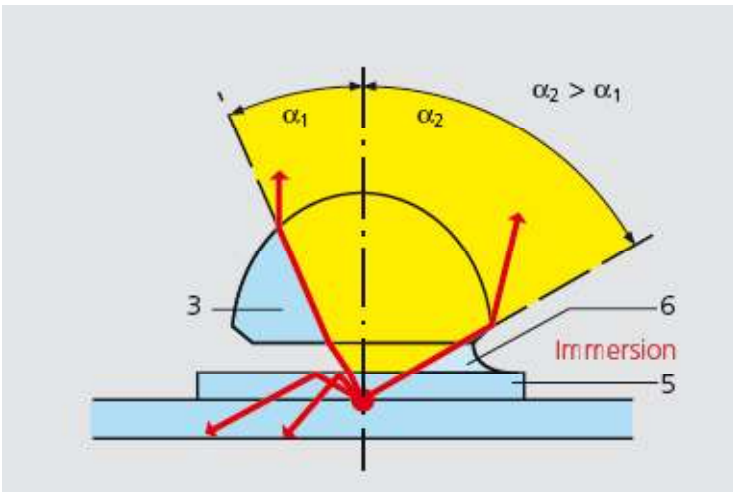


Ölimmersion

- mit Ölimmersion und ca 112° Öffnungswinkel wird die N.A. gesteigert:

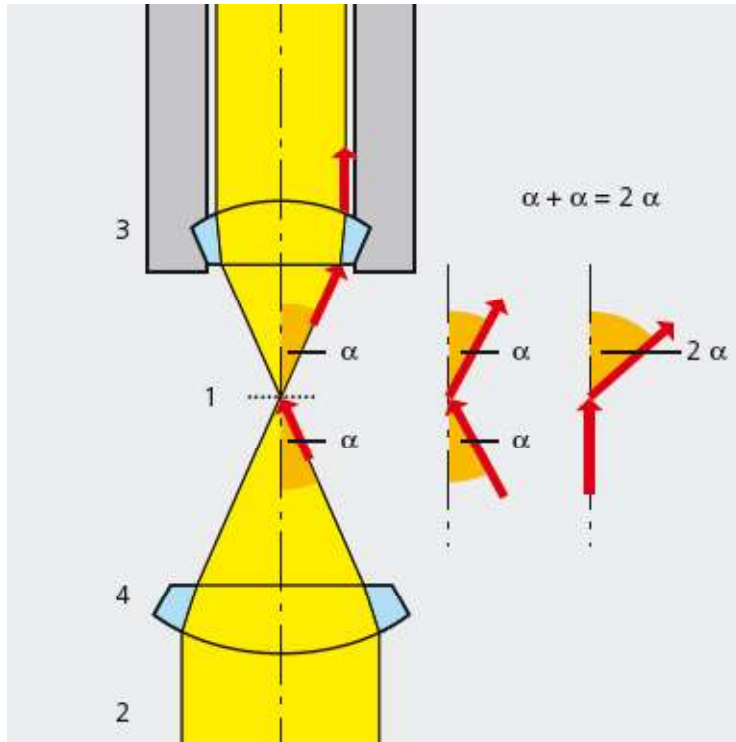
$$\text{Sin}[112 / 2 \text{ Degree}] * 1.51 // N$$

1.25185



Weitere Möglichkeit zur Auflösungserhöhung:

- Kondensor, der großen Winkel für Strahlenkegel erzeugt
- Winkel entspreche dem des Öffnungswinkels des Objektivs (N.A. beider Komponenten gleich)



$$\Delta x = \frac{1,22 \cdot \lambda}{N.A. \cdot \text{Obj} + N.A. \cdot \text{Cond}}$$

Abschätzung der typischen unteren Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops bei Ölimmersion

- N.A. wie oben bestimmt bei ca. 1,25 (bis 1,45 bei Zeiss und 1,65 bei Olympus ist in Ausnahmen möglich)
- grünes Licht mit $\lambda=550\text{nm}$

$$0.61 \cdot 550 / (\text{Sin}[112 / 2 \text{ Degree}] \cdot 1.51) // \text{N}$$

268.004

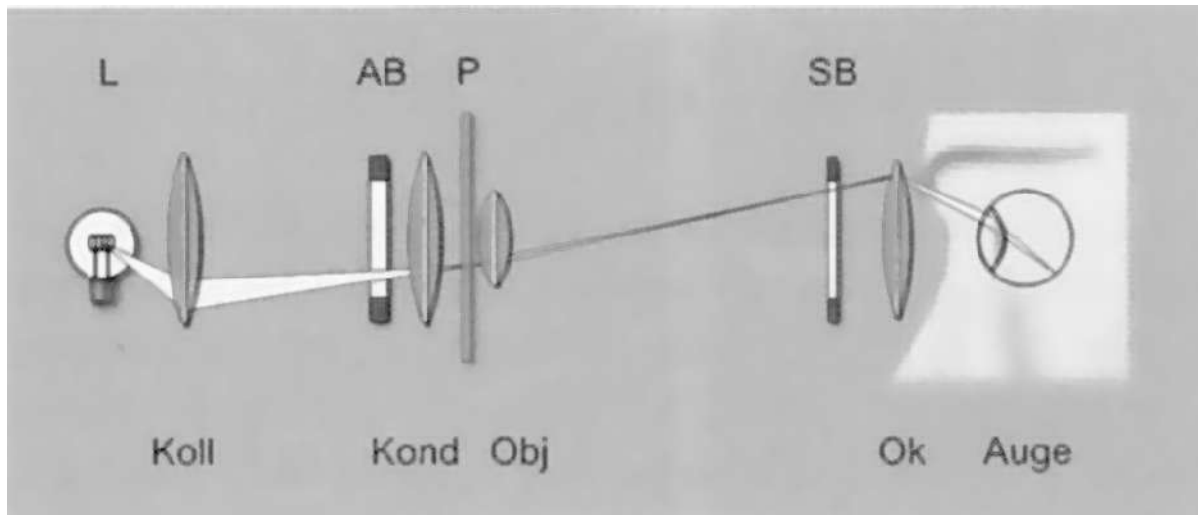
```
erstesminimum * 550 / (Sin[112 / 2 Degree] * 1.51) // N
```

```
267.932
```

Beleuchtung: von “kritisch” zu “Köhler”

- es braucht ausreichende Intensität!
- Quellen: Himmelslicht, Öllampen, elektrische Lampen
- weitere Komponenten: Kollektor, Kondensor (von Abbe vorgeschlagen), Rückreflektor an Lampe

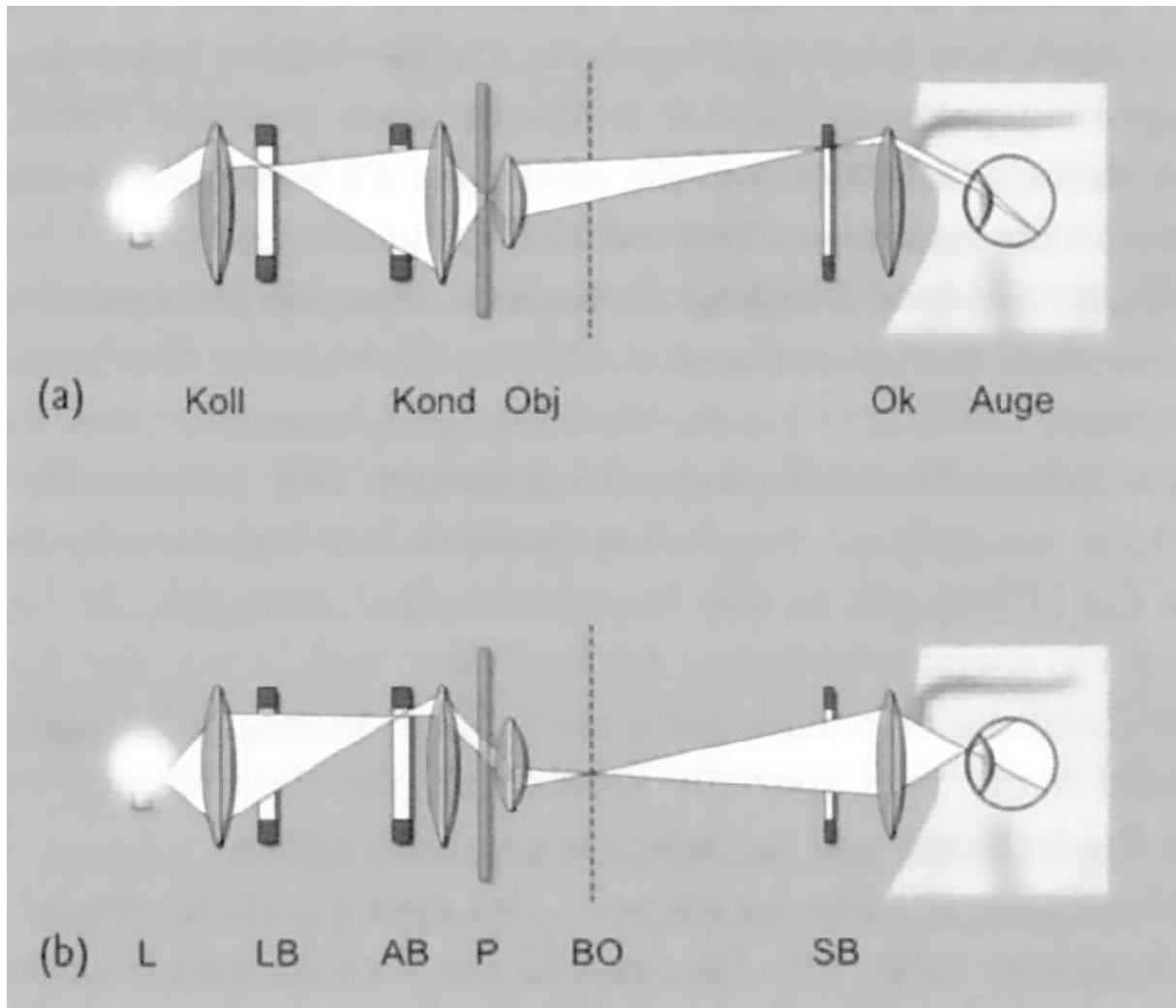
Kritische Beleuchtung: Quelle wird in Präparatebene P abgebildet



Eigenschaften:

- Beleuchtung kann stark inhomogen ausfallen (Lampenwendel)
- es kann zu Überstrahlungen kommen
- Versuch der Homogenisierung durch Mattscheiben, aber Helligkeitsverlust
- nur bei billigeren Mikroskopen

Köhler'sche Beleuchtung: Quelle wird in die Ebene der Aperturblende (AB) abgebildet



Eigenschaften

- zum Kollektor und Kondensor kommt noch eine **Leuchtfeldblende** hinzu
- Im Ergebnis wird die Leuchtfeldblendenöffnung sehr homogen ausgeleuchtet
- Beschreibung üblicherweise als “Verflechtung” zweier Strahlengänge:

(a) **Abbildungsstrahlengang** beschreibt Lichtbündel, die jeweils einen Punkt des Präparats beleuchten und damit als Punkt abbilden. Bildet den Rand der Leuchtfeldblende in die ab (definiertes Justagekriterium für die Beleuchtung nach Köhler).

Präparatebene

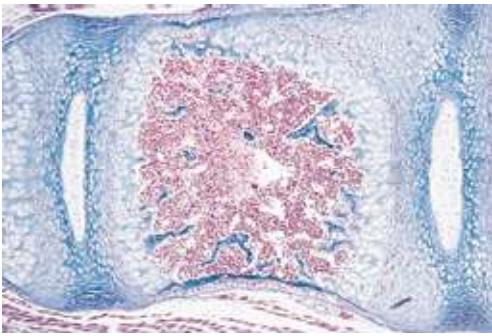
(b) **Beleuchtungsstrahlengang** verfolgt den Beitrag eines Punkts der Lichtquelle zur Beleuchtung und Abbildung des Präparats (in dessen Umgebung paralleles Lichtbündel, ∞ , somit beleuchtet jeder Punkt der Quelle das gesamte Präparat, was die Inhomogenitäten senkt). Damit entsteht auch im Auge eine optimale Ausleuchtung.

Komponenten für die Köhler'sche Beleuchtung:

- Kollektor (Koll)
- Leuchtfeldblende (LB)
- Aperturblende (AB)
- Kondensor (Kond)
- Koll und LB im Beleuchtungsstutzen des Mikroskopfußes, AB ist Teil des Kond
- beide Blenden sind Irisblenden
- alle vier Komponenten mechanisch auf optische Achse zentrierbar
- Kondensor höhenverstellbar, um LB auf Präparatebene (P) abbilden zu können

Schritte der Köhler'schen Beleuchtung:

1. Präparat auf den Mikroskoptisch legen
2. Leuchtfeldblende schließen; es bleibt dabei stets ein kleiner Durchmesser offen, durch den Licht hindurchtreten kann
3. Mikroskop auf das Präparat fokussieren
4. Kondensor am Kondensortrieb verfahren, bis der Rand der Leuchtfeldblende im mikroskopischen Bild mit maximal möglicher Schärfe sichtbar wird
5. Kondensor bzw. Leuchtfeldblende zentrieren
6. Leuchtfeldblende so weit öffnen, daß ihr Rand gerade aus dem Sehfeld verschwindet. Damit ist das Präparat homogen ausgeleuchtet, das Mikroskop ist jetzt "geköhlet"



Ergebnis des “Köhlerns”

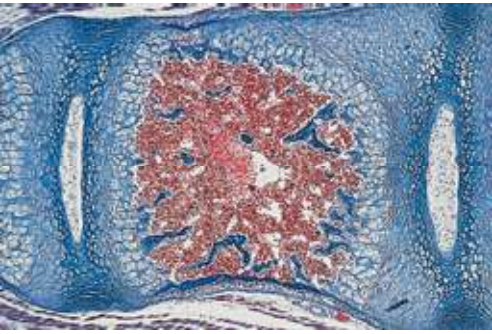
- optimale Anpassung von Beleuchtungs- und Abbildungslichtkegel, somit optimale Ausnutzung des Auflösungsvermögens
- Bildhelligkeit proportional zum Quadrat der N.A. des Objektivs und umgekehrt proportional dem Quadrat des Abbildungsmaßstabs

Schließen der Aperturblende:

- Erhöhung der Abbildungstiefe (scheinbare Kontrasterhöhung)
- Verminderung der Auflösung

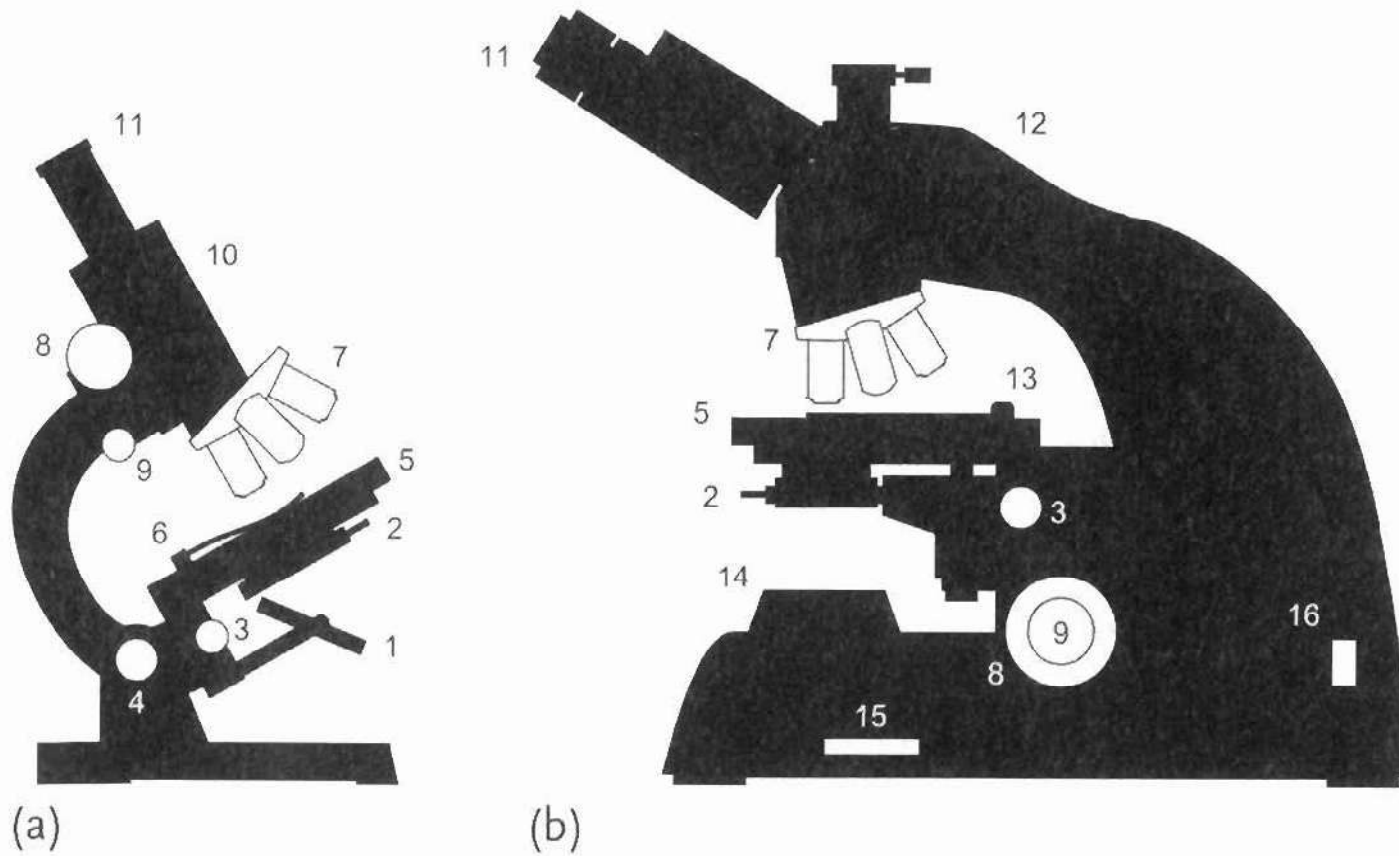


Daher ist ein Kompromiß zu finden! Typisch ist ca. 80% des Maximaldurchmessers der Aperturblende (ca. 2/3 der Fläche).

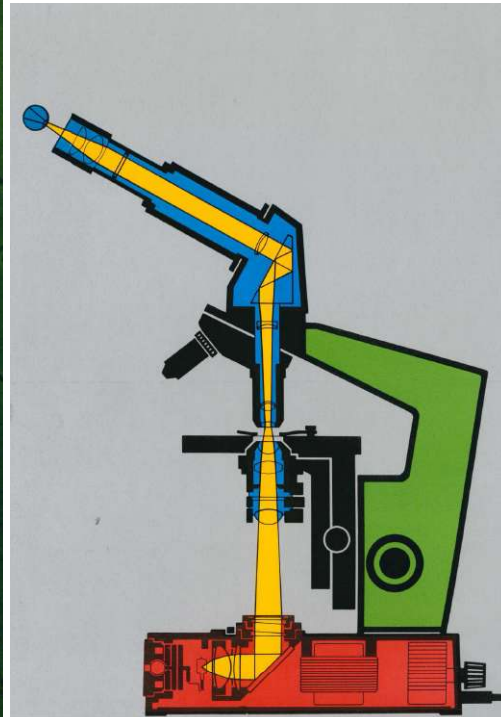
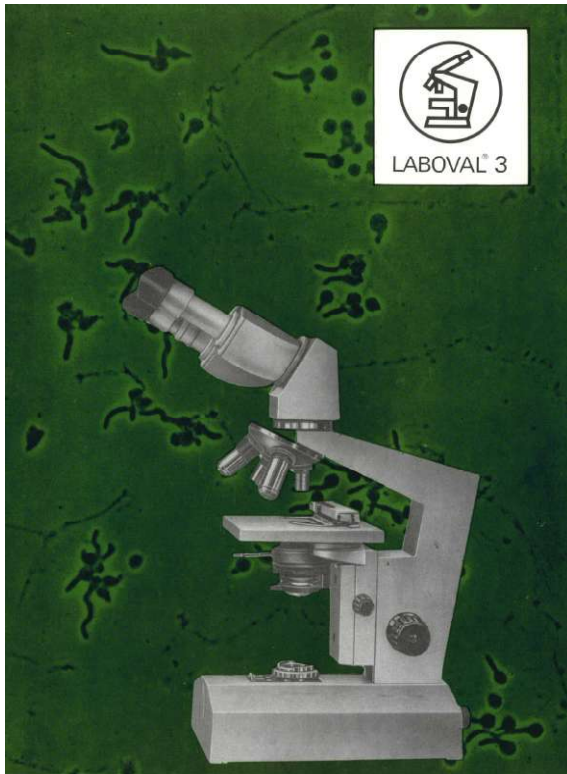


Aus 4. Aufrechtes Durchlichtmikroskop

Stativformen

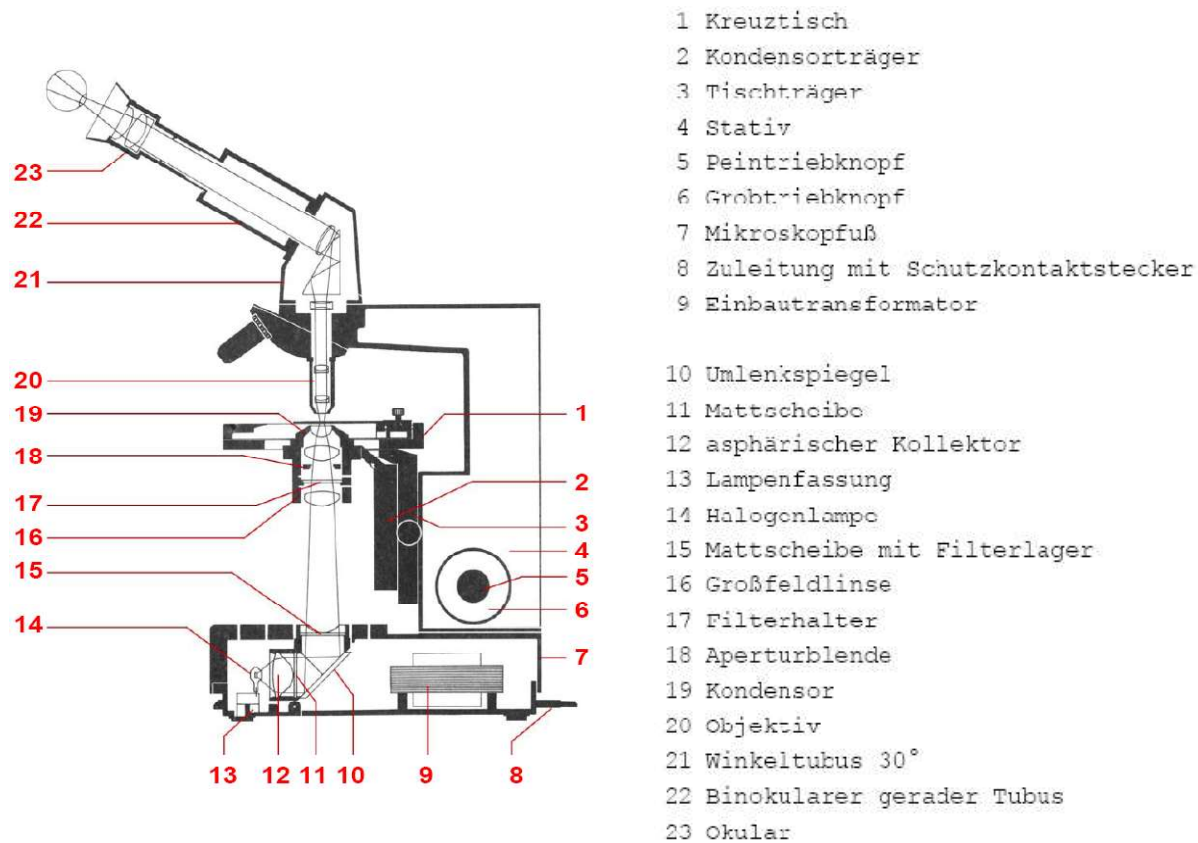


alte (a) und moderne (b) Stativform : 1 – Spiegel, 2 – Kondensor, 3 – Kondensortrieb, 4 – Gelenk, 5 – Mikroskoptisch, 6 – Präparatklemmen, 7 – Objektrevolver, 8 – Grobtrieb Fokussierung, 9 – Feintrieb Fokussierung, 10 – Tubus, 11 – Okular (e), 12 – Trinokulartubus, 13 – Objektführer, 14 – Beleuchtungsstutzen mit Leuchtfeldblende und Kollektor, 15 – Helligkeitsregler, 16 – Schalter



Laboval 3 (ca. 1981, VEB Carl Zeiss Jena)

Prinzipaufbau Laboval 4 wie im Mikroskopiersaal (Achtung : ohne Leuchtfeldblende!)



Beleuchtung

Tageslicht: mit Aufsatzspiegel (kritische Beleuchtung)

Halogenlampen: spektrale Leistungsdichte (theoretisch Schwarzkörperstr.) hängt von Temperatur ab

heute typische Lampenleistung: mind. 20W

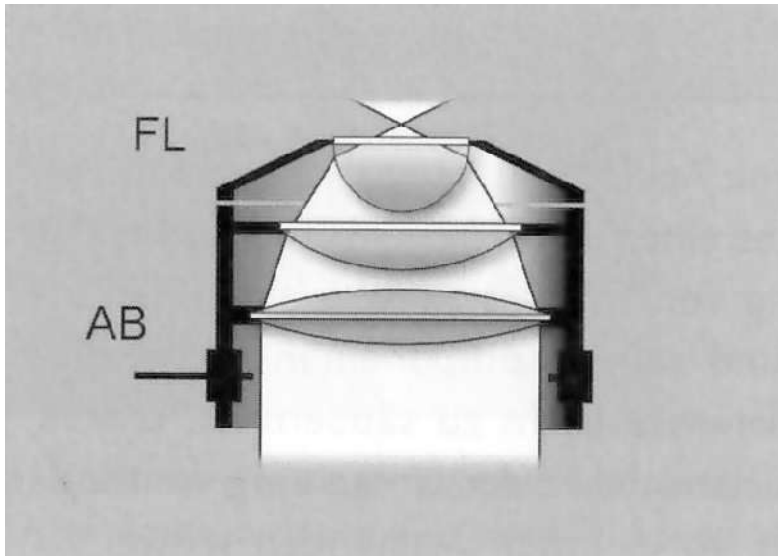
Quecksilber-Hochdrucklampen: Linienspektren, Breite steigt bei Druckerhöhung an

Leuchtdioden: Alternative zu Halogenlampen

- keine Beiträge im IR-Bereich, verminderte Erwärmung des Präparat!
- geringere Leistungsaufnahme und längere Lebensdauer gegenüber Halogen
- monochromatische Typen für Fluoreszenz
- Weißlicht-LEDs für alles andere
- Nachteil: Grün-Lücke, die u.U. in der Pathologie stört

Kondensoren

- bilden Leuchtfeldblende auf Präparat ab
- tragen mit eigener N.A. zur Erhöhung des Auflösungsvermögens des Mikroskops bei



FL: ausschwenkbare Frontlinse, AB: Aperturblende

- Mehrlinsensysteme zur Verringerung des Farbfehlers



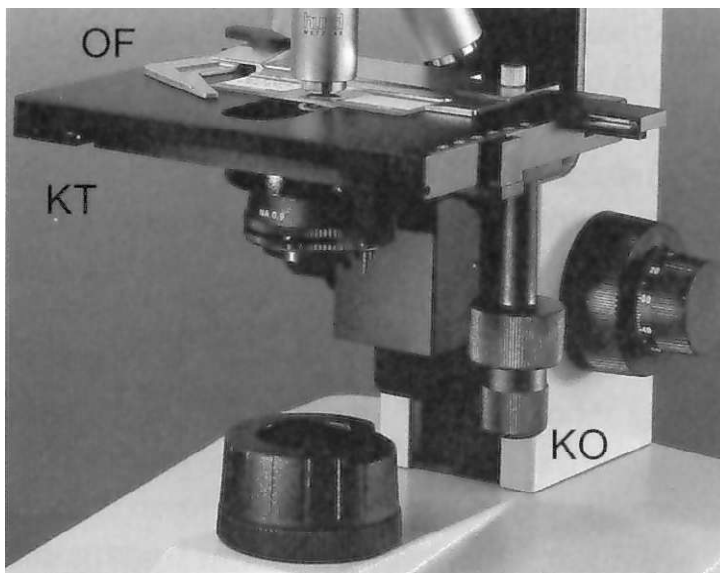
z.T. umschaltbare N.A., hier 1,2 oder 0,6 (Klapplinse)

Fokussierung und Mikroskoptisch

- feinfühlige und exakte Scharfstellung durch Variation der Tischhöhe
- Tischführungen: mechanisches Herz des Mikroskops
- Grob- und Feintrieb coaxial angeordnet
- Tisch nimmt Präparat auf Objektträger auf, Durchbruch für Strahlengang

Tischvarianten:

- seitlich feste Tische, auf denen der Objektträger manuell verschoben werden kann
- Kreuztische, die mit Koaxialtrieb seitlich verschoben werden können



- Dreh- und Zentriertische (insbes. für Polarisationsmikroskope)



Objektive

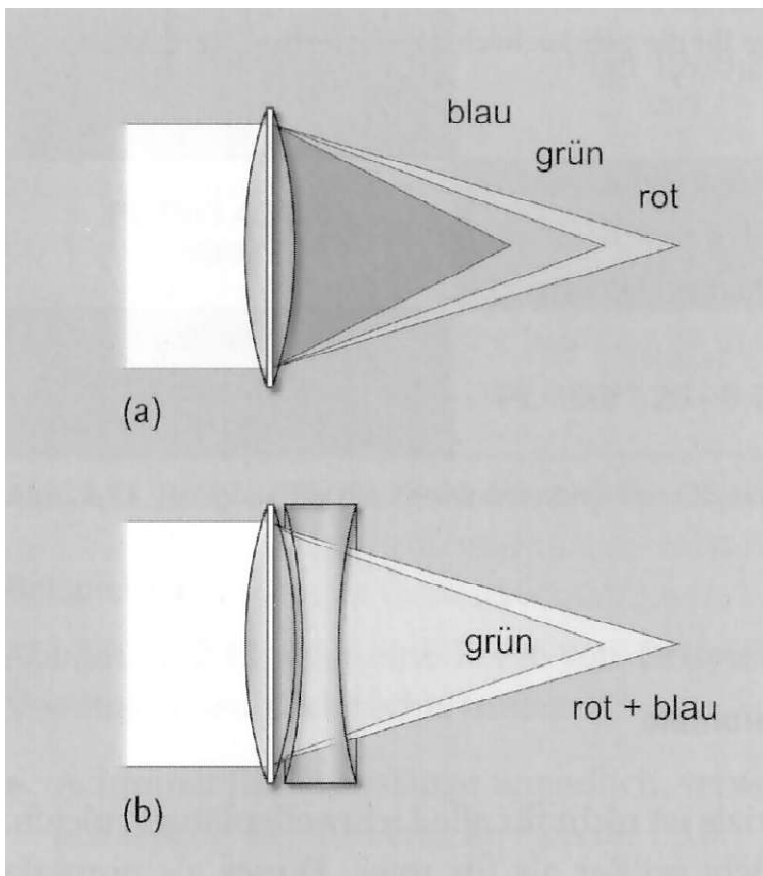
- zwei Hauptparameter: Abbildungsmaßstab bzw. Vergrößerung und N.A.

- Abbildungsmaßstab A (Objektive mit fester Tubuslänge, typ. 160mm): einfache Zahl
- Vergrößerung M (Objektive mit Tubuslänge ∞): Zahl mit $\times$
- durch Schrägstrich getrennt die N.A. (ggf. mit Angabe des Immersionsmediums: Oil, W, GLYC)
- nach Tubuslänge (160 oder ∞) folgt Deckglaskorrektur, z.B. 0.17; 0 (ohne Deckglas), oder - (egal)
- weitere Abkürzungen kennzeichnen Eignung für bestimmte Kontrastverfahren: Ph, POL
- Farbkorrektion gekennzeichnet durch A oder Apo
- Ebnung des Bildfeldes gekennzeichnet durch PL oder Plan

A 4x/0,10 ∞ / -	Plan 10x/0,25 ∞ /0
PL Ph3 40/0,65 160/0,17	Plan-APOCHROMAT 40x/1,00 - 0,50 Iris ∞ /0,17
160/0,17 50/1,00 W FLUORESZENZ	160/0,17 PL 100/1,25 - 0,60 Oel

Farbkorrektion: Achromate und Apochromate

- Brechzahl ist für blaues Licht größer als für rotes: normale Dispersion (Regenbogen)

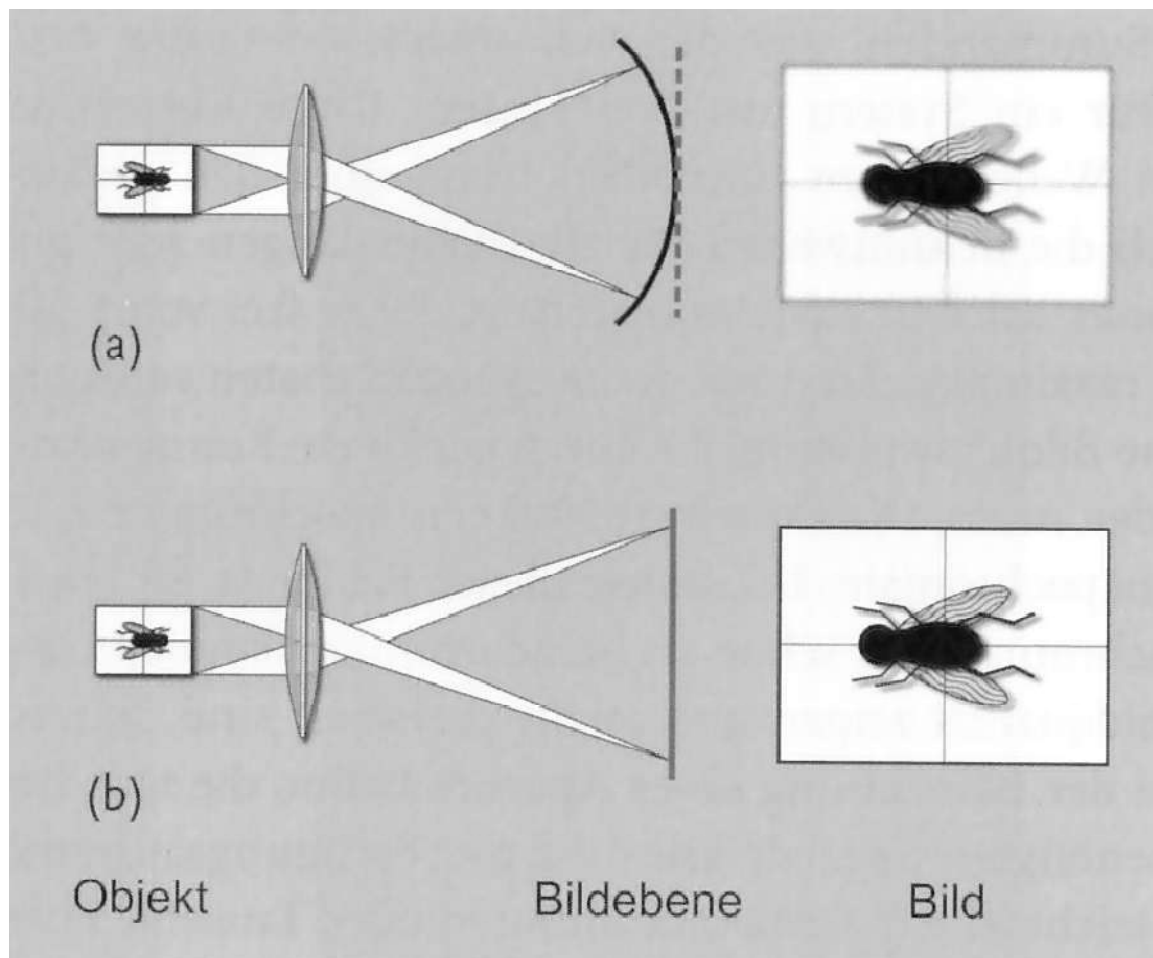


(a) einf. Positivlinse, (b) Achromat: Positiv- & Negativlinse

- Achromat kompensiert die Abweichung für rotes und blaues Licht: große Dispersion der Positivlinse wird mit kleiner Dispersion der relativ kleinbrennweitigen Negativlinse kompensiert
- Apochromat kompensiert den Restfehler im grünen Spektralbereich

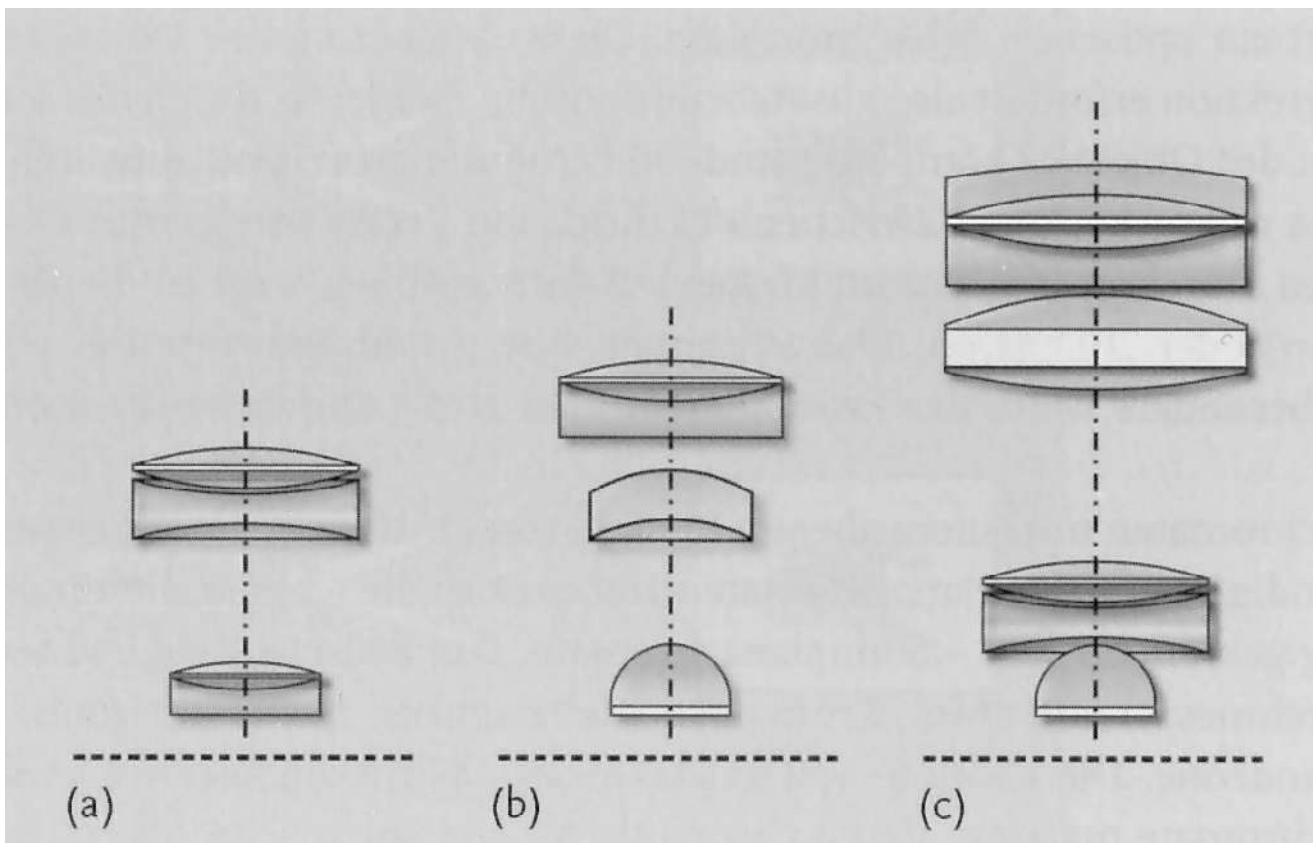
Ebene Bilder: Planobjektive

- Bildfeldwölbung verhindert homogene Fokussierung



- kompensierende Linsen speziell gekrümmt

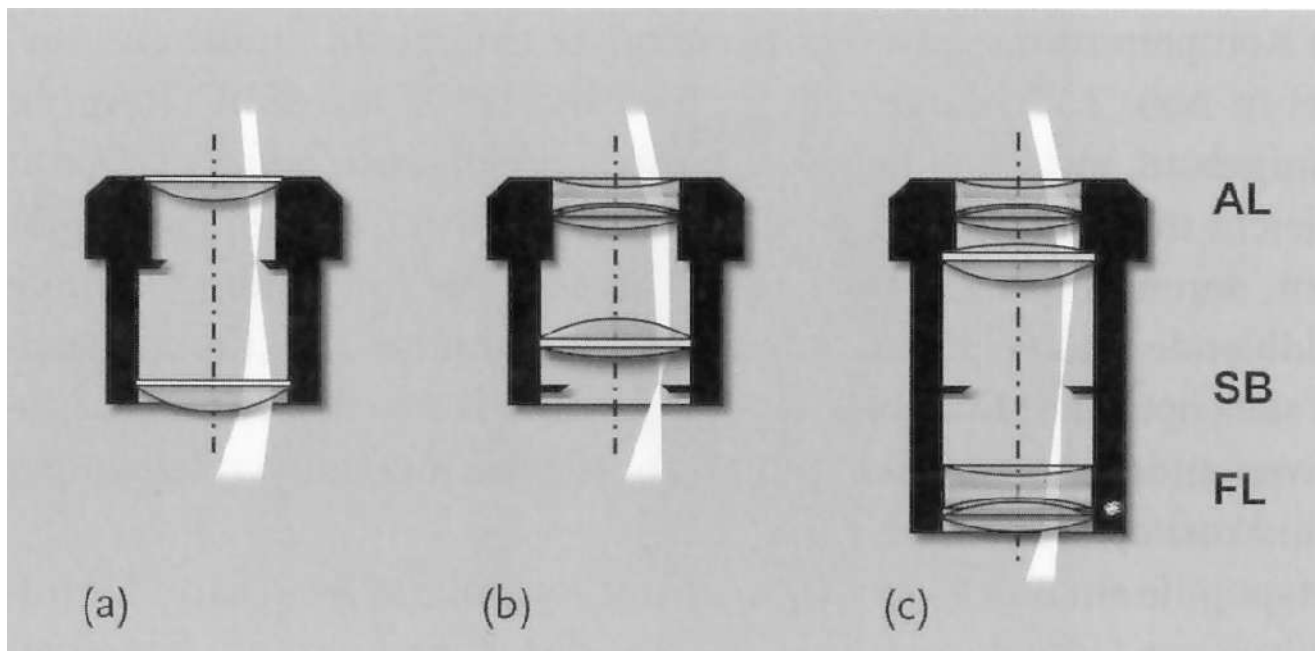
Drei Beispiele kombinierter Farb- und sphärischer Korrektur



(a): Achromat 20/0,35; (b): Semiplanachromat 20/0,5; (c): Apochromat 20/0,65

Okulare

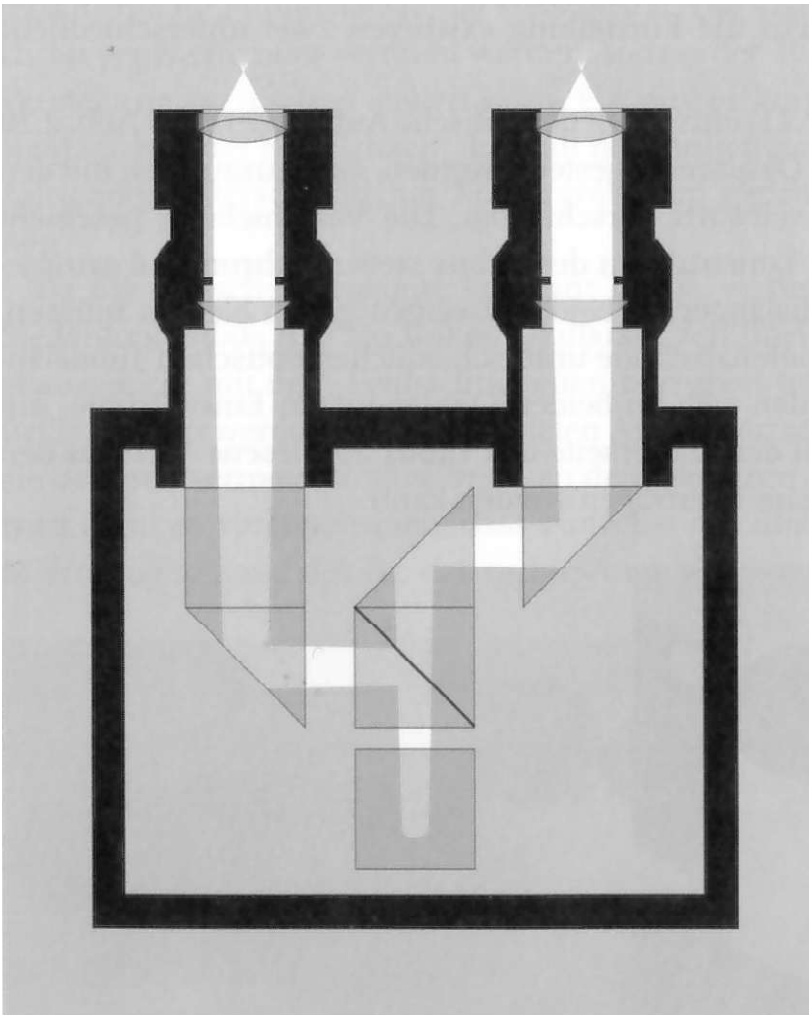
- Sehfeldzahl: Durchmesser [mm] des im Okular sichtbaren Zwischenbildes, typ. 18
- Vergrößerung: typ. 10×
- einfache Formen mit zwei Linsen: Feldlinse FL und Augenlinse AL, ggf. Sehfeldblende SB

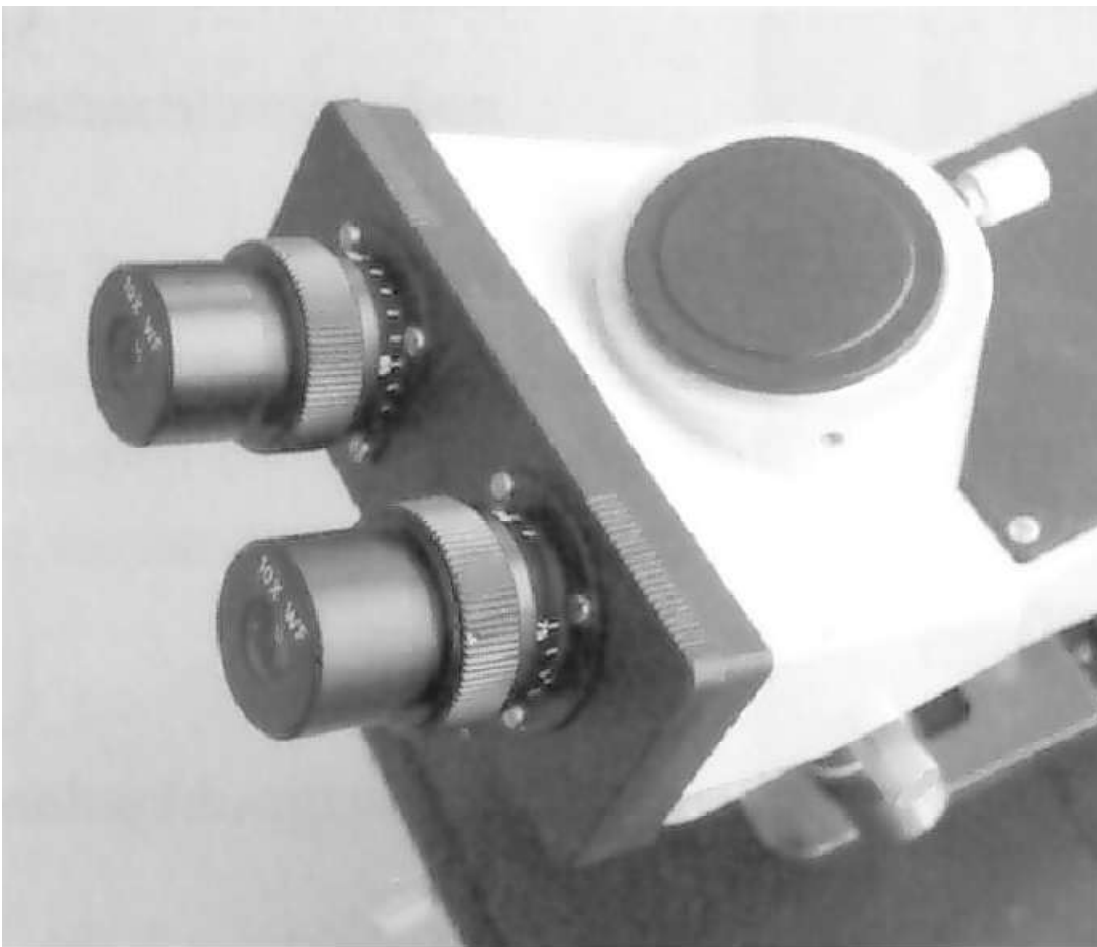


(a) Huygens-O., (b) Kellner-O. mit Augenlinse als Achromat, (c) Periplan-O.
(kompensiert Fehler stärker vergrößernder Objektive)

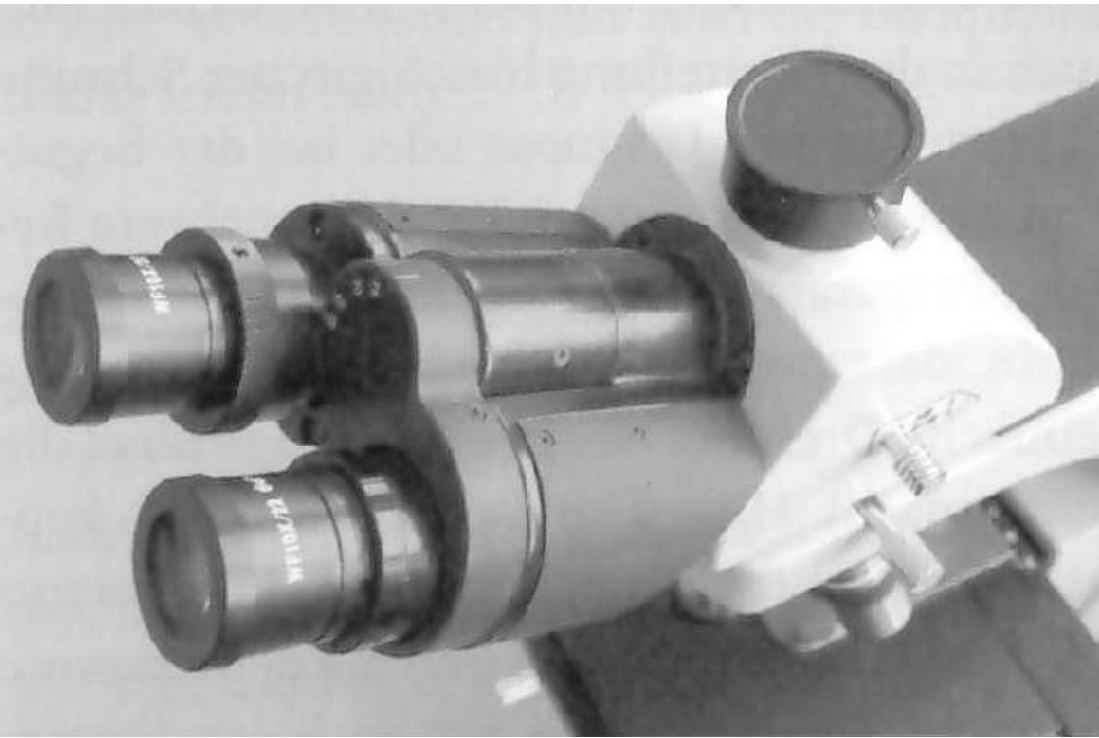
Beobachtungstubus

- trägt Okulare und definiert Tubuslänge
- monokular bis trinokular
- Aufbau eines einfachen Schiebetubus' (Augenabstand durch seitliches Schieben einstellbar, für beide Augen müssen Tubuslängenänderungen angepaßt werden)





Schiebetubus: Okulare symmetrisch seitlich verschiebbar, dabei variiert zugleich die Tubuslänge, was wiederum an den Okularringen kompensatorisch eingestellt werden muß

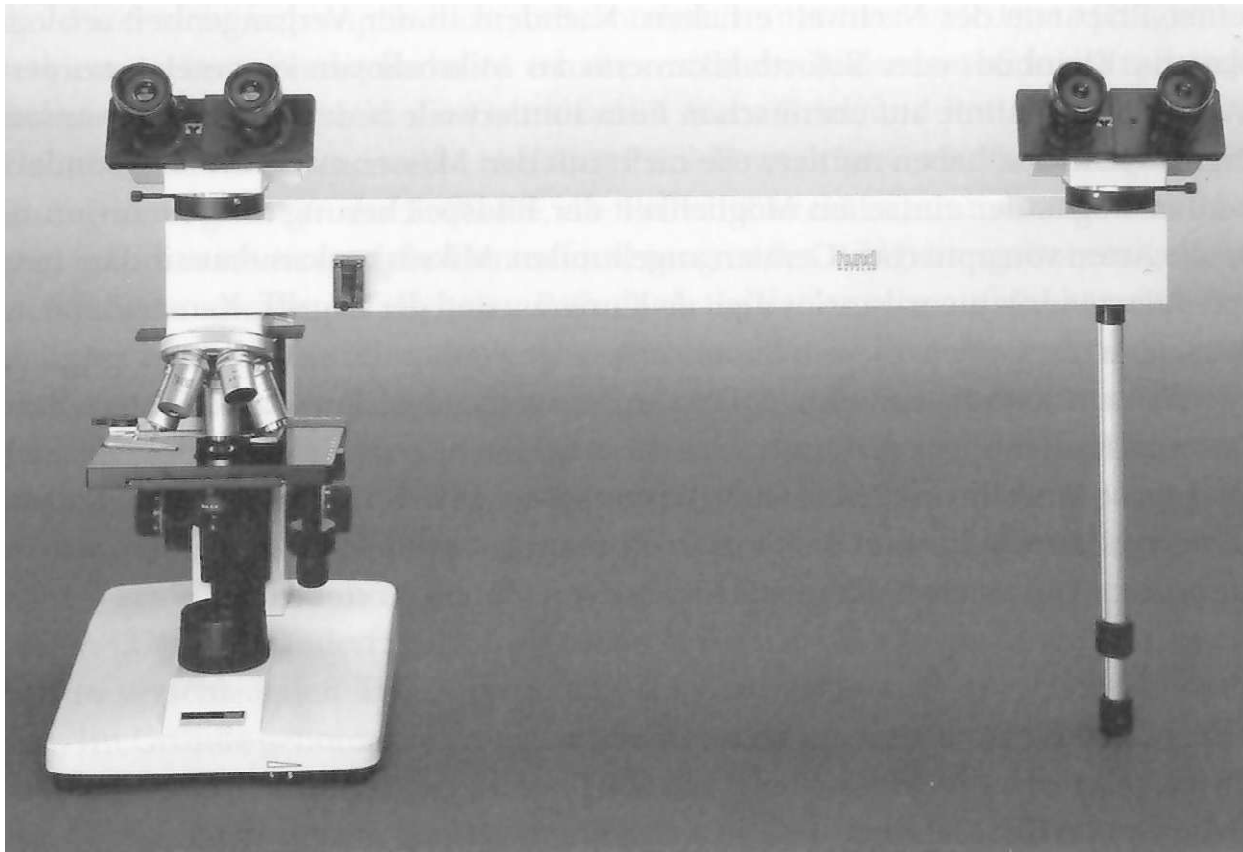


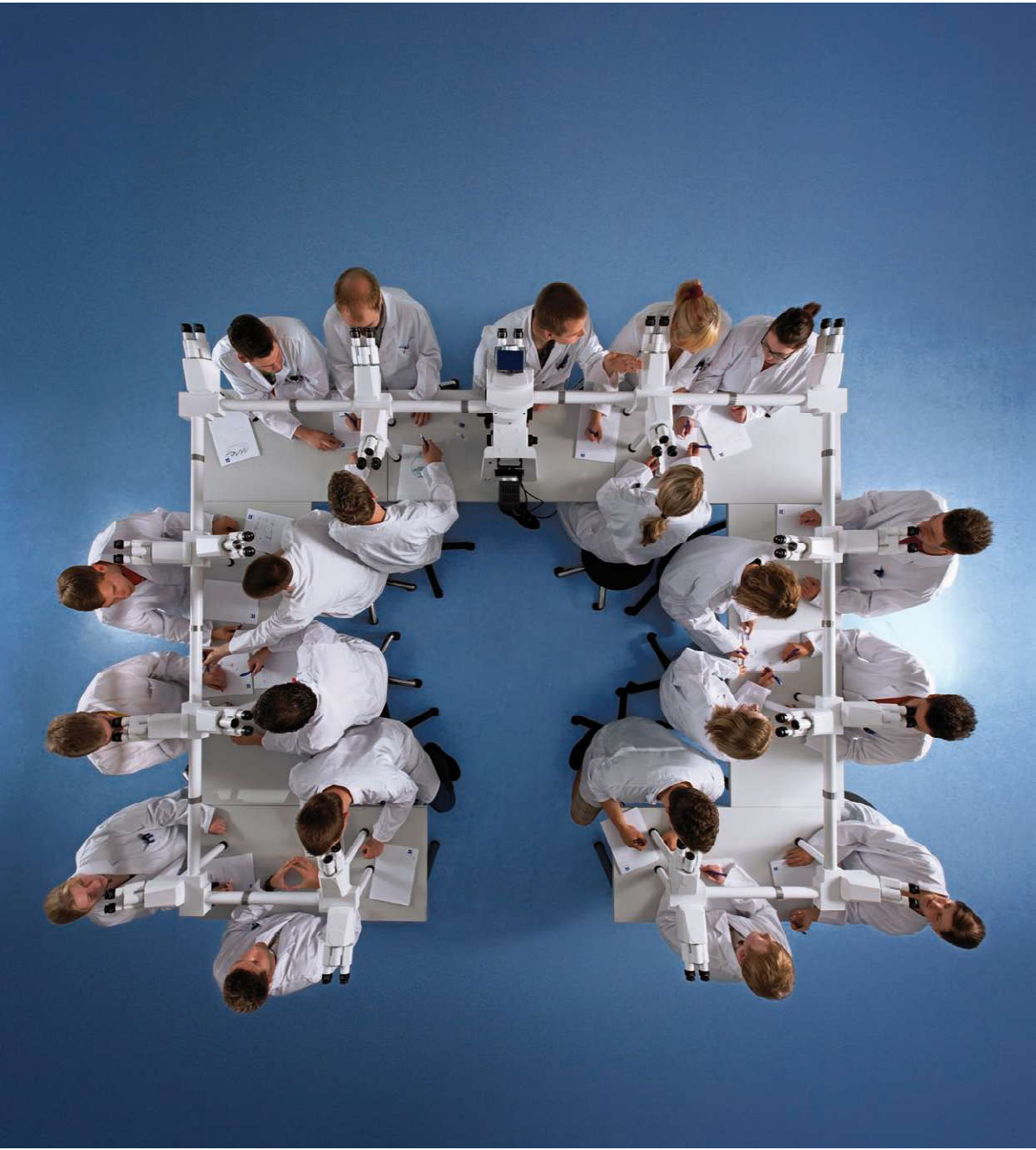
Siedentopf-Tubus: Lichtweg bleibt bei Abstandsänderungen durch reine Rotationsbewegungen gleich;
Fehlsichtigkeitsausgleich: linkes Auge schließen, scharfstellen, rechtes Auge schließen, am Dioptrienausgleich links korrigieren

4. Aufrechtes Durchlichtmikroskop (Fortsetzung)

Diskussionsbrücken

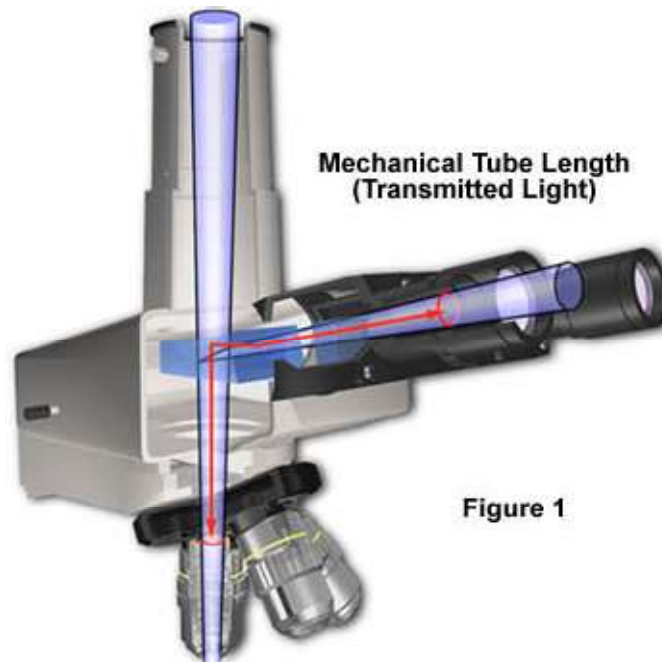
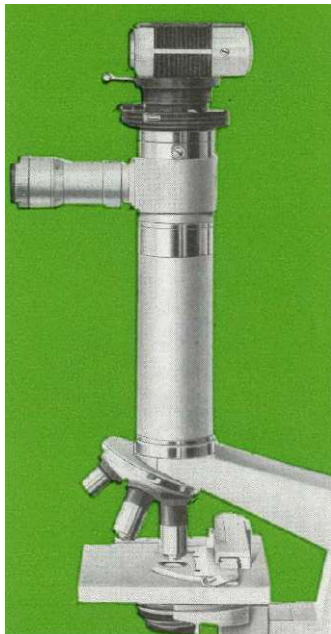
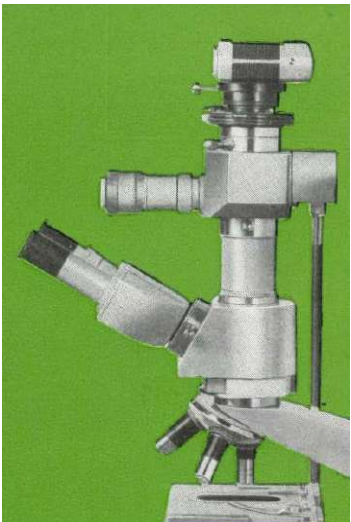
- zu Schulungszwecken
- für Simultanbegutachtungen
- mittels Strahlengangerweiterungen





Bilddokumentation

- für Archivierung
- zur Akquise für nachfolgende Bildanalysesysteme
- prinzipiell jede Kameraart anbaubar :
 - Kompaktkamera,
 - Systemkamera (Spiegelrefl., spiegellos),
 - C – Mount – Kamera (Gewinde 1 Zoll Außendurchmesser)



Sensorik heute :

- CCD (ladungsgekoppelte Schaltungen, die als "Schieberegister" ausgelesen werden)
- CMOS (nachgeschaltete Elektronik für jedes Pixel)

CMOS meist kleiner lichtempf. Fläche, daher weniger lichtstark

CMOS üblich in allen Fotokameras

CCD bei besonders lichtschwachen Anwendungen gekühlt

Marketingparameter : Pixelzahl des Detektors

Reprise : Rayleigh – Kriterium zur Auflösung : $\Delta x = \frac{0,61 \cdot \lambda}{N.A.}$

Passender Pixelabstand : $\Delta p = \frac{M_{\text{obj}} \cdot \Delta x}{2}$ mit M_{obj} als Vergrößerung des erfaßten Zwischenbildes

Erforderliche Pixelanzahl (Kreisbild mit ϕd) : $N = \frac{\pi}{4} \left(\frac{2 d}{M_{\text{obj}} \cdot \Delta x} \right)^2$

Wertebeispiele für $d = 18 \text{ mm}$ (Zwischenbilddurchmesser) :

Objektiv	N [Megapixel]
4 / 0.10	5.7
10 / 0.25	5.7
40 / 0.65	2.4
100 / 1.25	1.4

Paradoxon : notwendige Pixelzahl sinkt mit stärker vergrößernden Objektiven

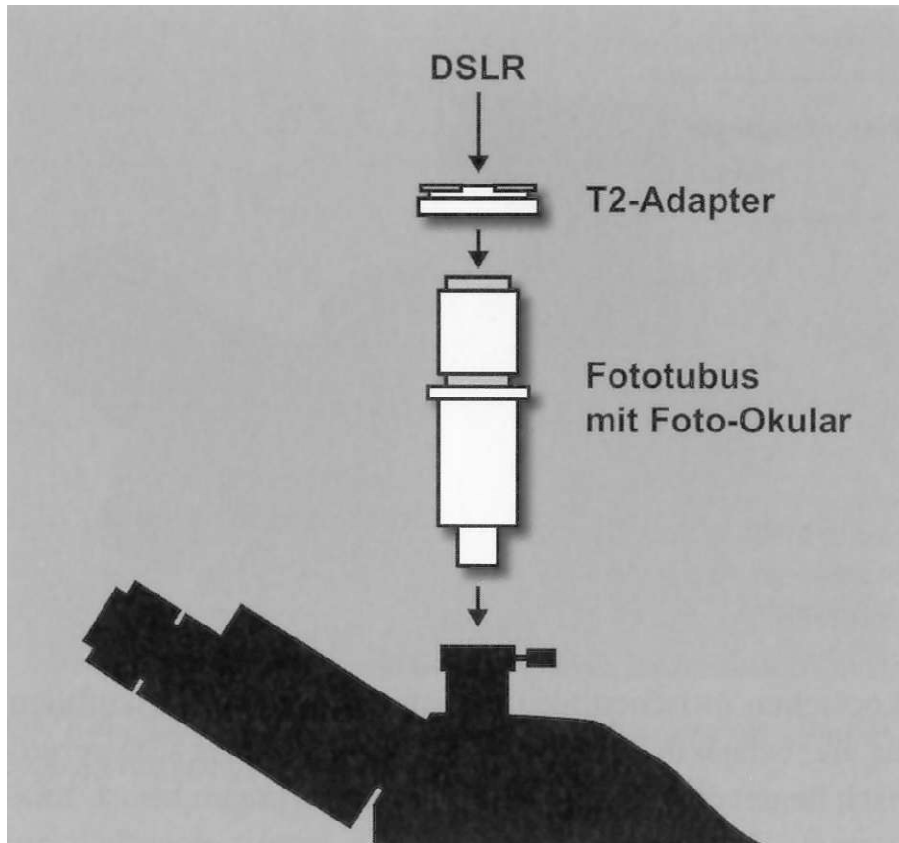
Grund

N.A. steigt nicht linear mit Abbildungsmaßstab,
sondern geringer d.h. das Auflösungsvermögen steigt nicht im gleichen Maße an

Systemkameras : Digitale Spiegelreflex (DSLR)



einfachste Anbringung direkt am Okular



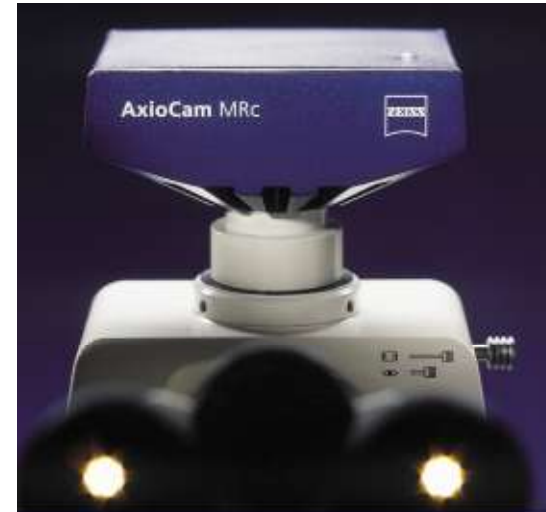
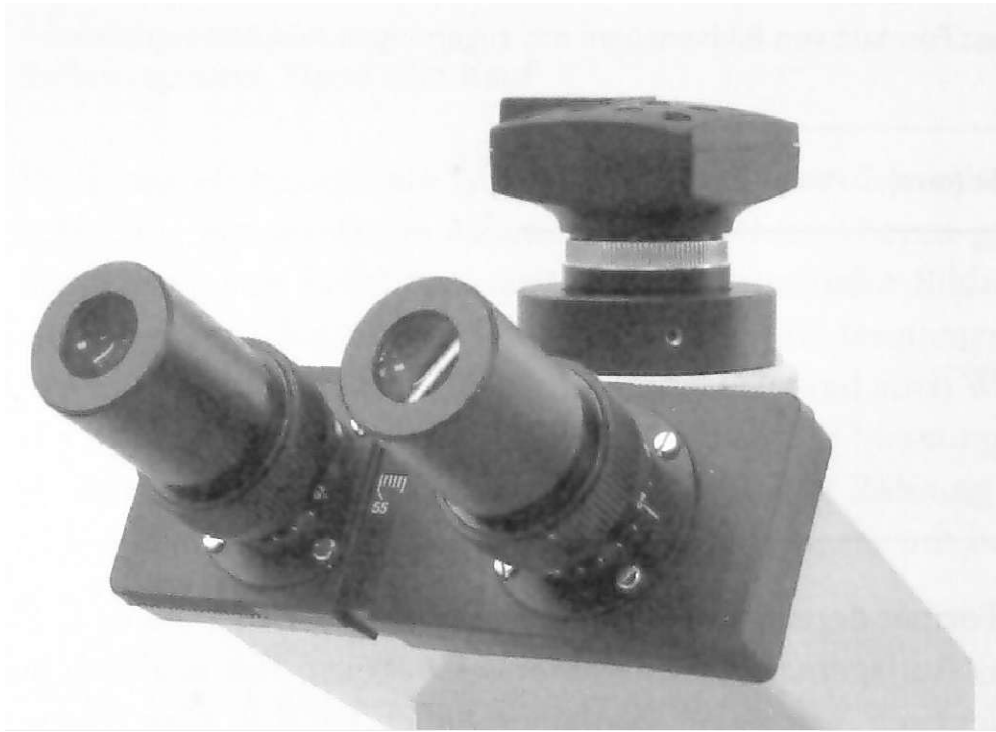
im Fototubus befindet sich das Fotookular

Kameraadaptierung am Trinokulartubus, Fotookular meist 2, 5× für Kleinbildkameras (Vollformat)

C – Mount – Kameras :

Bildsensoren ohne zusätzliche Kameraoptik

Fototuben deutlich kleiner, da u.U. der Sensor direkt in Zwischenbildebene gebracht werden kann

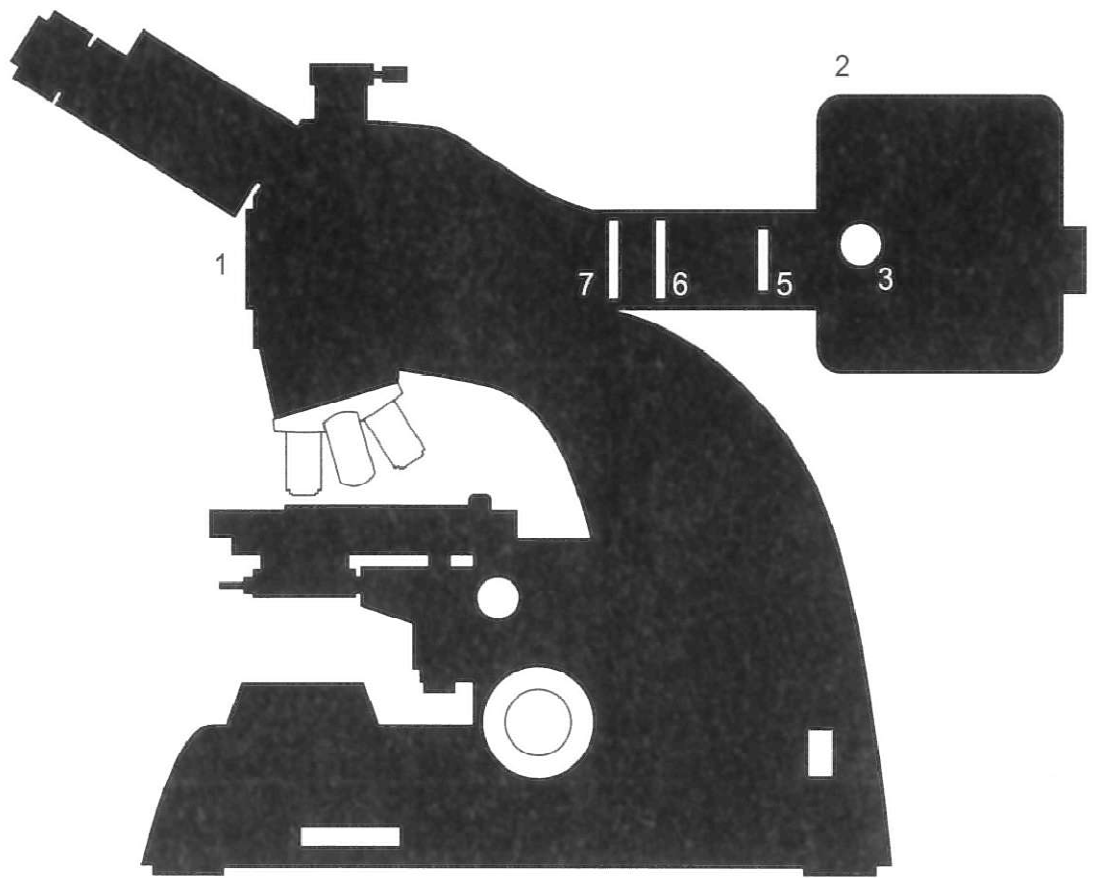


5. Aufrechtes Auflichtmikroskop

Einsatz

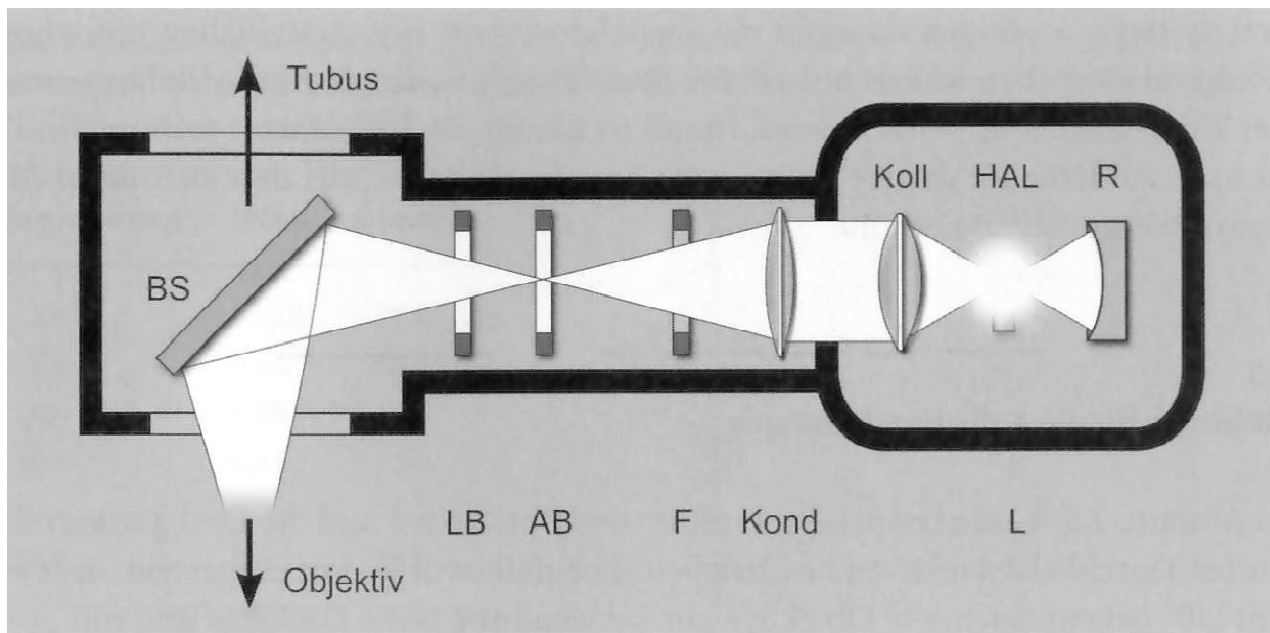
- für opake Proben
- Beleuchtungsseite wie Beobachtungsseite

Aufbau

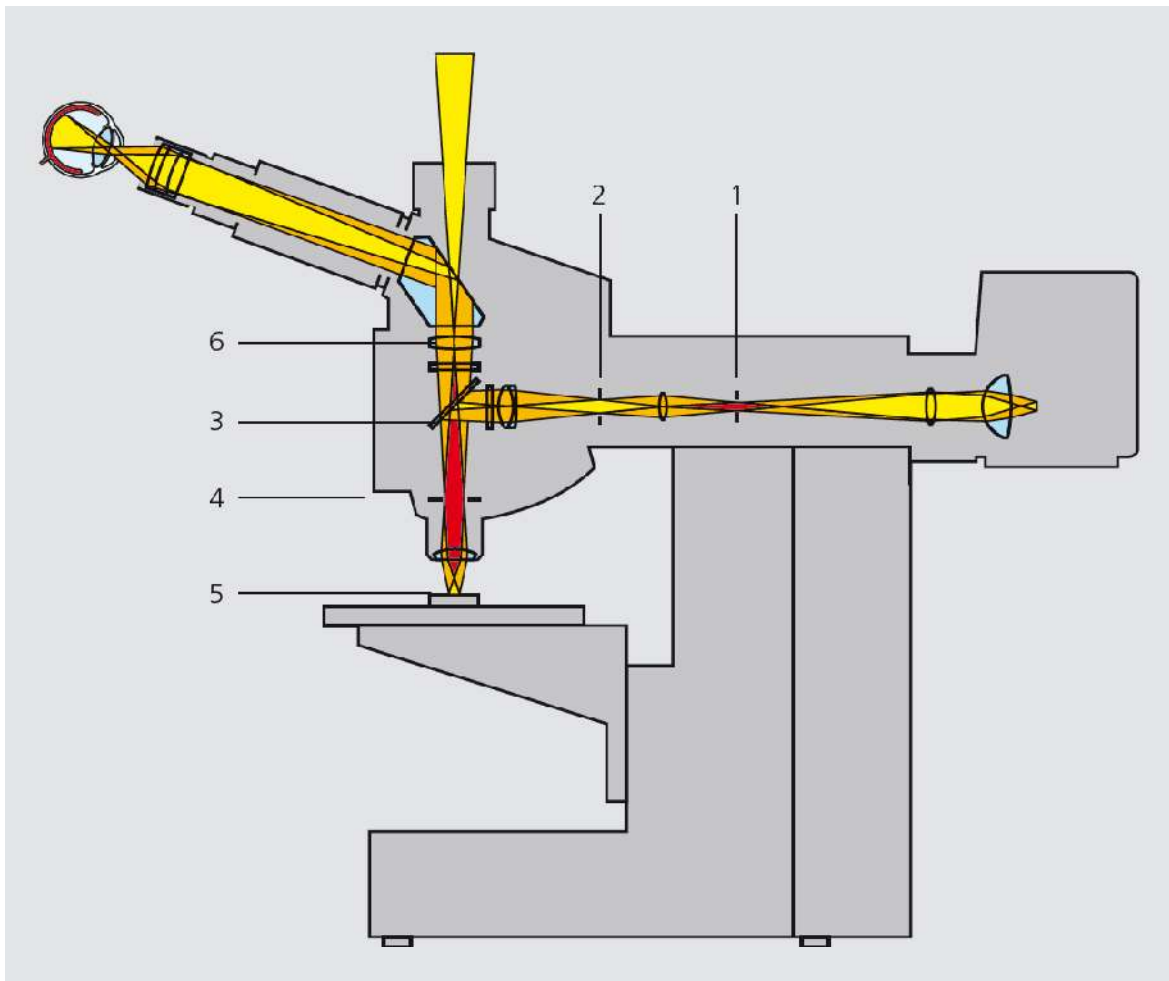


1: Auflichtilluminator; 2: Lampenhaus; 3: Einstellvorr. Kollektor; 4: Einstellvorr. Rückrefl.; 5: Filterschieber; 6: Aperturblende; 7: Leuchtfeldblende (zentrierbar)

Beleuchtung

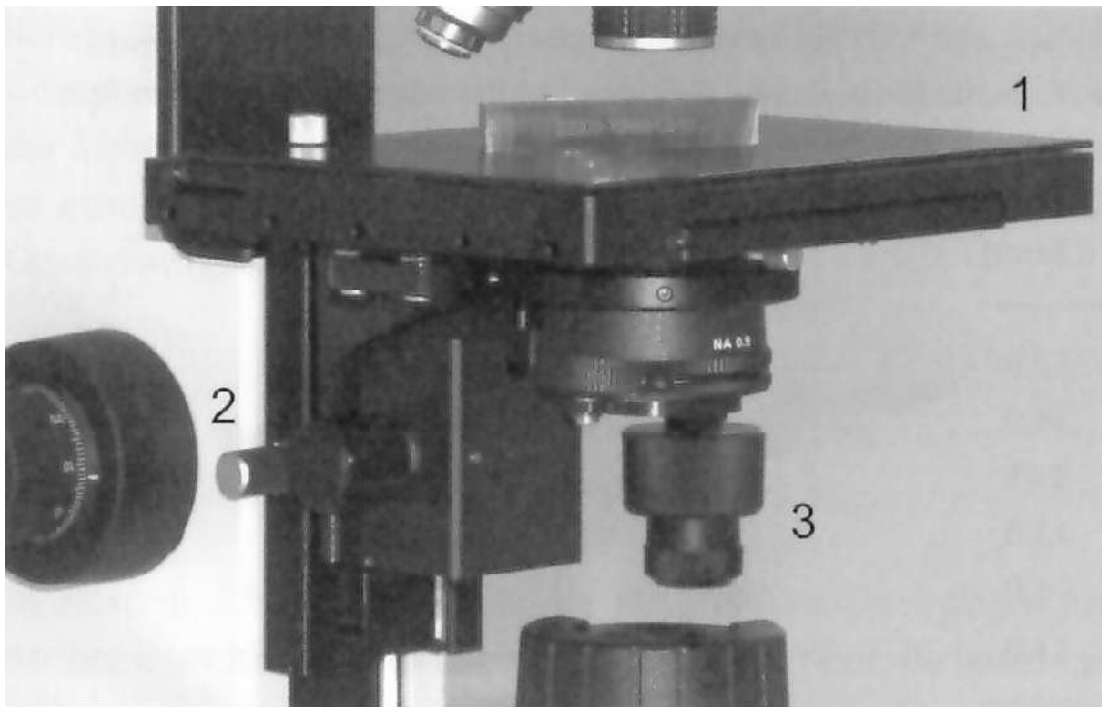


Lampen 50W bis 100W



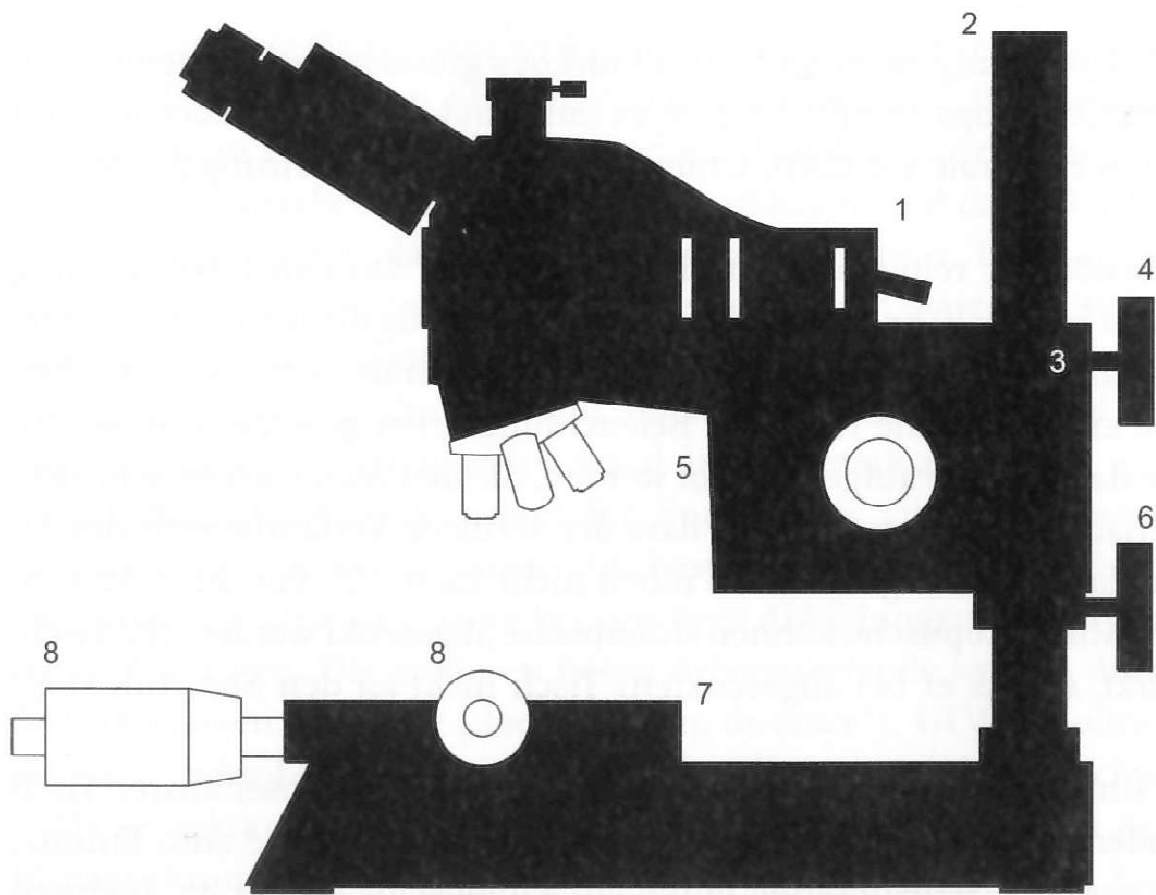
1: Aperturblende für Auflicht; 2: Leuchtfeldblende; 3: Reflektor (neutraler Strahlteiler); 4: Objektivpupille; 5: Probenoberfläche; 6: Tubuslinse

Objektive wirken hier auch als Kondensoren und müssen Streulicht-minimiert ausgeführt sein, da sonst ein flaes Bild entstünde. Alle optischen Oberflächen sind hoch vergütet, metallische Oberflächen mattschwarz.

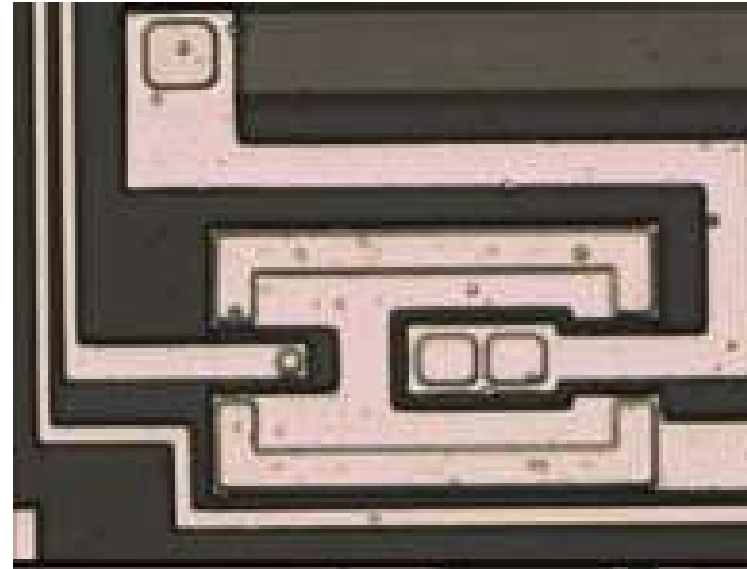


Tische müssen keinen Durchbruch aufweisen, u.U. braucht man wegen ausgedehnter Proben einen vergrößerten Absenkbereich. Reicht der nicht aus, steigt man um auf

Meßmikroskope, die im Stativunterteil ein Säulenstativ haben, so daß der gesamte Mikroskopkörper mit Beleuchtung höhenmäßig frei bewegt werden können:



1: Auflichtilluminator mit externer Beleuchtung über Lichtleiter; 2: Stativ mit Säule; 3: Triebkasten (Grob-/Feintrieb); 4: Klemmschraube; 5: Mikroskopgrundkörper mit Objektivrevolver; 6: Sicherungsring mit Klemmschraube; 7: Koordinatenmeßtisch; 8: Meßschraube; rechts: Meßmikroskop Mitutoyo FS70



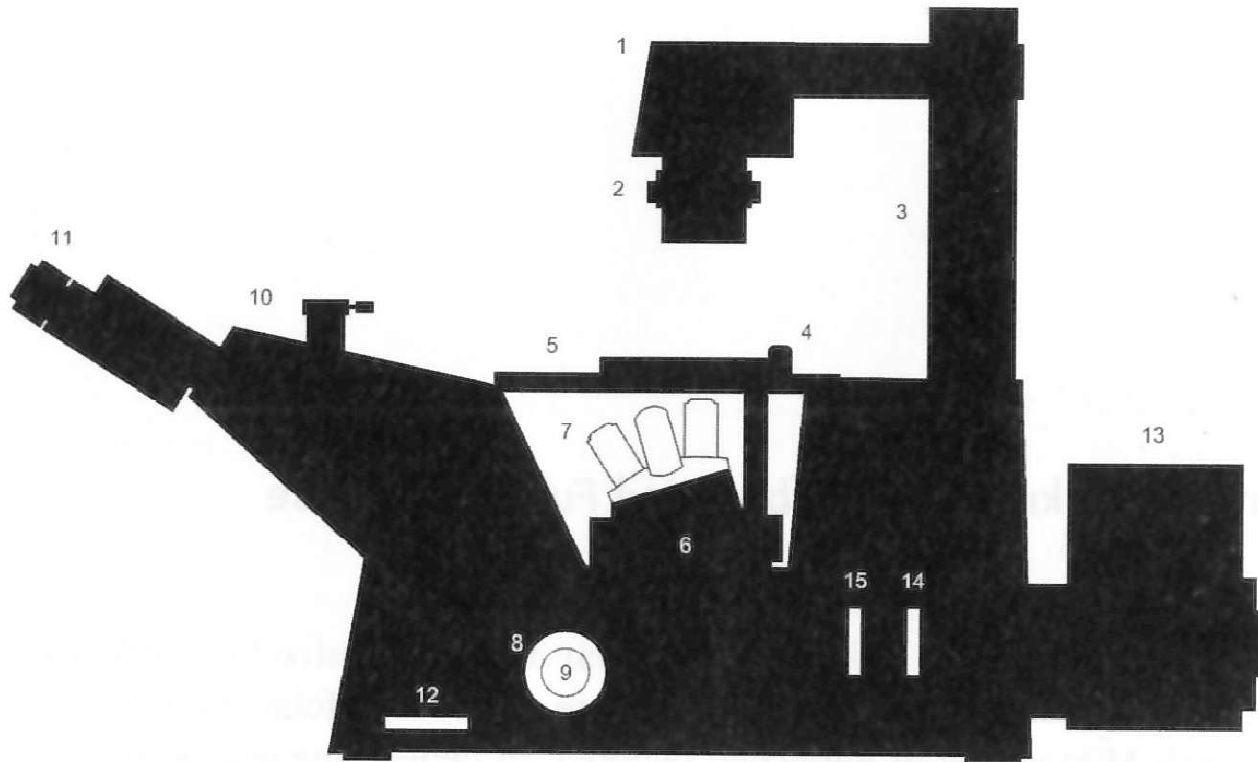
Halbleitermeßplatz mit FS70: Licht- und EMV-dichtes Meßsystem, pneumatisch gelagerter Tisch, Positionierungssystem, beheizbare Auflage, Mikroskopkamera, externe Meßgeräte (Impedanz, Spektrum), Gesamtvergrößerung bis 2000.

6. Inverses Mikroskop

Einsatz

- wenn aufrechte Beobachtungsgeometrien nicht praktikabel sind
- z.B. Zellkulturen in flüssigen Medien
- als Durchlicht- und Auflichttypen ausführbar
- auch materialwiss. Proben, die angeschliffen auf Tisch gelegt werden können

Aufbau

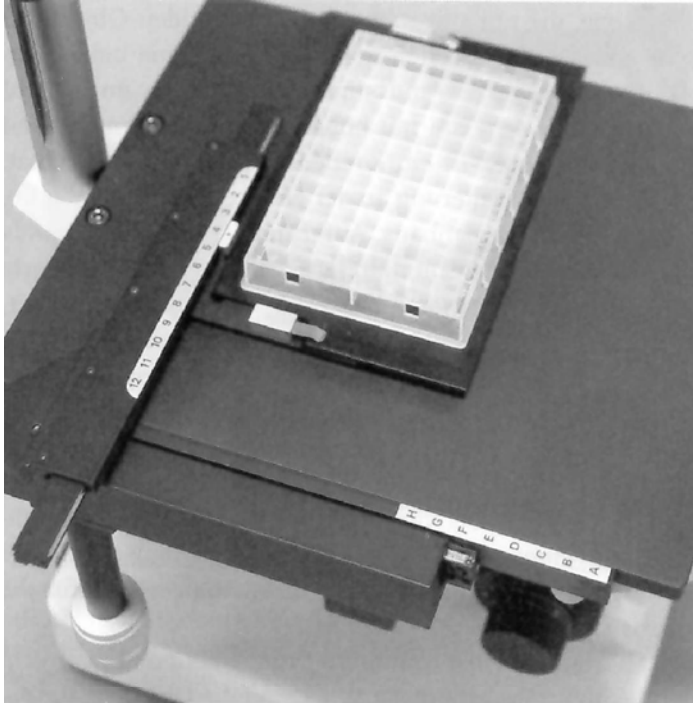


1: Durchlichtbeleuchtung; 2: Kondensor mit Aperturblende; 3: Stativsäule; 4: Objektführer; 5: feststehender Mikroskoptisch; 6: Revolverhalterung; 7: Objektrevolver mit Objektiven; 8: Grobtrieb Fokussierung; 9: Feintrieb Fokussierung; 10: Trinokulartubus; 11: Okular; 12: Helligkeitsregelung; 13: Lampenhaus Auflichtbeleuchtung; 14: Aperturblende; 15: Leuchtfeldblende

Beleuchtung mit Lampen von 30W und mehr

Objektive entsprechen im Prinzip denen der aufrechten Modelle, aber angepaßt auf stärkere Petrischalendicken (0.6mm bis 1.6mm). Für Ölimmersion muß ein Rand vorhanden sein, damit Öl nicht hinabläuft (z.T. werden auch stark vergr. Objektive ohne Öl eingesetzt, bei sinkender Auflösung). Wegen des größeren Arbeitsabstandes sind die N.A.s der stark vergrößernden Objektive kleiner.

Tische sind entweder als Kreutztische ausgelegt, oder als feststehende.



hier mit aufgesetzem Objektführer

Fokussierung über Bewegung des Revolvers

Reflected Light
Microscope
Tube Length

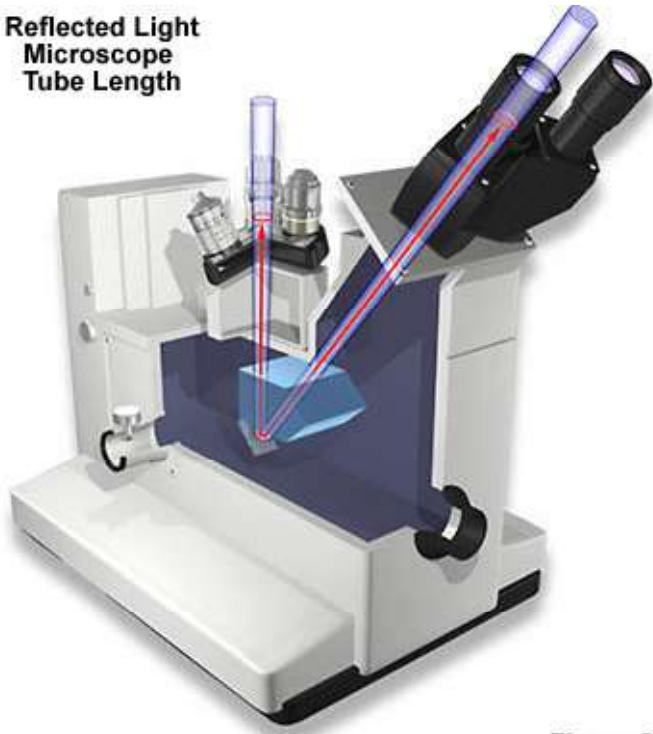
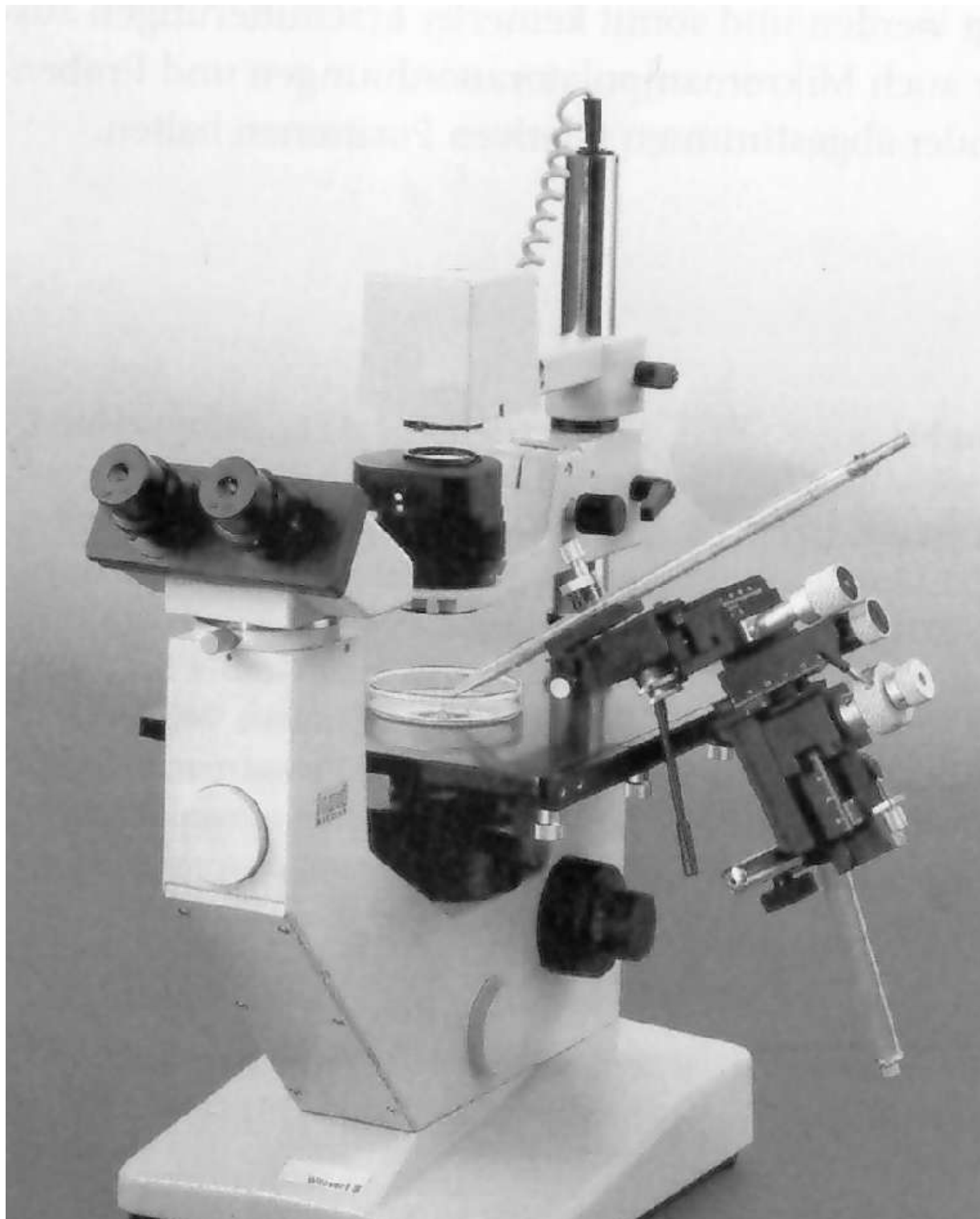


Figure 2



Mikromanipulatoren am inversen Mikroskop (z.B. für IVF)



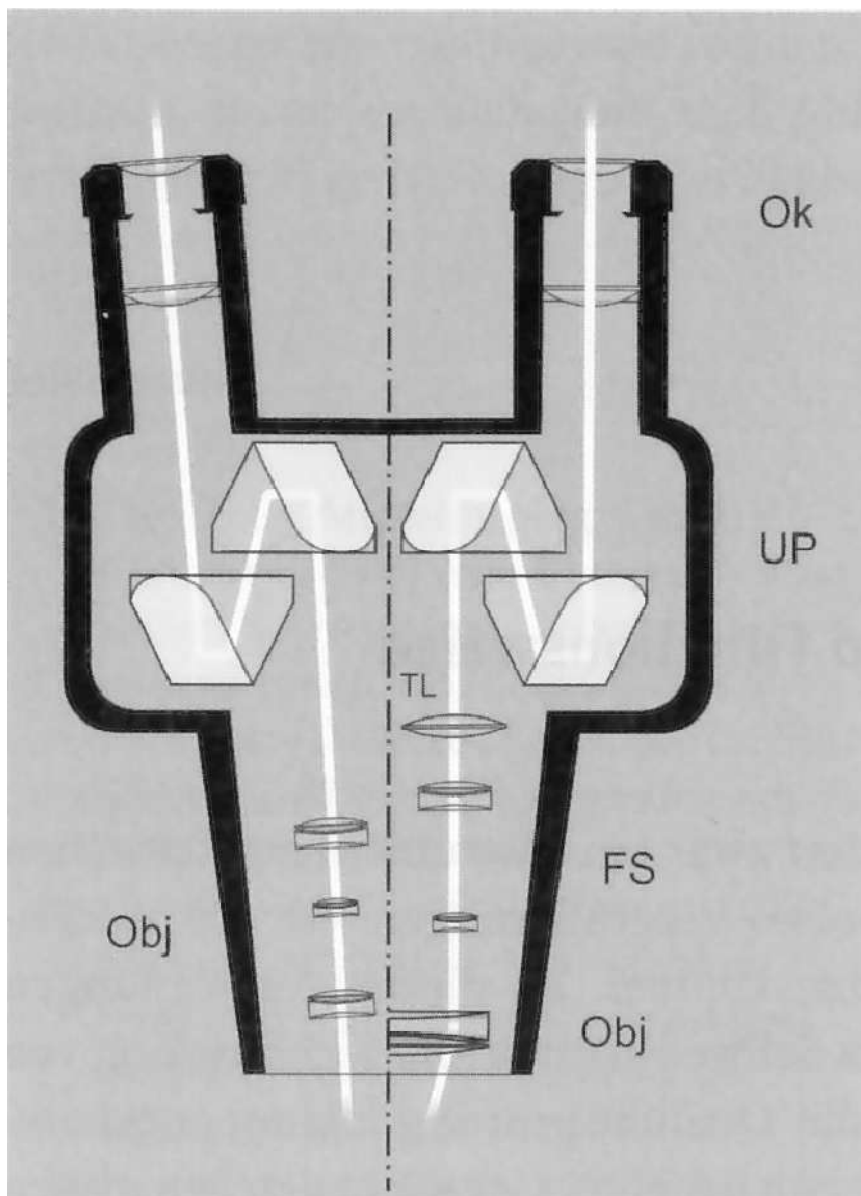
7. Stereomikroskop

Einsatz bei geringen Vergrößerungsanforderungen:

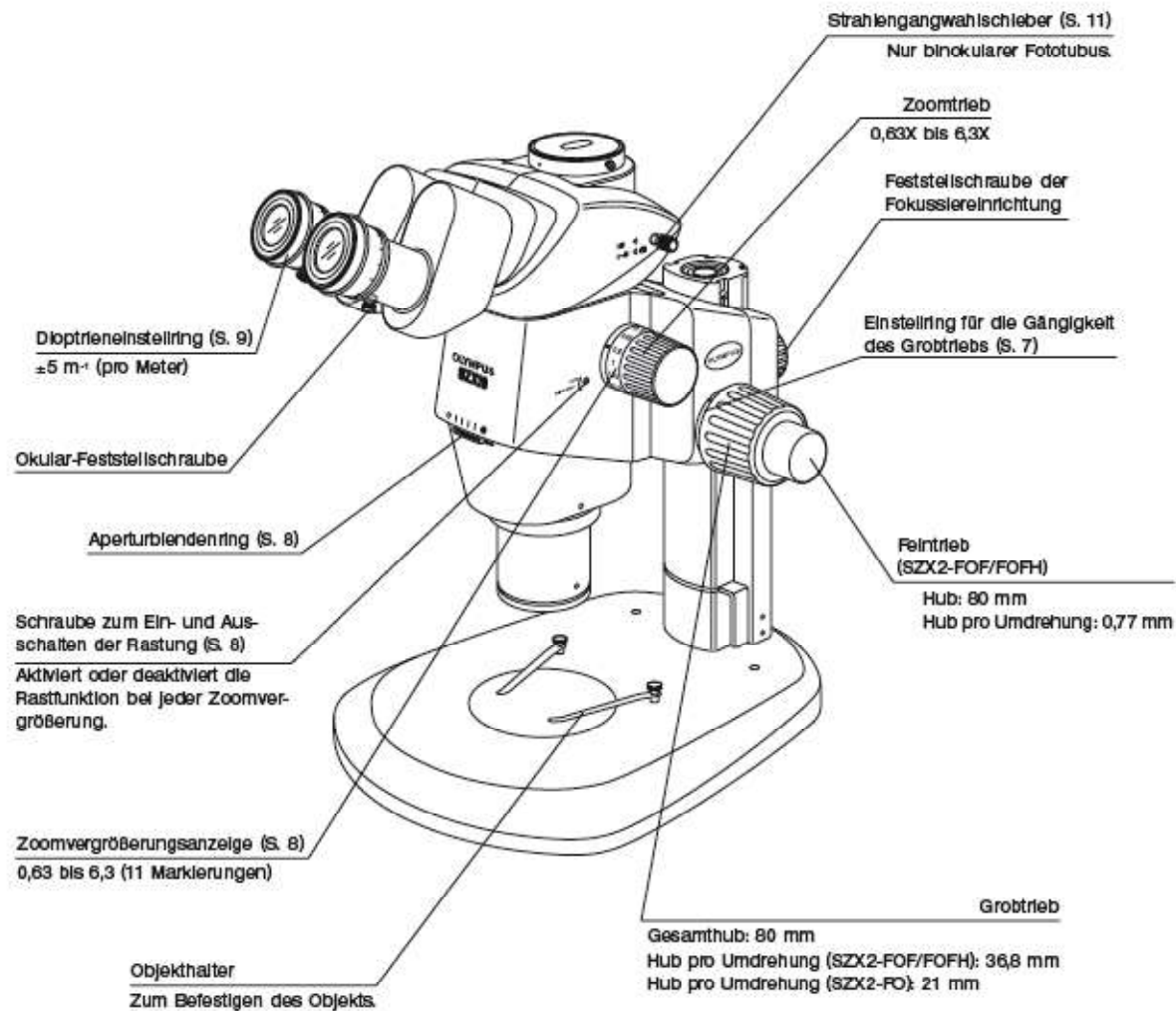
- Sichtprüfung von Leiterplatten
- Qualitätsprüfung kleiner mechanischer Teile
- Sektion von Versuchstieren
- aufrechtes, seitenrichtiges Bild
- für jedes Auge separater Strahlengang

Aufbau

- Greenough-Typ (zwei je 7.5° aus der Senkrechten zueinander geneigte Strahlengänge)
- Fernrohr-Typ (mit zwei Unendlichstrahlengängen, die ein gemeinsames Objektiv verwenden)



Greenough-Typ (links) und Fernrohr-Typ (rechts); Ok: Okular; UP: Umkehrprisma (für seitenrichtiges Bild); Obj: Objektiv; TL: Tubuslinse; FS: Fernrohrsystem



Objektive: typ. 0.5× bis 2×, max. bis 5×
 Stativzoom: typ. 6.3× (stufenlos änderbar)
 Okulare: typ. 10×



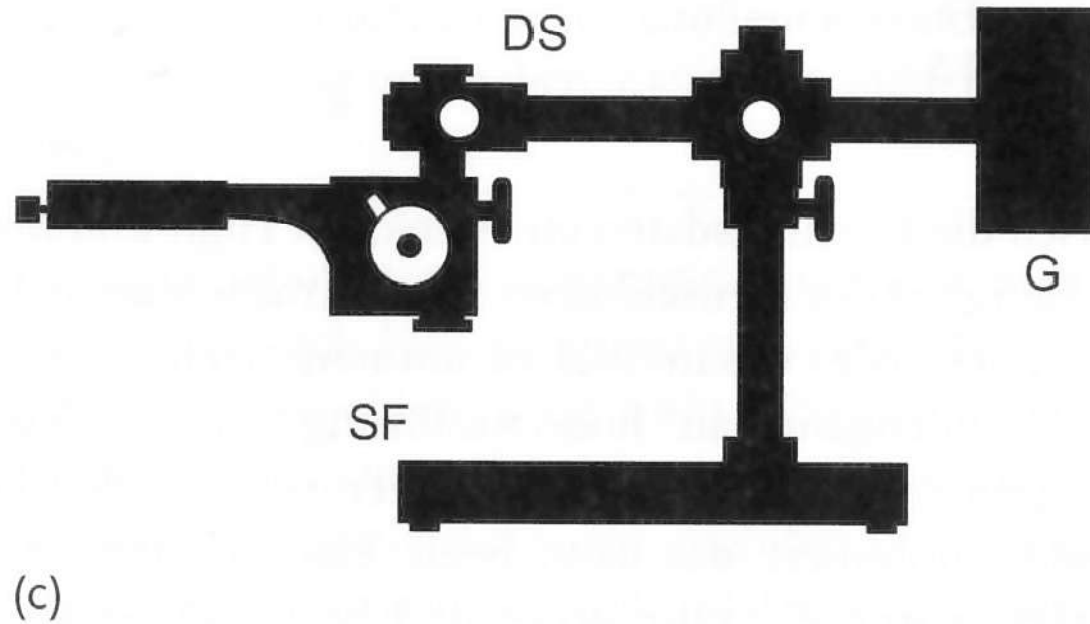
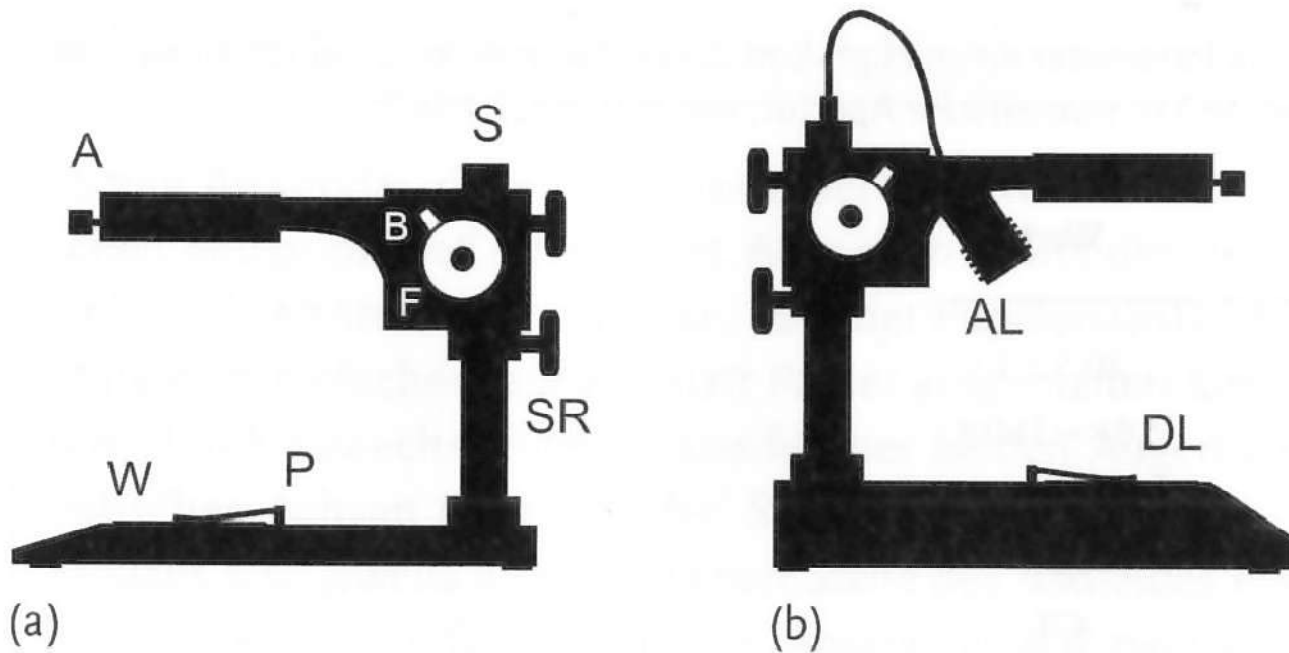


Schmetterling

Stativ und Beleuchtung

Modelle typ. für Auflicht, aber auch Durchlicht

Stative mit Fokussierarm, in dessen Aufnahmering der Kopf des Stereomikroskops eingehängt wird



(a) Auflichtstativ; (b) Auflicht- und Durchlichtstativ; (c) Schwenkarmstativ

A: Aufnahmering; F: Fokussiertrieb; B: Bremse; S: Stativsäule; SR: Sicherungsring; P: Präparatklemme, W: Wechselplatte;

AL: Auflichtbeleuchtung; DL: Durchlichtbeleuchtung; SF: Stativfuß; DS: Dreh-Schwenk-Gelenk; G: Gegengewicht

Durchlichtbeleuchtung aus Stativfuß (Beleuchtungsbasis)

Auflichtbeleuchtung aus Ringlicht (am Objektiv anklemmbar), oder aus Punktstrahlern, beides aus Kaltlichtquellen

