



# GF-Planapochromate und Spezialobjektive für die JENA-MIKROSKOPE 250-CF

Horst Riesenberg

Die Einführung der JENA-MIKROSKOPE 250-CF ist untrennbar verbunden mit der Einführung einer neuen Generation von Mikroskopoptik, die für die optische Leistung der neuen Gerätegeneration von entscheidender Bedeutung ist. Die herausragenden optischen Merkmale der **Großfeld-Abbildung** mit einem Bildfelddurchmesser bis zu **250 mm** und die **farbfehlerfreie Feldabbildung** durch das CVD-freie System der Objektive und Okulare (chromatical aberration free, **CF**) haben letztlich zur Namensgebung der neuen Gerätegeneration geführt.

Die im folgenden vorgestellten neuentwickelten Mikroskopobjektive bilden eine systematische Erweiterung der 1982 eingeführten neuen Generation von Mikroskopoptik [1] und runden das Programm für die Durchlichtmikroskopie sowie für die Fluoreszenz- und Polarisationsmikroskopie ab. Mit den Großfeld-Planapochromaten werden Objektive der höchsten Leistungsklasse für das JENAVAL zur Verfügung gestellt. Weitere Objektive sind speziellen Anforderungen angepaßt und dienen als Grund- bzw. Zusatzausrüstung für das Fluoreszenzmikroskop JENALUMAR und das Polarisationsmikroskop JENAPOL. Spezielle Ölimmersionsobjektive ergänzen das Programm der Zusatzobjektive, die an den verschiedenen Geräten der JENA-MIKROSKOPE 250-CF anwendbar sind. Schließlich werden nachfolgend noch Hinweise gegeben, wie die bereits bekannten Objektive mit großem Arbeitsabstand an die Mikroskope der neuen Gerätegeneration anpaßbar sind.

## Eigenschaften der neuen Optikgeneration

Die neue Generation von Mikroskopoptik ist vor allem durch folgende besondere Merkmale charakterisiert (nähere Erläuterungen vgl. [1] und [2]):

- Großfeld-Abbildung der GF-Objektive und

GF-Okulare und damit wesentliche Steigerung des abgebildeten Informationsinhaltes. Feldkorrektion der GF-Objektive für Zwischenbildgröße 32 mm. Feldkorrektion der GF-Pw-Okulare (mit weitem Steck-Durchmesser) für Bildfelddurchmesser 250 mm. Feldkorrektion der GF-P-Okulare (mit engem Steck-Durchmesser) für Bildfelddurchmesser 180 mm bzw. 200 mm.

- Verbesserte Feldkorrektion der Normalfeld-Objektive für Zwischenbildgröße 20 mm bzw. 25 mm je nach vorgesehener Anwendung.

- Durchgängiges CVD-freies System der Objektive und Okulare (frei von chromatischer Vergrößerungsdifferenz) und damit farbfehlerfreie Abbildung im gesamten Bildfeld. Vermeidung der Nachteile des Kompensationssystems.

- Unendlich-Optik, gekoppelt mit neuem Gewindeanschluß M 25 × 0,75. Tubuslänge ∞ für alle Objektive mit dem Vorteil der Austauschbarkeit an allen Typen der JENA-MIKROSKOPE 250-CF, den bekannten funktionellen Vorzügen in der Auflicht- und Polarisationsmikroskopie (Einspiegelung der Auflichtbeleuchtung sowie Anordnung von Filtern, Analysatoren und Kompensatoren im ∞-Strahlengang) sowie der möglichen Objektivfokussierung (realisiert beim JENAMED).

- Geblockte Pupillenlage. Gleiche Austrittspupillenlage jeweils für die schwächeren und die stärkeren Objektive, die für Kontrastverfahren sowie für die Polarisationsmikroskopie vorgesehen sind, und zwar so nahe wie möglich am Ort der Anschraubfläche der Objektive. Damit optimale Gestaltung der Kontrastverfahren und Gewährleistung eines homogen polarisierten Feldes in der Auflicht-Polarisationsmikroskopie.

- Hohe Gebrauchswerteigenschaften hinsichtlich Handhabung und Zuverlässigkeit.

Anwendung neuester Technologie und Prüftechnik in Verbindung mit gezielter Glasauswahl gewährleisten durchgängig eine hohe Qualität der Objektive und Okulare im Fertigungsprozeß sowie ihre Beständigkeit im Einsatz. Formgestalterische Aspekte fördern die bequeme Handhabung.

## GF-Planapochromate

Mit den GF-Planapochromaten (Tabelle 1) wird die Reihe der GF-Planapochromate [1] ergänzt durch Großfeld-Objektive von höchster Leistung. Durch die Kopplung der drei Merkmale

- apochromatische Korrektur des Farblängsfehlers (farbfehlerfrei in der Bildmitte)
- Korrektur des Farbvergrößerungsfehlers (CVD-frei, farbfehlerfrei im gesamten Bildfeld)

- Korrektur der Bildfeldwölbung bis zur Zwischenbildgröße 32 mm (Großfeld-Abbildung)

weisen die GF-Planapochromate Eigenschaften auf, die erforderlich sind, wenn feinste Struktureinheiten bei größter Farbreinheit in einem großen Objektfeld zu untersuchen sind. Die numerische Apertur der GF-Planapochromate 25×/0,65, 50×/0,95, HI 100×/1,35 ist jeweils größer als die der GF-Planapochromate gleicher Vergrößerung, wodurch eine erhöhte Auflösung erzielt wird. Die numerische Apertur 0,95 des GF-Planapochromats 50× stellt die technisch erreichbare obere Grenze für ein Trockensystem dar. Mit einer Korrekturfassung ist auch bei abweichender Deckglasdicke eine optimale Bildgüte einstellbar.

Die GF-Planapochromate sind für die Grundausrüstung des JENAVAL ohne bzw. mit Kontrasttubus in solchen Fällen vorgesehen, wenn es auf die besonderen Eigenschaften der Objektive der höchsten Lei-

Bild 1: Die neuen GF-Planapochromate ∞/0,17-A.

stungsklasse ankommt. Die Ausrüstung wird ergänzt durch die schwachen GF-Planachromate 3,2× und 12,5× (Tab. 1 in [1]), die auf Grund ihres geringen Farbblängsfehlers und ihrer CVD-Freiheit auch hohen Ansprüchen an die Farbwiedergabe gerecht werden.

### Objektive für Fluoreszenzmikroskopie

Im Rahmen der neuen Optikgeneration wurde 1982 vorrangig für die Fluoreszenzmikroskopie die neue Apochromatreihe eingeführt (siehe Tabelle 3 in [1]), die als Grundausrüstung für das Auflicht-Fluoreszenzmikroskop JENAMED fluorescence dient. Die apochromatische Korrektur der Objektive – d.h. die Beseitigung des sogenannten „sekundären Spektrums“ [2] – bei deutlich höherer numerischer Apertur als bei entsprechenden (plan)achromatischen Objektiven gleicher Vergrößerung in Verbindung mit ihrer hohen Transmission im sichtbaren Spektrum und im angrenzenden Bereich des nahen Ultraviolett machen diese Objektive für die Fluoreszenzmikroskopie besonders geeignet. Ihr optischer Aufbau läßt jedoch ab der Vergrößerung 25× nur die Verwendung bis zur Zwischenbildgröße 19 mm zu.

Für das Fluoreszenz-Forschungsmikroskop JENALUMAR [3] wird eine gemischte Reihe von Objektiven zur Verfügung gestellt (Tabel-

le 2), die hinsichtlich numerischer Apertur und Transmission wie die Apochromate fluorezenzspezifische Eigenschaften aufweisen und darüber hinaus aufgrund ihrer Bildfeldebnung für die Zwischenbildgröße 25 mm nutzbar sind (GF-PApo 25× für 32 mm Zwischenbildgröße). Dadurch wird eine wesentliche Steigerung des Bildinhaltes im Vergleich zu bisherigen Fluoreszenzmikroskopen ermöglicht. Die Objektive der Vergrößerung 6,3×, 12,5× und 25× sind hinsichtlich des Farbblängsfehlers apochromatisch korrigiert. Die Planachromate (fl) 50× und HI 100× haben ein stark vermindertes sekundäres Spektrum im Vergleich zu üblichen (plan)achromatisch korrigierten Systemen und könnten auch als Semiplanachromate oder als Fluoritobjektive bezeichnet werden. Die Zusatzbezeichnung „fl“ weist auf ihre spezielle Eignung für Fluoreszenz hin.

### Objektive für Polarisationsmikroskopie

Die grundlegende Konzeption der neuen Optikgeneration bringt auch für die Polarisationsmikroskopie Vorteile, wobei die farbfeldfreie Feldabbildung, die verbesserte Feldkorrektur der Normalfeld-Objektive und die geblockte Pupillenlage im Vordergrund stehen. Darüber hinaus wird den spezifischen polarisationsoptischen Eigenschaften der Pol-

Objektive im Fertigungsprozeß erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Beginnend mit der Bereitstellung von spezialgekühltem Glas bis hin zur Endmontage der Objektive wird unter Einbeziehung spezieller Prüftechnik eine hohe Pol-Qualität gewährleistet, die in weitestgehender Spannungsfreiheit der Objektive zum Ausdruck kommt.

Da aus physikalischen Gründen eine Großfeld-Abbildung mit Zwischenbildgröße 32 mm in der Polarisationsmikroskopie nicht sinnvoll ist [4], kommen in der Grundausrüstung des JENAPOL vorrangig Planachromate für Zwischenbildgröße 20 mm zum Einsatz. Zur Ausrüstung gehören das Okular P 6,3× (19) und das Großfeld-Okular GF-P 10× (20) sowie die Pol-Objektive GF-Planachromat 3,2×/0,06 ∞/- A Planachromat 10×/0,20 ∞/- A Planachromat 20×/0,40 ∞/0,17 - A Planachromat (fl) 50×/0,95 ∞/0,17 - A. Planachromat HI 100×/1,30 ∞/0,17 - A.

Für das JENAPOL u kommen zusätzlich noch Objektive für unbedeckte Präparate hinzu (weitere Angaben in den Tabellen 1 und 2 in [1]). Ein Übersichtsobjektiv 1,6:1 ist im Gerät eingebaut. Auf die besonderen Eigenschaften des hochaperturigen Trockenobjektivs Planachromat (fl) 50×/0,95 (Tabelle 2)

**Tabelle 1:** Großfeld-Planachromate

Objektivbenennung	Brennweite (mm)	Freier Arbeitsabstand (mm)	Deckglas-Korrektur (mm)	max. Objektfeld-Durchmesser (mm)	Besonderheiten
GF-Planapochromat 25×/0,65 ∞/0,17 - A	10	0,34	0,17	1,3	Prä <sup>1)</sup>
GF-Planapochromat 50×/0,95 ∞/0,17 - A	5	0,10	0,14-0,20	0,64	Korrektionsfassung, Prä <sup>1)</sup>
GF-Planapochromat HI 100×/1,35 ∞/0,17 - A	2,5	0,08	0,17	0,32	Ölimmersion, Irisblende (abgeblendete num. Ap. = 0,8), Prä <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Prä = federnder Präparate- und Objektivschutz

Mikroskopierverfahren: Hellfeld, Dunkelfeld, orientierende Polarisation, differentieller Interferenzkontrast.

In Verbindung mit Kontrasttubus: positiver und negativer Phasenkontrast, zentrales Dunkelfeld, differentieller Interferenzkontrast.

Spezielle Eignung des GF-PApo 25×/0,65 für Fluoreszenzmikroskopie.

**Tabelle 2:** Objektive für Fluoreszenzmikroskopie

Objektivbenennung	Brennweite (mm)	Freier Arbeitsabstand (mm)	Deckglas-Korrektur (mm)	max. Objektfeld-Durchmesser <sup>1)</sup> (mm)	Hinweise, Besonderheiten
Apochromat 6,3×/0,17 ∞/- A	39,6	6,6	0,17/0	4	siehe auch
Apochromat 12,5×/0,35 ∞/0,17 - A	20	1,4	0,17	2	Tabelle 3 in [1]
GF-Planapochromat 25×/0,65 ∞/0,17 - A	weitere Angaben in Tabelle 1				
Planachromat (fl) 50×/0,95 ∞/0,17 - A	5	0,1	0,14-0,20	0,5	Korrektionsfassung, Prä; zusätzlich spezielle Ausführung für Polarisation (Pol)
Planachromat (fl) HI 100×/1,30 ∞/0,17 - A	2,5	0,08	0,17	0,25	Ölimmersion, Irisblende (abgeblendete num. Ap. = 0,8), Prä

<sup>1)</sup> Entspricht einem Zwischenbild-Durchmesser von 25 mm.

Mikroskopierverfahren: Hellfeld, Fluoreszenz, Dunkelfeld, orientierende Polarisation, differentieller Interferenzkontrast (außer Apochromat 6,3×).

In Verbindung mit Kontrasttubus: positiver und negativer Phasenkontrast, zentrales Dunkelfeld, differentieller Interferenzkontrast.

Bemerkung: Die Apochromate 25×/0,65, 0,5×/0,95 und HI 100×/1,40 sind ebenfalls für die Fluoreszenzmikroskopie geeignet. Für Zwischenbild-Durchmesser 19 mm vorsehen (s. Tabelle 3 in [1]).

**Tabelle 3:** Spezielle Ölimmersionsobjektive

Objektivbenennung	Brennweite (mm)	Freier Arbeitsabstand (mm)	Deckglas-Korrektur (mm)	max. Objektfeld-Durchmesser (mm)	Besonderheiten
Planachromat HI 25×/0,65 ∞/0,17 - A	10	0,38	0,17 (0)	1 <sup>1)</sup>	Prä, revolverabgeglichen mit Objektiven für bedeckte Präparate
Planachromat HI 25×/0,65 ∞/0 - A	10	0,55	0 (0,17)	1 <sup>1)</sup>	Prä, revolverabgeglichen mit Objektiven für unbedeckte Präparate; zusätzlich spezielle Ausführung für Polarisation (Pol)
GF-Planachromat HI 50×/1,0 ∞/0 - A	5	0,40	0 (0,17)	0,64 <sup>2)</sup>	Prä, revolverabgeglichen mit Objektiven für unbedeckte Präparate; zusätzlich spezielle Ausführung für Polarisation (Pol)

<sup>1)</sup> Entspricht einem Zwischenbild-Durchmesser von 25 mm

<sup>2)</sup> Entspricht einem Zwischenbild-Durchmesser von 32 mm

Mikroskopierverfahren: Hellfeld, Fluoreszenz, Dunkelfeld, orientierende Polarisation mit Normalausführung, Polarisation mit Pol-Ausführung, differentieller Interferenzkontrast.

In Verbindung mit Kontrasttubus: positiver und negativer Phasenkontrast, zentrales Dunkelfeld, differentieller Interferenzkontrast.

für die konoskopische und orthoskopische Beobachtung wird in [4] näher eingegangen. **Spezielle Ölimmersionsobjektive**

Die Ölimmersionsobjektive der Grundausrüstungen von Mikroskopen haben üblicherweise die Eigenvergrößerung 100 und eine numerische Apertur 1,25 bis maximal 1,40, deren allgemeine Bedeutung in der Mikroskopie darin besteht, die höchste Auflösung bei stärkster Vergrößerung zu erzielen. Demgegenüber kommen den Ölimmersionsobjektiven mit geringerer Eigenvergrößerung (Tabelle 3) spezielle Bedeutungen zu.

Wenn bei mikroskopischen Untersuchungen auf die höchste Auflösung – damit auf die Verwendung eines 100er Immersionsobjektivs – nicht verzichtet werden kann, ist es im Interesse eines bequemen und rationellen Arbeitens vorteilhaft, wenn der Wechsel zwischen Übersichtsbeobachtung und stärkster Vergrößerung unter Beibehaltung der Immersionsflüssigkeit möglich ist. Diesem Zweck dient u. a. der Planachromat HI 25×/0,65. Man kann diese Arbeitsmethode als „nasse“ Mikroskopie oder als **Immersionmikroskopie** bezeichnen.

Auf Grund des Apertur-Vergrößerungsverhältnisses und des spektralen Transmissionsverhaltens sind die Objektive HI 25×/0,65 und HI 50×/1,0 auch für die **Fluoreszenzmikroskopie** geeignet, wobei speziell der Planachromat HI 25×/0,65 ∞/0,17 – A

mit den Standard-Objektiven für die Fluoreszenzmikroskopie (Tabelle 2) abgeglichen ist.

In der **Auflicht-Hellfeldmikroskopie** werden Immersionsobjektive zur Kontraststeigerung bei der Bildwiedergabe schwach reflektierender Objekte verwendet. Die Immersionsflüssigkeit bewirkt hierbei, daß geringe Brechzahldifferenzen im Objekt einen deutlicheren Kontrast ergeben als bei einem Trockensystem. Besonders vorteilhaft wird dieser Effekt in der Kohlemikroskopie genutzt.

In der **Auflicht-Polarisationsmikroskopie** wird mit den Immersionsobjektiven eine diagnostisch auswertbare Änderung des Reflexionsvermögens schwach absorbierender Objekte erzeugt. Zusätzlich wird eine Steigerung der Intensität der zwischen gekreuzten Polaren sichtbaren, in der Regel sehr lichtschwachen Anisotropieeffekte um den Faktor  $n_{\text{Immersion}}^2$  erreicht. Mit diesen Erscheinungen wird die Erzmineraldiagnose entscheidend verbessert.

Da die Ölimmersionsobjektive nach Tabelle 3 meist als Zusatzobjektive zu vorhandenen Objektivreihen Verwendung finden, ist bei deren Auswahl folgendes zu beachten: Hinsichtlich der Bildgüte sind sie sämtlich deckglasunempfindlich, was in der Tabelle durch die Angabe 0,17 (0) bzw. 0 (0,17) zum Ausdruck kommt. Hinsichtlich der Abgleichlänge sind jedoch Unterschiede zu berücksichtigen:

Die Objektive mit der Benennung ∞/0,17 sind abgeglichen mit Objektiven für bedeckte Präparate, und solche mit der Benennung ∞/0 haben die gleiche Abgleichlänge wie Objektive für unbedeckte Präparate. Nichtbeachtung dieses Sachverhaltes führt zu einer Einstelldifferenz von etwa 60 µm.

#### Objektive mit großem Arbeitsabstand

Die Objektive mit großem freiem Arbeitsabstand – auch LD-Objektive (long distance) genannt – sind schon seit längerer Zeit im Produktionsprogramm enthalten. In Anbetracht ihrer CVD-Freiheit ordnen sie sich in die Grundkonzeption der neuen Optikgeneration ein. Die planachromatischen und planapochromatischen LD-Objektive 4×, 8×, 16× und 40× mit Gewindeanschluß M 19 (ausführliche Angaben in [2] und [5]) können mittels eines Zwischenringes M25/M19 auch an den JENA-MIKROSKOPEN 250-CF verwendet werden.

#### Literatur

- [1] RIESENBERG, H., und H. BRUCH: Jenaer Rundschau 27 (1982) 1, 33–39.
- [2] RIESENBERG, H.: Jenaer Rundschau 25 (1980) 4, 158–163.
- [3] BÖRNER, G., und H. BRUCH: (in diesem Heft).
- [4] BERGNER, J.: (in diesem Heft).
- [5] Druckschrift Nr. 30-411-1 (Mikroskopobjektive mit großem Arbeitsabstand).

## Zum Gefüge von Vulkanitachaten

Hans-Joachim Blankenburg

Bergakademie Freiberg,  
Wissenschaftsbereich Geochemie/Mineralogie

Achate kommen sowohl in basischen als auch in sauren Vulkaniten vor; ihre Form ist vorwiegend amygdaloid, kugelig, linsen- oder sternförmig. Seit Jahrtausenden werden derartige Achate genutzt, und seit mehr als 200 Jahren wird wissenschaftlich an dem Problem ihrer Genese gearbeitet.

Nach neueren Untersuchungen [11, 1, 2] gewinnt die Hypothese der syngenetischen, intramagmatischen Bildung der Vulkanitachate durch Kontamination und Umkristallisation von sedimentären Kieselgesteinen in den Magmen, die ihre Vorläufer bei LEONHARD [7], MOHS [10] und BREITHAUPT [4] hat, wieder mehr an Bedeutung. Aber auch bei dieser Hypothese bleiben zur Zeit noch einige wichtige Fragen unbeantwortet, z. B. nach dem Zustand der SiO<sub>2</sub>-„Tropfen“ in der magmatischen Schmelze vor der Kristallisation. Einer der Schlüssel zur Lösung dieser Frage ist das Studium des Gefüges, bei dem die

Polarisationsmikroskopie eine wichtige Untersuchungsmethodik darstellt. Das Übersichtsobjektiv des neuen Polarisationsmikroskops JENAPOL bietet hier einen besonderen Vorteil, da mit ihm die großflächige Gefügeausbildung in einem Objektfeld von 12,5 mm Durchmesser beobachtet werden kann.

Mit polarisationsmikroskopisch sichtbaren Chalcedonfasern in Vulkanitachaten beschäftigte sich schon BREWSTER in mehreren Publikationen. 1844 veröffentlichte er erstmalig die Ergebnisse von Faserdickenmessungen. Die SiO<sub>2</sub>-Fasern haben danach eine Dicke von  $4,6 \dots 15 \cdot 10^{-5}$  cm.

Die vorliegenden Bilder zeigen eine Achatkugel aus dem Quarzporphyr von St. Egidien. Deutlich ist im Bild 1 der Lagenbau (nach BRAITSCH [3] „Gleichzeitigkeitsflächen des Faserwachstums“) zu erkennen. In Bild 2 werden die Grenzflächen zwischen Nachbar- bzw. Teilsphärolithen (sogenannte

Ungleichzeitigkeitsflächen), körnige Kristallisationen und Einlagerungen von Eisenoxiden sichtbar. Die Lagigkeit oder Bänderung der

**Bild 1:** Achatkugel im Quarzporphyr von St. Egidien unter gekreuzten Polaren. Maßstab 1:1. Neben den Gleichzeitigkeitsflächen (Lagen) werden die Ungleichzeitigkeitsflächen (Berührungs- bzw. Behinderungsflächen des sphärolithischen Wachstums) sowie die Unterschiede in der Kristallisation sichtbar.

**Bild 2:** Achatkugel wie Bild 1. Maßstab 12,5:1. Dargestellt ist das gesamte Bildfeld des Objektivs 1,6 des JENAPOL. Gekreuzte Polare. Neben den G- und U-Flächen sind die Einlagerungen von Eisenoxid-Partikel parallel zu den G-Flächen deutlich sichtbar.

**Bild 3:** Achatkugel wie Bild 1. Maßstab 80:1. Gekreuzte Polare. Das Faserwachstum wird immer wieder gestört durch Änderungen in den Kristallisationsbedingungen (unterschiedliche Faserlänge, körnige Kristallisation) und durch die Einlagerungen.

**Bild 4:** Achatkugel wie Bild 1. Maßstab 80:1. Gekreuzte Polare. Im Zentrum der Vulkanitachate kommt es häufig zur körnigen, teilweise phanokristallinen Quarzbildung. Bei kryptokristalliner Ausbildung werden die Eisenoxide kugelig fixiert.