
Inhaltsverzeichnis

1. Historischer Rückblick	21
von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
1.1. Einleitung	21
1.2. Die ersten 150 Jahre der mikroskopischen Entwicklung	22
1.3. Einführung achromatischer optischer Systeme	25
1.4. Wechselseitige Abhängigkeit von Zytologie, Histologie, Bakteriologie und der Mikroskopentwicklung im 19. Jahrhundert	26
1.5. Die letzten 100 Jahre der Mikroskopentwicklung	29
2. Optisches System des Mikroskops	35
von Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i>	
2.1. Gaußsche Abbildung oder fehlerfreie Abbildung	35
2.1.1. Vorzeichenfestlegung	36
2.1.2. Übersicht über die wichtigsten Begriffe und ihre Bezeichnungen in der Gaußschen Abbildung	37
2.1.3. Definition der Brennweiten	38
Abbildungsgleichung für den Fall eines im Brennpunkt und im Unend- lichen gelegenen Objekts	
2.1.4. Bildkonstruktion	40
2.1.5. Abbildungsgleichungen	41
2.1.5.1. Abbildungsmaßstab	41
2.1.5.2. Newtonsche Abbildungsgleichung	41
2.1.5.3. Allgemeine Abbildungsgleichung	41
2.1.6. Tiefenmaßstab, Winkelverhältnis und ihr Zusammenhang mit dem Ab- bildungsmaßstab	42
2.1.6.1. Tiefenmaßstab oder Tiefenverhältnis	42
2.1.6.2. Winkelverhältnis	43
2.1.7. Vergrößerung	43
2.1.7.1. Scheinbare Größe	43
2.1.7.2. Definition der Vergrößerung	45
2.1.7.3. Lupenvergrößerung, Mikroskopvergrößerung, Okularvergrößerung ...	45
2.1.8. Gaußsche Abbildung durch zusammengesetzte optische Systeme	46
2.1.8.1. Aus zwei optischen Systemen zusammengesetztes optisches System mit von Null verschiedener optischer Tubuslänge (z. B. Mikroskop)	47
2.1.8.2. Aus zwei optischen Systemen zusammengesetztes System mit parallelem Strahlengang zwischen ihnen (z. B. Mikroskopobjektiv für unendliche Bildweite mit Tubuslinse)	48

2.1.8.3.	Aus zwei optischen Systemen zusammengesetztes afokales System (z.B. Fernrohr)	50
2.2.	Strahlengang im zusammengesetzten Mikroskop – Vergrößerung – Abbildungsmaßstab	50
2.2.1.	Abbildungsstrahlengang im zusammengesetzten Mikroskop bei Mikroskopobjektiven mit endlicher Bildweite	52
2.2.1.1.	Übliche Anordnung des Mikroskops bei subjektiver Beobachtung	52
2.2.1.2.	Anordnung des Mikroskops bei virtueller oder reeller Bildlage (Einstellung bei beliebig akkommodiertem bzw. fehlsichtigem Auge, Mikroprojektion, Mikrofotografie)	53
2.2.1.3.	Anordnung des Mikroskops wie bei subjektiver Beobachtung, jedoch anstelle des Auges eine fotografische Kamera	53
2.2.1.4.	Anordnung des Mikroskops mit Projektiven für Mikroprojektion und Mikrofotografie	54
2.2.2.	Abbildungsstrahlengang im zusammengesetzten Mikroskop bei Mikroskopobjektiven mit unendlicher Bildweite	54
2.2.3.	Betrachtungsvergrößerung, Endvergrößerung, förderliche Vergrößerung	56
2.2.4.	Übersicht über die wichtigsten Gleichungen für Vergrößerung und Abbildungsmaßstab im zusammengesetzten Mikroskop	57
2.2.5.	Funktion des Objektivs und Okulars im zusammengesetzten Mikroskop	57
2.3.	Strahlenbegrenzung und ihre Meßgrößen	60
2.3.1.	Strahlenraum, Blenden, Pupillen	60
2.3.2.	Meßgrößen der Öffnung	63
2.3.2.1.	Numerische Apertur	63
2.3.2.2.	Öffnungsverhältnis	64
2.3.2.3.	Zusammenhang zwischen numerischer Apertur und Öffnungsverhältnis	65
2.3.2.4.	Zusammenhang zwischen numerischer Apertur und Durchmesser der Austrittspupille	65
2.3.3.	Meßgrößen des Felds	66
2.4.	Wellenoptische und aberrationsbehaftete Abbildung	66
2.4.1.	Wellenoptische Abbildung eines leuchtenden Punkts	67
2.4.1.1.	Beugungsfigur bei kreisförmiger Pupille	69
2.4.1.2.	Beugungsfigur bei ringförmiger Pupille	70
2.4.2.	Defokussierung und Schärfentiefe	74
2.4.2.1.	Einfluß der Defokussierung auf die Beugungsfigur	74
2.4.2.2.	Schärfentiefe bei der mikroskopischen Abbildung	76
2.4.2.2.1.	Wellenoptische Schärfentiefe	76
2.4.2.2.2.	Geometrisch-optische Schärfentiefe	77
2.4.2.2.3.	Einfluß der Akkommodation auf die Schärfentiefe	79
2.4.2.2.4.	Kombinierte Gleichung für die Schärfentiefe	81
2.4.2.2.5.	Schärfentiefe bei lupenfotografischer Abbildung	83
2.4.3.	Monochromatische Abbildungsfehler	84
2.4.3.1.	Öffnungsfehler	86
2.4.3.1.1.	Allgemeines	86
2.4.3.1.2.	Öffnungsfehler einer Linse und eines Spiegels	87
2.4.3.1.3.	Wellenoptische Betrachtung des Öffnungsfehlers, Definitionshelligkeit	90
2.4.3.2.	Koma	92
2.4.3.3.	Zweischalenfehler (Astigmatismus)	94
2.4.3.4.	Bildfeldwölbung	96
2.4.3.5.	Verzeichnung	98
2.4.4.	Chromatische Abbildungsfehler	99

2.5. Mikroskopobjektive	103
2.5.1. Allgemeines.....	103
2.5.1.1. Anpassungsmaße	103
2.5.1.2. Vergrößerung bzw. Abbildungsmaßstab der Objektive	104
2.5.1.3. Numerische Apertur – Trockenobjektive – Immersionsobjektive	107
2.5.1.4. Objektive mit und ohne Deckglas – Einfluß abweichender Deckglasdicke	109
2.5.1.5. Objektivfassung – Präparateschutz – Korrektionsfassung	112
2.5.1.6. Einteilung und Kennzeichnung der Objektive.....	115
2.5.2. Objektive für einen breiten Anwendungsbereich	117
2.5.3. Objektive für spezielle Anwendungen.....	121
2.5.4. Objektive für Polarisierung, Phasenkontrast und Dunkelfeld	131
2.6. Okulare und Projektive	133
2.6.1. Okulare	134
2.6.1.1. Anpassungsmaße	134
2.6.1.2. Grundsätzlicher Aufbau von Okularen mit Vorder- und Mittenblende..	135
2.6.1.3. Okulartypen	135
2.6.1.4. Bildfeldgröße des Okulars und ihr Zusammenhang mit der Objektfeldgröße	136
2.6.1.5. Kennzeichnung der Okulare – Okularübersicht	137
2.6.2. Projektive	139
2.7. Kondensoren	140
3. Beugungstheorie der mikroskopischen Abbildung	145
von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
3.1. Kohärenz des Lichts	145
3.2. Interferenz und Beugung	146
3.2.1. Licht als Wellenbewegung	146
3.2.2. Grundprinzipien der Interferenz	147
3.2.3. Beugung	148
3.2.4. Anwendung der Beugung auf die mikroskopische Abbildung	151
3.3. Abbesche Versuche zur Bildentstehung im Mikroskop	155
4. Mechanischer Aufbau des Mikroskops und seine Pflege	161
von Ing. <i>Friedrich Schüller</i>	
4.1. Fokussierbewegung	161
4.1.1. Führung	162
4.1.2.trieb	162
4.2. Qualitätsmerkmale des Mikroskops (mechanisch)	163
4.3. Mechanische Verwirklichung der optischen Achse	166
4.3.1. Durchlichtmikroskop	166
4.3.2. Auflichtmikroskop.....	168
4.4. Baukastensystem des Mikroskopbaus	170
4.4.1. Bausteine	170
4.4.2. Koppelstellen der Bausteine	185
4.4.3. Anwendung der Bausteine	186

4.5. Mikroskope umgekehrter Bauart	193
4.5.1. Auflichtmikroskop umgekehrter Bauart	193
4.5.2. Durchlichtmikroskop umgekehrter Bauart	195
4.6. Sondermikroskope	196
4.7. Pflege des Mikroskops	200
5. Lichtquellen und Lichtfilter	203
von Ing. <i>Joachim Bergner</i>	
5.1. Lichtquellen	203
5.1.1. Anforderungen an die Lichtquellen für die Mikroskopie	203
5.1.1.1. Quantität der Strahlung	203
5.1.1.2. Qualität der Strahlung	203
5.1.1.3. Zeitliche Konstanz der Strahlung	204
5.1.1.4. Form des Strahlungskörpers und räumliche Konstanz der Strahlung ...	205
5.1.1.5. Energieverbrauch und Nebenerscheinungen	205
5.1.2. Glühlampen	206
5.1.3. Bogenlampen	207
5.1.3.1. Kohlebogenlampen	207
5.1.3.2. Zirkonbogenlampen	207
5.1.4. Entladungslampen	207
5.1.4.1. Xenon-Höchstdrucklampen	207
5.1.4.2. Xenon-Blitzröhren	209
5.1.4.3. Quecksilber-Höchstdrucklampen	209
5.1.4.4. Quecksilber-Halogenid-Lampen	210
5.1.4.5. Quecksilber-Niederdrucklampen (Leuchtstoff)	210
5.2. Lichtfilter	210
5.2.1. Kennzeichnung von Lichtfiltern	210
5.2.2. Lichtfiltergruppen	211
5.2.2.1. Kontrastfilter	211
5.2.2.2. Kompensationsfilter	211
5.2.2.3. Korrektionsfilter	212
5.2.3. Filterarten	212
5.2.3.1. Absorptionsfilter	212
5.2.3.2. Interferenzfilter	213
5.2.3.3. Dispersionsfilter	214
5.3. Übersicht über die Haupteigenschaften der gebräuchlichen Lichtquellen für die Mikroskopie	215
6. Mikroskopierverfahren und ihre Anwendung	216
6.1. Durchlichtmikroskopie	216
6.1.1. Hellfeld	216
von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> und Dr. rer. nat. <i>Ludwig Otto</i>	
6.1.1.1. Allgemeines	216
6.1.1.2. Köhlersches Beleuchtungsverfahren	216
6.1.1.3. Helligkeit des Bilds	219
6.1.1.4. Praxis der Hellfeldmikroskopie	222
6.1.1.4.1. Wahl der optischen und mechanischen Ausrüstung	222
6.1.1.4.2. Köhler-Beleuchtung	225

6.1.2.	Phasenkontrast und Dunkelfeld	227
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
6.1.2.1.	Allgemeine Grundlagen	227
6.1.2.2.	Intensität und Kontrast bei Phasenkontrast und Dunkelfeld	234
6.1.2.3.	Nichtstrenges Zernike-Verfahren	236
6.1.2.4.	Farbiger Phasenkontrast	238
6.1.2.5.	Phasenkontrasteinrichtungen	239
6.1.2.6.	Anwendungen in Biologie und Medizin	244
6.1.2.7.	Anwendungen in der Technik und Mineralogie, Farbbimmersionsmethode	251
6.1.3.	Interferenzmikroskopie (Durchlicht)	257
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
6.1.3.1.	Aufgabenbereich und allgemeine Grundlagen	257
6.1.3.2.	Grundprinzipien zur praktischen Durchführung der Interferenzmikroskopie	258
6.1.3.3.	Einige Interferenzanordnungen, die praktische Bedeutung erlangt haben	261
6.1.3.3.1.	Interferenzmikroskopische Anordnungen ohne Beeinflussung des Vergleichsstrahlengangs durch das Objekt	261
6.1.3.3.2.	Interferenzmikroskopische Anordnungen mit Beeinflussung des Vergleichsstrahlengangs durch das Objekt	265
6.1.3.4.	Anwendungen	277
6.1.3.4.1.	Biologie und Medizin	277
6.1.3.4.2.	Anwendungen in anderen, vorwiegend technischen Arbeitsgebieten	281
6.1.4.	Polarisationsmikroskopie	285
	von Dr. rer. nat. <i>Hans Gause</i>	
6.1.4.1.	Bedeutung	285
6.1.4.2.	Polarisationsoptische Erscheinungen	285
6.1.4.2.1.	Erzeugung polarisierten Lichts	285
6.1.4.2.2.	Lichtausbreitung in anisotropen Medien	287
6.1.4.2.3.	Indikatrix einachsiger Kristalle	288
6.1.4.2.4.	Indikatrix zweiachsiger Kristalle	289
6.1.4.2.5.	Doppelbrechung	290
6.1.4.2.6.	Gangunterschied und Interferenzfarbe	292
6.1.4.2.7.	Überlagerungen von Kristallplatten im polarisierten Licht bei direkter Betrachtung	296
6.1.4.2.8.	Kristallplatten im polarisierten Licht bei indirekter Betrachtung	296
6.1.4.2.9.	Dispersionserscheinungen bei Lichtbrechung, Doppelbrechung und optischen Achsen	298
6.1.4.2.10.	Drehende und absorbierende Kristalle	299
6.1.4.3.	Durchlichtpolarisationsmikroskop	301
6.1.4.3.1.	Polare für Mikroskope	301
6.1.4.3.2.	Aufbau des Polarisationsmikroskops	302
6.1.4.4.	Messungen mit dem Polarisationsmikroskop	306
6.1.4.4.1.	Messung von Winkeln, Längen, Dicken und Flächen	306
6.1.4.4.2.	Messung im direkten Strahlengang	307
6.1.4.4.3.	Messungen bzw. Bestimmungen im indirekten Strahlengang	317
6.1.4.4.4.	U-Tisch-Methoden	322
6.1.5.	Fluoreszenzmikroskopie	325
	von Dr. rer. nat. <i>Ludwig Otto</i>	
6.1.5.1.	Allgemeine Betrachtungen	325
6.1.5.2.	Aufbau des Fluoreszenzmikroskops	326
6.1.5.3.	Technik der Fluoreszenzmikroskopie	329
6.1.5.4.	Geräte zur Fluoreszenzmikroskopie	334
6.1.5.5.	Fluoreszenz- und Kombinationsverfahren	334

6.1.5.6.	Mikroskopzubehör	340
6.1.5.7.	Präpariertechnik	341
6.1.5.8.	Einsatzgebiete der Fluoreszenzmikroskopie	342
6.1.6.	Mikroskopie mit unsichtbaren Strahlen	344
	von Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i>	
6.1.6.1.	Einführung	344
6.1.6.2.	UV-Mikroskopie	346
6.1.6.3.	Infrarotmikroskopie	350
6.1.6.4.	Röntgenmikroskopie	352
6.1.7.	Mikrofotometrie und Mikrospektralfotometrie	357
	von Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i>	
6.1.7.1.	Allgemeines	357
6.1.7.2.	Physikalische und meßtechnische Grundlagen	357
6.1.7.2.1.	Messung der Strahlungsabsorption – Reintransmissionsgrad und Ex- tinktion	357
6.1.7.2.2.	Lambert-Beersches Gesetz	359
6.1.7.2.3.	Grundlegende Gleichungen zur Mengenbestimmung einer absorbieren- den Substanz	361
6.1.7.2.4.	Plug-Methode	365
6.1.7.2.5.	Inhomogenitätsfehler	367
6.1.7.2.6.	Mengenbestimmung bei Mehrstoffsystemen	369
6.1.7.2.7.	Einfluß des Streulichts und Streulichtkorrekturen	369
6.1.7.2.8.	Scanning-Verfahren	372
6.1.7.3.	Auswahl einiger typischer kommerzieller Geräte	374
6.1.7.3.1.	Mikroskope für fotografische Fotometrie	374
6.1.7.3.2.	Mikroskop mit lichtelektrischer Fotometrie	376
6.1.7.4.	Anwendungen	379
6.1.8.	Kernspurmikroskopie	381
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
6.1.9.	Präpariertechnik	388
	von Dr. rer. nat. <i>Ludwig Otto</i>	
6.1.9.1.	Begriffe der Präpariertechnik	388
6.1.9.2.	Arten der Präparate	389
6.1.9.3.	Hilfsmittel zur Präparation	391
6.1.9.4.	Einbettung	396
6.1.9.5.	Mikrotome	398
6.1.9.6.	Färbung	399
6.1.9.7.	Hilfstechniken	402
6.1.9.8.	Herstellen von Dünnschliffen natürlicher und technischer Produkte	402
	von Ing. <i>Joachim Bergner</i>	
6.2.	Auflichtmikroskopie	406
6.2.1.	Hellfeld	406
	von <i>Wolfgang Oettel</i>	
6.2.2.	Phasenkontrast und Dunkelfeld (Auflicht)	418
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
6.2.2.1.	Allgemeine Betrachtungen und Besonderheiten bei Auflichtbeobachtung	418
6.2.2.2.	Technische Realisierung der Phasenkontrastuntersuchungen im Auflicht	420
6.2.2.3.	Phasenkontrasteinrichtungen im Auflicht	423
6.2.2.4.	Dunkelfeldanordnungen	424
6.2.2.5.	Anwendungen	426
6.2.3.	Interferenzmikroskopie (Auflicht)	431
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	

6.2.3.1.	Aufgabenbereich und allgemeine Grundlagen	431
6.2.3.2.	Interferenzanordnungen im Auflicht	432
6.2.3.2.1.	Anordnungen, bei denen der Vergleichsstrahlengang vom Objekt nicht beeinflußt wird	433
6.2.3.2.2.	Anordnungen, bei denen der Vergleichsstrahlengang vom Objekt beein- flußt wird	437
6.2.3.3.	Anwendungen	439
6.2.4.	Auflichtpolarisationsmikroskopie	449
	von Ing. <i>Joachim Bergner</i>	
6.2.4.1.	Optische Grundlagen	449
6.2.4.1.1.	Reflexion linear polarisierten Lichts an isotropen durchsichtigen Medien	449
6.2.4.1.2.	Reflexion linear polarisierten Lichts an anisotropen durchsichtigen Medien	449
6.2.4.1.3.	Reflexion linear polarisierten Lichts an isotropen absorbierenden Medien	450
6.2.4.1.4.	Reflexion linear polarisierten Lichts an anisotropen absorbierenden Medien	450
6.2.4.1.5.	Magnetooptische Erscheinungen	451
6.2.4.2.	Auflichtpolarisationsmikroskop	453
6.2.4.2.1.	Beleuchtungseinrichtung	453
6.2.4.2.2.	Polare	454
6.2.4.2.3.	Objektive	454
6.2.4.2.4.	Mikroskop	455
6.2.4.2.5.	Justieren des Mikroskops	456
6.2.4.3.	Bestimmungen mit dem Auflichtpolarisationsmikroskop	457
6.2.4.3.1.	Reflexion – Bireflexion – Farbe – Härte	457
6.2.4.3.2.	Anisotropie	458
6.2.4.3.3.	Bestimmung der Kristallsymmetrie aus optischen Messungen	461
6.2.4.3.4.	Darstellung magnetischer Elementarbereiche	461
6.2.4.3.5.	Ätzreaktionen und mikrochemische Methoden	462
6.2.4.3.6.	Messung von n und k bei schiefer Inzidenz	463
6.2.5.	Auflichtmikroskopfotometrie	465
	von Ing. <i>Joachim Bergner</i>	
6.2.5.1.	Reflexion und Remission	465
6.2.5.2.	Aufbau und Wirkungsweise von Mikroskopfotometern für die Messung des Reflexionsvermögens	466
6.2.5.2.1.	Visualfotometer	466
6.2.5.2.2.	Lichtelektrische Fotometer	467
6.2.5.3.	Aufbau von Remissionsfotometern	471
6.2.5.4.	Anforderungen an die Probe	471
6.2.5.5.	Reflexionsstandards	471
6.2.5.6.	Meßverfahren und ihre Anwendung	472
6.2.6.	Bestimmung der Mikrohärtة	474
	von <i>Wolfgang Oettel</i>	481
6.2.7.	Hinweise zur Präparation metallischer Proben und Erze	
	von Dr.-Ing. <i>Reinhard Bernst</i>	
6.2.7.1.	Probennahme	482
6.2.7.2.	Einfassen und Einbetten der Proben	484
6.2.7.3.	Schleifen	486
6.2.7.4.	Polieren	488
6.2.7.4.1.	Mechanisches Polieren	489
6.2.7.4.2.	Vibrationspolieren	491
6.2.7.4.3.	Elektrolytisches Polieren	492
6.2.7.4.4.	Chemisches Polieren	494

6.2.7.4.5.	Elektrolytisches Wischpolieren	494
6.2.7.5.	Mikrotomschneiden	495
6.2.7.6.	Entwicklung des Gefüges	496
6.2.7.6.1.	Ätzen	496
6.2.7.6.2.	Ionenätzen	499
6.2.7.6.3.	Gefügeentwicklung durch Interferenzaufdampfschichten	499
6.2.7.7.	Beurteilung und Auswertung des metallografischen Befunds	500
6.2.7.8.	Herstellen polierter Anschliffe von stark heterogenen natürlichen und technischen Produkten	500
	von Ing. <i>Joachim Bergner</i>	
7.	Stereomikroskopie	504
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i>	
7.1.	Stereoskopisches Sehen	504
7.2.	Realisierung der Stereomikroskopie	505
7.3.	Anwendungen	513
8.	Verfahren zur Wiedergabe mikroskopischer Bilder	515
	von <i>Gerhard Weidel</i>	
8.1.	Einleitung	515
8.1.1.	Charakteristik der Bildwiedergabeverfahren	515
8.1.1.1.	Mikrofotografie	515
8.1.1.2.	Mikrokinematografie	516
8.1.1.3.	Mikrokinografie	516
8.1.1.4.	Fernsehmikroskopie	516
8.1.1.5.	Mikroprojektion	516
8.1.1.6.	Zeichnen eines mikroskopischen Bilds	517
8.1.2.	Umstellung des zusammengesetzten Mikroskops zur Bildwiedergabe... ..	517
8.2.	Mikrofotografie	518
8.2.1.	Einteilung fotografischer Aufnahmen	518
8.2.2.	Aufnahmeformate der Mikrofotografie	519
8.2.3.	Geräte zur Mikrofotografie	519
8.2.3.1.	Aufsetzkamera	519
8.2.3.2.	Balgenkamera	520
8.2.3.3.	Kameramikroskop	520
8.2.4.	Mikrofotografie mit der Aufsetzkamera	520
8.2.4.1.	Optisches Einstellsystem der Aufsetzkamera	521
8.2.4.2.	Umstellung des Mikroskops – Okulare und Projektive	522
8.2.4.3.	Bestimmung der Belichtungszeit	523
8.2.4.3.1.	Belichtungsprobe	523
8.2.4.3.2.	Belichtungszeitmessung	523
8.2.4.3.3.	Belichtungsautomatik	527
8.2.4.4.	Abbildungsmaßstab der Aufnahme	529
8.2.4.5.	Lupenfotografie mit der Aufsetzkamera	530
8.2.5.	Mikrofotografie mit der Balgenkamera	532
8.2.5.1.	Einstellung des Bilds	532
8.2.5.2.	Umstellung des Mikroskops	533
8.2.5.3.	Bestimmung der Belichtungszeit	533
8.2.5.3.1.	Belichtungsprobe	533

8.2.5.3.2.	Belichtungszeitmessung	536
8.2.5.3.3.	Belichtungsautomatik	537
8.2.5.4.	Abbildungsmaßstab der Aufnahme	538
8.2.5.4.1.	Errechnung des Abbildungsmaßstabs	538
8.2.5.4.2.	Bestimmung des Abbildungsmaßstabs durch Messung des Objekt/Bild- abstands	538
8.2.5.4.3.	Messung des Abbildungsmaßstabs	539
8.2.5.5.	Balgenkamera für Kleinbildaufnahmen	539
8.2.5.6.	Lupenfotografie mit der Balgenkamera	541
8.2.6.	Mikrofotografie mit einem Kameramikroskop	541
8.2.6.1.	Kleinbild-Kameramikroskop in geschlossener Bauart	541
8.2.6.2.	Großformat-Kameramikroskop in geschlossener Bauart	542
8.2.6.3.	Kleinbild-Kameramikroskop in Baukastenform	545
8.2.6.4.	Großformat-Kameramikroskop in Baukastenform	545
8.2.6.5.	Handhabung eines Kameramikroskops	546
8.2.7.	Fotografische Seite der Mikrofotografie	546
8.2.7.1.	Grundzüge der Schwarzweißfotografie	546
8.2.7.1.1.	Lichtempfindlichkeit	547
8.2.7.1.2.	Farbenempfindlichkeit	548
8.2.7.1.3.	Gradation	549
8.2.7.1.4.	Auflösungsvermögen und Körnigkeit	550
8.2.7.1.5.	Schwarzschild- und UKZ-Effekt	551
8.2.7.2.	Möglichkeiten zur Änderung des Bildkontrastes	551
8.2.7.2.1.	Kontraständerung durch Entwicklung zu verschiedenen Gamma-Werten	551
8.2.7.2.2.	Kontraständerung durch den Negativ/Positivprozeß	552
8.2.7.2.3.	Kontraständerung durch Lichtfilter	552
8.2.7.3.	Fotografische Schnellverfahren	552
8.2.7.4.	Praxis der Farbenmikrofotografie	555
8.2.7.4.1.	Umkehr- und Negativ/Positivverfahren	556
8.2.7.4.2.	Farbtemperatur und Farbfilm	556
8.2.7.4.3.	Konversionsfilter	556
8.2.7.4.4.	Farbenverschiebungen	556
8.2.8.	Arbeitsgänge bei der Anfertigung mikrofotografischer Aufnahmen	560
8.2.8.1.	Aufnahmeprotokoll	561
8.3.	Mikrokinematografie	561
8.3.1.	Kinematografische Aufnahmeformate	561
8.3.2.	Optische Anpassung der Laufbildkamera an das Mikroskop	562
8.3.2.1.	Verwendung der Laufbildkamera mit Fotoobjektiv	562
8.3.2.2.	Verwendung der Laufbildkamera ohne Fotoobjektiv	561
8.3.3.	Mechanische Verbindung von Laufbildkamera und Mikroskop	565
8.3.4.	Praxis der Mikrokinematografie	566
8.3.4.1.	Belichtungszeit des Einzelbilds	566
8.3.4.2.	Veränderung des Zeitmaßstabs – Zeitraffermikrokinematografie	566
8.3.4.3.	Vorbereitung und Aufnahme	568
8.3.4.4.	Filmmaterial und Lichtfilter	569
8.3.4.5.	Auswertung der Filmaufnahmen	570
8.4.	Mikrokinografie	570
8.5.	Fernsehmikroskopie	572
8.5.1.	Fernsehanlagen	572

8.5.2.	Aufbau eines Fernhismikroskops mit Industriefernsehanlage	572
8.5.2.1	Optische und mechanische Anpassung der Fernsehkamera an das Mikroskop	572
8.5.3.	Praxis der Fernhismikroskopie	573
8.6.	Mikroprojektion	576
8.6.1.	Projektionsverfahren	576
8.6.2.	Geräte zur Mikroprojektion	576
8.6.2.1.	Projektionsaufsatz	576
8.6.2.2.	Mikroprojektionsgerät	577
8.6.2.3.	Projektionsmikroskop	579
8.6.3.	Praxis der Mikroprojektion	579
8.6.3.1.	Mikroprojektion mit Rückprojektion	579
8.6.3.1.1	Abbildungsmaßstab und Größe des projizierten Objektfelds	579
8.6.3.2.	Mikroprojektion mit Aufprojektion	580
8.6.3.2.1.	Mikroprojektion unter Beachtung des förderlichen Abbildungsmaßstabs	580
8.6.3.2.2.	Mikroprojektion nach den Grundsätzen der Diaprojektion	582
8.6.3.2.3.	Größe des projizierten Dingfelds	584
8.7.	Zeichnen eines mikroskopischen Bilds	584
8.7.1.	Zeichenverfahren	584
8.7.2.	Geräte zur zeichnerischen Bildwiedergabe	585
8.7.2.1.	Projektionszeichenspiegel	585
8.7.2.2.	Zeichenokular	585
8.7.2.3.	Zeichenapparat	585
8.7.3.	Sonderverfahren	586
9.	Messen und Zählen mit dem Mikroskop	588
	von Dipl.-Phys. <i>Bernhard Gröbler</i>	
9.1.	Einleitung	588
9.2.	Grundlagen des mikroskopischen Messens (s. [570] [572])	588
9.2.1.	Längenmessung mit dem Mikroskop	588
9.2.1.1.	Messung mit Okularskale – Bestimmung des Skalenwerts	588
9.2.1.2.	Messung am projizierten mikroskopischen Bild und am mikrofoto- grafischen Bild	592
9.2.1.3.	Genauigkeit mikroskopischer Messungen	593
9.2.2.	Winkelmessung mit dem Mikroskop	594
9.2.3.	Flächenmessung mit dem Mikroskop	595
9.2.4.	Volumenmessung mit dem Mikroskop	597
9.2.5.	Mikroskopische Messungen 1. Art	597
9.2.5.1.	Messungen mit der Skale des Objektisches	597
9.2.5.2.	Tiefenmessung mit dem Feintrieb des Mikroskops	598
9.3.	Spezialaufgaben der Mikrometrie	598
9.3.1.	Teilchenzählung	598
9.3.1.1.	Zählkammermethoden	598
9.3.1.2.	Lycopodiummethode	599
9.3.1.3.	Auszählung heterogener Gemenge	600
9.3.1.4.	Genauigkeit mikroskopischer Zählmethoden	600
9.3.2.	Mikroskopische Bestimmung der Korngrößenverteilung	601
9.3.2.1.	Definitionen	601
9.3.2.1.1.	Eindeutige Korngrößenmaße	602
9.3.2.1.2.	Statistische Korngrößenmaße	602
9.3.2.2.	Praktische Korngrößenmeßverfahren	603

9.3.2.3.	Auswertung und Genauigkeit der Korngrößenmessung	606
9.3.3.	Stereologische Analyse und Gefügeanalyse	607
9.3.3.1.	Bestimmung von Volumenanteilen	608
9.3.3.2.	Bestimmung der Korngröße im Gefüge	610
9.3.3.3.	Automatische Gefügeanalyse	610
9.4.	Probennahme und Präparation	611
9.4.1.	Probennahme und Präparation zur Teilchenzählung und Kornverteilungsanalyse	611
9.4.2.	Probennahme und Präparation zur stereologischen Analyse	613
10.	Mikroskopie unter besonderen Temperatur- und Umweltbedingungen	614
	von Dipl.-Phys. <i>Manfred Neupert</i>	
10.1.	Hoch- und Tieftemperaturmikroskopie	614
10.1.1.	Temperaturbestimmung	616
10.1.1.1.	Temperaturmeßmittel	616
10.1.1.2.	Meßtechnische Probleme	622
10.1.2.	Energieübertragung	623
10.1.2.1.	Verfahren zur Erhitzung mikroskopischer Objekte	624
10.1.2.2.	Verfahren zur Abkühlung mikroskopischer Objekte	631
10.1.3.	Hoch- und tieftemperaturmikroskopische Einrichtungen	633
10.1.3.1.	Temperiereinrichtungen – Heiz- und Kühltische	633
10.1.3.2.	Heiz- und Kühlkammern für mittlere Temperaturbereiche	639
10.1.3.3.	Hoch- und Tieftemperaturkammern	644
10.1.3.4.	Einrichtungen für die Oberflächen-Hoch- und -Tieftemperaturmikroskopie	650
10.1.3.5.	Hochtemperaturmikroskope mit horizontal liegender Längsachse	664
10.2.	Mikroskopie bei Über- und Unterdruck sowie in spezieller Gassphäre	670
10.3.	Mikroskopie unter besonderen Bedingungen hinsichtlich Luftfeuchtigkeit	671
11.	Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Lichtmikroskopie	673
	von Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> und Dipl.-Phys. <i>Bernhard Gröbler</i>	
12.	Literaturverzeichnis	677
13.	Namenverzeichnis	705
14.	Sachwörterverzeichnis	711