

Handbuch der Mikroskopie

Herausgeber der 1. und 2. Auflage:
Dr. rer. nat. Hermann Beyer †

Herausgeber der 3. Auflage:
Dr. rer. nat. Horst Riesenbergr

3., stark bearbeitete Auflage



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Inhaltsverzeichnis

| | | | | | |
|-----------|---|----|---|---|----|
| 1. | Historischer Rückblick | | | | |
| | Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> | 13 | | | |
| 1.1. | Einleitung | 13 | | | |
| 1.2. | Die ersten 150 Jahre der mikroskopischen Entwicklung | 14 | | | |
| 1.3. | Einführung achromatischer optischer Systeme | 16 | | | |
| 1.4. | Wechselseitige Abhängigkeit von Zytologie, Histologie, Bakteriologie und der Mikroskopentwicklung im 19. Jahrhundert | 17 | | | |
| 1.5. | Die letzten 100 Jahre der Mikroskopentwicklung | 19 | | | |
| 2. | Optisches System des Mikroskops | | | | |
| | Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i> | 24 | | | |
| 2.1. | Gaußsche Abbildung oder fehlerfreie Abbildung | 24 | | | |
| 2.1.1. | Vorzeichenfestlegung | 25 | | | |
| 2.1.2. | Übersicht über die wichtigsten Begriffe und ihre Bezeichnungen in der Gaußschen Abbildung | 25 | | | |
| 2.1.3. | Definition der Brennweiten Abbildungsgleichung für den Fall eines im Brennpunkt oder Unendlichen gelegenen Objekts | 26 | | | |
| 2.1.4. | Bildkonstruktion | 27 | | | |
| 2.1.5. | Abbildungsgleichungen | 28 | | | |
| 2.1.5.1. | Abbildungsmaßstab | 28 | | | |
| 2.1.5.2. | Newtonsche Abbildungsgleichung | 28 | | | |
| 2.1.5.3. | Allgemeine Abbildungsgleichung | 28 | | | |
| 2.1.6. | Tiefenmaßstab, Winkelverhältnis und ihr Zusammenhang mit dem Abbildungsmaßstab | 29 | | | |
| 2.1.6.1. | Tiefenmaßstab oder Tiefenverhältnis | 29 | | | |
| 2.1.6.2. | Winkelverhältnis | 29 | | | |
| 2.1.7. | Vergrößerung | 29 | | | |
| 2.1.7.1. | Scheinbare Größe | 30 | | | |
| 2.1.7.2. | Definition der Vergrößerung | 31 | | | |
| 2.1.7.3. | Lupenvergrößerung, Mikroskopvergrößerung, Okularvergrößerung | 31 | | | |
| 2.1.8. | Gaußsche Abbildung durch zusammengesetzte optische Systeme | 32 | | | |
| 2.1.8.1. | Aus zwei optischen Systemen zusammen- | | mengesetztes optisches System mit von Null verschiedener optischer Tubuslänge (z. B. Mikroskop) | 32 | |
| | | | 2.1.8.2. | Aus zwei optischen Systemen zusammengesetztes System mit parallelem Strahlengang zwischen ihnen (z. B. Mikroskopobjektiv für unendliche Bildweite und Tubuslinse) | 33 |
| | | | 2.1.8.3. | Aus zwei optischen Systemen zusammengesetztes afokales System (z. B. Fernrohr) | 33 |
| | | | 2.2. | Strahlengang im zusammengesetzten Mikroskop – Vergrößerung – Abbildungsmaßstab | 34 |
| | | | 2.2.1. | Abbildungsstrahlengang im zusammengesetzten Mikroskop bei Mikroskopobjektiven mit endlicher Bildweite | 35 |
| | | | 2.2.1.1. | Übliche Anordnung des Mikroskops bei subjektiver Beobachtung | 35 |
| | | | 2.2.1.2. | Anordnung des Mikroskops bei virtueller oder reeller Bildlage (Einstellung bei beliebig akkommodiertem bzw. fehlsichtigem Auge, Mikroprojektion, Mikrofotografie) | 35 |
| | | | 2.2.1.3. | Anordnung des Mikroskops wie bei subjektiver Beobachtung, jedoch anstelle des Auges eine fotografische Kamera | 36 |
| | | | 2.2.1.4. | Anordnung des Mikroskops mit Projektiven für Mikroprojektion und Mikrofotografie | 36 |
| | | | 2.2.2. | Abbildungsstrahlengang im zusammengesetzten Mikroskop bei Mikroskopobjektiven mit unendlicher Bildweite | 37 |
| | | | 2.2.3. | Betrachtungsvergrößerung, Endvergrößerung, förderliche Vergrößerung | 38 |
| | | | 2.2.4. | Übersicht über die wichtigsten Gleichungen für Vergrößerung und Abbildungsmaßstab im zusammengesetzten Mikroskop | 39 |
| | | | 2.2.5. | Funktion des Objektivs und Okulars im zusammengesetzten Mikroskop | 39 |
| | | | 2.3. | Strahlenbegrenzung und ihre Meßgrößen | 41 |

| | | | | | |
|----------|--|----|-----------|--|-----|
| 2.3.1. | Strahlenraum, Blenden, Pupillen . . . | 41 | 2.6.1.6. | Einteilung und Kennzeichnung der Objektive | 88 |
| 2.3.2. | Meßgrößen der Öffnung | 43 | 2.6.2. | Objektive für einen breiten Anwen- dungsbereich | 88 |
| 2.3.2.1. | Numerische Apertur | 43 | 2.6.3. | Objektive für spezielle Anwendun- gen | 92 |
| 2.3.2.2. | Öffnungsverhältnis | 44 | 2.6.4. | Objektive für Polarisation, Phasen- kontrast und Dunkelfeld | 98 |
| 2.3.2.3. | Zusammenhang zwischen numeri- scher Apertur und Öffnungsverhält- nis | 44 | 2.7. | Okulare und Projektive | 99 |
| 2.3.2.4. | Zusammenhang zwischen numeri- scher Apertur und Durchmesser der Austrittspupille | 44 | 2.7.1. | Okulare | 100 |
| 2.3.3. | Meßgrößen des Feldes | 45 | 2.7.1.1. | Anpassungsmaße | 100 |
| 2.4. | Wellenoptische und aberrationsbe- haftete Abbildung | 45 | 2.7.1.2. | Grundsätzlicher Aufbau von Okula- ren mit Vorder- und Mittenblende | 100 |
| 2.4.1. | Wellenoptische Abbildung eines leuchtenden Punkts | 46 | 2.7.1.3. | Okulartypen | 101 |
| 2.4.1.1. | Beugungsfigur und Auflösungs- grenze bei kreisförmiger Pupille | 47 | 2.7.1.4. | Bildfeldgröße des Okulars und ihr Zusammenhang mit der Objektfeld- größe | 102 |
| 2.4.1.2. | Beugungsfigur und Auflösungs- grenze bei ringförmiger Pupille | 48 | 2.7.1.5. | Kennzeichnung der Okulare – Oku- larübersicht | 103 |
| 2.4.2. | Defokussierung und Schärfentiefe | 50 | 2.7.2. | Projektive | 104 |
| 2.4.2.1. | Einfluß der Defokussierung auf die Beugungsfigur | 51 | 2.8. | Kondensoren | 105 |
| 2.4.2.2. | Schärfentiefe bei der mikroskopi- schen Abbildung | 52 | 3. | Beugungstheorie der mikroskopi- schen Abbildung Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> , über- arbeitet von Dr. rer. nat. <i>Horst</i> <i>Riesenberg</i> | 108 |
| 2.4.3. | Monochromatische Abbildungsfehler Öffnungsfehler, Definitionshellig- keit | 59 | 3.1. | Einleitung | 108 |
| 2.4.3.1. | Öffnungsfehler, Definitionshellig- keit | 59 | 3.2. | Wellenoptische Grundlagen | 109 |
| 2.4.3.2. | Koma | 64 | 3.2.1. | Licht als Wellenbewegung | 109 |
| 2.4.3.3. | Zwischalenfehler (Astigmatismus) | 64 | 3.2.2. | Kohärenz des Lichts | 110 |
| 2.4.3.4. | Bildfeldwölbung | 66 | 3.2.3. | Interferenz und Beugung | 110 |
| 2.4.3.5. | Verzeichnung | 67 | 3.3. | Anwendung der Beugung auf die mikroskopische Abbildung | 112 |
| 2.4.4. | Chromatische Abbildungsfehler | 68 | 3.4. | Abbesche Versuche zur Bildentste- hung im Mikroskop | 115 |
| 2.4.4.1. | Chromatische Längsaberration (Farb- längsfehler) | 69 | 4. | Mechanischer Aufbau des Mikro- skops und seine Pflege Dr. Ing. <i>Hans Tandler</i> | 119 |
| 2.4.4.2. | Chromatische Vergrößerungsdiffe- renz (Farbvergrößerungsfehler) | 70 | 4.1. | Qualitätsmerkmale und Funktio- nen | 119 |
| 2.5. | Mikroskopoptik des zusammenge- setzten Mikroskops | 71 | 4.1.1. | Führungen | 119 |
| 2.5.1. | Kompensationssystem | 71 | 4.1.2. | Getriebe | 119 |
| 2.5.2. | CVD-freies System oder CF-System | 72 | 4.1.3. | Das Objektiv und seine Wechselein- richtung | 120 |
| 2.5.3. | Großfeld-Optik, Normalfeld-Optik, Optik ohne Bildfeldebnung | 75 | 4.1.4. | Dynamische Dimensionierung | 120 |
| 2.5.4. | Endlich-Optik, Unendlich-Optik | 77 | 4.1.5. | Temperaturverhalten | 121 |
| 2.6. | Mikroskopobjektive | 79 | 4.2. | Baueinheiten mikroskopischer Ge- räte | 121 |
| 2.6.1. | Allgemeines | 79 | 4.2.1. | Stativ | 121 |
| 2.6.1.1. | Anpassungsmaße | 79 | 4.2.2. | Leuchte | 122 |
| 2.6.1.2. | Vergrößerung bzw. Abbildungsmaß- stab der Objektive | 81 | 4.2.3. | Illuminator | 124 |
| 2.6.1.3. | Numerische Apertur – Trocken- objektive – Immersionsobjektive | 81 | | | |
| 2.6.1.4. | Objektive mit und ohne Deckglas – Einfluß abweichender Deckglas- dicke | 84 | | | |
| 2.6.1.5. | Objektivfassung – Präparateschutz – Korrektionsfassung | 86 | | | |

| | | | | | |
|-----------|---|-----|----------|--|-----|
| 4.2.4. | Kondensor | 124 | 6.1.2.3. | Phasenkontrast | 152 |
| 4.2.5. | Objektive | 125 | 6.1.2.4. | Differentieller Interferenzkontrast | 159 |
| 4.2.6. | Objektivwechseinrichtung | 127 | 6.1.2.5. | Weitere Kontrastverfahren | 160 |
| 4.2.7. | Tubusträger | 128 | 6.1.2.6. | Kontrasteinrichtungen | 161 |
| 4.2.8. | Zwischentuben | 128 | 6.1.2.7. | Anwendungen in Biologie und Medizin | 166 |
| 4.2.9. | Tubusoberteil | 129 | 6.1.2.8. | Anwendungen in der Technik und Mineralogie, Farbbimmersionsmethode | 169 |
| 4.3. | Baukasten mikroskopischer Geräte | 130 | 6.1.3. | Interferenzmikroskopie (Durchlicht) Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> | 174 |
| 4.4. | Bedienungskomfort und Ergonomie | 132 | 6.1.3.1. | Aufgabenbereich und allgemeine Grundlagen | 174 |
| 4.5. | Pflege des Mikroskops | 133 | 6.1.3.2. | Grundprinzipien zur praktischen Durchführung der Interferenzmikroskopie | 175 |
| 5. | Lichtquellen und Lichtfilter | | 6.1.3.3. | Einige Interferenzanordnungen, die praktische Bedeutung erlangt haben | 177 |
| | Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 135 | 6.1.3.4. | Anwendungen | 184 |
| 5.1. | Lichtquellen | 135 | 6.1.4. | Polarisationsmikroskopie Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 190 |
| 5.1.1. | Anforderungen an die Lichtquellen für die Mikroskopie | 135 | 6.1.4.1. | Optische Grundlagen | 190 |
| 5.1.1.1. | Quantität der Strahlung | 135 | 6.1.4.2. | Durchlichtpolarisationsmikroskop | 199 |
| 5.1.1.2. | Qualität der Strahlung | 135 | 6.1.4.3. | Bestimmungen mit dem Durchlichtpolarisationsmikroskop | 203 |
| 5.1.1.3. | Zeitliche Konstanz der Strahlung | 136 | 6.1.5. | Fluoreszenzmikroskopie Dr. rer. nat. <i>Hartmut Storz</i> | 221 |
| 5.1.1.4. | Form des Strahlungskörpers und räumliche Konstanz der Strahlung | 137 | 6.1.5.1. | Allgemeines | 221 |
| 5.1.1.5. | Energieverbrauch und Nebenerscheinungen | 137 | 6.1.5.2. | Anwendungen der Fluoreszenzmikroskopie | 221 |
| 5.1.2. | Glühlampen | 137 | 6.1.5.3. | Gerätetechnische Grundlagen | 222 |
| 5.1.3. | Kohlebogenlampen | 138 | 6.1.5.4. | Kombination mit anderen Beleuchtungs- und Kontrastverfahren | 227 |
| 5.1.4. | Entladungslampen | 138 | 6.1.5.5. | Mehrfachfluorochromierungen | 229 |
| 5.1.4.1. | Xenon-Höchstdrucklampen | 138 | 6.1.5.6. | Ausbleichen – Fading | 229 |
| 5.1.4.2. | Xenon-Blitzröhren | 139 | 6.1.5.7. | Mikrofotografie | 231 |
| 5.1.4.3. | Quecksilber-Höchstdrucklampen | 139 | 6.1.5.8. | Quantifizierung | 232 |
| 5.1.4.4. | Quecksilber-Halogenid-Lampen | 140 | 6.1.5.9. | Mikrofluorometrie | 233 |
| 5.1.4.5. | Quecksilber-Niederdrucklampen (Leuchtstofflampen) | 140 | 6.1.6. | Mikroskopie mit unsichtbaren Strahlen Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i> | 234 |
| 5.2. | Lichtfilter | 140 | 6.1.6.1. | Einführung | 234 |
| 5.2.1. | Einsatz von Lichtfiltern | 140 | 6.1.6.2. | UV-Mikroskopie | 236 |
| 5.2.2. | Lichtfiltergruppen | 141 | 6.1.6.3. | Infrarotmikroskopie | 239 |
| 5.2.2.1. | Kontrastfilter | 141 | 6.1.6.4. | Röntgenmikroskopie | 241 |
| 5.2.2.2. | Kompensationsfilter | 141 | 6.1.6.5. | Ultraschallmikroskopie (Akustomikroskopie) | 245 |
| 5.2.2.3. | Korrektionsfilter | 141 | 6.1.7. | Mikrofotometrie und Mikrospektrofotometrie Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i> | 247 |
| 5.2.3. | Filterarten | 142 | 6.1.7.1. | Allgemeines | 247 |
| 5.2.3.1. | Absorptionsfilter | 142 | 6.1.7.2. | Physikalische und meßtechnische Grundlagen | 248 |
| 5.2.3.2. | Interferenzfilter | 142 | 6.1.7.3. | Auswahl einiger typischer kommerzieller Geräte | 259 |
| 6. | Mikroskopieverfahren und ihre Anwendung | | 6.1.7.4. | Anwendungen | 262 |
| 6.1. | Durchlichtmikroskopie | 144 | 6.1.8. | Mikroskopische Partikelelektrophorese Dr. rer. nat. <i>Karl-Heinz Geier</i> | 264 |
| 6.1.1. | Hellfeld Dr. rer. nat. <i>Horst Riesenberg</i> | 144 | | | |
| 6.1.1.1. | Allgemeines | 144 | | | |
| 6.1.1.2. | Beleuchtungsverfahren und ihre Realisierung | 144 | | | |
| 6.1.1.3. | Helligkeit des Bilds | 148 | | | |
| 6.1.2. | Kontrastverfahren Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> | 151 | | | |
| 6.1.2.1. | Einleitung | 151 | | | |
| 6.1.2.2. | Dunkelfeld | 152 | | | |

| | | | | | |
|----------|--|-----|-----------|--|-----|
| 6.1.9. | Hinweise zur Präpariertechnik Dr. rer. nat. <i>Ludwig Otto</i> , über- arbeitet von Dr. rer. nat. <i>Hartmut</i> <i>Storz</i> | 267 | 6.2.7.7. | Anwendung der Reflexionsfotometrie | 316 |
| 6.1.9.1. | Allgemeine Grundlagen | 267 | 6.2.8. | Mikroindruck-Härtemessung Dr.-Ing. <i>Reinhard Bernst</i> | 318 |
| 6.1.9.2. | Objekträger und Deckgläser | 267 | 6.2.9. | Hinweise zur Präparation metal- lischer Proben und Erze Dr.-Ing. <i>Reinhard Bernst</i> | 326 |
| 6.1.9.3. | Einschlußmedien | 268 | 6.2.9.1. | Probennahme | 327 |
| 6.1.9.4. | Objektkammern | 269 | 6.2.9.2. | Einfassen und Einbetten der Proben | 329 |
| 6.1.9.5. | Herstellen von Dünnschliffen natür- licher und technischer Produkte Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 270 | 6.2.9.3. | Schleifen | 331 |
| 6.2. | Auflichtmikroskopie | 273 | 6.2.9.4. | Polieren | 333 |
| 6.2.1. | Hellfeld <i>Wolfgang Oettel</i> , überarbeitet von Dipl.-Phys. <i>Manfred Neupert</i> | 273 | 6.2.9.5. | Mikrotomschneiden | 338 |
| 6.2.2. | Dunkelfeld Dipl.-Phys. <i>Manfred Neupert</i> | 284 | 6.2.9.6. | Entwicklung des Gefüges | 339 |
| 6.2.3. | Phasenkontrast im Auflicht Ing. <i>Günter Schöppe</i> | 287 | 6.2.9.7. | Beurteilung und Auswertung des metallografischen Befunds | 342 |
| 6.2.3.1. | Einleitung | 287 | 6.2.9.8. | Herstellen polierter Anschliffe von stark heterogenen natürlichen und technischen Produkten Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 343 |
| 6.2.3.2. | Technische Realisierung | 287 | 7. | Stereomikroskopie Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> , über- arbeitet von Dr. rer. nat. <i>Horst</i> <i>Riesenberg</i> | 346 |
| 6.2.3.3. | Phasenkontrasteinrichtungen im Auflicht | 288 | 7.1. | Stereoskopisches Sehen | 346 |
| 6.2.3.4. | Anwendungen | 288 | 7.2. | Realisierung der Stereomikroskopie | 346 |
| 6.2.4. | Differentieller Interferenzkontrast im Auflicht Ing. <i>Günter Schöppe</i> | 289 | 7.3. | Anwendungen | 352 |
| 6.2.4.1. | Allgemeines | 289 | 8. | Verfahren zur Dokumentation und Demonstration mikroskopischer Bilder Dr. rer. nat. <i>Peter Moritz</i> und Dr. rer. nat. <i>Hartmut Storz</i> | 353 |
| 6.2.4.2. | Einrichtungen für differentiellen Interferenzkontrast | 289 | 8.1. | Einleitung | 353 |
| 6.2.4.3. | Anwendungen | 290 | 8.2. | Historischer Überblick | 353 |
| 6.2.5. | Interferenzmikroskopie (Auflicht) Dr. rer. nat. <i>Hermann Beyer</i> | 291 | 8.3. | Zuordnung der Mikrofotografie zum Gesamtgebiet der Fotografie | 354 |
| 6.2.5.1. | Aufgabenbereich und allgemeine Grundlagen | 291 | 8.4. | Strahlengang des Mikroskops zur Erzeugung reeller Bilder in der Mi- krofotografie, TV-Mikroskopie, Kinematografie, Mikroprojektion und Demonstration | 355 |
| 6.2.5.2. | Interferenzanordnungen, bei denen der Vergleichsstrahlengang vom Ob- jekt nicht beeinflußt wird | 292 | 8.5. | Mikrofotografische Einrichtung | 358 |
| 6.2.5.3. | Interferenzanordnungen, bei denen der Vergleichsstrahlengang vom Ob- jekt beeinflußt wird | 294 | 8.5.1. | Aufsetzkamerasystem | 358 |
| 6.2.5.4. | Anwendungen | 295 | 8.5.1.1. | Mikroskoptubus mit Fotoausgang | 358 |
| 6.2.6. | Auflichtpolarisationsmikroskopie Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 300 | 8.5.1.2. | Körper mit Verschlußteil und Ein- stelleinrichtung | 358 |
| 6.2.6.1. | Optische Grundlagen | 300 | 8.5.1.3. | Einrichtungen zum Bestimmen und Steuern der Belichtungszeit | 361 |
| 6.2.6.2. | Auflichtpolarisationsmikroskop | 302 | 8.5.1.4. | Aufsetzkameras/Aufnahmeformate | 365 |
| 6.2.6.3. | Bestimmungen mit dem Auflicht- polarisationsmikroskop | 306 | 8.5.2. | Abbildungsmaßstab des Mikrofotos | 367 |
| 6.2.7. | Auflichtmikroskopfotometrie Phys.-Ing. <i>Joachim Bergner</i> | 311 | 8.5.3. | Großfeldmikrofotografie | 368 |
| 6.2.7.1. | Reflexion und Remission | 311 | 8.5.4. | Kameramikroskope | 368 |
| 6.2.7.2. | Aufbau und Wirkungsweise von Mi- kroskopfotometern für die Messung des Reflexionsvermögens | 311 | 8.6. | Fotografische Bedingungen | 369 |
| 6.2.7.3. | Aufbau von Remissionsfotometern | 315 | 8.6.1. | Schwarz-Weiß-Mikrofotografie | 369 |
| 6.2.7.4. | Anforderungen an die Probe | 315 | | | |
| 6.2.7.5. | Reflexionsstandards | 315 | | | |
| 6.2.7.6. | Meßverfahren | 315 | | | |

| | | | | | |
|---|--|----------|--|--|-----|
| 8.6.2. | Farbmikrofotografie | 373 | 9.2.5.2. | Tiefenmessung mit dem Feintrieb des Mikroskops | 401 |
| 8.6.3. | Sofortbildverfahren | 376 | 9.3. | Spezialaufgaben der Mikrometrie . | 401 |
| 8.6.4. | Fluoreszenzmikrofotografie | 376 | 9.3.1. | Teilchenzählung | 401 |
| 8.6.5. | Polarisationsmikrofotografie | 376 | 9.3.1.1. | Zählkammermethoden | 401 |
| 8.7. | Mikrofotografische Praxis | 377 | 9.3.1.2. | Zählung mit Referenzsubstanz . . . | 402 |
| 8.8. | Mikroskopisches Zeichnen | 377 | 9.3.1.3. | Auszählung heterogener Gemenge (Differentialzählung) | 402 |
| 8.9. | Projektion mikroskopischer Bilder | 379 | 9.3.1.4. | Genauigkeit mikroskopischer Zähl- methoden | 403 |
| 8.10. | Videomikroskopie | 381 | 9.3.2. | Mikroskopische Bestimmung der Korngrößenverteilung | 403 |
| 8.10.1. | Optische und mechanische Kombi- nation von Mikroskop und Video- kamera | 381 | 9.3.2.1. | Eindeutige Korngrößenmaße | 404 |
| 8.10.2. | Sehfeld auf dem Videomonitor . . . | 382 | 9.3.2.2. | Statistische Korngrößenmaße | 404 |
| 8.10.3. | Die Auflösung im Videobild | 382 | 9.3.2.3. | Praktische Korngrößenmeßverfahren | 404 |
| 8.10.4. | Abbildungsmaßstab auf dem Video- monitor | 385 | 9.3.2.4. | Genauigkeit der Korngrößenmes- sung | 405 |
| 8.10.5. | Auflösung im aufgezeichneten Bild des Videorecorders | 385 | 9.3.3. | Stereologische Analyse und Gefüge- analyse | 405 |
| 8.10.6. | Videokameras und ihre Empfind- lichkeit | 385 | 9.3.3.1. | Bestimmung von Volumenanteilen | 406 |
| 8.11. | Mikrokinematografie und kine- tische Analyse mikroskopischer Ob- jekte | | 9.3.3.2. | Bestimmung der Korngröße im Ge- füge | 407 |
| Dr. rer. nat. <i>Adalbert Rakow</i> | 386 | 9.3.3.3. | Bestimmung der Nachbarschaftsver- hältnisse im Gefüge sowie weiterer Strukturparameter | 407 | |
| 8.11.1. | Aufnahmegерäte | 387 | 9.3.3.4. | Richtreihenverfahren | 408 |
| 8.11.2. | Filmanalyse | 391 | 9.3.4. | Halbautomatisches Messen und Zähl- len mit Digitalisierbareaus | 408 |
| 8.11.3. | Film- oder Videoaufzeichnung . . . | 391 | 9.4. | Probennahme und Präparation . . . | 409 |
| 9. | Messen und Zählen mit dem Mikro- skop | | 9.4.1. | Probennahme und Präparation zur Teilchenzählung und Kornvertei- lungsanalyse | 409 |
| Dipl.-Phys. <i>Bernhard Gröbler</i> | 393 | 9.4.2. | Probennahme und Präparation zur stereologischen Analyse | 410 | |
| 9.1. | Einleitung | 393 | 10. | Abtastende Mikroskope | |
| 9.2. | Grundlagen des mikroskopischen Messens | 393 | Dipl.-Phys. <i>Bernhard Gröbler</i> | 411 | |
| 9.2.1. | Längenmessung mit dem Mikro- skop | 393 | 10.1. | Automatische Bildanalyse | 411 |
| 9.2.1.1. | Messung mit Okularskale – Bestim- mung des Skalenwerts | 393 | 10.1.1. | Begriffsbestimmungen | 411 |
| 9.2.1.2. | Messung am projizierten mikrosko- pischen Bild und am mikrofotogra- fischen Bild | 396 | 10.1.2. | Abtastgeräte | 411 |
| 9.2.1.3. | Genauigkeit mikroskopischer Mes- sungen | 396 | 10.1.3. | Methoden der automatischen Bild- auswertung | 413 |
| 9.2.1.4. | Längenmessung durch objektive Fotometrie | 398 | 10.1.4. | Nutzen der automatischen Bild- analyse für die praktische Mikro- skopie | 416 |
| 9.2.2. | Winkelmessung mit dem Mikro- skop | 398 | 10.1.5. | Bemerkungen zur Präparation für automatische Bildanalyse | 417 |
| 9.2.3. | Flächenmessung mit dem Mikro- skop | 398 | 10.2. | Eigenschaften und Anwendungen des Licht-Raster-Mikroskops (LRM) | 417 |
| 9.2.4. | Volumenmessung mit dem Mikro- skop | 400 | 10.2.1. | Einleitung | 417 |
| 9.2.5. | Mikroskopische Messungen 1. Art . | 400 | 10.2.2. | Laser als Strahlungsquelle | 418 |
| 9.2.5.1. | Messungen mit der Skale des Objekt- tisches | 400 | 10.2.3. | Grundtypen der optischen Übertra- gung | 418 |
| | | | 10.2.4. | Grundtypen der Abtastung | 419 |
| | | | 10.2.5. | Vorteile, nutzbare Effekte und An- wendungen | 420 |

| | | | | | |
|------------|---|-----|-----------|--|-----|
| 10.2.5.1. | Spektrale Untersuchungen | 420 | 11.1.3.1. | Temperiereinrichtungen – Heiz- und Kühlische | 431 |
| 10.2.5.2. | Fotothermale Effekte | 420 | 11.1.3.2. | Heiz- und Kühlkammern für mitt- lere Temperaturbereiche | 435 |
| 10.2.5.3. | Optical beam induced current (OBIC) | 421 | 11.1.3.3. | Hoch- und Tieftemperaturkam- mern | 439 |
| 10.2.5.4. | Interferenz | 421 | 11.1.3.4. | Einrichtungen für die Oberflächen- Hoch- und -Tieftemperaturmikro- skopie | 441 |
| 11. | Mikroskopie unter besonderen Temperatur- und Umweltbedin- gungen | | 11.1.3.5. | Hochtemperaturmikroskope mit ho- rizontal liegender Längsachse | 449 |
| | Dipl.-Phys. <i>Manfred Neupert</i> | 422 | 11.2. | Mikroskopie bei Über- und Unter- druck sowie in spezieller Gas- sphäre | 453 |
| 11.1. | Hoch- und Tieftemperaturmikro- skopie | 422 | 11.3. | Mikroskopie unter besonderen Be- dingungen hinsichtlich Luftfeuch- tigkeit | 454 |
| 11.1.1. | Temperaturbestimmung | 422 | | Literaturverzeichnis | 456 |
| 11.1.1.1. | Temperaturmeßmittel | 423 | | Namenverzeichnis | 480 |
| 11.1.1.2. | Meßtechnische Probleme | 425 | | Sachwörterverzeichnis | 483 |
| 11.1.2. | Energieübertragung | 426 | | | |
| 11.1.2.1. | Verfahren zur Erhitzung mikro- skopischer Objekte | 426 | | | |
| 11.1.2.2. | Verfahren zur Abkühlung mikro- skopischer Objekte | 429 | | | |
| 11.1.3. | Hoch- und tieftemperaturmikro- skopische Einrichtungen | 431 | | | |