

Handbuch der Mikroskopie

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

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

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-	
	gesetztes 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 Anwen- dungen	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	57	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			