

Inhaltsverzeichnis

Einleitung IX

Eine kurze Geschichte der Mikroskopie XIII

Referenzen XVIII

Teil I Das Lichtmikroskop als optisches Instrument 1

1	Optische Vergrößerungen: Von der Lupe zum Mikroskop	3
1.1	Die Lupe	3
1.2	Höhere Vergrößerungen: Das zusammengesetzte Mikroskop	5
1.2.1	Strahlengang im zusammengesetzten Mikroskop	6
1.2.2	Numerische Apertur und laterales Auflösungsvermögen	8
1.2.3	Axiales Auflösungsvermögen: Schärfentiefe	13
1.2.4	Vergrößerung und numerische Apertur – was ist möglich?	14
1.2.5	Die Beleuchtung des Mikroskops: Von kritisch zu Köhler	17
1.2.6	Die Aperturblende und ihre Funktion	21
1.2.7	Die Pupillen	23
1.3	Wichtige mechanische Abmessungen des Mikroskops	25
1.3.1	Optik nach DIN: Endliche Tubuslänge	25
1.3.2	Unendlichoptik	27
	Referenzen	30
2	Das aufrechte Durchlichtmikroskop: Aufbau und Funktionsweise	31
2.1	Das Mikroskopstativ	31
2.2	Die Beleuchtung	33
2.2.1	Halogenlampen	34
2.2.2	Linienstrahler: Quecksilber-Hochdrucklampen	36
2.2.3	Leuchtdioden	38
2.3	Kondensoren	40
2.3.1	Prinzipieller Aufbau	41
2.3.2	Besondere Bauformen	42

2.4	Fokussierung und Mikroskopisch	43
2.4.1	Fokussierung	44
2.4.2	Mikroskopisch	45
2.4.3	Ergonomie	47
2.5	Objektive	48
2.5.1	Kennzeichnungen von Objektiven	48
2.5.2	Farbkorrektion: Achromate und Apochromate	51
2.5.3	Ebene Bilder: Planobjektive	54
2.5.4	Ergänzung: Bestimmung der numerischen Apertur	58
2.6	Okulare	60
2.6.1	Kennzeichnungen von Okularen, Vergrößerung und Sehfeldzahl	60
2.6.2	Bauformen von Okularen	62
2.6.3	Exkurs: Messen mit dem Mikroskop	64
2.7	Beobachtungstuben	66
2.7.1	Beobachtungstuben: Von monokular bis trinokular	66
2.7.2	Optische Mitbeobachtung: Diskussionsbrücken	70
2.8	Bilddokumentation	71
2.8.1	Bildsensoren für Kameras – ein kurzer Überblick	72
2.8.2	Kompaktkameras	75
2.8.3	Systemkameras	76
2.8.4	C-Mount-Kameras	78
2.8.5	Softwarepakete, Tipps zum Kauf	81
	Referenzen	81
3	Das aufrechte Auflichtmikroskop	83
3.1	Aufbau und Funktionsweise	83
3.2	Die Beleuchtung	84
3.3	Objektive für die Auflichtmikroskopie	86
3.4	Fokussierung und Mikroskopisch	87
	Referenzen	89
4	Das inverse Mikroskop: Aufbau und Funktionsweise	91
4.1	Das Mikroskopstativ	91
4.2	Beleuchtung und Optik	92
4.3	Mikroskopisch und Fokussierung	94
	Referenzen	96
5	Das Stereomikroskop: Aufbau und Funktionsweise	97
5.1	Stereomikroskop – optischer Aufbau	97
5.2	Stative und Beleuchtung	101
	Referenzen	105

Teil II Unsichtbares sichtbar machen 107

6	Kontrastierverfahren in der Mikroskopie	109
6.1	Hellfeldmikroskopie	109
6.1.1	Durchlicht-Hellfeldmikroskopie	110
6.1.2	Auflicht-Hellfeldmikroskopie	114
6.2	Schiefe Beleuchtung	117
6.2.1	Funktionsprinzip und Komponenten	117
6.2.2	Weiterentwicklung: Der Hoffman-Modulationskontrast	118
6.2.3	Schiefe Beleuchtung im Durchlicht	120
6.2.4	Schiefe Beleuchtung im Auflicht	121
6.3	Dunkelfeldmikroskopie	122
6.3.1	Funktionsprinzip und Komponenten	122
6.3.2	Durchlicht-Dunkelfeldmikroskopie	122
6.3.3	Auflicht-Dunkelfeldmikroskopie	127
6.4	Phasenkontrastmikroskopie	128
6.4.1	Funktionsprinzip und Komponenten	128
6.4.2	Anwendungsbeispiel: Zählung von Asbestfasern	136
6.4.3	Anwendungsbeispiel: Untersuchung von Belebtschlamm	137
6.5	Polarisationsmikroskopie	139
6.5.1	Orthoskopie: Funktionsprinzip und Komponenten	140
6.5.2	Orthoskopie: Anwendungsbeispiele	146
6.5.3	Konoskopie: Funktionsprinzip und Komponenten	148
6.6	Differenzieller Interferenzkontrast	153
6.6.1	Funktionsprinzip und Komponenten	153
6.6.2	Differenzieller Interferenzkontrast im Durchlicht	159
6.6.3	Differenzieller Interferenzkontrast im Auflicht	161
6.7	Fluoreszenzmikroskopie	163
6.7.1	Funktionsprinzip und Komponenten	163
6.7.2	Auflicht-Fluoreszenzmikroskopie: Beispiele	169
6.8	Kontrastierverfahren in der Stereomikroskopie	174
	Referenzen	177

Teil III Weiterentwicklungen – Über die Weitfeldmikroskopie hinaus 181

7	Moderne mikroskopische Verfahren	183
7.1	Modellierung der Punktbildverwaschungsfunktion	183
7.1.1	Dekonvolution: Bildverbesserung durch Software	183
7.1.2	Konfokalmikroskopie	184
7.1.3	Das 4Pi-Mikroskop	187
7.1.4	Das STED-Mikroskop	189
7.2	Höchstauflösung durch Eingriffe in die Beleuchtungsgeometrie	191
7.2.1	Strukturierte Beleuchtung	192

7.2.2	Lichtblattmikroskopie	194
7.2.3	Lokalisationsmikroskopie durch Photoaktivierung	195
7.3	Nahfeldverfahren	196
7.3.1	Nahfeldmikroskopie	197
7.3.2	Interne Totalreflexionsmikroskopie	198
7.4	Quantitative mikroskopische Verfahren	200
7.4.1	Fluorescence Recovery after Photobleaching (FRAP)	200
7.4.2	Zeitaufgelöste Messungen	201
7.5	Nichtlineare Effekte: Raman- und Zwei-Photonen-Mikroskopie	204
7.5.1	Raman-Mikroskopie	204
7.5.2	Zwei-Photonen-Mikroskopie	206
	Referenzen	207

Danksagung 211

Nachweis der mikroskopischen Aufnahmen 213

Stichwortverzeichnis 215