

## Inhaltsverzeichnis

### **Einleitung IX**

### **Eine kurze Geschichte der Mikroskopie XIII**

### **Referenzen XVIII**

### **Teil I Das Lichtmikroskop als optisches Instrument 1**

<b>1</b>	<b>Optische Vergrößerungen: Von der Lupe zum Mikroskop 3</b>
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
<b>2</b>	<b>Das aufrechte Durchlichtmikroskop: Aufbau und Funktionsweise 31</b>
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	<b>Fokussierung und Mikroskopisch</b>	43
2.4.1	<b>Fokussierung</b>	44
2.4.2	<b>Mikroskopisch</b>	45
2.4.3	<b>Ergonomie</b>	47
2.5	<b>Objektive</b>	48
2.5.1	<b>Kennzeichnungen von Objektiven</b>	48
2.5.2	<b>Farbkorrektion: Achromate und Apochromate</b>	51
2.5.3	<b>Ebene Bilder: Planobjektive</b>	54
2.5.4	<b>Ergänzung: Bestimmung der numerischen Apertur</b>	58
2.6	<b>Okulare</b>	60
2.6.1	<b>Kennzeichnungen von Okularen, Vergrößerung und Sehfeldzahl</b>	60
2.6.2	<b>Bauformen von Okularen</b>	62
2.6.3	<b>Exkurs: Messen mit dem Mikroskop</b>	64
2.7	<b>Beobachtungstuben</b>	66
2.7.1	<b>Beobachtungstuben: Von monokular bis trinokular</b>	66
2.7.2	<b>Optische Mitbeobachtung: Diskussionsbrücken</b>	70
2.8	<b>Bilddokumentation</b>	71
2.8.1	<b>Bildsensoren für Kameras – ein kurzer Überblick</b>	72
2.8.2	<b>Kompaktkameras</b>	75
2.8.3	<b>Systemkameras</b>	76
2.8.4	<b>C-Mount-Kameras</b>	78
2.8.5	<b>Softwarepakete, Tipps zum Kauf</b>	81
	<b>Referenzen</b>	81
<b>3</b>	<b>Das aufrechte Auflichtmikroskop</b>	83
3.1	<b>Aufbau und Funktionsweise</b>	83
3.2	<b>Die Beleuchtung</b>	84
3.3	<b>Objektive für die Auflichtmikroskopie</b>	86
3.4	<b>Fokussierung und Mikroskopisch</b>	87
	<b>Referenzen</b>	89
<b>4</b>	<b>Das inverse Mikroskop: Aufbau und Funktionsweise</b>	91
4.1	<b>Das Mikroskopstativ</b>	91
4.2	<b>Beleuchtung und Optik</b>	92
4.3	<b>Mikroskopisch und Fokussierung</b>	94
	<b>Referenzen</b>	96
<b>5</b>	<b>Das Stereomikroskop: Aufbau und Funktionsweise</b>	97
5.1	<b>Stereomikroskop – optischer Aufbau</b>	97
5.2	<b>Stative und Beleuchtung</b>	101
	<b>Referenzen</b>	105

**Teil II Unsichtbares sichtbar machen 107**

<b>6</b>	<b>Kontrastierverfahren in der Mikroskopie 109</b>
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**

<b>7</b>	<b>Moderne mikroskopische Verfahren 183</b>
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
	<b>Danksagung</b>	211
	<b>Nachweis der mikroskopischen Aufnahmen</b>	213
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	215