

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort v

## Teil I Histologie 1

<b>1</b>	<b>Praxis- und Laborwissen Histologie</b>	<b>3</b>
1.1	Aufgaben	3
1.2	Gewebearten	3
1.3	Gewebeverarbeitung	4
1.3.1	Entnahme und Zuschnitt	4
1.3.2	Fixierung	4
1.3.2.1	Fixative	5
1.3.2.1.1	Fixation durch Vernetzung	5
1.3.2.1.2	Fixation durch Wasserentzug	6
1.3.2.1.3	Fixation durch Salzbildung	6
1.3.2.1.4	Fixation durch Veränderung des Quellungszustandes	6
1.3.2.1.5	Weitere Fixationsmethoden	6
1.3.2.2	Fixiergemische	7
1.3.3	Einbettung	7
1.3.4	Schneiden	8
1.3.4.1	Mikrotom	9
1.3.4.1.1	Schlittenmikrotom	9
1.3.4.1.2	Rotationsmikrotom	9
1.3.4.1.3	Vibratom	9
1.3.4.1.4	Tetrander-Mikrotom	9
1.3.4.2	Mikrotommesser	10
1.3.4.2.1	Messermaterial	10
1.3.4.2.2	Messerprofil	10
1.3.4.2.3	Messerwinkel	11
1.3.4.3	Fehler beim Schneiden	12
1.3.5	Färben	12
1.3.5.1	Vorbehandlung für FFPE-Schnitte	12
1.3.5.2	Nachbehandlung für FFPE-Schnitte	13
1.3.5.3	Sonderbehandlung Fettfärbung	14
1.3.5.4	Färbevokabular	14
1.3.5.5	Färbungen	15
1.3.5.5.1	Übersichtsfärbungen	15
1.3.5.5.1.1	Hämatoxylin-Eosin-Färbung (H.E.-Färbung)	15

1.3.5.5.1.2	Giemsa-Färbung	17
1.3.5.5.2	Bindegewebsfärbungen	18
1.3.5.5.2.1	van Gieson-Färbung	18
1.3.5.5.2.2	Elastin-Färbung nach Weigert	19
1.3.5.5.2.3	Kombinierte Elastin – van Gieson Färbung (EvG)	20
1.3.5.5.2.4	Masson-Goldner-Färbung	20
1.3.5.5.2.5	Mallory-Färbung	21
1.3.5.5.2.6	Ladewig-Färbung	22
1.3.5.5.3	Kohlenhydrat-Darstellung	23
1.3.5.5.3.1	PAS-Reaktion nach McMannus	23
1.3.5.5.3.2	Alcianblau-Färbung	24
1.3.5.5.4	Lipid-Darstellung	24
1.3.5.5.4.1	Ölrot nach Lillie	24
1.3.6	Mikroskopieren	25
1.3.6.1	Mikroskoptypen	25
1.3.6.2	Aufbau Lichtmikroskop	26
1.3.6.3	richtiges Einstellen des Lichtmikroskops – das Köhlern	27
1.3.6.4	Gravuren am Okular	28
1.3.6.5	Gravuren am Objektiv	29
1.3.6.6	Gesamtvergrößerung und numerische Apertur	29
1.3.7	Beurteilung	30

## **2 Histologisches Grundlagenwissen 33**

2.1	Die Zelle	33
2.1.1	Aufbau der Zelle und Zellorganellen	33
2.1.1.1	Zytoplasma	33
2.1.1.2	Zytoskelett	33
2.1.1.3	Zellmembran	33
2.1.1.4	Zellkern	35
2.1.1.5	Ribosomen	35
2.1.1.6	Endoplasmatisches Retikulum	35
2.1.1.7	Golgi-Apparat	36
2.1.1.8	Mitochondrien	36
2.1.1.9	Lysosomen	36
2.1.1.10	Weitere kleine Organellen	36
2.1.2	Oberflächendifferenzierung der Zellen	36
2.1.2.1	Mikrovilli	36
2.1.2.2	Kinozilien	37
2.1.2.3	Stereozilien	37
2.1.3	Zellkontakte	37
2.1.3.1	Verschlusskontakte	38
2.1.3.2	Haft- oder Adhäsionskontakte	38
2.1.3.3	Kommunikationskontakte	38
2.1.4	Zellzyklus	38
2.1.4.1	M-Phase/Mitose	38

2.1.4.2	Interphase	40
2.1.5	Meiose	41
2.1.5.1	Meiose I	41
2.1.5.2	Meiose II	41
2.1.6	Wachstum und Zelltod	42
2.1.6.1	Aufbauenden Vorgängen	42
2.1.6.2	Abbauende Vorgänge	42
2.1.6.3	Kernveränderungen beim Zelltod	42
2.2	Gewebe	43
2.2.1	Epithelgewebe	43
2.2.1.1	Oberflächenepithel	43
2.2.1.1.1	Einschichtig	44
2.2.1.1.2	Mehrschichtig	46
2.2.1.1.3	Mehrschichtig	46
2.2.1.1.4	Sonderform Urothel	49
2.2.1.2	Drüsenepithel	51
2.2.1.2.1	Lage zum Oberflächenepithel	51
2.2.1.2.2	Gestalt der Endstücke	51
2.2.1.2.3	Wuchsform	52
2.2.1.2.4	Chemische Beschaffenheit des Sekrets	52
2.2.1.2.5	Sekretionsart	54
2.2.1.2.6	Sekretableitende Strukturen für exokrine, exoepitheliale Drüsen	55
2.2.1.3	Sinnesepithel	56
2.2.2	Binde- und Stützgewebe	56
2.2.2.1	Die Zellen des Bindegewebes	57
2.2.2.1.1	Fixe Zellen	57
2.2.2.1.2	Mobile Zellen	57
2.2.2.2	Die extrazelluläre Matrix	58
2.2.2.2.1	Grundsubstanz	58
2.2.2.2.2	Fasern	58
2.2.2.3	Bindegewebsarten	59
2.2.2.3.1	Lockeres Bindegewebe	59
2.2.2.3.2	Straffes Bindegewebe	59
2.2.2.3.3	Retikuläres Bindegewebe	60
2.2.2.3.4	Gallertiges Bindegewebe	61
2.2.2.3.5	Spinozelluläres Bindegewebe	61
2.2.2.3.6	Knorpelgewebe	61
2.2.2.3.6.1	Hyaliner Knorpel	62
2.2.2.3.6.2	Elastischer Knorpel	63
2.2.2.3.6.3	Faserknorpel	63
2.2.2.3.7	Knochengewebe	64
2.2.2.3.7.1	Knochenmatrix	64
2.2.2.3.7.2	Knochenzellen	64
2.2.2.3.7.3	Periost und Endost	65

2.2.2.3.7.4	Geflechtknochen	65
2.2.2.3.7.5	Lamellenknochen	65
2.2.2.3.8	Fettgewebe	66
2.2.2.3.8.1	weißes Fettgewebe	66
2.2.2.3.8.2	braunes Fettgewebe	67
2.2.3	Muskelgewebe	67
2.2.3.1	Skelettmuskulatur	68
2.2.3.2	Herzmuskulatur	69
2.2.3.3	Glatte Muskulatur	70
2.2.4	Nervengewebe	71
2.2.4.1	Neurone	72
2.2.4.2	Gliazellen	72
2.2.4.3	Aufbau eines peripheren Nervs	73
<b>3</b>	<b>Spezielle Histologie</b>	<b>75</b>
3.1	Organe des Verdauungssystems	75
3.1.1	Kopfdarm	75
3.1.1.1	Mundhöhle	75
3.1.1.2	Lippen	76
3.1.1.3	Gaumen	76
3.1.1.4	Zunge/Lingua	76
3.1.1.5	Speicheldrüsen	78
3.1.1.6	Zähne	80
3.1.1.6.1	Aufbau eines Zahnes	81
3.1.1.6.1.1	Pulpa	82
3.1.1.6.1.2	Schmelz	82
3.1.1.6.1.3	Dentin	82
3.1.1.6.1.4	Zement	82
3.1.2	Rumpfdarm	82
3.1.2.1	Speiseröhre/Ösophagus	83
3.1.2.2	Magen/Gaster	84
3.1.2.3	Dünndarm	88
3.1.2.4	Dickdarm	92
3.1.3	Weitere an der Verdauung beteiligte Organe	94
3.1.3.1	Leber/Hepar	94
3.1.3.2	Gallenwege und Gallenblase	97
3.1.3.2.1	Gallenwege	97
3.1.3.2.2	Gallenblase/Vesica fella	97
3.1.3.3	Wandaufbau	98
3.1.3.4	Bauchspeicheldrüse/Pankreas	99
3.1.3.5	Exokrines Drüsengewebe der Bauchspeicheldrüse	99
3.1.3.6	Endokrines Drüsengewebe der Bauchspeicheldrüse	99
3.2	Atmungsorgane	101
3.2.1	Obere Luftwege	102

- 3.2.2 Untere Luftwege 102
  - 3.2.2.1 Luftröhre/Trachea 102
  - 3.2.2.2 Lunge/Pulmo 105
    - 3.2.2.2.1 Bronchialbaum 105
    - 3.2.2.2.2 Bronchien 105
    - 3.2.2.2.3 Bronchiolen 105
    - 3.2.2.2.4 Wandaufbau der Alveolen oder Blut-Luft-Schranke 107
    - 3.2.2.2.5 Blutversorgung der Lunge 108
- 3.3 Harnorgane 108
  - 3.3.1 Nieren/Ren 108
    - 3.3.1.1 Rinde/Cortex renalis 109
    - 3.3.1.2 Mark/Medulla renalis 109
    - 3.3.1.3 Nephron 109
    - 3.3.1.4 Nierenkörperchen 111
    - 3.3.1.5 Nierenkanälchen/Tubulussystem 112
    - 3.3.1.6 Sammelrohrsystem 113
    - 3.3.1.7 Juxtaglomerulärer Apparat 114
    - 3.3.1.8 Blutgefäße der Niere 114
  - 3.3.2 Ableitende Harnwege 115
    - 3.3.2.1 Nierenbecken/Pelvis renalis 115
    - 3.3.2.2 Harnleiter/Ureter 115
    - 3.3.2.3 Harnblase/Vesica urinaria 115
    - 3.3.2.4 Harnröhre/Urethra 116
- 3.4 Geschlechtsorgane 116
  - 3.4.1 Männliche Geschlechtsorgane 116
    - 3.4.1.1 Hoden/Testis 117
      - 3.4.1.1.1 Hodenkanälchen 117
      - 3.4.1.1.2 Rete testis 118
      - 3.4.1.1.3 Stadien der Spermatogenese 119
      - 3.4.1.1.4 Interstitielles Bindegewebe 119
      - 3.4.1.1.5 Hormonelle Regulation der Hodenfunktion 119
    - 3.4.1.2 Samenwege 120
      - 3.4.1.2.1 Nebenhoden 120
      - 3.4.1.2.2 Samenleiter 120
    - 3.4.1.3 Akzessorische Geschlechtsdrüsen 121
      - 3.4.1.3.1 Bläschendrüsen 121
      - 3.4.1.3.2 Prostata 122
      - 3.4.1.3.3 Cowper-Drüsen 122
    - 3.4.1.4 Penis 122
  - 3.4.2 Weibliche Geschlechtsorgane 122
    - 3.4.2.1 Ovar/Eierstock 123
      - 3.4.2.1.1 Follikelstadien 123
      - 3.4.2.1.2 Ovulation und Corpus luteum 126
      - 3.4.2.1.3 Follikelatresie 127

- 3.4.2.1.4 Hormoneller Zyklus 127
  - Follikelphase 128
  - Lutealphase 128
- 3.4.2.2 Tuba uterina/Eileiter 128
- 3.4.2.3 Uterus/Gebärmutter 129
  - 3.4.2.3.1 Cervix uteri 132
  - 3.4.2.3.2 Portio vaginalis 132
  - 3.4.2.3.3 Menstruationszyklus – Veränderungen des Endometriums 132
- 3.4.2.4 Vagina/Scheide 133
- 3.5 Lymphatische Organe 133
  - 3.5.1 Thymus/Bries 134
  - 3.5.2 Milz/Splen 134
    - 3.5.2.1 Rote Pulpa 135
    - 3.5.2.2 Weiße Pulpa 135
    - 3.5.2.3 Blutgefäße 137
  - 3.5.3 Lymphknoten 137
    - 3.5.3.1 Rinde 137
    - 3.5.3.2 Mark 137
    - 3.5.3.3 Lymphfollikeldifferenzierung 137
    - 3.5.3.4 Sinus 138
    - 3.5.3.5 Mukosaassoziiertes lymphatisches Gewebe 138
  - 3.5.4 Tonsillen/Mandeln 139
    - 3.5.4.1 Tonsilla palatina 139
    - 3.5.4.2 Tonsilla lingualis 139
    - 3.5.4.3 Tonsilla pharyngea 139
  - 3.5.5 Peyer-Plaques 139
- 3.6 Endokrine Organe 140
  - 3.6.1 Hypothalamus 141
    - 3.6.1.1 Effektorhormone 141
    - 3.6.1.2 Steuerhormone 142
  - 3.6.2 Hypophyse/Hirnanhangsdrüse/Glandula pituitaria 142
    - 3.6.2.1 Neurohypophyse 142
    - 3.6.2.2 Adenohypophyse 143
      - 3.6.2.2.1 Azidophile Zellen 143
      - 3.6.2.2.2 Basophile Zellen 144
      - 3.6.2.2.3 Chromophobe Zellen 144
      - 3.6.2.2.4 Negative Rückkopplung/feedback 144
  - 3.6.3 Epiphyse/Zirbeldrüse 145
  - 3.6.4 Schilddrüse/Glandula thyroidea 145
    - 3.6.4.1 Schilddrüsenfollikel 145
    - 3.6.4.2 Tyreoglobulin und die Schilddrüsenhormone Thyroxin und Trijodthyronin 146
    - 3.6.4.3 C-Zellen 146

- 3.6.5 Nebenschilddrüsen/Glandulae parathyroideae 146
- 3.6.6 Nebenniere/Glandula suprarenalis 146
  - 3.6.6.1 Nebennierenrinde 147
    - 3.6.6.1.1 Zona glomerulosa 147
    - 3.6.6.1.2 Zona fasciculata 148
    - 3.6.6.1.3 Zona reticularis 148
    - 3.6.6.1.4 Steuerung der Nebennierenrinde 148
  - 3.6.6.2 Nebennierenmark 148
    - 3.6.6.2.1 Gefäßarchitektur der Nebennieren 149
- 3.6.7 Endokrine Pankreasinseln 149
- 3.7 Kreislaufsystem 149
  - 3.7.1 Kreisläufe 150
    - 3.7.1.1 Lungenkreislauf 150
    - 3.7.1.2 Körperkreislauf 150
  - 3.7.2 Blutgefäße 150
    - 3.7.2.1 Arterien 151
      - 3.7.2.1.1 Arterien vom elastischen Typ 151
      - 3.7.2.1.2 Arterien vom muskulären Typ 152
      - 3.7.2.1.3 Arteriolen 152
    - 3.7.2.2 Kapillaren 153
      - 3.7.2.2.1 Wandaufbau der Kapillaren 154
      - 3.7.2.2.2 Kapillartypen 154
    - 3.7.2.3 Venen 155
      - 3.7.2.3.1 Venolen 155
      - 3.7.2.3.2 Venen 155
      - 3.7.2.3.3 Venenklappen 156
  - 3.7.3 Lymphgefäße 156
    - 3.7.3.1 Lymphkapillaren 157
    - 3.7.3.2 Lymphgefäße 157
  - 3.7.4 Herz/Cor 157
    - 3.7.4.1 Makroskopischer Aufbau 157
    - 3.7.4.2 Blutfluss 158
    - 3.7.4.3 Wandaufbau 158
      - 3.7.4.3.1 Endokard 158
      - 3.7.4.3.2 Myokard 158
      - 3.7.4.3.3 Epikard 158
      - 3.7.4.3.4 Perikard/Herzbeutel 158
- 3.8 Haut 159
  - 3.8.1 Epidermis/Oberhaut 159
  - 3.8.2 Dermis/Lederhaut 160
    - 3.8.2.1 Stratum papillare 160
    - 3.8.2.2 Stratum reticulare 160
  - 3.8.3 Subkutis/Unterhaut 161

- 3.8.4 Hautdrüsen 161
- 3.8.4.1 Holokrine Talgdrüsen 161
- 3.8.4.2 Ekkrine Schweißdrüsen 161
- 3.8.4.3 Apokrine Schweißdrüse 163

## **Teil II Mikrobiologie 165**

- 4 Praxis- und Laborwissen 167**
- 4.1 Einführung 167
- 4.2 Aufgaben 167
- 4.3 Untersuchungsmaterialien 168
- 4.4 Ablauf einer Probenverarbeitung 168
  - 4.4.1 Entnahme 169
  - 4.4.2 mikroskopisches Präparat 169
    - 4.4.2.1 Herstellung von Präparaten 169
      - 4.4.2.1.1 Präparat von einem flüssigen Material 169
      - 4.4.2.1.2 Präparat von einem nicht-flüssigen Material 169
    - 4.4.2.2 Fixierung 170
      - 4.4.2.2.1 Hitze-fixation 170
      - 4.4.2.2.2 Alkoholfixation 170
    - 4.4.2.3 Nativpräparate 170
      - 4.4.2.3.1 Hängender Tropfen 170
      - 4.4.2.3.2 Tuschepräparat 171
    - 4.4.2.4 Färbungen 171
      - 4.4.2.4.1 Gram-Färbung 171
      - 4.4.2.4.2 Methylenblaufärbung 172
      - 4.4.2.4.3 Fuchsin-Färbung 173
      - 4.4.2.4.4 Giemsa-Färbung 173
      - 4.4.2.4.5 Ziehl-Neelsen-Färbung 174
      - 4.4.2.4.6 Kinyoun-Färbung 174
      - 4.4.2.4.7 Hämatoxylin-Färbung nach Heidenhain 175
      - 4.4.2.4.8 Neisser-Färbung 175
      - 4.4.2.4.9 Immunfluoreszenz 176
        - Auramin 176
      - 4.4.2.4.10 Lactophenolblau-Färbung 176
    - 4.4.3 Kultivierung 177
      - 4.4.3.1 Sterilisation und Desinfektion 177
        - 4.4.3.1.1 Heißluftsterilisation 177
        - 4.4.3.1.2 Dampfdrucksterilisation (Autoklav) 177
        - 4.4.3.1.3 Tyndallisation 178
        - 4.4.3.1.4 Pasteurisierung 178
        - 4.4.3.1.5 Ausglühen 178
        - 4.4.3.1.6 Abflammen 178
        - 4.4.3.1.7 Desinfektion 179



- 4.4.3.2 Einteilung der Nährmedien 179
  - 4.4.3.2.1 Flüssige Nährböden 180
  - 4.4.3.2.2 Halbfeste Nährböden 180
  - 4.4.3.2.3 Feste Nährböden 180
  - 4.4.3.2.4 Universalnährböden 180
  - 4.4.3.2.5 Elektiv/Selektiv-Nährböden 180
  - 4.4.3.2.6 Differenzierungsnährböden 181
  - 4.4.3.2.7 Anreicherungs-nährböden 181
  - 4.4.3.2.8 Synthetische Nährböden 181
  - 4.4.3.2.9 Komplexe Nährböden 181
- 4.4.3.3 Nährbodenbestandteile 181
- 4.4.3.4 Übersicht wichtiger Nährmedien 182
  - 4.4.3.4.1 Blutplatte 182
  - 4.4.3.4.2 Schaedler-Platte 183
  - 4.4.3.4.3 MacConkey-Agar-Platte 183
  - 4.4.3.4.4 Kochblutplatte 183
  - 4.4.3.4.5 Thioglycolat-Medium 183
  - 4.4.3.4.6 Mueller-Hinton-Agar-Platte 184
  - 4.4.3.4.7 Sabouraud-Agar-Platte 184
  - 4.4.3.4.8 SS-Platte 184
  - 4.4.3.4.9 Löwenstein-Jensen-Medium 184
  - 4.4.3.4.10 Traubenzucker-Bouillon 184
- 4.4.3.5 Herstellung eines Nährmediums 184
- 4.4.3.6 Beimpfen von Nährmedien 185
  - 4.4.3.6.1 Impfgeräte 185
  - 4.4.3.6.2 Impftechniken 186
    - 4.4.3.6.2.1 Beimpfen einer Bouillon 187
    - 4.4.3.6.2.2 Beimpfen eines Schrägagars 187
    - 4.4.3.6.2.3 Beimpfen eines Hochschichtagars 187
    - 4.4.3.6.2.4 Beimpfen einer Kombination aus Schräg- und Hochschichtagar 187
    - 4.4.3.6.2.5 Beimpfen eines Thioglykolatmediums 187
    - 4.4.3.6.2.6 Beimpfen einer Agarplatte: unfraktionierter Ausstrich 187
    - 4.4.3.6.2.7 Beimpfen einer Agarplatte: Drei-Ösen-Ausstrich 187
    - 4.4.3.6.2.8 Beimpfen einer Agarplatte: Ausstrich auf drei Ebenen 188
- 4.4.3.7 Inkubation 189
- 4.4.3.8 Platten- und Röhrenvisite 190
  - 4.4.3.8.1 Plattenvisite 190
  - 4.4.3.8.2 Röhrenvisite 192
- 4.4.4 Differenzierung 193
  - 4.4.4.1 „Bunte Reihe“ 193
  - 4.4.4.2 Nährboden nach Kligler 194
  - 4.4.4.3 Enzyme der Atmungskette 195
    - 4.4.4.3.1 Katalasereaktion 195
    - 4.4.4.3.2 Oxidasereaktion 196

- 4.4.4.4 Antigennachweis 196
- 4.4.4.4.1 Immunfluoreszenz 196
- 4.4.4.4.2 Antigen-ELISA 196
- 4.4.4.4.3 Agglutinationstests 196
- 4.4.4.5 Nachweis von Nukleinsäuren 197
- 4.4.4.5.1 In-situ-Hybridisierung 197
- 4.4.4.5.2 Polymerasekettenreaktion 197
- 4.4.4.6 Antikörpernachweise (Serologie) 197
- 4.4.4.7 Antibiotikaempfindlichkeit 197
- 4.4.5 Antibiogramm 197
- 4.4.5.1 Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration 198
- 4.4.5.2 Agardiffusionstest 198

## **5 Mikrobiologisches Grundlagenwissen 199**

- 5.1 Grundlagen der Bakterienzelle 199
- 5.1.1 Bakterienformen 199
- 5.1.2 Aufbau einer Bakterienzelle 200
- 5.1.2.1 Zellwand 200
- 5.1.2.2 Zytoplasmamembran 201
- 5.1.2.3 Zytoplasma 201
- 5.1.2.4 Nukleoid 201
- 5.1.2.5 Plasmide 201
- 5.1.2.6 Geißeln 201
- 5.1.2.7 Fimbrien und Pili 202
- 5.1.2.8 Kapsel 202
- 5.1.2.9 Sporen 202
- 5.1.3 Energiegewinnung 204
- 5.1.3.1 Atmung 204
- 5.1.3.2 Gärung 204
- 5.1.4 Wachstum 205
- 5.1.4.1 Wachstumskurve 205
- 5.1.5 Genetische Variabilität bei Bakterien 206
- 5.1.5.1 Transformation 206
- 5.1.5.2 Transduktion 206
- 5.1.5.3 Konjugation 207
- 5.2 Einblick in die antibakterielle Therapie 207
- 5.2.1 Wirkspektrum 207
- 5.2.2 Wirkqualität 207
- 5.2.3 Wirkmechanismus 207
- 5.2.4 Resistenztypen 208
- 5.3 Systematik 208

## **6 Spezielle Bakteriologie 209**

- 6.1 Grampositive Kokken 209

- 6.1.1 Staphylokokken 209
  - 6.1.1.1 Koagulasepositive Staphylokokken 209
  - 6.1.1.2 Koagulasenegative Staphylokokken 212
- 6.1.2 Streptokokken 213
  - 6.1.2.1 Streptococcus pyogenes (A-Streptokokken) 214
    - 6.1.2.1.1 Akute Infektionen 216
    - 6.1.2.1.2 Folgekrankheiten 216
  - 6.1.2.2 Streptococcus agalactiae (B-Streptokokken) 217
  - 6.1.2.3 Streptokokken der serologischen Gruppen C, F und G 217
  - 6.1.2.4 Streptococcus pneumoniae (Pneumokokken) 217
  - 6.1.2.5 Viridans Streptokokken 219
- 6.1.3 Enterokokken 219
- 6.2 Grampositive aerobe und anaerobe Stäbchen, Sporenbildner 221
  - 6.2.1 Bazillen 221
    - 6.2.1.1 Bacillus anthracis 221
    - 6.2.1.2 Bacillus cereus 223
  - 6.2.2 Clostridien 224
    - 6.2.2.1 Clostridium perfringens 224
    - 6.2.2.2 Clostridium tetani 226
    - 6.2.2.3 Clostridium botulinum 227
    - 6.2.2.4 Clostridium difficile 229
- 6.3 Grampositive Stäbchenbakterien, Nichtsporenbildner 230
  - 6.3.1 Listerien 230
    - 6.3.1.1 Listeria monocytogenes 230
  - 6.3.2 Erysipelothrix 231
    - 6.3.2.1 Erysipelothrix rhusiopathiae 231
  - 6.3.3 Gardnerella 232
    - 6.3.3.1 Gardnerella vaginalis 232
- 6.4 Grampositive unregelmäßig geformte Stäbchen, Nichtsporenbildner 233
  - 6.4.1 Korynebakterien 233
    - 6.4.1.1 Corynebacterium diphtheriae 233
  - 6.4.2 Actinomyces 236
    - 6.4.2.1 Actinomyces israelii 236
- 6.5 Mykobakterien/säurefeste Stäbchen 237
  - 6.5.1 Tuberkulose 238
    - 6.5.1.1 M. tuberculosis 238
      - 6.5.1.1.1 Primärtuberkulose 239
      - 6.5.1.1.2 Sekundärtuberkulose 239
      - 6.5.1.1.3 Verbreitung 240
      - 6.5.1.1.4 Tuberkulintest 240
    - 6.5.2 Lepra 241
      - 6.5.2.1 Mycobacterium leprae 241
- 6.6 Gramnegative Kokken 243
  - 6.6.1 Neisserien 243

6.6.1.1	Neisseria gonorrhoeae	243
6.6.1.2	Neisseria meningitidis	245
6.7	Gramnegative aerobe und fakultativ anaerobe Stäbchen	247
6.7.1	Enterobacteriaceae	248
6.7.1.1	Escherichia coli	248
6.7.1.2	fakultativ pathogene Enterobacteriaceae	252
6.7.1.3	Salmonellen (obligat pathogen)	255
6.7.1.3.1	Enteritische Salmonellosen	257
6.7.1.3.2	Typhöse Salmonellosen	259
6.7.1.4	Shigellen (obligat pathogen)	260
6.7.1.5	Yersinien (obligat pathogen)	262
6.7.1.5.1	Yersinia pestis	262
6.7.1.5.2	Yersinia enterocolitica und Yersinia pseudotuberculosis	263
6.7.2	Vibrionaceae	265
6.7.2.1	Vibrio cholerae	265
6.7.3	Pasteurellaceae	266
6.7.3.1	Haemophilus influenzae	266
6.7.4	Pseudomonadaceae	269
6.7.4.1	Pseudomonas aeruginosa	270
6.8	Weitere gramnegative Stäbchen	272
6.8.1	Helicobacter pylori	272
6.8.2	Campylobacter jejuni	272
6.8.3	Bordetella pertussis	273
6.8.4	Legionella pneumophila	274
6.9	spiralig gewundene Bakterien	274
6.9.1	Treponemen	274
6.9.2	Borrelien	275
6.9.3	Leptospiren	276

### **Teil III Morphologische Hämatologie 279**

<b>7</b>	<b>Praxis- und Laborwissen</b>	<b>281</b>
7.1	Einführung in die Hämatologie	281
7.2	Aufgaben der morphologischen Hämatologie	281
7.3	Untersuchungsmaterialien	282
7.4	Ablauf einer Probenverarbeitung	282
7.4.1	Probenentnahme	283
7.4.1.1	venöse Blutentnahme	283
7.4.1.2	Knochenmarkpunktion	284
7.4.1.2.1	Durchführung der Knochenmarkbiopsie	285
7.4.1.3	Lymphknotenpunktion	286
7.4.1.3.1	Durchführung der Lymphknotenpunktion	286
7.4.2	Ausstrich und Fixierung	286
7.4.3	Färbung	288

7.4.3.1	Pappenheim-Färbung	288
7.4.3.2	Giemsa-Färbung	289
7.4.3.3	Darstellung der Retikulozyten	290
7.4.3.3.1	Auswertung	290
7.4.3.4	Zytochemische Färbungen	291
7.4.3.4.1	Berliner-Blau-Reaktion	291
7.4.3.4.2	Alkalische Leukozytenphosphatase (ALP)	292
7.4.3.4.3	Peroxidase-Reaktion (POX)	293
7.4.3.4.4	Alpha-Naphthylacetat-Esterase-Reaktion mit/ohne Fluoridhemmung (ANE)	294
7.4.3.4.5	Saure Phosphatase-Reaktion mit/ohne Tartrathemmung (SP)	294
7.4.4	Differenzierung	294
7.4.4.1	Manuelle Differenzierung – Blutaussstrich	295
7.4.4.2	Knochenmark Beurteilung	295
7.4.4.3	Manuelle Zellzahl-Bestimmung	296
7.4.4.3.1	Prinzip der Zählkammer und L-Form Auszählung	296
7.4.4.3.2	Zählkammern	298
	Neubauer (improved)	298
7.4.4.3.3	Zellzählung	298
7.4.4.4	Automatische Zell(zahl)-Bestimmung	299
7.4.4.4.1	Messprinzip der Durchflusszytometrie mit einem Halbleiterlaser	299
7.4.4.4.2	Messprinzip der Impedanzmessung	301
7.5	Bausteine der Diagnostik	302
7.5.1	Blutbild	302
7.5.1.1	„Kleines“ Blutbild	302
7.5.1.1.1	Hämatokrit	303
7.5.1.1.2	Hämoglobin	303
7.5.1.1.3	Erythrozytenindices	304
7.5.1.2	„Großes“ Blutbild	305
7.5.2	Zytomorphologie	305
7.5.3	Immunphänotypisierung	306
7.5.4	Zytogenetik	306
7.5.5	Molekulargenetik	306
7.5.6	Knochenmark-Histopathologie	307
<b>8</b>	<b>Hämatologisches Grundlagenwissen</b>	<b>309</b>
8.1	Blut	309
8.1.1	Zusammensetzung des Blutes	309
8.1.2	Funktion des Blutes	311
8.2	Knochenmark	313
8.2.1	Aufbau	313
8.2.2	Orte der Blutbildung	313
8.2.3	Allgemeine Blutbildung	314
8.3	Erythropoese	316

- 8.3.1 Entwicklung der Erythrozyten 316
- 8.3.2 Erythrozytenmembran 318
- 8.3.3 Stoffwechsel der Erythrozyten 319
- 8.3.4 Hämoglobin 321
  - 8.3.4.1 Zusammensetzung des Hämoglobins 321
  - 8.3.4.2 Globinsynthese 321
  - 8.3.4.3 Hämoglobinsynthese 322
  - 8.3.4.4 Funktionen und Funktionszustände des Hämoglobins 323
  - 8.3.4.5 Oxygenierung des Hämoglobins 323
- 8.3.5 Eisenstoffwechsel 325
  - 8.3.5.1 Eisenzufuhr und -resorption 325
  - 8.3.5.2 Hepcidin 326
  - 8.3.5.3 Transferrin und Transferrinrezeptor 326
  - 8.3.5.4 Ferritin und Hämosiderin 327
- 8.3.6 Erythrozytenabbau 328
- 8.4 Granulopoese 330
  - 8.4.1 Entwicklung der Granulozyten 330
  - 8.4.2 Neutrophile Granulozyten 331
  - 8.4.3 Eosinophile Granulozyten 332
  - 8.4.4 Basophile Granulozyten 333
- 8.5 Monopoese 333
  - 8.5.1 Entwicklung der Monozyten 333
  - 8.5.2 Makrophagen 334
- 8.6 Megakaryopoese 335
- 8.6.1 Entwicklung der Thrombozyten 335
- 8.7 Lymphopoese 335
  - 8.7.1 Entwicklung der B-Lymphozyten 337
  - 8.7.2 Entwicklung der T-Lymphozyten 338
  - 8.7.3 Entwicklung der NK-Zellen 339
- 9 Hämatologische Erkrankungen 341**
  - 9.1 Erythrozytenveränderungen 341
    - 9.1.1 Beurteilung der Erythrozytenveränderungen 343
  - 9.2 Anämien 345
    - 9.2.1 Einteilungen der Anämien 345
    - 9.2.2 Hypochrome Anämien und Eisenüberladung 346
      - 9.2.2.1 Eisenmangel 346
      - 9.2.2.2 Anämie bei chronischer Erkrankung (ACD) 350
      - 9.2.2.3 Sideroachrestische Anämie 351
      - 9.2.2.4 Eisenüberladung – Hereditäre Hämochromatose 351
    - 9.2.3 Hämolytische Anämien und weitere normochrome, normozytäre Anämien 352
      - 9.2.3.1 hereditäre hämolytische Anämien 353
        - 9.2.3.1.1 Membrandefekte 353

- 9.2.3.1.1.1 hereditäre Sphärozytose (Kugellellanämie) 353
- 9.2.3.1.1.2 Elliptozytose 354
- 9.2.3.1.2 Enzymdefekte 354
  - 9.2.3.1.2.1 Glucose-6-phosphat-dehydrogenase-Mangel 354
  - 9.2.3.1.2.2 Pyruvatkinasemangel 356
- 9.2.3.1.3 Hämoglobinopathien 357
  - 9.2.3.1.3.1 Sichelzellanämie 357
  - 9.2.3.1.3.2 Thalassämie 359
- 9.2.3.2 erworbene hämolytische Anämien 362
  - 9.2.3.2.1 Immunhämolytische Anämien 362
    - 9.2.3.2.1.1 Auto-Antikörper 362
    - 9.2.3.2.1.2 Iso-Antikörper 363
  - 9.2.3.2.2 Medikamenten-induzierte Immunhämolysen 363
  - 9.2.3.2.3 Syndrome mit Erythrozytenzerfall 364
  - 9.2.3.2.4 Infektionen 365
  - 9.2.3.2.5 Paroxysmale nächtliche Hämoglobinurie (PNH) 365
- 9.2.3.3 weitere normochrome, normozytäre Anämien 365
  - 9.2.3.3.1 Aplastische Anämie 365
    - 9.2.3.3.2 Renale Anämie 367
- 9.2.4 Megaloblastäre und andere makrozytäre Anämien 367
  - 9.2.4.1 Megaloblastäre Anämien 367
  - 9.2.4.2 weitere makrozytäre Anämien 370
- 9.3 Malaria 371
- 9.4 Benigne Veränderungen der Leukozyten 376
  - 9.4.1 Kernveränderungen 376
  - 9.4.2 Zytoplasmaveränderungen 377
  - 9.4.3 Neutrophile Leukozytose 379
  - 9.4.4 Linksverschiebung 379
  - 9.4.5 Neutrophilien ohne Linksverschiebung 381
  - 9.4.6 Neutropenien 381
  - 9.4.7 Eosinophilie und Eosinopenie 383
  - 9.4.8 Basophilie und Basopenie 383
  - 9.4.9 Monozytose 383
  - 9.4.10 Lymphozytose 383
- 9.5 Maligne Veränderungen der Leukozyten 385
  - 9.5.1 MPN – Myeloproliferative Neoplasien 385
    - 9.5.1.1 Polycythaemia vera (PV) 386
    - 9.5.1.2 Essentielle Thrombozythämie (ET) 389
    - 9.5.1.3 Primäre Myelofibrose (PMF) 393
    - 9.5.1.4 Chronisch myeloische Leukämie (CML) 396
  - 9.5.2 MDS – Myelodysplastische Neoplasien 401
  - 9.5.3 MDS/MPN – Myelodysplastische/myeloproliferative Neoplasien 407
    - 9.5.3.1 CMML – Chronische myelo-monozytäre Leukämie 408
  - 9.5.4 AML – Akute myeloische Leukämie 411

9.6	Maligne Veränderungen der Lymphozyten	420
9.6.1	Vorläufer-Neoplasien	420
9.6.2	Reifzellige lymphatische Neoplasien	427
9.6.2.1	Hodgkin-Lymphom	427
9.6.2.2	Non-Hodgkin-Lymphome	432
9.6.2.2.1	Einteilung	433
9.6.2.2.2	Auswahl an verschiedener Entitäten	433
9.6.2.2.3	Therapie	440

**Weiterführende Literatur** 441

**Quellennachweis für Abbildungen** 443

**Stichwortverzeichnis** 445