

Wirnt Rick

---

# Klinische Chemie und Mikroskopie

---

Sechste, überarbeitete  
und erweiterte Auflage

Mit 58 Abbildungen, davon 13 Farbtafeln

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo Hong Kong

## INHALTSÜBERSICHT

	Seite
Voraussetzungen zur Erzielung zuverlässiger Befunde . . . . .	1
Vorbereitung des Patienten . . . . .	1
Probengefäße und deren Kennzeichnung . . . . .	5
Gewinnung des Untersuchungsmaterials . . . . .	6
Zusatz geeigneter Antikoagulantien bzw. Konservierungsstoffe . . . . .	8
Transport und Aufbewahrung von Proben . . . . .	9
Analytik im Laboratorium . . . . .	11
Übermittlung der Ergebnisse . . . . .	12
Interpretation von Analysendaten . . . . .	13

## HÄMATOLOGIE

### Corpusculäre Bestandteile des Blutes

Geformte Elemente des Blutes und ihre wichtigsten Aufgaben . . . . .	15
Entwicklung der geformten Bestandteile des Blutes . . . . .	16
Einzelheiten zur Entwicklung und Funktion der corpusculären Bestandteile des Blutes . . . . .	19
Neutrophile Granulocyten . . . . .	19
Eosinophile und basophile Granulocyten . . . . .	21
Monocyten . . . . .	21
Lymphocyten . . . . .	22
T-Lymphocyten . . . . .	24
T4-Lymphocyten . . . . .	24
T8-Lymphocyten . . . . .	25
Quotient T4/T8-Lymphocyten . . . . .	26
Null-Lymphocyten . . . . .	27
B-Lymphocyten . . . . .	27
Plasmazellen . . . . .	27
Überblick über die Abwehrmechanismen . . . . .	30
Unspezifische Abwehrmechanismen . . . . .	30
Antigen-spezifische Immunabwehr . . . . .	31
Erythrocyten . . . . .	32
Thrombocyten . . . . .	32

### Hämatologische Untersuchungsmethoden

Gewinnung von Blut für hämatologische Untersuchungen . . . . .	33
Gewinnung von Capillarblut . . . . .	33
Gewinnung von venösem Blut . . . . .	34
Leukocyten	
Leukocytenzählung . . . . .	35

	Seite
Zählkammerv Verfahren . . . . .	35
Verfahren mit elektronischen Zählgeräten . . . . .	39
Leukocytenmorphologie . . . . .	41
Anfertigung von Blutaussstrichen . . . . .	41
Färbung von Blutaussstrichen . . . . .	43
Differenzieren von Blutaussstrichen . . . . .	44
Reife Leukocyten in panoptisch gefärbten Blutaussstrichen . . . . .	46
Normbereiche der Leukocyten im peripheren Blut . . . . .	51
Unreife Vorstufen der Granulocyten in panoptisch gefärbten Blutaussstrichen . . . . .	52
Spezielle Untersuchungsverfahren an Leukocyten . . . . .	56
Cytochemische Reaktionen in Leukocyten . . . . .	56
Nachweis der Myeloperoxydase . . . . .	57
Nachweis unspezifischer Esterasen . . . . .	58
Nachweis der alkalischen Neutrophilenphosphatase . . . . .	59
Nachweis von Polysacchariden und Glykogen (PAS-Reaktion) . . . . .	61
Nachweis der sauren Leukocytenphosphatase . . . . .	62
Immunologischer Nachweis von Oberflächenstrukturen . . . . .	63
Immunologische Bestimmung der terminalen Desoxyribonucleotidyl-Transferase . . . . .	63
Nachweis von Chromosomenanomalien . . . . .	63
Nachweis von L. E. -Zellen . . . . .	64
Erythrocyten . . . . .	65
Hämoglobinkonzentration im Vollblut . . . . .	66
Erythrocytenzählung . . . . .	69
Zählkammerv Verfahren . . . . .	69
Verfahren mit elektronischen Zählgeräten . . . . .	70
Hämatokritwert . . . . .	71
Hämoglobingehalt der Erythrocyten . . . . .	73
MCH (Hb <sub>E</sub> ) . . . . .	73
Volumen bzw. Durchmesser der Erythrocyten . . . . .	75
MCV . . . . .	76
Hämoglobinkonzentration in den Erythrocyten . . . . .	77
MCHC . . . . .	77
Erythrocytenmorphologie in panoptisch gefärbten Blutaussstrichen . . . . .	78
Erythrocytenvorstufen in panoptisch gefärbten Blutaussstrichen . . . . .	82
Spezialfärbungen an Erythrocyten . . . . .	85
Reticulocyten . . . . .	85
Siderocyten . . . . .	86
HEINZ' sche Innenkörper . . . . .	88
Wichtigste Veränderungen des Blutbildes	
Reaktive Veränderungen des weißen Blutbildes . . . . .	89
Veränderung der Gesamtzahl der Leukocyten pro $\mu$ l Blut . . . . .	89
Veränderung der Relation der verschiedenen Leukocytenarten . . . . .	90
Linksverschiebung . . . . .	92
Toxische Granulation . . . . .	92
Infektiöse Mononucleose . . . . .	93
Vorkommen monocytoider Lymphocyten . . . . .	93
Leukämien (Leukosen) . . . . .	94
Entstehung der Leukämien . . . . .	94
Anhäufung von Leukämiezellen im Organismus . . . . .	94
Hinweise zur Diagnostik von Leukämien . . . . .	95

	Seite
Einteilung der Leukämien . . . . .	96
Einteilung der akuten Leukämien . . . . .	96
Einteilung der chronischen Leukämien . . . . .	98
Akute Myelose . . . . .	99
Akute Lymphadenose . . . . .	100
Chronische Myelose . . . . .	101
Chronische Lymphadenose . . . . .	103
Promyelocytenleukämie . . . . .	104
Monocytenleukämie . . . . .	104
Seltene Leukämieformen . . . . .	104
Plasmocytom, Plasmazell-Leukämie . . . . .	105
Myeloproliferative Erkrankungen . . . . .	107
Osteomyelosklerose . . . . .	107
Polycythaemia vera . . . . .	107
Idiopathische (essentielle) Thrombocythämie . . . . .	108
✗ Anämien . . . . .	115
Ätiologie der Anämien . . . . .	115
Einteilung der Anämien . . . . .	119
Klinische Symptomatik der Anämien . . . . .	120
Untersuchungsverfahren zur Differenzierung von Anämien . . . . .	121
Charakteristische Befundkonstellationen bei Anämien . . . . .	124
Polyglobulie . . . . .	127
Literaturhinweise . . . . .	128

## HÄMOSTASEOLOGIE

Hämostasemechanismen . . . . .	129
Übersicht über den Ablauf der Hämostase . . . . .	130
Thrombocyten . . . . .	132
Gerinnungsfördernde Mechanismen . . . . .	133
Plasmatische Gerinnungsfaktoren . . . . .	133
Ablauf der plasmatischen Gerinnung . . . . .	136
Exogen ausgelöster Gerinnungsablauf . . . . .	136
Endogen ausgelöster Gerinnungsablauf . . . . .	137
Verbleib der Faktoren nach Ablauf der Gerinnung . . . . .	138
Gerinnungshemmende Mechanismen . . . . .	139
Antithrombin III . . . . .	139
Protein C . . . . .	139
Clearance durch das RES . . . . .	139
Fibrinolytisches System . . . . .	140
Aktivierung der Fibrinolysemechanismen . . . . .	140
Wirkung von Plasmin . . . . .	141
Fibrinolysehemmende Mechanismen . . . . .	142
Plasminogenaktivator-Inhibitoren . . . . .	142
$\alpha_2$ -Antiplasmin, $\alpha_2$ -Makroglobulin . . . . .	142
Clearance durch das RES . . . . .	142
Störungen der Hämostase . . . . .	
Hämorrhagische Diathesen . . . . .	143
Thrombosen . . . . .	144
Hämostaseologische Untersuchungsmethoden . . . . .	
Verfahren zur Erfassung von Vasopathien . . . . .	145
Subaquale Blutungszeit nach MARX . . . . .	145

	Seite
RUMPEL-LEEDE-Test und Saugglockentest . . . . .	145
Verfahren zur Erfassung thrombocyitär bedingter hämorrhagischer Diathesen . . . . .	146
Thrombocytenzahl . . . . .	146
Zählkammerverfahren . . . . .	146
Verfahren mit elektronischen Zählgeräten . . . . .	150
Thrombocytenzählung nach FONIO . . . . .	150
Beurteilung der Thrombocytenfunktion . . . . .	152
Adhäsion (Retention) der Thrombocyten . . . . .	152
Aggregation der Thrombocyten . . . . .	152
Verfahren zur Erfassung von Koagulopathien . . . . .	153
Überblick über die Untersuchungsmethoden . . . . .	153
Voraussetzungen zur Erzielung zuverlässiger Ergebnisse . . . . .	154
Fehlerquellen bei gerinnungsphysiologischen Verfahren . . . . .	157
Globalteste zur Erfassung von Gerinnungsstörungen . . . . .	158
Thrombelastogramm (TEG) . . . . .	158
Plasma-Recalcifizierungszeit . . . . .	161
Aktivierte Partielle Thromboplastinzeit (PTT) . . . . .	161
QUICK-Test (Thromboplastinzeitbestimmung) . . . . .	162
Phasenteste zur Lokalisation von Gerinnungsstörungen . . . . .	165
Thrombinzeit . . . . .	165
Schlangengiftzeit . . . . .	165
QUICK-Test (Thromboplastinzeitbestimmung) . . . . .	166
Aktivierte Partielle Thromboplastinzeit (PTT) . . . . .	166
Faktorenteste zur Erfassung einzelner an der Gerinnung beteiligter Komponenten . . . . .	167
Quantitative Bestimmung von Gerinnungsfaktoren . . . . .	167
Bestimmung der Fibrinogenkonzentration im Plasma . . . . .	168
Chemische Methoden . . . . .	168
Methode nach CLAUSS . . . . .	168
Hitze-fibrinfällung nach SCHULZ . . . . .	169
Beurteilung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Fibrinogenkonzentration im Plasma . . . . .	169
Bestimmung der Aktivität von Faktor XIII . . . . .	170
Prüfung der Löslichkeit des gebildeten Fibrins in Monochloressigsäure . . . . .	170
Immunologische Verfahren . . . . .	170
Chemische Verfahren . . . . .	170
Nachweis von Hemmkörpern gegen Gerinnungsfaktoren . . . . .	171
Bestimmung gerinnungshemmender Faktoren . . . . .	172
Bestimmung von Antithrombin III . . . . .	172
Bestimmung von Protein C . . . . .	172
Untersuchungsverfahren zur Erfassung der fibrinolytischen Aktivität . . . . .	173
Beobachtung der Spontanlyse . . . . .	173
Thrombelastogramm . . . . .	173
Fibrinogenkonzentration im Plasma . . . . .	173
Euglobulin-Lyse-Zeit . . . . .	173
Indirekter Nachweis von Fibrin- bzw. Fibrinogenspaltprodukten . . . . .	174
Thrombinzeit . . . . .	174
Schlangengiftzeit . . . . .	174

	Seite
Immunologischer Nachweis von Fibrin- bzw. Fibrinogen-spaltprodukten . . . . .	175
Spezifischer immunologischer Nachweis des Fibrinspaltprodukts D-Dimer . . . . .	175
Einsatz hämostaseologischer Untersuchungsmethoden . . . . .	176
Manifeste hämorrhagische Diathesen . . . . .	177
Verbrauchsreaktion bzw. Verbrauchskoagulopathie . . . . .	177
Primäre Hyperfibrinolyse . . . . .	177
Latente hämorrhagische Diathesen . . . . .	180
Antikoagulantientherapie . . . . .	182
Kontrolle der Therapie mit Vitamin K-Antagonisten . . . . .	182
Kontrolle der Therapie mit Heparin . . . . .	183
Kontrolle der Therapie mit Inhibitoren der Plättchenfunktion . . . . .	184
Fibrinolytische Therapie . . . . .	184
Antifibrinolytische Therapie . . . . .	184
Thrombosedagnostik . . . . .	185
Literaturhinweise . . . . .	186

## KLINISCHE CHEMIE

Richtlinien für die Arbeit im klinisch-chemischen Laboratorium . . . . .	187
Chemikalien . . . . .	187
Standardsubstanzen und Standardlösungen . . . . .	187
Wasser, Säuren, Laugen, Lösungsmittel u. a. . . . .	187
Herstellung von Lösungen . . . . .	188
Aufbewahrung von Lösungen . . . . .	188
Haltbarkeit von Lösungen . . . . .	189
Waagen und Wägungen . . . . .	190
pH-Meter und ihre Bedienung . . . . .	190
Glasgeräte . . . . .	191
Kunststoffartikel . . . . .	191
Volumenmeßgeräte . . . . .	192
Kalibrierung von Volumenmeßgeräten . . . . .	194
Vorbereitung des Untersuchungsmaterials . . . . .	195
Ausführung von klinisch-chemischen Bestimmungen . . . . .	196
Klinisch-chemische Analytik . . . . .	199
Trennverfahren . . . . .	199
Quantitative Analyseverfahren . . . . .	200
Absorptionsphotometrie (Photometrie)	
Grundlagen der Absorptionsphotometrie . . . . .	201
Prinzip der photometrischen Messung . . . . .	203
• Photometer . . . . .	204
Spektralphotometer . . . . .	205
Spektrallinienphotometer . . . . .	206
Filterphotometer . . . . .	207
Hinweise zur Ausführung photometrischer Messungen . . . . .	208
Küvetten . . . . .	208
Ausführung der photometrischen Messungen . . . . .	210
Messung gegen Aqua bidest. . . . .	210
Messung gegen einen Reagentien-Leerwert . . . . .	211
Auswertung der Meßergebnisse . . . . .	212

	Seite
Über den spezifischen Extinktionskoeffizienten . . . . .	212
Über mitgeführte Standardlösungen . . . . .	214
<b>Photometrische Bestimmungsverfahren</b>	
<b>Photometrische Methoden zur Bestimmung von Metabolitkonzentrationen</b>	
Grundlagen der Methodik . . . . .	215
Direkte Messung absorbierender Substanzen . . . . .	215
Messung nach chemischer Umsetzung . . . . .	215
Messung nach enzymatischer Umsetzung . . . . .	216
Berechnung von Metabolitkonzentrationen . . . . .	218
Diagnostisch wichtige Metabolite . . . . .	219
X Bilirubin . . . . .	219
Bestimmung der Bilirubinkonzentration im Serum . . . . .	221
Direkte Messung . . . . .	221
Bestimmung als Azobilirubin . . . . .	221
Gesambilirubin . . . . .	221
Direkt reagierendes Bilirubin . . . . .	221
Indirekt reagierendes Bilirubin . . . . .	222
Glucose . . . . .	223
Bestimmung der Glucosekonzentration im Blut . . . . .	225
Enzymatisches Verfahren mit Hexokinase und Glucose-6- Phosphat-Dehydrogenase (UV-Test) . . . . .	226
Enzymatisches Verfahren mit Glucose-Dehydrogenase (UV-Test) . . . . .	228
Enzymatisches Verfahren mit Glucose-Oxydase (Farb- test) . . . . .	229
Orientierende Bestimmung mit Teststreifen . . . . .	230
Glucose-Toleranz-Test . . . . .	231
Oraler Glucose-Toleranz-Test . . . . .	231
Intravenöser Glucose-Toleranz-Test . . . . .	233
Lipoproteine . . . . .	235
Bestimmung der Lipoproteine im Serum . . . . .	236
Lipoproteinelektrophorese . . . . .	236
Ultrazentrifugation . . . . .	236
Cholesterin . . . . .	237
Bestimmung der Cholesterinkonzentration im Serum . . . . .	238
Enzymatisches Verfahren mit Cholesterin-Oxydase . . . . .	238
Low Density-Lipoprotein (LDL)-Cholesterin . . . . .	240
High Density-Lipoprotein (HDL)-Cholesterin . . . . .	241
Triglyceride . . . . .	242
Bestimmung der Triglyceridkonzentration im Serum . . . . .	242
Enzymatisches Bestimmungsverfahren über Glycerin . . . . .	243
Harnstoff . . . . .	245
Bestimmung der Harnstoffkonzentration im Serum . . . . .	245
Enzymatisches Verfahren mit Urease und Glutamat-Dehy- drogenase (UV-Test) . . . . .	245
Bestimmung nach BERTHELOT (Farbtest) . . . . .	246
Orientierende Bestimmung mit Teststreifen . . . . .	247
Creatinin . . . . .	248
Bestimmung der Creatininkonzentration im Serum . . . . .	248
Verfahren mit alkalischer Pikratlösung ohne Enteiweißung . . . . .	248
Enzymatisches Verfahren über Creatin und Sarcosin . . . . .	249
Harnsäure . . . . .	250

	Seite
Bestimmung der Harnsäurekonzentration im Serum . . . . .	250
Enzymatisches Verfahren mit Uricase (UV-Test) . . . . .	251
Enzymatisches Verfahren mit Uricase und Peroxydase (Farbtest) . . . . .	252
X Eisen . . . . .	253
Bestimmung der Eisenkonzentration im Serum . . . . .	254
Verfahren ohne Enteiweißung mit Bathophenanthrolin- Disulfonat . . . . .	254
Verfahren mit Enteiweißung und Bathophenanthrolin- Disulfonat . . . . .	256
Phosphat . . . . .	257
Bestimmung der Phosphatkonzentration im Serum . . . . .	258
Verfahren mit der Molybdänblau-Reaktion . . . . .	258
Serumproteine . . . . .	260
Bestimmung der Gesamteiweißkonzentration im Serum . . . . .	261
Biuretmethode . . . . .	261
Bestimmung auf Grund der Absorption der Proteine im UV-Bereich . . . . .	262
Bestimmung auf Grund des Stickstoffgehalts der Proteine nach KJELDAHL . . . . .	262
-Elektrophorese . . . . .	263
Photometrische Methoden zur Bestimmung von Enzymaktivitäten	
Grundlagen der Enzymdiagnostik . . . . .	270
Richtlinien zur Messung von Enzymaktivitäten . . . . .	272
Grundlagen der Methodik . . . . .	275
Kontinuierliche Meßverfahren . . . . .	275
Optischer Test (nach WARBURG) . . . . .	275
Verfahren zur Messung im Bereich des sichtbaren Lichts . . . . .	278
Diskontinuierliche Meßverfahren . . . . .	279
Endpunktverfahren . . . . .	280
Auswertung der Meßergebnisse . . . . .	280
Diagnostisch wichtige Enzyme im Serum . . . . .	282
Cholinesterase . . . . .	282
Creatin-Kinase (CK) . . . . .	284
Creatin-Kinase MB-Isoenzym . . . . .	285
Makro-Creatin-Kinasen . . . . .	286
Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) . . . . .	287
Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) . . . . .	288
$\gamma$ -Glutamyl-Transferase ( $\gamma$ -GT) . . . . .	289
Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) . . . . .	290
Lactat-Dehydrogenase (LDH) . . . . .	291
LDH 1 und 2 - Isoenzyme (" $\alpha$ -Hydroxybutyrat-Dehydrogenase" ( $\alpha$ -HBDH)) . . . . .	292
Phosphatasen . . . . .	293
Alkalische Phosphatasen . . . . .	293
Saure Phosphatasen . . . . .	295
$\alpha$ -Amylasen . . . . .	297
Bestimmung der Aktivität mit 4-Nitrophenyl- $\alpha$ , D-Malto- heptaosid als Substrat . . . . .	298
Bestimmung der Aktivität mit 4-Nitrophenyl- $\alpha$ , D-Malto- pentaosid und -hexaosid als Substrat . . . . .	299



	Seite
Bestimmung der Aktivität mit 2-Chlor-4-Nitrophenyl- $\beta$ , D-Maltoheptaosid als Substrat . . . . .	300
Pankreaslipase . . . . .	301
Bewertung der Ergebnisse von Metabolitkonzentrations- und Enzymaktivitätsmessungen . . . . .	302
Emissionsphotometrie (Flammenphotometrie)	
Grundlagen der Emissionsphotometrie . . . . .	303
Flammenphotometer . . . . .	305
Hinweise zur Ausführung flammenphotometrischer Messungen . . . . .	307
Flammenphotometrische Bestimmungsverfahren	
Natrium . . . . .	308
Bestimmung der Natriumkonzentration im Serum . . . . .	309
Kalium . . . . .	310
Bestimmung der Kaliumkonzentration im Serum . . . . .	311
Calcium . . . . .	312
Bestimmung der Calciumkonzentration im Serum . . . . .	315
Elektrolytbestimmungen mit ionenselektiven Elektroden	
Grundlagen der Methodik . . . . .	316
Bestimmung der Natriumionen-Aktivität . . . . .	317
Bestimmung der Kaliumionen-Aktivität . . . . .	317
Bestimmung der Aktivität des ionisierten Calciums . . . . .	317
Bestimmung der Chloridionen-Aktivität . . . . .	318
Atomabsorptionsphotometrie	
Grundlagen der Atomabsorptionsphotometrie . . . . .	319
Atomabsorptionsphotometer . . . . .	320
Anwendung der Atomabsorptionsphotometrie im klinisch-chemischen Laboratorium . . . . .	321
Fluorimetrie	
Grundlagen der Fluorimetrie . . . . .	322
Fluorimeter . . . . .	323
Anwendung fluorimetrischer Verfahren in der klinischen Chemie . . . . .	324
Coulometrie . . . . .	325
Chlorid . . . . .	325
Bestimmung der Chloridkonzentration im Serum . . . . .	326
Titrimetrie (Volumetrie, Maßanalyse) . . . . .	327
pH-Messung und Blutgasanalysen	
pH . . . . .	328
pH-Messung . . . . .	328
Glaselektroden . . . . .	328
Bezugselektroden . . . . .	329
Hinweise zur Prüfung von pH-Meßgeräten . . . . .	330
pCO <sub>2</sub> . . . . .	331
pCO <sub>2</sub> -Messung . . . . .	331
pO <sub>2</sub> . . . . .	331
pO <sub>2</sub> -Messung . . . . .	331
Säure-Basen-Haushalt	
Definition von Säuren und Basen nach BRØNSTED . . . . .	332
Puffer . . . . .	332

	Seite
Puffergleichung . . . . .	333
Puffersysteme des Blutes . . . . .	334
Untersuchungen zum Säure-Basen-Haushalt . . . . .	335
Blutentnahme . . . . .	336
pH-Messung . . . . .	337
Ermittlung des $pCO_2$ . . . . .	337
Direktes Verfahren mit einer $pCO_2$ -Elektrode . . . . .	337
Indirektes Verfahren nach SIGGAARD-ANDERSEN . . . . .	337
Ermittlung der Standardbicarbonat-Konzentration . . . . .	339
Pufferbasen . . . . .	339
Basenüberschuß . . . . .	341
Ermittlung des $pO_2$ . . . . .	341
Vollmechanisierte Analytik . . . . .	341
Normbereiche der Kenngrößen des Säure-Basen-Haushalts . . . . .	342
Fehlermöglichkeiten . . . . .	342
Störungen des Säure-Basen-Haushalts . . . . .	343
Respiratorische Störungen . . . . .	343
Metabolische Störungen . . . . .	344
Kompensationsmechanismen . . . . .	345
Häufigkeit pathologischer Ergebnisse . . . . .	345
Charakteristische Befundkonstellationen bei Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichts . . . . .	347
Anleitung zur Interpretation von Befundkonstellationen . . . . .	349
Störungen der Sauerstoffaufnahme in der Lunge . . . . .	350
Klinisch-chemische Verfahren auf immunologischer Grundlage	
Grundlagen der Methodik . . . . .	351
Immunologische Bestimmungsmethoden	
Qualitative Verfahren . . . . .	352
Immunelektrophorese . . . . .	352
Immunfixationselektrophorese . . . . .	353
Indirekter Nachweis von Antigen-Antikörper-Reaktionen . . . . .	354
Latexteste . . . . .	354
Passive Hämagglutinationsteste . . . . .	354
Hämagglutinations-Hemmteste . . . . .	354
Quantitative Verfahren . . . . .	355
Radiale Immundiffusion . . . . .	355
Nephelometrische Messung des von Antigen-Antikörper-Kom- plexen gestreuten Lichts . . . . .	355
Quantitative Verfahren mit Markierung von Antigenen oder Anti- körpern . . . . .	356
Markierung von Antigenen oder Antikörpern . . . . .	356
Trennschritte . . . . .	357
Auswertung der Ergebnisse . . . . .	357
Radioimmunoassay (RIA) . . . . .	358
Kompetitiver (klassischer) Radioimmunoassay . . . . .	358
Nichtkompetitiver Radioimmunoassay (Sandwich-Prinzip) . . . . .	359
Enzymimmunoassay (EIA) . . . . .	360
Kompetitiver Enzymimmunoassay . . . . .	360
Nichtkompetitiver Enzymimmunoassay (Sandwich-Prinzip) . . . . .	360
Homogener Enzymimmunoassay . . . . .	360
Modifikationen von Enzymimmunoassays . . . . .	361
Fluoreszenzimmunoassay (FIA) . . . . .	361

	Seite
Einschränkungen bei der Bewertung von Ergebnissen mit Verfahren auf immunologischer Basis . . . . .	362
Anwendung immunologischer Verfahren in der Klinischen Chemie	
Bestimmung von sog. Akute Phase-Proteinen . . . . .	364
Bestimmung des C-reaktiven Proteins (CRP) . . . . .	364
Bestimmung des Eisenspeicherproteins Ferritin . . . . .	366
Bestimmung der Ferritinkonzentration im Serum . . . . .	367
Bestimmung von Hormonkonzentrationen . . . . .	368
Wirkungsmechanismen der Hormone . . . . .	368
Klassifizierung der Hormone . . . . .	369
Allgemeine Gesichtspunkte zur Analytik . . . . .	369
Schilddrüsenhormone . . . . .	371
Bestimmung des gesamten Thyroxins (Gesamt-T4) . . . . .	373
Bestimmung des gesamten Trijodthyronins (Gesamt-T3) . . . . .	374
Bestimmung des freien Thyroxins (FT4) . . . . .	375
Bestimmung des freien T3 (FT3) . . . . .	376
Thyroxin-bindendes Globulin (TBG) . . . . .	376
Thyreoida-stimulierendes Hormon (TSH) . . . . .	377
Thyreotropin-Releasing-Hormon-Test (TRH-Test) . . . . .	378
Charakteristische Befundkonstellationen bei verschiedenen Funktionszuständen der Schilddrüse . . . . .	379
Cortisol . . . . .	380
Bestimmung des Cortisols . . . . .	381
Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) . . . . .	382
Funktionsteste zur Prüfung des Regelkreises Hypothalamus - Hypophyse - Cortisolinkretion . . . . .	383
Renin - Angiotensin - Aldosteron - System . . . . .	384
Bestimmung der Reninaktivität . . . . .	384
Aldosteron . . . . .	386
Bestimmung des Aldosterons . . . . .	387
Wachstumshormon . . . . .	388
Bestimmung des Wachstumshormons (STH) . . . . .	389
Funktionsteste zur Prüfung des Regelkreises Hypothalamus - Inkretion von Wachstumshormon . . . . .	390
Insulin-Hypoglykämie-Test . . . . .	390
Arginin-Belastungs-Test . . . . .	390
Glucose-Belastungs-Test . . . . .	391
Parathormon . . . . .	392
Bestimmung des Parathormons . . . . .	393
Insulin . . . . .	394
Bestimmung der Insulinkonzentration nach Nahrungskarenz . . . . .	394
Gonadotropine, Sexualhormone, Lactogene Hormone . . . . .	395
Vasopressin . . . . .	395
Catecholamine . . . . .	395
Gastrointestinale Hormone . . . . .	395
Bestimmung von Tumormarkern . . . . .	396
Grenzen der Anwendbarkeit von Tumormarkern in der Diagnostik von Malignomen . . . . .	396
Indikationen zur Bestimmung von Tumormarkern . . . . .	396
Allgemeine Gesichtspunkte zur Analytik . . . . .	397
Carcinoembryonales Antigen (CEA) . . . . .	398
CA 19-9 . . . . .	398

	Seite
CA-50 . . . . .	398
CA-125 . . . . .	398
$\alpha$ -Fetoprotein (AFP) . . . . .	399
Squamous cell carcinoma antigen (SCC) . . . . .	399
CA 15-3 . . . . .	399
Prostata-spezifische saure Phosphatase (PAP) . . . . .	399
Prostata-spezifisches Antigen (PSA) . . . . .	399
Calcitonin . . . . .	400
Thyreoglobulin . . . . .	400
Humanes Choriongonadotropin (hCG) . . . . .	400
Schwangerschaftsspezifisches $\beta_1$ -Glykoprotein (SP-1) . . . . .	400
Vasoaktives intestinales Polypeptid (VIP) . . . . .	401
Pankreatisches Polypeptid (PP) . . . . .	401
Tissue Polypeptide Antigen (TPA) . . . . .	401
Neuron-spezifische Enolase (NSE) . . . . .	401
Nachweis von Auto-Antikörpern . . . . .	403
Bildung von Auto-Antikörpern . . . . .	403
Wirkungsweise von Auto-Antikörpern . . . . .	403
Rolle der Auto-Antikörper bei der Entstehung von Krankheiten . . . . .	404
Bedeutung der Auto-Antikörper in der Diagnostik von Erkrankungen . . . . .	404
Auto-Antikörper mit weitgehender Organspezifität . . . . .	405
Auto-Antikörper ohne Organspezifität . . . . .	405
Nachweis bzw. Bestimmung der Rheumafaktoren . . . . .	406
Bestimmung von Arzneimittelkonzentrationen im Serum . . . . .	407
Fehler bei der Durchführung von Verfahren auf immunologischer Grundlage . . . . .	407
Literaturhinweise . . . . .	408

## HARN

Harnvolumen . . . . .	409
Diagnostisch wichtige Harnbestandteile . . . . .	409
Harngewinnung und Harnsammlung . . . . .	410
Konservierung des Harns . . . . .	411
Methoden zur Untersuchung von Harn	
Makroskopische Beurteilung des Harns . . . . .	412
Bestimmung des spezifischen Gewichts . . . . .	413
Mikroskopische Untersuchung des Harns . . . . .	414
Beurteilung des Harnsediments . . . . .	414
ADDIS-COUNT . . . . .	415
Qualitative klinisch-chemische Harnuntersuchungen . . . . .	424
Schätzung der Wasserstoffionen-Konzentration im Harn . . . . .	424
Qualitativer Eiweißnachweis im Harn . . . . .	425
Sulfosalicylsäure-Probe . . . . .	425
Teststreifen-Verfahren . . . . .	426
Nachweis von BENCE-JONES-Proteinen (Wärmepräzipitation) . . . . .	427
Qualitativer Zuckernachweis im Harn . . . . .	428
FEHLING'sche Probe . . . . .	428
Qualitativer Glucosenachweis im Harn . . . . .	429
Teststreifen-Verfahren . . . . .	429
Qualitativer Nachweis von Acetessigsäure und Aceton im Harn . . . . .	430
Teststreifen-Verfahren . . . . .	430

	Seite
Qualitativer Nachweis von freiem und in Erythrocyten lokalisiertem Hämoglobin im Harn . . . . .	431
Teststreifen-Verfahren . . . . .	431
Qualitativer Nachweis von Bilirubin im Harn . . . . .	432
Teststreifen-Verfahren . . . . .	432
Qualitativer Nachweis von Urobilinogen im Harn . . . . .	433
Teststreifen-Verfahren . . . . .	433
Qualitativer Nachweis von Nitrit im Harn . . . . .	434
Teststreifen-Verfahren . . . . .	434
Qualitativer Nachweis von Porphobilinogen im Harn . . . . .	435
WATSON-SCHWARTZ-Test . . . . .	435
Umgekehrte EHRLICH'sche Probe (HOESCH-Test) . . . . .	436
Quantitative klinisch-chemische Harnuntersuchungen . . . . .	437
Quantitative Bestimmung der Eiweißkonzentration im Harn . . . . .	437
Elektrophoretische Trennung der Proteine in Polyacrylamid . . . . .	437
Quantitative Bestimmung der Glucosekonzentration im Harn . . . . .	438
Messung der Amylaseaktivität im Harn . . . . .	438
Bestimmung der Konzentration von Natrium, Kalium, Calcium und Chlorid im Harn . . . . .	439
Untersuchungen zum Porphyrinstoffwechsel . . . . .	440
Quantitative Bestimmung der $\delta$ -Aminolävulinsäure im Harn . . . . .	442
Quantitative Bestimmung von Porphobilinogen im Harn . . . . .	442
Quantitative Bestimmung von Porphyrinen im Harn . . . . .	443
Untersuchungen zum Catecholaminstoffwechsel . . . . .	445
Quantitative Bestimmung der Vanillinmandelsäure im Harn . . . . .	446
Quantitative Bestimmung von Dopamin, Noradrenalin und Adrenalin im Harn . . . . .	446
Quantitative Bestimmung der 5-Hydroxyindolessigsäure im Harn . . . . .	447
Methoden zur Prüfung der Nierenfunktion . . . . .	448
Konzentrationsversuch . . . . .	448
Phenolrot-Test . . . . .	449
Clearance-Verfahren . . . . .	451
Endogene Creatinin-Clearance . . . . .	451
Inulin-Clearance . . . . .	453
Clearance der p-Amino-Hippursäure (PAH) . . . . .	453
Simultane Inulin-PAH-Clearance . . . . .	454
Interpretation pathologischer Harnbefunde . . . . .	455
Literaturhinweise . . . . .	456
 LIQUOR	
Gewinnung von Liquor cerebrospinalis . . . . .	457
Messung des Liquordrucks . . . . .	457
Methoden zur Untersuchung von Liquor	
Makroskopische Beurteilung des Liquors . . . . .	458
Mikroskopische Untersuchung des Liquors . . . . .	459
Zählung der Leukocyten im Liquor . . . . .	459
Verfahren zur Differenzierung von Zellen im Liquor . . . . .	461
Klinisch-chemische Liquoruntersuchungen . . . . .	462
Bestimmung der Glucosekonzentration im Liquor . . . . .	462
Bestimmung der Proteinkonzentration im Liquor . . . . .	462

	Seite
Orientierendes Verfahren nach PANDY . . . . .	462
Quantitative Bestimmung der Liquorproteine . . . . .	462
Elektrophoretische Trennung der Liquorproteine . . . . .	463
Bestimmung des Liquor/Serum-Quotienten für Albumin . . . . .	463
Quantitative Bestimmung von Immunglobulinen . . . . .	463
Nachweis von oligoclonalen Immunglobulinen . . . . .	464
Bestimmung von Carcinoembryonalem Antigen (CEA) . . . . .	464
Bestimmung der Lactatkonzentration im Liquor . . . . .	464
Charakteristische Liquorbefunde . . . . .	465
Literaturhinweise . . . . .	466
 STUHL	
Stuhlgewicht . . . . .	467
Zusammensetzung des Stuhls . . . . .	467
Allgemeine Beurteilung des Stuhls . . . . .	467
Methoden zur Untersuchung von Stuhl	
Nachweis von Blut im Stuhl . . . . .	468
Ermittlung des Stuhlgewichts . . . . .	469
Mikroskopische Stuhluntersuchungen . . . . .	469
Literaturhinweise . . . . .	470
 GASTROINTESTINALTRAKT	
Magensekretion	
Regulation der Magensekretion . . . . .	471
Zusammensetzung des Magensekrets . . . . .	471
Prüfung der Magensekretion . . . . .	472
Interpretation von Magensekretionsanalysen . . . . .	476
Pankreassekretion	
Regulation der exokrinen Pankreassekretion . . . . .	477
Zusammensetzung des Pankreassekrets . . . . .	477
Wirkungsort der Pankreasenzyme . . . . .	478
Inaktivierung und Abbau der Pankreasenzyme . . . . .	479
Zusammensetzung des Duodenalsafts . . . . .	479
Prüfung der Funktion des exokrinen Pankreas . . . . .	480
Bestimmung der Chymotrypsinausscheidung mit dem Stuhl . . . . .	480
Bestimmung der Fettausscheidung mit dem Stuhl . . . . .	480
Sekretin-Pankreozymin-Test . . . . .	481
Fluoresceindilaurat-Test ("Pancreolauryl-Test") . . . . .	482
N-Benzoyl-L-Tyrosyl-p-Aminobenzoessäure-Test . . . . .	482
Resorption im Dünndarm	
Prüfung der Resorption im Dünndarm . . . . .	483
D-Xylose-Test . . . . .	483
Literaturhinweise . . . . .	484
 NORMBEREICHE	
Grundlagen der Bewertung von Analysendaten . . . . .	485
Transversalbeurteilung . . . . .	485
Longitudinalbeurteilung . . . . .	486

# FEHLER BEI DER LABORATORIUMSARBEIT

Fehler bei der Auswahl der Methodik . . . . .	487
Fehler bei der Übermittlung und Dokumentation von Arbeitsanleitungen . . . . .	487
Fehler bei der Wägung . . . . .	487
Fehler beim Ansetzen einer Lösung . . . . .	488
Fehler bei der Auflösung von lyophilisiertem Material . . . . .	488
Fehler bei der Messung des pH-Werts einer Lösung . . . . .	488
Fehler bei der Aufbewahrung von Lösungen . . . . .	489
Fehler bei der Verwendung von Lösungen . . . . .	489
Fehler bei der Behandlung des Untersuchungsmaterials . . . . .	489
Fehler durch Verwendung von ungeeignetem Unter- suchungsmaterial . . . . .	490
Fehler bei der Verwendung von Glasgeräten . . . . .	490
Fehler bei der Verwendung von Kunststoffgegenständen . . . . .	490
Fehler bei der Verwendung von Glaspipetten . . . . .	490
Fehler bei der Verwendung von Kolbenpipetten . . . . .	491
Fehler bei der Verwendung von Dispensern, Dilutoren u. a. . . . .	491
Fehler beim Kalibrieren von Pipetten . . . . .	491
Fehler beim Mischen der Ansätze . . . . .	491
Fehler beim Zentrifugieren der Ansätze . . . . .	491
Fehler durch Änderung des pH-Werts im Testansatz . . . . .	492
Fehler bei der Inkubation . . . . .	492
Fehler bei der photometrischen Messung . . . . .	493
Fehler bei hämatologischen Untersuchungsverfahren . . . . .	494
Fehler bei hämostaseologischen Verfahren . . . . .	494
Fehler bei der Durchführung von Elektrophoresen . . . . .	494
Fehler bei Untersuchungen zum Säure-Basen-Haushalt . . . . .	494
Fehler bei der Ausführung von Verfahren auf immunologi- scher Grundlage . . . . .	494
Fehler bei der Beurteilung von Harnsedimenten . . . . .	494
Fehler bei der Berechnung von Ergebnissen . . . . .	494
Fehler bei der Protokollierung und Übermittlung der Er- gebnisse . . . . .	494
Einteilung der im Laboratorium auftretenden Fehler . . . . .	495
Zufällige ("unvermeidbare") Fehler . . . . .	495
Systematische ("vermeidbare") Fehler . . . . .	495
Grobe Fehler . . . . .	495
Vermeidung bzw. Verminderung von Fehlern im Laboratorium . . . . .	496
Möglichkeiten zur Verminderung zufälliger Fehler . . . . .	496
Ausführung von Doppelanalysen . . . . .	496
Statistische Qualitätskontrolle (Präzisionskontrolle) . . . . .	497
Analyse von Proben aus vorangegangenen Serien . . . . .	500
Möglichkeiten zur Vermeidung systematischer Fehler . . . . .	500
Statistische Qualitätskontrolle (Richtigkeitskontrolle) . . . . .	500
Möglichkeiten zur Vermeidung grober Fehler . . . . .	501
Organisatorische Maßnahmen . . . . .	501
Plausibilitätskontrolle . . . . .	501
Vorschriften zur statistischen Qualitätskontrolle . . . . .	502
Eichgesetz und Eichordnung . . . . .	502
Richtlinien der Bundesärztekammer . . . . .	502