

CORT und FENCL

PHYSIOLOGIE  
DER KÖRPERFLÜSSIGKEITEN

VEB GUSTAV FISCHER VERLAG · JENA

# PHYSIOLOGIE DER KÖRPERFLÜSSIGKEITEN

Von

Dr. Dr. JOSEPH H. CORT und Dr. VLADIMIR FENCL

Institut für Kreislaufforschung, Prag

Mit 99 Abbildungen im Text



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG · JENA · 1958

*Die Übersetzung des tschechischen Manuskriptes in die deutsche Sprache  
besorgte Ing. Lavoslav Reichl, Prag*

*ES 17. C. 3*

*Alle Rechte vorbehalten · Printed in Germany*

*Copyright 1958 by VEB Gustav Fischer Verlag, Jena*

*Lizenznummer 261 215/11/58*

*Gesamtherstellung Druckerei „Magnus Poser“, Jena*

*Gesetzt aus Borgis Bodoni-Antiqua*

# PHYSIOLOGIE DER KÖRPERFLÜSSIGKEITEN

## Vorwort

In den letzten 20 Jahren der Entwicklung der klinischen Medizin beginnt ihre fortschreitende Umwandlung in ein wissenschaftliches Fach mehr exakter Natur mit streng quantitativen Grundsätzen. Nach der Zeit der Syndrome und empirisch abgeleiteter klinischer Einheiten kommt ein Zeitabschnitt, in dem das klinische Denken zur Synthese analytischer Bewertung physiologischer und biochemischer Mechanismen wird. Das ist nicht nur vom Gesichtspunkt abstrakter Wertung der Wissenschaft sinnvoll, sondern hat auch eine tiefe und unmittelbare Bedeutung im praktischen klinischen Verlauf: der Arzt muß in seiner Bildung, in seinem Denken und seinem Verhalten in der klinischen Praxis quantitative Gesichtspunkte vieler wissenschaftlicher Disziplinen als physiologisch orientierter Schaffender und nicht mehr als erfahrener Kenner der klinischen Kunst vereinigen.

Zu dieser Veränderung der klinischen Medizin trugen nicht wenig gerade die Erkenntnisse der Physiologie des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels in den Körperflüssigkeiten bei. Und es ist auch bezeichnend, daß die Mehrzahl der Arbeiten in diesem Bereich (auch solche grundlegender physiologischer Forschungen) von Klinikern inspiriert und direkt ausgeführt wurde.

Die Physiologie der Körperflüssigkeiten ist kein isoliertes wissenschaftliches Fach; sie durchdringt alle normalen und pathologischen Disziplinen der Physiologie und selbstverständlich auch alle Disziplinen der klinischen Medizin, denn dieselbe wird immer mehr zur direkten Anwendung der Physiologie und Pathophysiologie am Krankenbett. Die Physiologie der Körperflüssigkeiten ist demnach kein Fach, das einen Spezialisten mit engem Wirkungskreis interessieren sollte, sondern ein Bestandteil allgemeinen physiologischen Erfassens normaler und krankhafter Vorgänge; sie sollte demnach ein Bestandteil des täglichen Tuns und Entscheidens in allen Zweigen der klinischen Arbeit sein.

Es wurde versucht, die Problematik des Wasser- und Elektrolytmetabolismus in Form und Ausmaß so wiederzugeben, daß den Anforderungen der Ärzte in der Krankenhauspraxis und der Studenten und anderer, die sich mit dieser Thematik experimentell befassen, entsprochen wird. Es war nicht die Absicht, eine vollkommene und objektive literarische Übersicht zu geben. Es wurde nicht einmal die historische Reihenfolge in der Entwicklung bestimmter Abschnitte konsequent eingehalten; die größere Anzahl der Kapitel ist nach der Struktur des sachlichen Inhaltes des betreffenden Gebietes geordnet. Deshalb konnte auch bei der Auswahl der zitierten Arbeiten in einigen Abschnitten nicht konsequent auf die historische Priorität geachtet werden. Die als Stütze dienenden Arbeiten wurden des öfteren eher danach gewählt, wie passend, in welchem Ausmaß und wie klar sie die entsprechenden Tatsachen darstellen.

Bei der Applikation der Erkenntnisse des Wassermetabolismus in der Klinik ist es besonders wichtig, daß das praktische Verhalten des Arztes sich auf das richtige Verständnis der grundlegenden physiologischen Mechanismen stützt. Die richtige Anwendung der physiologischen Erkenntnisse und der Pathophysiologie des Wassers und Elektrolytenmetabolismus in der klinischen Praxis rettete in den letzten 10—15 Jahren bestimmt so viele Leben, wie die Mehrzahl der übrigen modernen Heilmethoden zusammen. Es kann aber nicht geleugnet werden, daß die richtige und vollkommene Beherrschung dieser Problematik keineswegs leicht ist. Bei der Arbeit in der klinischen Praxis, insbesondere in der Chirurgie, wird häufig erwähnt, daß ein Handbuch über die Flüssigkeitstherapie verfaßt werden sollte, das konkrete Anleitungen angeben würde, wieviel von bestimmten, vorher zubereiteten Flüssigkeiten und auf welche Art, in allen möglichen Elektrolyt- und Wasserdepletions- und Defizitsituationen und bei verschiedenen Störungen der Körperflüssigkeiten, verabreicht werden sollen. Es kann gar nicht genug betont werden, wie unrichtig ein solches Verfahren wäre. (Wir wären glücklich, wenn dies aus der Gesamtaufassung dieses Buches und nicht nur aus dem Nachdruck, mit dem es im Vorwort betont wird, folgen würde.) Vom Gesichtspunkt pathophysiologischer Mechanismen ist jeder individuelle, krankhafte Vorgang in einem solchen Maße kompliziert und abnormal, daß ein solches Pauschalverfahren nur selten richtig sein könnte. Das, was angemessen und richtig bei einem Kranken, z. B. mit einem einige Tage dauernden Durchfall ist, kann bei einem anderen, mit einer sehr ähnlichen Erkrankung — empirisch und „klinisch“ gesehen — verhängnisvoll sein. Es kann also nicht anders vorgegangen werden, als zu einer Analyse von pathophysiologischen Teilmechanismen in quantitativen Begriffen zu gelangen und aus der Synthese dann die konkrete Heilmethode abzuleiten. Das ist das Wesen der „individualisierten“ Therapie in der Auffassung, an der wir in diesem Buche festhalten wollten.

Die quantitative pathophysiologische Analyse bedeutet allerdings nicht, daß die Laboratoriums- und biochemischen Angaben in allem am wichtigsten sind, und insbesondere nicht, daß ohne Flammenphotometer nichts unternommen werden könne (wie man es in der Praxis öfters hört). Die Aufgabe ist viel umfangreicher: es geht darum, alle Umstände, die bei einem bestimmten Kranken in der Anamnese, in der physikalischen Behandlung und *auch* in den Laboratoriumsangaben erzielt werden können, in physiologischen und pathophysiologischen Begriffen interpretieren zu können. Die Laboratoriumsangaben sind hier ein guter Behelf, der die Orientierung im quantitativen Sinne erleichtert, sind aber nicht die *einzig* in diesem Sinne wichtigen Angaben.

Die Aufgabe des physiologischen Teiles des Buches ist die Einführung in die Grundsätze des Problems, und es ist vor allem zu einer tieferen Erkenntnis der Prinzipien der Körperflüssigkeitsphysiologie bestimmt. Es war deshalb unvermeidlich, auch den einführenden Teil in die physikalisch-chemischen Grundbegriffe hier einzureihen. Das Kapitel über den aktiven Stofftransport an den Membranen wurde vom Gesichtspunkt der physikalischen und physikalisch-chemischen Grundlage der Elektrolytenphysiologie aufgenommen. Um den Zusammenhang des ganzen Buches zu verfolgen, ist es für alle Leser nicht unvermeidlich. Wir nahmen an,

daß so die Grundlagen einer Reihe komplizierterer Erscheinungen, mit denen wir uns in physiologischen, pathophysiologischen und klinischen Zusammenhängen befassen, beleuchtet werden können.

Der methodische Teil des Buches ist besonders für die Leser bestimmt, die sich mit klinischer Forschung befassen; es wurden aber auch einige Methoden eingeschaltet, die mit Nutzen in den Laboratorien der Krankenhäuser angewendet werden können (Bilanzstudien, Analysen bioptischer Muskelproben u. a.). Wir glauben, daß auch jenen Lesern, die sich nicht mit der Applikation der behandelten Methoden befassen werden, einige grundsätzliche physiologische Beziehungen nach dem Studium des methodischen Teiles näherkommen und verständlicher sein werden.

Im klinischen Teil bemühten wir uns, die leitenden pathophysiologischen Elemente im Rahmen der einzelnen klinischen Situationen, in den gegebenen „klinischen Einheiten“ zu bestimmen. Aus dem bereits Angeführten geht hervor, daß diese klinische Erläuterung keineswegs als allgemeine und allgemeingültige Anleitung gedacht ist.

Wir wollen allen denen, die uns bei der Vorbereitung des Buches mit Rat und Tat behilflich waren, danken. Dem Direktor unserer Anstalt, Professor MUDr. Klement Weber, sind wir für das Verständnis, das er für unsere Arbeit zeigte und wie er uns die Vorbereitung des Manuskriptes dieses Buches ermöglichte und erleichterte, zu tiefem Dank verpflichtet. Den Dozenten MUDr. Brod und MUDr. Šmahel verdanken wir viele Ratschläge und kritische Bemerkungen, die aus ihrer Rezension des Manuskriptes hervorgingen. Allen Mitgliedern des Kollektives des Institutes für Kreislaufforschung in Prag danken wir für das Interesse und die Unterstützung; aus Diskussionen im Arbeitsablauf und aus einer Reihe kritischer Bemerkungen wurde die Mehrzahl der Gedanken und Schlüsse des Buches geformt. Dr. Froňek danken wir für die Durchsicht der Abschnitte über die elektronische Ausstattung der Apparate.

Zum Schluß wollen wir uns noch bei jenen Autoren entschuldigen, deren Arbeiten angeführt werden sollten und nicht in die Aufzeichnung der Literatur aufgenommen wurden, teils aus der Notwendigkeit heraus, einen bestimmten Umfang des Buches nicht zu überschreiten, oder vielleicht auch durch unser Versäumnis. Die Leser bitten wir um Nachsicht schon deshalb, weil der Fortschritt in diesem Forschungsfach schnell und groß ist und die Zeit, die für die Druckvorbereitung des Buches benötigt wird, und bevor es in die Hände der Leser gelangt, es immer in einem bestimmten Maße veralten läßt.

Prag, im Februar 1957.

J. H. C. und V. F.

## Erläuterung der Abkürzungen

AB	Außenbilanz; +AB = positive Außenbilanz, —AB = negative Außenbilanz
ACTH	Adrenocorticocortrophes Hormon des Hypophysenvorderlappens
ADH	Antidiuretisches Hormon
C	Clearance
DOCA	Desoxycorticosteronacetat
EZ	extrazellulär
EZB	Extrazellulärbilanz
EZF	Extrazellulärflüssigkeit
EZW	Extrazellulärwasser
FF	Filtrationsfraktion
FFKS	fettfreie Körpersubstanzen
FFTS	fettfreie Trockensubstanz
FM	Fettmasse des Körpers
g%	Grammprozent (Anzahl von Grammen des gegebenen Stoffes in 100 ml Lösung)
GF	Glomerulusfiltration
GI	gastrointestinal
GKW	Gesamtkörperwasser
IZ	intrazellulär
IZB	Intrazellulärbilanz
IZF	Intrazellulärflüssigkeit
IZW	Intrazellulärwasser
IS	Interstitial
ISF	Interstitialflüssigkeit
ISW	Interstitialwasser
$K_x^+$	das gesamte austauschbare Kalium des Organismus
KOD	kolloidosmotischer Druck
M	Mol
mEq	Milliäquivalent
mg%	Milligrammprozent (Anzahl von Milligrammen des gegebenen Stoffes in 100 ml Lösung)
mM	Millimol
MM	Masse der Minerale im Organismus
mOsm	Milliosmol
$Na_x^+$	das gesamte austauschbare Natrium des Organismus
Osm	Osmol
pCO <sub>2</sub>	Partialdruck des CO <sub>2</sub>
pO <sub>2</sub>	Partialdruck des O <sub>2</sub>
R <sub>v</sub>	Menge des in den Tubuli rückresorbierten Stoffes y
SW	Serumwasser
Tm	maximale Menge eines Stoffes, die pro Minute in den Tubuli rückresorbiert oder sezerniert wird
U <sub>x</sub>	Konzentration des Stoffes x im Urin
V	Volumen (Harnvolumen pro Zeiteinheit; Volumen eines gegebenen Körperraumes)
Vol%	Volumenprozent (von Gasen in einer Lösung)

PVH	Verhältnis der Ventilationswerte
ZFK	Zellfestkörper
ZM	Masse gesamtter Zellen im Organismus
ZNS	zentrales Nervensystem

Ist ein gegebenes Symbol **in eckigen Klammern** angeführt, so bedeutet dies seine Konzentration; der Index bezeichnet die Flüssigkeit, auf welche sich die Angabe bezieht: z. B.  $[\text{Na}^+]_{\text{EZF}}$  bedeutet die  $\text{Na}^+$ -Konzentration in der extrazellulären Flüssigkeit,  $[\text{Ca}^{++}]_{\text{S}}$  ist die Konzentration des ionisierten Kalziums im Serum. Allgemein bedeutet  $[\text{a}]_{\text{x}}$  die Konzentration des Stoffes a in der Flüssigkeit x.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	V
Erläuterungen der Abkürzungen . . . . .	XV

## I. Teil

### Physiologie der Elektrolyte und des Wassers in den Körperflüssigkeiten

Anorganische Bestandteile der Körperflüssigkeiten . . . . .	3
Grundbegriffe und Definitionen. . . . .	3
Millimol, Milliäquivalent . . . . .	3
Die Molalität . . . . .	7
Der osmotische Druck . . . . .	7
Das Donnan'sche Gleichgewicht . . . . .	11
Biologische Membranen, Permeabilität, „Austauschreaktionen“, aktiver Transport . . . . .	13
Natrium und Kalium . . . . .	19
Der Transport von Anionen . . . . .	22
Der Transport von Wasser durch Membranen . . . . .	23
Der aktive Transport von Ionen und Wasser in den Tubuluszellen der Niere . . . . .	26
Azidität, Alkalität, pH . . . . .	32
Puffersysteme. . . . .	36
Die Zusammensetzung und Distribution normaler Körperflüssigkeiten . . . . .	42
Das pH der Körperflüssigkeiten . . . . .	50
Die Probleme der Volumina einzelner Körperflüssigkeitsgruppen . . . . .	54
Dynamik der extrazellulären Flüssigkeit . . . . .	56
Die Verteilungs- und hämorespiratorische Funktion des intravasalen Teils der EZF . . . . .	58
Die Struktur des Kapillarnetzes . . . . .	59
Das lymphatische System . . . . .	60
Die Lungenzirkulation . . . . .	61
Das Lungenödem . . . . .	63
Die Regulation des Herzminutenvolumens und die Nierenhaemodynamik . . . . .	65
Die Herzinsuffizienz . . . . .	69
Die gegenseitige Beeinflussung einzelner Körperflüssigkeitsgruppen . . . . .	71
Die Regulation des Austausches mit der Außenwelt . . . . .	75
Der Durst . . . . .	75
Einige Aspekte der Nahrungsaufnahme und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Hunger und Durst . . . . .	77
Das Schwitzen und die Perspiratio insensibilis (Wasserverdunstung) . . . . .	79

Innere Regulationsmechanismen . . . . .	81
Aufrechterhaltung des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens . . . . .	81
Wasserausscheidung . . . . .	83
Das Ausscheiden von $\text{Na}^+$ und $\text{Cl}^-$ durch die Nieren . . . . .	88
Resorption von $\text{Cl}^-$ . . . . .	90
Das Verhalten von $\text{Na}^+$ und $\text{Cl}^-$ im distalen Tubulus . . . . .	90
Afferente Signalisation zur Regulation des EZF-Volumens . . . . .	94
Tagesrhythmus der $\text{Na}^+$ - und Wasserausscheidung . . . . .	96
Experimente mit der Veränderung der Körperlage . . . . .	98
Perzeptionsgebiete für afferente Signalisation bei der Blutvolumenregulation . . . . .	101
Nachweis von Barorezeptoren im Blutsystem des Kopfes . . . . .	101
Nachweis von Barorezeptoren im Blutsystem des Brustkorbes . . . . .	102
Bedeutung der Zentralintegration und die efferenten Wege für die EZF-Volumenregulation . . . . .	103
Innenaustausch EZF-Zusammensetzungs-Regulation . . . . .	106
Austausch zwischen der EZF und den Muskelzellen . . . . .	106
Säureausscheidung durch die Nieren . . . . .	108
$\text{HCO}_3^-$ -Resorption . . . . .	110
Ausscheidung von titrierbarer Azidität und Einsparen von $\text{Na}^+$ . . . . .	111
$\text{NH}_4^+$ -Ausscheidung . . . . .	113
Entwicklung therapeutisch eingeleiteter Azidosen . . . . .	116
Austausch zwischen der EZF und der Lunge . . . . .	117
$\text{CO}_2$ -Inhalation — Respirationsazidose . . . . .	118
Metabolische Azidose und Alkalose . . . . .	121
Anoxie . . . . .	124
Theorie der Atmungsregulation . . . . .	127
Austausch zwischen der EZF und dem Knochengewebe . . . . .	130
Ca-Formen und ihre Funktionen in der EZF und im Serum . . . . .	133
Regulierender Einfluß der Epithelkörperchen auf den Austausch zwischen den Knochen und der EZF . . . . .	135
D-Vitamin . . . . .	139
Zusammenarbeit der Leber-IZF mit der EZF . . . . .	139
Die Fähigkeit, Elektrolyten aufzunehmen . . . . .	140
Einfluß der Leber auf den onkotischen Serumdruck . . . . .	140
Detoxikation in der Leber . . . . .	140
Einige pädiatrische Aspekte äußerer und innerer Austausche, die sich an der Körperflüssigkeitsregulation beteiligen . . . . .	142
Salz- und Wasserausscheidung beim Jungtier . . . . .	144
Die Reaktion der Nieren des Neugeborenen auf Azidose . . . . .	149
Integration in der Regulierung des Flüssigkeits- und Elektrolytenaustausches . . . . .	155
Hormonale Wirkungen . . . . .	155
Testosteron . . . . .	156

Steroide der Nebennierenrinde . . . . .	156
Wirkung der Glukokortikoide . . . . .	158
Wirkung der Mineralokortikoide . . . . .	160
Regulierende Wirkung des ZNS auf die Hormonausgabe . . . . .	164
Regulation des Hypophysenvorderlappens und der ihm untergeordneten Drüsen	164
Beziehungen zwischen dem sympathoadrenalen und dem Nebennierenrinden-	
ACTH-System . . . . .	165
Zentralregulation des Hypophysenhinterlappens . . . . .	166
Direkte Regulationswirkung des ZNS auf Vorgänge in den Zellenmembranen . .	169
Zentrale Integration der den Wasser- und Elektrolytenaustausch dirigierenden	
Mechanismen auf den Membranen im Organismus . . . . .	172

**II. Teil**

**Methodische Bemerkungen zur Physiologie der Körperflüssigkeiten**

Apparate . . . . .	175
1. Das Flammenphotometer . . . . .	175
Na <sup>+</sup> und K <sup>+</sup> -Bestimmung . . . . .	175
a) Einfache Registrierung (ohne Kompensation) . . . . .	175
b) Flammenphotometer mit einem inneren Standard . . . . .	178
c) Die Selektion der Wellenlänge . . . . .	181
d) Die Zerstäubung . . . . .	182
e) Die Eigenschaften der Flamme . . . . .	184
Die Temperatur der Flamme und der Brennstoff . . . . .	184
Die übrigen Katione (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> ) . . . . .	185
2. Die Bestimmung der gesamten osmolaren Konzentration . . . . .	185
a) Kryoskopie . . . . .	185
b) Messen der Tension gesättigter Dämpfe . . . . .	188
3. Messen des kolloid-osmotischen Druckes . . . . .	188
4. Die Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit . . . . .	189
Das Messen einzelner Teile der Körperflüssigkeiten und der gesamten Ionenmenge des	
Organismus . . . . .	190
Gesamtkörperwasser . . . . .	193
Der „Harnstoffraum“. . . . .	194
Der „Antipyrinraum“. . . . .	195
D <sub>2</sub> O Deuteriumoxyd. . . . .	195
Deuteriumoxydbestimmung in biologischen Flüssigkeiten . . . . .	196
1. Der Massenspektrometer . . . . .	197
2. Die Methode des fallenden Tropfens . . . . .	199
3. Die Methode des Gradientenrohres . . . . .	200
Tritiumoxyd . . . . .	202
Das Messen von Plasma- und Blutvolumen . . . . .	203
Evanssches Blau (T 1824) . . . . .	204
Erythrozytenmarkierung . . . . .	205

Methoden zur Ermittlung des „Extrazellulärflüssigkeitsvolumens“ . . . . .	206
Der Chloridraum . . . . .	207
Die EZF-Volumenbestimmungsmethoden, die auf der „Chlorid-Voraussetzung“ beruhen . . . . .	208
1. Bestimmungsmethoden die einen absoluten Initial-EZF-Volumenwert voraussetzen . . . . .	208
2. Direkte Chloridraumbestimmung im gesamten Tierorganismus und die Chloridraumbestimmung in den Muskelproben . . . . .	209
3. Der $^{36}\text{Cl}^-$ -Distributionsraum . . . . .	209
4. Distributionsraum des zusätzlich dem Organismus zugeführten Chlorids . . . . .	210
5. Der Bromidraum . . . . .	211
Distributionsräume verschiedener Saccharide als EZF-Volumenmaß . . . . .	211
Die EZF-Volumenbestimmung mit Hilfe nichtphysiologischer Anione . . . . .	214
Das Thiocyanat . . . . .	214
Das Radiosulfat . . . . .	214
Das Thiosulfat . . . . .	214
Der Ferrocyanidraum . . . . .	215
Gehalt austauschbarer Kationen im Organismus . . . . .	216
Das gesamte austauschbare Kalium . . . . .	216
Das gesamte austauschbare Natrium . . . . .	217
Bestimmung der Wasser- und Elektrolytbilanz und Bilanzberechnungen . . . . .	218
Anordnung der Messungen . . . . .	219
Terminologie und Berechnungen . . . . .	221
Intrazelluläre $\text{H}^+$ -Bilanzen . . . . .	222
Die Methodik der bioptischen Muskelprobenanalysen . . . . .	227
Der Vorgang bei Probenabnahme . . . . .	227
Methodik der Probenanalyse . . . . .	227
Berechnungen . . . . .	231
Untersuchung der Nierenfunktionen . . . . .	232
Die Clearance . . . . .	234
Das Ausmaß der Glomerulusfiltration . . . . .	234
Die Clearance der durch die Tubuli sezernierten Stoffe . . . . .	238
Plasma- und Blut-Nierendurchströmung . . . . .	238
Die Clearance-Bestimmungen . . . . .	239
Untersuchung der tubulären Funktionen . . . . .	241
Harnsammeln während metabolischer Studien . . . . .	242
Eine Bemerkung zum Volumenfehler bei biologischen Untersuchungen . . . . .	243
Eine Bemerkung zur Extrapolation der Dilutionskurven bei $t_0$ -Bestimmungen . . . . .	244
Kombinierte Messungen . . . . .	245
<b>III. Teil</b>	
<b>Pathophysiologie und klinische Praxis</b>	
Einleitung . . . . .	249
(Grundlegende Berechnungen; Grundsätzliche Bedürfnisse des Organismus) . . . . .	249

Dehydratation und Verluste des EZF-Volumens . . . . .	258
Störungen des azido-basischen Gleichgewichts . . . . .	264
Metabolische Azidose . . . . .	265
Das Fanconi-de Toni-Debresche Syndrom . . . . .	267
Die infantile renale Azidose . . . . .	268
Die Respirations-Azidose . . . . .	268
Die Respirations-Alkalose . . . . .	270
Die metabolische Alkalose . . . . .	271
Alkalose infolge übermäßiger Zufuhr organischer Na <sup>+</sup> -Salze . . . . .	272
Alkalose infolge Erbrechens und Absaugens des Magensaftes . . . . .	272
Pathophysiologie des Kalium-Stoffwechsels . . . . .	273
Kaliumverluste aus dem Organismus . . . . .	278
Erkennung des Kaliumdefizits . . . . .	280
Funktionsveränderungen der Nieren bei schwerem K <sup>+</sup> -Mangel . . . . .	283
Behandlung des Kaliumdefizits . . . . .	284
Kaliumvergiftung . . . . .	286
Pathophysiologie des osmotischen Druckes der EZF . . . . .	287
Hypertonie der EZF . . . . .	287
Hypotonie der EZF . . . . .	288
Wasservergiftung . . . . .	289
Das Versagen der den osmotischen Druck regulierenden Mechanismen . . . . .	290
Störungen der Regulation des EZF-Volumens; Genese der Ödeme . . . . .	291
Das nephrotische Syndrom . . . . .	292
Aszites bei Leberzirrhose . . . . .	294
Ödem bei Herzinsuffizienz . . . . .	297
Quecksilber-Diuretika . . . . .	298
Allgemeine physiologische Bemerkungen zur Behandlung der Ödemzustände (Die Bedeutung der salzfreien Diät, Ionenaustauscher, der Einfluß der Wasser- diurese, der Einfluß der osmotischen Diurese, Xanthin-Derivate, Inhibitoren der Kohlensäureanhydrase) . . . . .	300
Endokrine und neurogene Störungen der Regulation des Elektrolyt- und Wasser-Stoff- wechsels . . . . .	302
Diabetes insipidus . . . . .	302
Syndrom von Elektrolytverlusten bei Gehirnbeschädigungen . . . . .	303
Stoffwechsel der Elektrolyte und des Wassers bei Diabetes mellitus . . . . .	305
Das diabetische Koma . . . . .	307
Störungen der Nebennierentätigkeit . . . . .	309
Hyperfunktion der Nebennierenrinde . . . . .	309
Hyperaldosteronismus (Connisches Syndrom,) . . . . .	310
Insuffizienz der Nebennierenrinde . . . . .	312
Die Addisonische Krisis und das Waterhouse-Friedrichsenske Syndrom . . . . .	313
Die Belastungsreaktion (Stress) als Stoffwechselfaktor bei Erkrankungen . . . . .	314

Stoffwechselprobleme der prä- und postoperativen Behandlung chirurgischer Kranker . . . . .	315
Der normale Verlauf der Stoffwechsel-Veränderungen nach einem chirurgischen Trauma . . . . .	318
Extrarenale Flüssigkeitsverluste bei chirurgisch Kranken . . . . .	321
Verbrennungen . . . . .	322
Die akute Niereninsuffizienz . . . . .	326
Pathogenese und Pathophysiologie . . . . .	327
Klinischer Verlauf. . . . .	330
Pathophysiologie der Urämie bei akuter Niereninsuffizienz . . . . .	335
Die sogenannte Kaliumvergiftung . . . . .	336
Therapie . . . . .	338
Die chronische Niereninsuffizienz . . . . .	345
Stoffwechselläuerungen der Strahlungskrankheit . . . . .	351
Organschädigungen . . . . .	352
Äußerungen im Wasser- und Elektrolytstoffwechsel . . . . .	353
Behandlung . . . . .	354
Die Vorbeugung gegen Stoffwechselfolgen nach Bestrahlung . . . . .	354
Behandlung des Strahlungssyndroms . . . . .	355
Die therapeutische Flüssigkeitszufuhr . . . . .	356
Perorale Flüssigkeitszufuhr. . . . .	356
Parenterale Flüssigkeitszufuhr . . . . .	357
Parenterale Lösungen für die Ernährung und Deckung des Kalorienbedarfs . . . . .	360
Subkutane Flüssigkeitszufuhr. . . . .	360
Dialyse des inneren Milieus des Organismus . . . . .	361
Grundsätze der Dialyse . . . . .	361
Dialyse durch die Wand des Verdauungstraktes . . . . .	362
Peritonealdialyse . . . . .	363
Dialyse mittels der „künstlichen Niere“. . . . .	364
Die Indikation der Dialyse . . . . .	367
Nomogramm für die $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ -Bestimmung . . . . .	368
Literatur . . . . .	369
Register . . . . .	397

ERSTER TEIL

**Physiologie der Elektrolyte und des Wassers  
in den Körperflüssigkeiten**

