

Ehrhardt/Neumann/Schmidt/Wessig  
**Säure-Basen-Gleichgewicht des Menschen**

# **Säure-Basen-Gleichgewicht des Menschen**

Grundlagen, Bestimmung und Interpretation  
in Diagnostik und Therapie

von

**Dr. med. Waltraud Ehrhardt**

Oberärztin in der Abteilung für Anästhesie  
und Intensivtherapie

**Dr. rer. nat. Harald Neumann**

Oberassistent in der Abteilung für Klinische Chemie  
und Laboratoriumsdiagnostik

**Dr. rer. nat. Lothar H. Schmidt**

Leiter der Abteilung für Klinische Chemie  
und Laboratoriumsdiagnostik

**MR Dr. med. Heinrich Wessig**

Chefarzt der Abteilung für Anästhesie  
und Intensivtherapie

im Bezirkskrankenhaus Görlitz

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Dr. K. Lang,  
Bad Krozingen

Mit 49 Abbildungen und 20 Tabellen

**Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1975**

**Lizenzausgabe des Verlages Theodor Steinkopff, Dresden**

**Alle Rechte vorbehalten**

**(insbesondere des Nachdrucks und der Übersetzung)**

**Kein Teil dieses Buches darf in irgendeiner Form**

**(durch Fotokopie, Xerographie, Mikrofilm, unter Verwendung  
elektronischer Systeme oder anderer Reproduktionsverfahren)**

**ohne schriftliche Genehmigung des Verlages**

**Theodor Steinkopff, Dresden, reproduziert werden.**

**© 1975 by Theodor Steinkopff, Dresden**

**LSV-Nr. 2015:**

**ISBN-13:978-3-7985-0420-2 e-ISBN-13:978-3-642-85291-6**

**DOI: 10.1007/978-3-642-85291-6**

**Gesamtherstellung: Offizin Andersen Nexø,**

**Graphischer Großbetrieb, Leipzig, III/18/38-5**

## Geleitwort

Der Wasser- und Elektrolythaushalt und seine Regulation ist ein Grenzgebiet verschiedener Disziplinen und wird daher häufig in Forschung und Lehre stiefmütterlich behandelt, und zwar trotz seiner großen praktischen Bedeutung. Katastrophen im Wasser- und Mineralhaushalt sind nicht selten. Sie bedingen eine elementare Gefährdung des Lebens. Ihre Erkennung, Verhütung und Behandlung ist aber bei einem fundierten Wissen leicht und dankbar, zumal die klinische Chemie heute die zur Diagnose und Verfolgung der Behandlung notwendigen Daten zur Verfügung stellen kann. In der neueren Zeit sind dankenswerterweise einige kleinere Monographien über den Wasser- und Elektrolythaushalt sowie seine Diagnostik und Therapie erschienen.

Das vorliegende Buch wendet sich an einen Leserkreis, der sich tiefergehend mit diesen Problemen beschäftigen möchte. Das Buch umfaßt neben einem physiologischen und pathophysiologischen Teil auch ein eingehendes Kapitel über die erforderliche Therapie sowie eine eingehende kritische Beschreibung der Methoden, die zu der Verfolgung des Mineralstoffwechsels und Säure-Basen-Haushaltes zur Verfügung stehen.

Bad Krozingen, Mai 1974

Konrad Lang

## Vorwort

In der Gesamtheit eines lebenden Organismus ist das Säure-Basen-Gleichgewicht ein sehr kleiner, wenn auch vielfach verflochtener Teil. Die Darstellung eines Details erhöht dessen Wert, aber die Einzelheit ist der Gesamtheit als Bestandteil untergeordnet. Deshalb haben die Zusammenhänge den Vorrang vor der weiteren Zergliederung und das Feld der Zusammenhänge gestattet dem Detail keine Vorzugsstellung.

Der  $pH$ -Wert hat einen entscheidenden Einfluß auf den Ablauf biochemischer Reaktionen. Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes können lebensbedrohliche Ausmaße annehmen. Die Kenntnis der Säure-Basen-Größen des Blutes besitzt deshalb klinisches Interesse.

Die methodischen Entwicklungen der  $pH$ -Meßtechnik haben die rasche Einführung der Bestimmung der Säure-Basen-Größen des Blutes in das klinisch-chemische Routinelabor ermöglicht.

Das Anliegen unseres Buches ist es, dem an den praktischen Fragen des Säure-Basen-Gleichgewichtes des Menschen interessierten Kliniker und Laborfachmann eine Einführung in die Terminologie, die physikalisch-chemischen und physiologischen Grundlagen, die Meßtechnik und in die Informationsverarbeitung zu geben.

Abseits der großen medizinischen Forschungsstätten wagten wir die Bearbeitung eines so diffizilen Gebietes. Unsere Position ist dabei gekennzeichnet durch die

- Einordnung der Säure-Basen-Größen in den Komplex des Elektrolyt- und Wassergleichgewichtes
- Verflechtung der beteiligten Regelmechanismen
- Betrachtung des  $pH$ -Wertes als die dem chemischen Potential der Wasserstoffionen proportionale Größe.

Dadurch ergaben sich in den Überlegungen, die zur Diagnose und Therapie führen, Konsequenzen, die eine unkonventionelle Darstellung erlaubten und der Kausalität den Vorrang vor der Phänomenologie gaben.

Wir danken Frau Welzel für ihre Mühe mit dem Schreiben des Manuskriptes und dem Verlag für die bewiesene Geduld. Dem Leser hoffen wir verständlich zu sein und erwarten seine helfende Kritik.

Görlitz, im Februar 1974

W. Ehrhardt  
H. Neumann  
L. H. Schmidt  
H. Wessig

# Inhaltsverzeichnis

	Geleitwort . . . . .	V
	Vorwort . . . . .	VI
1.	Einleitung . . . . .	1
2.	Terminologie des Säure-Basen-Gleichgewichtes und seine physikalischen Grundlagen . . . . .	6
2.1.	Säure-Basen-Theorie von BRØNSTEDT . . . . .	6
2.2.	Konzentration und Aktivität . . . . .	8
2.3.	$pH$ -Wert . . . . .	13
2.3.1.	Definition des $pH$ -Wertes . . . . .	13
2.3.2.	$pH$ -Wert oder Wasserstoffionenaktivität . . . . .	13
2.3.3.	$pH$ -Arbeitsdefinition . . . . .	14
2.3.4.	Konventionelle Standardpufferskala des National Bureau of Standards . . . . .	18
2.3.5.	Chemisches Potential . . . . .	20
2.4.	Dissoziation der Elektrolyte . . . . .	20
2.5.	Puffer . . . . .	23
2.6.	Puffer des extrazellulären Raumes und ihre Bezie- hungen zur Zelle . . . . .	25
2.6.1.	Puffer des Blutes . . . . .	25
2.6.2.	Puffersysteme des Extrazellulär-raumes . . . . .	27
2.6.3.	Beziehungen zwischen Extra- und Intrazellulär- volumen . . . . .	33
2.7.	Henderson-Hasselbalch-Gleichung . . . . .	34
2.8.	Größen des Säure-Basen-Status des Blutes . . . . .	41
2.8.1.	Blut- $pH$ -Wert . . . . .	42
2.8.2.	Kohlendioxidpartialdruck . . . . .	43
2.8.3.	Basenüberschuß . . . . .	43
2.9.	Säure-Basen-Nomogramme . . . . .	45
2.10.	Normalwerte . . . . .	47
3.	Physiologie und Pathophysiologie des Säure-Basen- Gleichgewichtes . . . . .	53
3.1.	Existenzbedingungen des Organismus in atmosphäri- scher Umgebung . . . . .	53
3.2.	Prinzipien der Regelung in biologischen Systemen . . . . .	60

3.2.1.	Notwendigkeit der Regelung . . . . .	60
3.2.2.	Grundlagen der Regelung . . . . .	63
3.2.3.	pH-Wert-Regelung durch die Atmung . . . . .	66
3.2.4.	Stabilisierungsfunktion der Niere . . . . .	72
3.3.	Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	90
3.4.	Störungen des Regelkreises Atmung . . . . .	91
3.4.1.	Störungen der Lungenfunktion . . . . .	91
3.4.2.	Störungen der Regeleinrichtung im zentralen Nervensystem (ZNS) . . . . .	92
3.5.	Störungen der Stabilisierungsfunktion der Niere . . . . .	92
3.5.1.	Funktionsbehinderung der Niere . . . . .	93
3.5.2.	Kapazitätsüberziehung der Niere durch übermäßigen Anfall an sauren Metaboliten . . . . .	99
3.5.3.	Pathophysiologie der Niereninsuffizienz (Leistungsverlust) . . . . .	104
3.6.	Betrachtungen zur Phylogenese . . . . .	106
3.6.1.	Entwicklung der Lungenfunktion . . . . .	107
3.6.2.	Entwicklung der Niere als Volumen und Osmolalität regulierendes Organ . . . . .	109
4.	Diagnose und Differenzierung von Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	112
4.1.	Probleme bei der Diagnostik von Funktionsstörungen . . . . .	112
4.2.	Wertigkeit des klinischen Bildes . . . . .	113
4.3.	Informationsgehalt der Parameter des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	114
4.4.	Säureausscheidung der Niere . . . . .	116
4.5.	Diagnostik der respiratorischen Störungen . . . . .	120
4.6.	Differenzierungsmöglichkeiten der nichtrespiratorischen Störungen . . . . .	121
4.6.1.	Erfassung von Störungen des Extrazellulärvolumens . . . . .	121
4.6.2.	Erfassung von Störungen der Osmolalität . . . . .	123
4.6.3.	Erfassung von Störungen des Elektrolytgleichgewichtes . . . . .	124
4.6.4.	Erfassung von Stoffwechsellentgleisungen . . . . .	126
4.7.	Plan des diagnostischen Vorgehens bei nichtrespiratorischen Störungen . . . . .	126
4.8.	Terminologie der Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	127
5.	Therapie der Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	130
5.1.	Prinzipien der Therapie . . . . .	130
5.2.	Komplexität der Therapie der Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	131
5.3.	Therapeutische Richtungen . . . . .	131



5.4.	Therapie der Azidose . . . . .	132
5.4.1.	Therapie der respiratorischen Azidose . . . . .	132
5.4.2.	Therapie der nichtrespiratorischen (metabolisch und renal) Azidose . . . . .	133
5.5.	Therapie der Alkalose . . . . .	135
5.5.1.	Therapie der respiratorischen Alkalose . . . . .	135
5.5.2.	Therapie der nichtrespiratorischen Alkalose . . . . .	136
5.6.	Chronische Veränderungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes . . . . .	137
5.7.	Plan des diagnostischen und therapeutischen Vorgehens . . . . .	138
5.8.	Anwendungsbeispiele . . . . .	141
5.8.1.	Ateminsuffizienz mit respiratorischer Azidose . . . . .	141
5.8.2.	Hämatothorax mit Volumenmangel, Atmungsbehinderung und respiratorisch-nichtrespiratorischer Azidose . . . . .	142
5.8.3.	Pyelonephritis mit Volumenmangel und nichtrespiratorischer Azidose . . . . .	143
5.8.4.	Pylorusstenose mit Volumenmangel und nichtrespiratorischer Alkalose . . . . .	144
5.8.5.	Lungenemphysem mit respiratorischer Azidose . . . . .	145
6.	Methodik zur Bestimmung der Säure-Basen-Größen . . . . .	146
6.1.	Präzisions-pH-Messung . . . . .	147
6.2.	Konventionen bei Messungen von Kettenspannungen . . . . .	155
6.3.	Einfluß der Störgrößen auf die Blut-pH-Messung . . . . .	156
6.4.	pCO <sub>2</sub> -Elektrode . . . . .	173
6.5.	Meßverstärker für die pH- und pCO <sub>2</sub> -Messung . . . . .	177
6.6.	pO <sub>2</sub> -Messung . . . . .	178
6.7.	Tonometer . . . . .	182
6.8.	Praktische Bestimmung der Säure-Basen-Größen . . . . .	182
6.9.	Methodische Hinweise zur Bestimmung einiger mit dem Säure-Basen-Gleichgewicht zusammenhängender Ionen . . . . .	197
	Literaturverzeichnis . . . . .	200
	Sachregister . . . . .	209