



Grundriß  
der Pathologischen Physiologie  
der  
**Pharmakologie  
und Toxikologie**  
sowie der  
Arznei-Verordnungslehre

8. vollständig neu bearbeitete Auflage

Herausgegeben von  
Dr. Hans Schlossmann

## Vorwort.

Pharmakologie und Toxikologie einerseits und pathologische Physiologie andererseits sind wissenschaftliche Gebiete, die eng miteinander verbunden sind. Schon in den früheren Auflagen des Tuchelschen Repetitoriums war deshalb der Pharmakologie im engeren Sinne eine Uebersicht der wichtigsten chemischen, physiologischen und pathologisch-physiologischen Tatsachen vorausgeschickt.

Die Neubearbeitung der 8. Auflage hat mir die erwünschte Gelegenheit gegeben, den pathologisch-physiologischen Teil weiter auszubauen und den pharmakologisch-toxikologischen Teil völlig neu zu gestalten. Die Anordnung des Stoffes in dem pharmakologischen Teil erfolgt jetzt im wesentlichen nach chemisch zusammengehörigen Gruppen.

Für das eingehendere Studium der Pharmakologie wird sich auch der Student an die altbekannten Lehrbücher der Pharmakologie halten müssen. Jedoch ist es gerade für den Anfänger oft schwer, aus dem MEYER-GOTTLIEB ein geschlossenes Bild von der Wirkung einer bestimmten Substanz zu bekommen. Dagegen sind im POULSSON die pathologisch-physiologischen Zusammenhänge, die im MEYER-GOTTLIEB so schön dargestellt sind, schwierig zu erkennen.

Ich habe versucht, in der neuen Auflage des Grundrisses beide Betrachtungsweisen zu ihrem Rechte kommen zu lassen. Der erste Teil enthält die pathologische

Physiologie und die Pharmakologie der Organe, während im zweiten Teil die Wirkungen der einzelnen Substanzen im Zusammenhang dargestellt werden. Ich hoffe, daß damit dem Leser, nicht nur die Vorbereitung auf das Examen erleichtert, sondern auch darüber hinaus ein brauchbarer Führer durch das Gebiet der Pharmakologie geboten wird.

Der dritte Teil enthält die Technik der Arzneiverordnung nebst einer kurzen Darstellung der wichtigsten gesetzlichen Vorschriften, die auch der praktische Arzt wissen muß.

Therapeutisch wichtige Substanzen und Präparate sind im zweiten Teil angeführt. Um die praktische Verwertbarkeit des Grundrisses zu erhöhen, sind stets die Maximaldosen (EMD = Einzelmaximaldosis. TMD = Tagesmaximaldosis) sowie in vielen Fällen die Preise nach der Deutschen Arzneytaxe 1934 angegeben. Die Rezeptbeispiele sind im allgemeinen einfache und billige Verschreibungen, häufig in Anlehnung an bestehende und bewährte Formelsammlungen.

Der Herausgeber.

# Inhalts-Verzeichnis.

|                   | Seite  |
|-------------------|--------|
| Vorwort . . . . . | III—IV |

## I. Teil.

Pathologische Physiologie als Basis der Arznei-  
behandlung nebst kurzer Schilderung der physiolo-  
gischen, physikalischen und chemischen Grundlagen.

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Physikalisch-chemische Vorbemerkungen . . . . .            | 3  |
| Einige Begriffe der allgemeinen<br>Pharmakologie . . . . . | 12 |
| Blut . . . . .                                             | 17 |

Blutmenge; Bestandteile des Blutes; Viscosität des  
Blutes; Blutgerinnung; Leucocyten; rote Blutkörper-  
chen; Toxikologie des Blutes; das Blut als Puffer-  
system; der Gasgehalt des Blutes.

|                     |    |
|---------------------|----|
| Kreislauf . . . . . | 29 |
|---------------------|----|

Der Blutdruck; die Regulation der Gefäßweite; die  
Beeinflussung der Gefäßweite; Störungen des Kreis-  
laufs von seiten des Gefäßsystems; Störungen des  
Kreislaufs von seiten der Blutmenge; die Herzfunktion;  
die nervöse Regulation der Herztätigkeit; die Be-  
einflussung der Herznerven; Störungen des Kreislaufs  
von Seiten des Herzens.

|                  |    |
|------------------|----|
| Atmung . . . . . | 40 |
|------------------|----|

Nervöse Regulation und Beeinflussung der Atmung;  
die Störungen der Atmung; die Beeinflussung der  
Bronchialsekretion.

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Chemische Zusammensetzung der Nah-<br>rungsstoffe und der Körpersubstanz . . . . .                  | 44 |
| Kohlehydrate; Fette; Lipoider; Eiweißkörper, Bedeu-<br>tung der Nahrungsstoffe; Fermente; Vitamine. |    |

|                        |    |
|------------------------|----|
| Stoffwechsel . . . . . | 59 |
|------------------------|----|

Beeinflussung des Stoffwechsels im allgemeinen; Be-  
einflussung bestimmter Stoffwechselanomalien; die  
Leber.

|                     |    |
|---------------------|----|
| Verdauung . . . . . | 63 |
|---------------------|----|

Speichelsekretion; Sekretion des Magens; Gallen-  
sekretion; Sekretion des Pankreas; Sekretion im  
Darm; Ausscheidung von Giften in den Darm; Re-  
sorption; Schluckakt; Magenbewegungen; Brechakt;  
Bewegungen des Darmes; Entleerung des Darmes;  
Uebersicht der Abführmittel; Hemmung der Peristal-  
tik (Obstipantia).

|                        |    |
|------------------------|----|
| Nervensystem . . . . . | 78 |
|------------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| I. Zentralnervensystem . . . . . | 78 |
|----------------------------------|----|

Anatomische Vorbemerkungen; Reflexleitung im  
Rückenmark; Beeinflussung des Zentralnerven-

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| systems; Narkose; Aufnahme und Verteilung der Narkotika; Theorie der Narkose; Allgemeines über Schlafmittel.                                        |     |
| II. Peripheres Nervensystem . . . . .                                                                                                               | 87  |
| a) Animales Nervensystem . . . . .                                                                                                                  | 87  |
| Motorische Nerven; Sensible Nerven; Allgemeines über Lokalanaesthesie.                                                                              |     |
| b) Autonomes (vegetatives) Nervensystem . . . . .                                                                                                   | 89  |
| der funktionelle Antagonismus; pharmakologische Beeinflussung; chemische Vorgänge bei der Nervenreizung.                                            |     |
| Wärme-Regulation . . . . .                                                                                                                          | 97  |
| Wärmeproduktion und Wärmeabgabe; Wärme-Regulation; Fieber; Beeinflussung der Wärme-Regulation.                                                      |     |
| Schweiß-Sekretion . . . . .                                                                                                                         | 102 |
| Harnbildung . . . . .                                                                                                                               | 104 |
| Harnbestandteile; Theorie der Harnbildung; Vorbedingungen der Harnbildung; Beeinflussung der Harnbildung; Wirkungen auf die harnabführenden Organe. |     |
| Geschlechtsorgane                                                                                                                                   |     |
| Uterus . . . . .                                                                                                                                    | 109 |
| Muskel . . . . .                                                                                                                                    | 112 |
| Auge . . . . .                                                                                                                                      | 116 |
| Innere Augenmuskeln; Musculus ciliaris und intraocularer Druck; Wirkungen auf die Retina.                                                           |     |
| Haut . . . . .                                                                                                                                      | 119 |
| Innere Sekretion . . . . .                                                                                                                          | 120 |
| Schilddrüse; Nebenschilddrüsen; Pankreas, Nebennieren; Hypophyse; Keimdrüsen.                                                                       |     |
| Entzündung . . . . .                                                                                                                                | 127 |
| Erregung der Entzündung; Hemmung der Entzündung.                                                                                                    |     |

## II. Teil.

### Pharmakologie und Toxikologie.

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Zur Geschichte der Heilbehandlung . . . . . | 130 |
| Alkaloide; Allgemeines . . . . .            | 133 |
| Curare . . . . .                            | 135 |
| Cocain und seine Ersatzmittel . . . . .     | 137 |
| Strychnin . . . . .                         | 142 |
| Alkaloide des Opiums . . . . .              | 144 |
| Atropin und Scopolamin . . . . .            | 153 |
| Cholin, Muscarin, Pilocarpin . . . . .      | 158 |
| Physostigmin . . . . .                      | 160 |
| Alkaloide des Secale cornutum . . . . .     | 161 |
| Hydrastis-Alkaloide . . . . .               | 164 |
| Nicotin . . . . .                           | 164 |
| Lobelin . . . . .                           | 166 |

|                                                                                                                                   | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Colchicin . . . . .                                                                                                               | 166   |
| Aconitin . . . . .                                                                                                                | 167   |
| Veratrin . . . . .                                                                                                                | 167   |
| Yohimbin . . . . .                                                                                                                | 168   |
| Alkaloide der Radix Ipecacuanhae . . . . .                                                                                        | 168   |
| Adrenalin . . . . .                                                                                                               | 169   |
| Coffeingruppe . . . . .                                                                                                           | 173   |
| Chinolinderivate . . . . .                                                                                                        | 175   |
| Chinin . . . . .                                                                                                                  | 176   |
| Pyrazolonderivate . . . . .                                                                                                       | 180   |
| Anilin und Anilinderivate . . . . .                                                                                               | 182   |
| Nitrobenzol . . . . .                                                                                                             | 184   |
| Organische Farbstoffe . . . . .                                                                                                   | 185   |
| Phenol . . . . .                                                                                                                  | 185   |
| Salicylsäure . . . . .                                                                                                            | 189   |
| Phthalsäure . . . . .                                                                                                             | 191   |
| Teer . . . . .                                                                                                                    | 191   |
| Formaldehyd . . . . .                                                                                                             | 193   |
| Oxalsäure . . . . .                                                                                                               | 194   |
| Allgemeines über aliphatische Kohlenwasserstoffe . . . . .                                                                        | 194   |
| Aethylalkohol . . . . .                                                                                                           | 195   |
| Andere Alkohole der Kohlenwasserstoffreihe . . . . .                                                                              | 198   |
| Inhalationsnarkotika (Aether 199, Chloroform 201, Chloräthyl 205, ungesättigte Kohlenwasserstoffe 205, Stickoxydul 206) . . . . . | 206   |
| Organische Schlafmittel . . . . .                                                                                                 | 206   |
| Camphergruppe . . . . .                                                                                                           | 213   |
| Aetherische Öle . . . . .                                                                                                         | 217   |
| Acrida (Senföl, Terpentinöl, Cantharidin) . . . . .                                                                               | 219   |
| Pikrotoxin . . . . .                                                                                                              | 221   |
| Saponine . . . . .                                                                                                                | 222   |
| Digitalisgruppe . . . . .                                                                                                         | 223   |
| Anthrachinonderivate . . . . .                                                                                                    | 229   |
| Anthelminthica . . . . .                                                                                                          | 231   |
| Bittermittel . . . . .                                                                                                            | 234   |
| Harze . . . . .                                                                                                                   | 234   |
| Öle . . . . .                                                                                                                     | 235   |
| Gerbsäuren . . . . .                                                                                                              | 236   |
| Mucilaginosi . . . . .                                                                                                            | 237   |
| Tierkohle . . . . .                                                                                                               | 238   |
| Blausäure . . . . .                                                                                                               | 238   |
| Kohlenoxyd . . . . .                                                                                                              | 241   |
| Kohlensäure . . . . .                                                                                                             | 243   |
| Wasser . . . . .                                                                                                                  | 244   |
| Salze . . . . .                                                                                                                   | 245   |
| Säuren . . . . .                                                                                                                  | 248   |

|                                       | Seite |
|---------------------------------------|-------|
| Alkalihydroxyde . . . . .             | 251   |
| Seifen . . . . .                      | 252   |
| Alkalikarbonate . . . . .             | 252   |
| Ammoniak . . . . .                    | 253   |
| Alkalimetalle . . . . .               | 254   |
| Erdalkalimetalle . . . . .            | 255   |
| Halogene . . . . .                    | 258   |
| Borsäure . . . . .                    | 261   |
| Nitrite . . . . .                     | 262   |
| Sauerstoff . . . . .                  | 263   |
| Schwefel . . . . .                    | 265   |
| Phosphor . . . . .                    | 268   |
| Arsen . . . . .                       | 270   |
| Antimon . . . . .                     | 279   |
| Schwermetalle (Allgemeines) . . . . . | 280   |
| Eisen . . . . .                       | 281   |
| Quecksilber . . . . .                 | 282   |
| Blei . . . . .                        | 287   |
| Kupfer . . . . .                      | 290   |
| Zink . . . . .                        | 291   |
| Wismut . . . . .                      | 291   |
| Aluminium . . . . .                   | 293   |
| Silber . . . . .                      | 293   |
| Sonstige Schwermetalle . . . . .      | 295   |

### Anhang zu Teil II.

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Immunisierung, Serumbehandlung, unspezifische Reizkörpertherapie . . . . . | 298 |
| Organpräparate . . . . .                                                   | 300 |
| Allgemeines über Erkennung und Behandlung von Vergiftungen . . . . .       | 300 |
| Giftpilze . . . . .                                                        | 303 |
| Tierische Gifte . . . . .                                                  | 305 |
| Vergiftungen durch Nahrungsmittel . . . . .                                | 307 |
| Gaskampfstoffe . . . . .                                                   | 308 |

### III. Teil.

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Arzneiverordnungslehre . . . . .              | 313 |
| Abgabe der Arzneimittel . . . . .             | 314 |
| Sparsamkeit in der Arzneiverordnung . . . . . | 316 |
| Opiumgesetz . . . . .                         | 317 |
| Wirkung der Arzneimittel . . . . .            | 319 |
| Applikation der Arzneimittel . . . . .        | 320 |
| Unverträgliche Arzneimischungen . . . . .     | 320 |
| Arzneimitteldosen für Kinder . . . . .        | 321 |
| Das Rezept . . . . .                          | 321 |
| Die einzelnen Arzneiformen . . . . .          | 324 |
| Tabelle der Maximaldosen . . . . .            | 340 |



## I. Teil

# Pathologische Physiologie

als Basis der Arzneibehandlung  
nebst kurzer Schilderung  
der physiologischen, physikalischen  
und chemischen  
Grundlagen.

1888

I. Teil

Pathologische Physiologie  
des Kreislaufsystems  
nach der Lehre von  
den physiologischen Grundlagen  
des Kreislaufsystems  
und des Kreislaufsystems  
Grundriss

# Physikalisch-chemische Vorbemerkungen.

## Theorie der Lösungen.

Man unterscheidet die drei Aggregatzustände: fest, flüssig, gasförmig. Feste Substanzen können nicht miteinander in Reaktion treten; Gase und Dämpfe durchdringen sich stets gleichmäßig (Gasgesetze, AVOGADROsche Regel). Flüssigkeiten oder Substanzen verschiedener Aggregatzustände können mischbar oder nichtmischbar sein.

Sind eine Flüssigkeit und ein fester Körper miteinander mischbar, so entsteht als Ergebnis der Mischung meist eine Flüssigkeit (Lösung). Es kann jedoch auch ein fester Körper entstehen (z. B. Kristall mit Kristallwasser). In der Flüssigkeit sind die Teilchen des festen Körpers gleichmäßig unter den Teilchen des Lösungsmittels verteilt. Die Aufteilung des festen Körpers kann verschieden weit gehen, bis zu Molekül-Aggregaten, bis zu Molekülen (molekulardispers), bis zu Teilchen der Moleküle, die man als Ionen bezeichnet (ionendispers). Der Umfang der Aufteilung hängt von bestimmten Eigenschaften des Lösungsmittels (Dielektrizitätskonstante) und des zu lösenden festen Körpers (Dissoziationskonstante) ab.

Molekular- und ionendisperse Lösungen haben eine Anzahl physikalischer Eigenschaften gemeinsam, die sie von den Lösungen mit größeren Teilchen unterscheiden. Man nennt deshalb Lösungen, deren Teilchendurchmesser kleiner ist als etwa  $5\mu$  ( $1\mu = 0,000001\text{mm}$ ) echte Lösungen; Lösungen mit Teilchen von einem Durchmesser etwa zwischen 5 und  $1000\mu$  heißen kolloide Lösungen. Die Grenzen sind willkürlich und die Uebergänge fließend. Zu den echten Lösungen gehören jedenfalls die ionendispersen Lösungen und ein großer Teil der molekulardispersen Lösungen. Molekulardisperse Lö-

sungen mit Molekülen von sehr großem Molekulargewicht und Lösungen von Molekül-Aggregaten bilden die kolloiden Lösungen.

## Eigenschaften des Wassers.

Das uns am meisten interessierende Lösungsmittel ist das Wasser, denn der Tierkörper besteht überwiegend aus Wasser und alles, was ihm zugeführt wird (Nahrungsmittel und sonstige Substanzen), ist im allgemeinen in Wasser gelöst. Daher sind im folgenden unter Lösungen wässrige Lösungen gemeint, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt ist.

Das Wasser hat vor anderen Lösungsmitteln folgende Eigenschaften voraus:

1. Es ist die in der Natur meist verbreitete Flüssigkeit
2. Es hat seine größte Dichte bei 4°
3. Es hat fast die höchste Dielektrizitätskonstante.

Dielektrizitätskonstante des Wassers 81,07

des Alkohols 26,28

des Aethers 4,35

Die Dielektrizitätskonstante sei an einem Beispiel definiert: Wenn sich zwei elektrisch geladene Massenpunkte mit der Ladung  $e_1$  und  $e_2$  im Abstand  $r$  gegenüberstehen, so ziehen sie sich im luftleeren Raum an (bzw. stoßen sich ab) mit der Kraft  $\frac{e_1 \times e_2}{r^2}$ . Wenn sich in dem Raum zwischen den beiden Punkten ein Stoff mit der Dielektrizitätskonstante  $D$  befindet, so beträgt die Anziehungskraft nur mehr  $\frac{e_1 \times e_2}{r^2 \times D}$ . Das heißt, je höher die Dielektrizitätskonstante ist, um so geringer wird die Anziehungskraft (oder bei gleicher Ladung die Abstoßungskraft) der Teilchen gegeneinander und um so weniger beeinflussen sie sich gegenseitig. Daher ist die Dissoziation in wässrigen Lösungen verhältnismäßig groß.

Das eine Ion des Wassers, das H-Ion, ist das kleinste und best diffundierende Ion; es trägt ferner im Verhältnis zu seiner Masse die größte Ladung. Infolge dieser Eigenschaften ist die Dissoziationskonstante des Wassers sehr gering, da sich das H-Ion wegen seiner Kleinheit dem zweiten Ion des Wassers, dem OH-Ion, stark nähern kann. Trotzdem ist infolge der hohen Dielektrizitätskonstante ein Teil des Wassers in Ionen zerfallen (dissoziiert).

## Elektrolytische Dissoziation.

Es war seit langem bekannt, daß Flüssigkeiten, insbesondere Salzlösungen, den elektrischen Strom leiten. Man nahm an, daß durch den elektrischen Strom die Moleküle aufgespalten würden, bis ARRHENIUS (1887) feststellte, daß schon in der Lösung die Salze in positiv und negativ elektrisch geladene Teilchen zerfallen seien, und daß nur aus diesem Grunde eine Lösung den elektrischen Strom leite.

Die elektrizitätstragenden Teilchen nannte ARRHENIUS Ionen. Die Ionen wandern im elektrischen Feld, die positiv geladenen zur Kathode = Kationen ( $H^+$  oder  $H^+$ , ferner Metalle z. B.  $Ag^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ), die negativ geladenen zur Anode = Anionen ( $OH^-$  oder  $OH^-$ , ferner z. B.  $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$ ). Die Quelle für die positiven und negativen elektrischen Ladungen liegt im Atom selbst.

Auf Grund der Untersuchungen von RUTHERFORD und BOHR (Atom-Modell) weiß man, daß die Atome aus einem positiv geladenen Kern mit einer Hülle aus negativ geladenen Elektronen bestehen, wobei die Zahl der positiven Ladungen des Kernes und der negativen Ladungen der Elektronen die gleiche ist. Die positiv und negativ geladenen Ionen entstehen durch Ab- und An-Dissoziation von Elektronen an die Atomhülle.

Bei vielen Substanzen sind die Wirkungen, die im lebenden Organismus hervorgerufen werden, nicht durch das Molekül im ganzen, sondern durch die Ionen bedingt.

Zuweilen (besonders bei den Schwermetallen) lagern sich Ionen an andere Ionen oder Moleküle an, wobei das Metall in ein Anion eintreten kann. Man nennt diese Verbindungen Komplexsalze bzw. Komplexionen. Die Wirkung des Komplexions kann eine ganz andere sein als die Wirkung der einzelnen Ionen, aus denen das Komplexion zusammengesetzt ist, vielleicht erwarten ließe. So ist z. B. das komplexe  $Fe(CN)_6$ -Ion ungiftig.

Ein Molekül kann entweder aus zwei oder mehreren gleichgeladenen Ionen (z. B. Halogene wie  $Cl_2$ , Metalle) oder aus entgegengesetzt geladenen Ionen (z. B.  $HCl$ ,  $NaCl$ ,  $NaOH$ ) bestehen. Die letzteren bezeichnet man als Elektrolyte. Die Elektrolyte zerfallen in wässriger Lösung in ihre Ionen (Elektrolytische Dissoziation). Jedoch ist immer ein Teil der Moleküle nicht zerfallen (undissoziiert). Es handelt sich dabei aber nicht um einen statischen Zustand, sondern um einen dynamischen, d. h.

es zerfallen in der Zeiteinheit immer ebensoviele Moleküle wie neugebildet werden. Das Verhältnis von dissoziierten Molekülen zur Gesamtheit der Moleküle bezeichnet man als Dissoziationsgrad. Der Dissoziationsgrad ist abhängig von der Dielektrizitätskonstante des Lösungsmittels, von der Temperatur und der für jeden Körper charakteristischen Dissoziationskonstante.

Die Salze sind praktisch völlig dissoziiert, ebenso wenn auch etwas weniger die starken Säuren und Basen, während die schwachen Säuren und Basen schlechter dissoziiert sind. Allerdings sind in der geringen Konzentration, in der sie im Körper vorkommen, auch schwache Säuren und Basen beträchtlich dissoziiert. Genau genommen ist die Abhängigkeit des Dissoziationsgrades von der Konzentration — (stärker konzentrierte Lösungen scheinen verhältnismäßig weniger dissoziiert als schwächer konzentrierte) — nur eine scheinbare; in Wirklichkeit ist die Dissoziation die gleiche, nur beeinflussen bei stärker konzentrierten Lösungen die Teilchen sich gegenseitig in einem Sinne, daß ein geringerer Dissoziationsgrad vorgetäuscht wird.

Die Leitfähigkeit einer Flüssigkeit für den elektrischen Strom ist um so besser, je mehr Ionen in ihr vorhanden sind.

## Die Wasserstoffionen-Konzentration.

Wie schon erwähnt, ist auch reines Wasser in geringem Grade dissoziiert ( $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ). Das Produkt der positiven und der negativen Ionen, d. h. die Zahl der zerfallenen Moleküle hat für jede bestimmte Temperatur einen konstanten Wert, der durch die Dissoziationskonstante ausgedrückt wird. Für Wasser von 22° beträgt die Dissoziationskonstante  $k_w = h \times oh$  rund  $1,0 \times 10^{-14}$ , wobei unter  $h$  die Wasserstoffzahl in Gramm-Ion pro Liter, unter  $oh$  die Hydroxylzahl in Gramm-Ion pro Liter zu verstehen ist.

Dies besagt, daß in reinem Wasser von 22° pro Liter sowohl  $\text{H}^+$ -Ionen wie auch  $\text{OH}^-$ -Ionen in der Konzentration von je ein zehnmillionstel Grammion vorhanden sind. Da nach der LOSCHMIDT'schen Zahl ein Grammolekül (vgl. S. 8) einer beliebigen Substanz  $6,2 \times 10^{23}$  Moleküle enthält, so finden sich in reinem Wasser pro Liter  $6,2 \times 10^{16}$ , im Kubikmillimeter immer noch je 62 Milliarden  $\text{H}^+$ -Ionen und  $\text{OH}^-$ -Ionen. Dabei ist aber von je 555 Millionen  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekülen immer nur einziges dissoziiert. (Näheres hierzu MICHAELIS, Wasserstoffionen-Konzentration).

Unter den Elektrolyten unterscheidet man solche, welche die Wasserstoffionen-Konzentration beeinflußt lassen (Salze), und solche, welche die Wasserstoffionen-Konzentration vermehren (Säuren) oder vermindern (Basen).

Neutral ist eine Lösung, wenn gleiche Menge  $H^+$  und  $OH^-$ -Ionen vorhanden sind. Für Wasser von  $22^\circ$  ist dann also  $h = oh = 1 \times 10^{-7}$ . Je größer  $h$  im Verhältnis zu  $oh$  ist, um so saurer ist die Lösung und umgekehrt um so alkalischer, je höher  $oh$  wird.

Die „Stärke“ der Säuren und Basen hängt vom Grade ihrer Dissoziation ab. So ist bei der „starken“ Trichlor-essigsäure  $k = 1,21$ , bei der „schwachen“ Benzoesäure  $k = 0,00006$ .

Unter dem Wasserstoffexponenten  $p_h$  versteht man den negativen Logarithmus von  $h$ , also  $p_h = -\log h$ . Hierdurch wird die Rechnung vereinfacht, da die physikalischen Methoden zur Messung des  $p_h$  diesen Wert unmittelbar liefern. Für reines Wasser von  $18^\circ$  ist also  $h = 0,85 \times 10^{-7}$  und  $p_h = 7,07$ . Je niedriger  $p_h$  ist, um so höher ist der reziproke Wert  $h$  und um so saurer ist die Lösung. Gemessen wird  $p_h$  durch die Methode der Gasketten oder durch Indikatoren, deren Farbintensität sich proportional den Verschiebungen des  $p_h$  verändert. Das  $p_h$  des venösen Blutes bei  $18^\circ$  ist etwa 7,35, also ganz schwach alkalisch.

Folgende Eigenschaften einer Säure (und entsprechend auch einer Base) sind zu unterscheiden:

1. Die aktuelle Azidität, die mit dem  $p_h$  identisch ist.
2. Die Titrationsazidität, die dem Gehalt der Lösung an freien Säureäquivalenten entspricht. Zum Beispiel haben die Salze starker Säuren und schwacher Basen, die infolge der elektrolytischen Dissoziation sauer reagieren, die gleiche Titrationsazidität wie die neutral reagierenden Salze starker Säuren und starker Basen.
3. Die Säurekapazität oder Nachgiebigkeit einer Lösung, die bei gleichzeitiger Anwesenheit einer schwachen Säure und ihrer Salze durch die sogenannte Pufferwirkung zustande kommt (vergl. hierüber S. 27).

## Gefrierpunkterniedrigung und osmotischer Druck.

Die Gefrierpunkterniedrigung ( $\Delta$ ) ist abhängig von der Zahl der gelösten Teilchen in der Volum-

einheit. Löst man ein Mol (Grammolekül, d. h. das Molekulargewicht in Gramm ausgedrückt) einer Substanz in 1000 g Wasser auf, so ist  $\Delta = -1,85^\circ$ . Diese Regel gilt nicht für Moleküle, die in der Lösung dissoziiert sind; hier ist die Gefrierpunktserniedrigung entsprechend dem Grade der Dissoziation höher, da ja die Zahl der Teilchen größer ist als die Zahl der ursprünglichen Moleküle. Die Gefrierpunktserniedrigung ist somit auch abhängig von der Dielektrizitätskonstante des Lösungsmittels und von der Dissoziationskonstante.

Ebenso ist der osmotische Druck einer Flüssigkeit abhängig von der Zahl der in ihr gelösten Teilchen.

Nach VAN 'T HOFF verhält sich der aufgelöste Stoff ähnlich wie ein Gas. Lösungen üben deshalb auf die einschließenden, für den gelösten Stoff undurchgängigen Wände einen Druck aus, der wie bei den Gasen allein von der Zahl der Teilchen und von ihrer Geschwindigkeit, d. h. von der Temperatur abhängt. Nach PFEFFER ist der osmotische Druck proportional der Konzentration und es steigt der osmotische Druck für jeden Grad Temperaturerhöhung um  $\frac{1}{273}$ .

1 Mol einer (nicht dissoziierenden) Substanz in 1000 g Wasser von  $0^\circ$  gelöst übt einen osmotischen Druck von 22,4 Atm. aus.

„Isotonisch“ sind zwei Flüssigkeiten mit gleichem osmotischen Druck. Bei verschiedenem osmotischen Druck bezeichnet man die Flüssigkeit mit dem höheren osmotischen Druck als „hypertonisch“ gegen die „hypotonische“ Flüssigkeit mit dem niedrigeren osmotischen Druck.

Da Gefrierpunktserniedrigung und osmotischer Druck von den gleichen Eigenschaften der Lösung abhängig sind, bestimmt man den osmotischen Druck einer Lösung am einfachsten durch Feststellung der Gefrierpunktserniedrigung.

Der osmotische Druck einer molaren Lösung beträgt 22,4 Atm., die Gefrierpunktserniedrigung  $-1,85^\circ$ . Also entspricht eine Gefrierpunktserniedrigung von  $-0,1^\circ$  einem osmotischen Druck von etwa 1,21 Atm. Aus der gemessenen Gefrierpunktserniedrigung läßt sich neben dem osmotischen Druck auch die Konzentration der gelösten Teilchen berechnen.

Für das menschliche Blut beträgt die Gefrierpunktserniedrigung etwa  $-0,56^\circ$ , der osmotische Druck etwa 7 oder bei Körpertemperatur 8 Atm. Den gleichen osmotischen Druck besitzt eine 0,9 %ige Kochsalzlösung (physiologische Kochsalzlösung). Mit dem Blute des Frosches ist ungefähr eine 0,6 %ige Kochsalzlösung isotonisch.



## Filtration, Diffusion und Osmose.

Unter **Filtration** versteht man die Bewegung einer Lösung durch eine Membran infolge einer hydrostatischen Druckdifferenz zu beiden Seiten der Membran. Durch die Filtration werden Teilchen, deren Umfang die Porengröße des Filters übersteigt, abgetrennt.

**Ultrafiltration** ist die Filtration durch ein Filter mit kleiner Porengröße unter hohem Druck.

**Diffusion** nennt man die Durchmischung von Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung bis zum Konzentrationsausgleich. Je kleiner die Moleküle sind, um so schneller erfolgt *ceteris paribus* die Diffusion. Die Diffusion geschieht in der gleichen Weise auch durch eine Membran hindurch, welche die verschieden konzentrierten Lösungen trennt, wenn die Membran für die Bestandteile der Lösungen durchgängig ist.

Die Diffusionsgeschwindigkeit ist dann u. a. auch von der Porengröße der Membran abhängig.

Einbasische Ionen diffundieren besser als zweibasische, z. B. Chloride besser als Sulfate, Alkaliionen besser als Ca- oder Mg-Ionen.

**Osmose** ist die Diffusion durch eine semipermeable Membran. Semipermeable Membranen sind zwar für das Lösungsmittel, nicht aber für den gelösten Stoff durchgängig. Es wird dann infolge der osmotischen Druckdifferenz zu beiden Seiten der Membran das Lösungsmittel aus der weniger konzentrierten Lösung in die höher konzentrierte herübergesaugt, bis ein Gleichgewicht erreicht ist.

Meist sind die semipermeablen Membranen nicht für alle gelösten Stoffe, sondern nur für bestimmte undurchlässig (Abhängigkeit von der Teilchengröße oder von der elektrischen Ladung). Im Tierkörper spielen semipermeable Membranen dieser Art eine sehr große Rolle; so ist z. B. die Plasmahaut der Erythrocyten nur für Anionen durchlässig, für Kationen aber impermeabel.

Wenn zwei wässrige Elektrolytlösungen durch eine Membran getrennt werden, welche für eines der Ionen infolge seiner Teilchengröße (Kolloid) undurchlässig ist, so entsteht eine Potentialdifferenz zu beiden Seiten der Membran unter ungleichmäßiger Verteilung auch der Ionen, welche an sich die Membran zu passieren vermögen (sogenanntes **DONNAN-Gleichgewicht**).