

GRUNDRISS  
DER  
PHYSIOLOGIE  
DES MENSCHEN

FÜR  
STUDIRENDE UND ÄRZTE.

VON  
**DR. J. STEINER,**  
A. O. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE ZU HEIDELBERG.

---

VIERTE AUFLAGE.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.



LEIPZIG,  
VERLAG VON VEIT & COMP.  
1888.

**Das Recht der Herausgabe von Uebersetzungen vorbehalten.**

**Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.**

## Vorwort zur ersten Auflage.

Bei der Abfassung des vorliegenden Grundrisses hat der Verfasser sich die Aufgabe gestellt, die wesentlichen Thatsachen der Physiologie des Menschen im Zusammenhange in elementarer und leicht fasslicher Form darzustellen. Was er dabei zu erreichen wünschte, wäre, diese Disziplin dem Verständnisse des Anfängers näher zu bringen, sowie dem Vorgerückteren eine schnelle und leichte Orientirung bezüglich Rekapitulation zu ermöglichen.

Die vielfach übliche Namensnennung der Autoren ist zum Theil beschränkt worden und der dadurch gewonnene Raum konnte für die unter dem Text angebrachten Litteraturangaben von grundlegenden Arbeiten verwendet werden. Sollte daher hier und da ein Autorenname vermisst werden, so muss der Verfasser um freundliche Nachsicht bitten.

Erlangen, im September 1877.

**Der Verfasser.**

---

## Vorwort zur dritten Auflage.

Die neue Auflage erscheint insofern in verbesserter Form, als das Kapitel „Gehirn“ vollständig neu bearbeitet und gefasst worden ist. Dies konnte geschehen, nachdem durch mehrjährige Arbeit auf diesem Gebiete eine gewisse Konsolidirung erzielt worden ist. Aehnliches gilt für die Lehre von der Resorption. Im Allgemeinen kann ein kurzes

Buch, wie das vorliegende, nicht jede neue Erscheinung der Litteratur aufnehmen, sondern muss den Bestand zu wahren suchen und eine Klärung der Ansichten abwarten.

In der ganzen Anlage ist das Buch dasselbe geblieben.

Auch diesmal bin ich durch spontane Aeusserungen aus dem Kreise der Interessenten unterstützt worden; allen Gönnern des Buches meinen verbindlichsten Dank.

Heidelberg, Winter 1886.

**J. Steiner.**

# I n h a l t.

|                                                                                                                                                                                                                                                   | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung . . . . .                                                                                                                                                                                                                              | 1     |
| Erste Abtheilung. <b>Allgemeine Physiologie</b> . . . . .                                                                                                                                                                                         | 6     |
| Zweite Abtheilung. <b>Spezielle Physiologie</b> . . . . .                                                                                                                                                                                         | 15    |
| Erster Abschnitt. <b>Der Stoffwechsel</b> . . . . .                                                                                                                                                                                               | 15    |
| Einleitung. Die chemischen Bestandtheile des Körpers 15. Verbindungen 16.                                                                                                                                                                         |       |
| I. Unorganische Verbindungen 16. A. Das Wasser 16. B. Säuren 17.                                                                                                                                                                                  |       |
| C. Salze 17.                                                                                                                                                                                                                                      |       |
| II. Organische Verbindungen 18. — A. Stickstoffhaltige Verbindungen 18.                                                                                                                                                                           |       |
| a) Eiweisskörper (Proteine) 18. b) Albuminoide 21.                                                                                                                                                                                                |       |
| c) Körper, die höher als Eiweiss zusammengesetzt sind 22.                                                                                                                                                                                         |       |
| d) Körper des intermediären Stoffwechsels 22. e) Zersetzungs-                                                                                                                                                                                     |       |
| produkte der Eiweisse (Produkte der regressiven Stoffmetamorphose 24).                                                                                                                                                                            |       |
| — B. Stickstofffreie Verbindungen 26. a) Kohlehydrate 26.                                                                                                                                                                                         |       |
| b) Fette 28. c) Stickstofffreie Säuren 28.                                                                                                                                                                                                        |       |
| Erstes Kapitel. Blut und Blutbewegung . . . . .                                                                                                                                                                                                   | 28    |
| §. 1. Das Blut 29. Die Blutkörperchen 30. Das Blutplasma 38. Die Farbe des Blutes 41. Die Blutmenge 42. Die Blutgase 43. Quantitative Zusammensetzung des Blutes 43.                                                                              |       |
| §. 2. Die Blutbewegung . . . . .                                                                                                                                                                                                                  | 44    |
| I. Das Herz und seine Thätigkeit 45. Die Innervation des Herzens 51.                                                                                                                                                                              |       |
| II. Die Blutgefässe und die Bewegung des Blutes in denselben 54.                                                                                                                                                                                  |       |
| Hilfskräfte für die Blutbewegung 58. Blutdruck und Geschwindigkeit des Blutstromes 59.                                                                                                                                                            |       |
| 1. Der Blutdruck 60. 2. Die Geschwindigkeit des Blutstromes 63.                                                                                                                                                                                   |       |
| Puls und Pulsfrequenz 66. Innervation der Blutgefässe 67. Transfusion des Blutes 69.                                                                                                                                                              |       |
| Zweites Kapitel. Die Einnahmen und Ausgaben des Blutes an gasigen Bestandtheilen (Athmung). . . . .                                                                                                                                               | 72    |
| §. 1. Die Lungenathmung . . . . .                                                                                                                                                                                                                 | 73    |
| I. Chemie der Athmung 73. Untersuchung der In- und Expirationsluft 73. Weitere Resultate der Untersuchung 75. Die Blutgase 77. Die Gewebsathmung 81. Theorie der Athmung 82. Das Athmen in fremden Gasen, in verdichteter und verdünnter Luft 83. |       |
| II. Mechanik der Athmung 85. Die Athemmuskeln und deren Nerven 91. Innervation der Athembewegungen 95.                                                                                                                                            |       |
| §. 2. Hautathmung 98. Die Erstickung (Suffokation). . . . .                                                                                                                                                                                       | 99    |
| Drittes Kapitel. Die Ausgaben des Blutes an flüssigen Bestandtheilen. (Sekretion und Exkretion) . . . . .                                                                                                                                         | 100   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| §. 1. Die Sekrete 104. — 1. Die Verdauungssäfte 104. a) Der Speichel 104. b) Der Magensaft 108. c) Die Galle 111. Gallenbereitung 114. d) Der pankreatische Saft 116. e) Der Darmsaft 118. 2. Die Milch 119. 3. Der Schleim 119. 4. Die Thränenflüssigkeit 120. 5. Der Hauttalg 120. 6. Die Samenflüssigkeit 121.                                                                 |            |
| §. 2. Die Exkrete 121. — 1. Der Harn 121. Harnbereitung 129. Betheiligung der einzelnen Abschnitte der Harnkanälchen an der Harnausscheidung 131. 2. Der Schweiss 136.                                                                                                                                                                                                            |            |
| <b>Viertes Kapitel. Die Einnahmen des Blutes an flüssigen Bestandtheilen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>140</b> |
| §. 1. Die Verdauung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 140        |
| I. Chemie der Verdauung 141. Verdauung in der Mundhöhle 141. Magenverdauung 142. Verdauung im Dünndarm 144. Verdauung im Dickdarm 147.                                                                                                                                                                                                                                            |            |
| II. Mechanik der Verdauung 149. Beissen, Kauen, Schlingen 149. Die Bewegungen des Magens 152. Die Bewegungen des Darmes 154.                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
| §. 2. Die Resorption 156. — 1. Die Resorption im Verdauungskanal 158. Resorption in der Mundhöhle und in dem Magen 158. Resorption im Dünndarm 159. Resorption im Dickdarm 164. — Anhang. Die Exkremente und deren Entleerung 166. — 2. Die interstitielle Resorption 167. 3. Die Resorption durch die Haut 170.                                                                  |            |
| §. 3. Chylus und Lymphe . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 172        |
| I. Der Chylus . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 172        |
| II. Die Lymphe . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 174        |
| Die Bewegung des Chylus und der Lymphe 176. — Anhang. I. Seröse Flüssigkeiten 179. II. Chemie der Gewebe 180.                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
| <b>Fünftes Kapitel. Veränderungen des Blutes auf seiner Bahn, Stoffwechsel des Blutes . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>182</b> |
| §. 1. Die Veränderungen des Blutes auf seiner Bahn. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 182        |
| §. 2. Der Stoffwechsel des Blutes . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 188        |
| Die Blutkörperchen 188. Das Blutplasma 191.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
| <b>Sechstes Kapitel. Einnahmen des Gesamtorganismus . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>196</b> |
| Die Nahrungsmittel 196. — 1) Die animalischen Nahrungsmittel 197. Milch 197. Fleisch 203. Eier 205. 2) Die vegetabilischen Nahrungsmittel 206. Cerealien 206. Hülsenfrüchte (Leguminosen) 208. Kartoffeln 208. Gemüse 208. 3) Die Würz- oder Genussmittel 209. 4) Die Getränke 209. Absoluter Werth eines Nahrungsmittels 211. Die Grösse des täglichen Nahrungsbedürfnisses 213. |            |
| <b>Siebentes Kapitel. Die Ausgaben des Organismus und die Bilanz seines Stoffwechsels . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>214</b> |
| I. Die Ausgaben . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 214        |
| II. Bilanz der Einnahmen und Ausgaben . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 214        |
| 1. Stoffwechsel im Hunger 215. 2. Stoffwechsel bei ausreichender und überschüssiger Nahrung 217.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |
| <b>Zweiter Abschnitt. Die Leistungen des Organismus . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>223</b> |
| <b>Erstes Kapitel. Thierische Wärme . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>223</b> |
| 1. Die Temperatur des Menschen und der Thiere 223. Temperaturtopographie 225. 2. Entstehung der thierischen Wärme 227. 3. Die Wärmeausgaben des Körpers 229. 4. Die Wärmeeinnahmen des Körpers (Wärmequelle) 230. 5. Die Wärmebilanz 231. 6. Die Wärmeregulierung 231.                                                                                                            |            |
| <b>Zweites Kapitel. Die Leistung mechanischer Arbeit. (Die Lehre von den Bewegungen.) . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>235</b> |
| §. 1. Allgemeine Bewegungslehre. (Allgemeine Muskelphysiologie.) . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 235        |
| I. Die quergestreiften Muskeln 235. Chemie der Muskelsubstanz 237. Der Muskel im Ruhezustande 238. Der Muskel im thätigen Zu-                                                                                                                                                                                                                                                     |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| stande 238. Die Reizung des Muskels 239. Muskelirritabilität 240. Das amerikanische Pfeilgift Curare 241. Die Verkürzung des Muskels 242. 1) Die Grösse der Muskelverkürzung 244. 2) Die Kraft der Muskelverkürzung 245. 3) Der mechanische Effekt, welcher durch die Verkürzung hervorgerufen wird. (Die Arbeitsleistung des Muskels.) 246. Die Erregbarkeit des Muskels 247. Die Wärmebildung 249. Die elektrischen Eigenschaften des Muskels 250. 1. Der Muskelstrom des ruhenden Muskels 250. 2. Der Muskelstrom des thätigen Muskels 253. Die Quelle des Muskelstromes 254. Blasse und rothe Muskeln 255. Der Stoffwechsel des thätigen Muskels 256. Die Muskelstarre 257.                                                                                                                                                                                                             |            |
| II. Die glatten Muskeln 258. — Anhang. 1. Die Bewegung des Protoplasma 259. 2. Die Bewegung der Flimmer- und Samenzellen 261.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
| §. 2. Spezielle Bewegungslehre . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 262        |
| I. Die Mechanik des Skelettes 263. Die Gelenke 264. Komplizierte Stellungen und Bewegungen des Körpers 268. Stehen 268. Gehen 271. Laufen 273.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| II. Stimme und Sprache 273. — 1. Die Stimme 273. Der Kehlkopf 274. Die Stimmbildung 276. 2. Die Sprache 278. a) Die Vokale 279. b) Die Konsonanten 280.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |
| <b>Dritter Abschnitt. Das Nervensystem . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>283</b> |
| Erstes Kapitel. Die Nervenfasern . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 283        |
| §. 1. Allgemeine Nervenphysiologie 283. Chemie der Nerven 284. Der Nerv im ruhenden Zustande 285. Der Nerv im thätigen Zustande 285. Die Reizung des Nerven 285. Leitung der Erregung, doppelsinnige und isolierte Leitung im Nerven 288. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung 289. Die Erregbarkeit des Nerven 291. Elektrische Erscheinungen an den Nerven 294. 1. Der Nervenstrom des ruhenden Nerven 294. 2. Der Nervenstrom des thätigen Nerven 294. Der Stoffwechsel des thätigen Nerven 297. Der Tod des Nerven 297. — Anhang. Die elektrischen Fische oder Zitterfische 297.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |
| §. 2. Spezielle Physiologie der Nerven 299. 1. Rückenmarksnerven 300. 2. Hirnnerven 302. Nervus oculomotorius 302. Nervus trochlearis 302. Nervus abducens 303. Nervus facialis 303. Nervus trigeminus 305. Nervus glossopharyngeus 307. Nervus hypoglossus 308. Nervus accessorius WILLISII 309. Nervus vagus 309. Nn. olfactorius, opticus und acusticus 311. 3. Die sympathischen Nerven 311.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |
| <b>Zweites Kapitel. Die Sinne . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>312</b> |
| §. 1. Der Gefühlssinn 314. Das Gemeingefühl . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 319        |
| §. 2. Der Gesichtssinn . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 321        |
| 1. Die Dioptrik des Auges 321. Deutliches Sehen 327. Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut 327. Die Akkommodation 328. Mechanismus der Akkommodation 330. Emmetropie, Myopie, Hypermetropie 332. Mängel des Auges 333. Chromatische Abweichung 333. Monochromatische (sphärische) Abweichung 334. Astigmatismus 335. Die entoptischen Erscheinungen 336. Das Augenleuchten und der Augenspiegel 336. Die Iris 338. 2. Die Gesichtsempfindungen 340. Der Ort der Erregung in der Netzhaut 340. Das Unterscheidungsvermögen der Netzhaut 341. Die Art der Erregung der Netzhaut 342. Zeitlicher Verlauf der Netzhauterregung 343. Quantität und Qualität der Lichtempfindung 344. Farbenmischung 346. Theorien der Farbenempfindung 347. 3. Die Gesichtswahrnehmungen 350. Die Augenbewegungen 350. Die Wirkung der Augenmuskeln 353. Die Wahrnehmung der Tiefendimension 354. Sehen mit beiden |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Seite |
| Augen 355. Das Stereoskop 357. Einfachsehen 358. Lage der identischen Netzhautpunkte und der Horopter 359. Vernachlässigung der Doppelbilder 361. Gegenseitige Unterstützung beider Augen 361. Der Wettstreit der Sehfelder 361. Die Schutzorgane des Auges 362.                                                                                                                                                                                                                                    |       |
| §. 3. Der Gehörssinn . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 363   |
| 1. Die Schallleitung 363. Leitung durch das äussere Ohr 363. Leitung durch das Trommelfell 364. Leitung durch die Paukenhöhle 366. Leitung durch das Labyrinth 367. Leitung durch die Kopfknochen 370. Funktion der EUSTACHI'schen Trompete 371. 2. Die Gehörsempfindungen 371. Qualitäten der Gehörsempfindung 372. Theorie der Tonempfindungen 374. Harmonie der Klänge 376. 3. Die Gehörwahrnehmungen 378. Beurteilung der Richtung und Entfernung des Schalles 378. Hören mit beiden Ohren 379. |       |
| §. 4. Der Geruchssinn . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 379   |
| §. 5. Der Geschmackssinn . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 380   |
| Anhang. Das psychophysische Gesetz 382.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
| Drittes Kapitel. Die nervösen Centralorgane . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 383   |
| Chemie der Centralorgane 383. Die Ganglienzellen 384.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |
| I. Das Rückenmark 385. 1. Das Rückenmark als Centralorgan 385. 2. Das Rückenmark als Leitungsorgan 391.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
| II. Das verlängerte Mark (Nackenmark) 397. 1. Das Nackenmark als Centralorgan 397. 2. Die Leitung im Nackenmark 400.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
| III. Das Gehirn 401. 1. Das Grosshirn 403. Das Grosshirn als Organ des Bewusstseins 405. 2. Die Funktion der Hirnganglien 407. 3. Das Kleinhirn 408. 4. Die Lehre von den Zwangsbewegungen 409. 5. Die Leitungsbahnen des Gehirns 410. 6. Das zeitliche Verhalten psychischer Impulse 414. Der Schlaf 415. — Anhang. Das sympathische Nervensystem (N. sympathicus) 416.                                                                                                                            |       |
| Vierter Abschnitt. Zeugung und Entwicklung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 418   |
| §. 1. Zeugung 419. Zeugung beim Menschen 419. Menstruation, Bildung und Ablösung des Eies 419. Der Samen 402. Befruchtung 422. Der Generationswechsel 422. Urzeugung 423.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
| §. 2. Entwicklung (Ontogenese) 424. — 1. Die Furchung 425. 2. Die Keimblätter 426. 3. Der Aufbau des Embryo aus den Keimblättern 427. a) Aeusseres Keimblatt 428. b) Mittleres Keimblatt 429. c) Inneres Keimblatt 431. 4. Die Bildung der Eihüllen 432. 5. Bildung der Rücken- und Bauchwand 434. 6. Die definitive Entwicklung des Individuums 436. Der Geburtsakt 441.                                                                                                                           |       |
| Register . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 442   |

## Einleitung.

---

Die Physiologie im weitesten Sinne ist die Lehre vom Leben. Unter Leben versteht man die Gesammtheit derjenigen Erscheinungen, welche den Organismen eigenthümlich sind und als Lebenserscheinungen derselben angesehen werden. Organismen nennt man die lebenden Wesen, Pflanzen und Thiere, sodass die Physiologie als die Wissenschaft von den Lebenserscheinungen der Pflanzen und Thiere bezeichnet werden kann. Sie zerfällt demnach in die Pflanzenphysiologie, Phytophysiologie, und die Thierphysiologie, Zoophysiologie. Von den verwandten Wissenschaften, der Botanik und Zoologie, unterscheidet sich die Physiologie dadurch, dass sie eine erklärende Naturwissenschaft ist, während jene mehr beschreibende Wissenschaften sind.

Die Physiologie hat demnach die Aufgabe, die Lebenserscheinungen der Organismen zu erklären und auf ihre Gesetze zurückzuführen. Zur Erreichung dieses Zweckes stellt sie, wie alle Naturwissenschaften, Beobachtungen an, die aber allein bei der grossen Komplizirtheit der Erscheinungen nur selten zur Erkenntniss der Lebenserscheinungen führen. Die Physiologie bedient sich in ausgedehntem Maasse des Experimentes, durch welches die zu erforschenden Erscheinungen in beliebiger Weise abgeändert, in ihre Bestandtheile zerlegt und in der Ueberlegung zum Ganzen wieder zusammengesetzt werden können. Diese Versuche werden, da sie in der Regel mit Eingriffen ins thierische Leben verbunden sind, als Vivisektionen bezeichnet. Mit Hülfe von Beobachtung und Experiment bei gleichzeitiger Kenntniss des Baues des Organismus, den uns die Anatomie lehrt, und seiner stofflichen Zusammensetzung, die wir durch die Chemie erfahren, gelangen wir zu der Erkenntniss, dass die Lebenserscheinungen der Organismen das Produkt von bestimmten in letzteren wirksamen Kräften sind, welche, durchaus an die Integrität des Organismus gebunden, verändert werden, wenn dieselbe nicht gewahrt bleibt. Insofern als die „Physik“ schlechthin sich mit dem

Studium der Kräfte beschäftigt, welche den anorganischen Körpern eigen sind, kann man die Physiologie, die es mit den in den organischen Körpern wirksamen Kräften zu thun hat, auch als „organische Physik“ bezeichnen.

Auf diese Weise war man zu dem Begriff zweier Arten von Kräften gekommen, deren eine den anorganischen, die andere den organischen Körpern eigenthümlich sein sollte. Die in den Organismen wirksamen Kräfte hatte man als Kräfte *sui generis* behandelt und von denselben, unter dem Namen der Lebenskraft, die Existenz eines jeden Organismus abhängen lassen. Diese Unterscheidung in zwei von einander verschiedene Arten von Kräften war aber ein für die Erkenntniss der Naturerscheinungen unheilvoller Irrthum, welcher endlich, Dank den Bemühungen von JOHANNES MÜLLER, J. R. MAYER, HELMHOLTZ, THOMSON, JOULE, E. DU BOIS-REYMOND u. A., beseitigt worden ist durch die Erkenntniss, dass alle Erscheinungen in der Natur, sowohl in der anorganischen, wie in der organischen, auf ein und dieselben Kräfte zurückzuführen sind, welche bestehen in der Bewegung der denkbar kleinsten Theilchen, der Atome, die einander anziehen, oder sich gegenseitig abstossen. Wenn es bisher in der organischen Physik noch nicht gelungen ist, alle auftretenden Kräfte auf jene einfachsten Bewegungsvorgänge zurückzuführen, so ist der Grund der, dass die Kräfte in der organischen Natur in so verwickelter und zusammengesetzter Form uns entgegentreten, wie es in der anorganischen Natur nicht der Fall ist, sodass nothwendig ihre Erkenntniss solchen Schwierigkeiten unterliegt, die mit den augenblicklichen Hilfsmitteln nicht sofort zu überwinden sind.

Neue Kräfte treten also in der organischen Natur gegenüber der anorganischen nicht auf, nur erscheinen sie in viel verwickelterer Form, ebenso wie die Materie, an welche alle Kräfte gebunden sind und von der getrennt sie nicht gedacht werden können, keine neuen Elementartheile aufzuweisen hat in der organischen Natur gegenüber denen in der anorganischen Natur; in der ersteren erscheinen sie nur in viel mannigfaltigerer Art zum Ganzen zusammengefügt, als in der letzteren.

Den weitgehendsten Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung giebt das Gesetz von der Erhaltung der Kraft oder der Erhaltung der Energie. Nachdem LAVOISIER (1789) die Konstanz der Materie oder das Gesetz von der Erhaltung der Materie nachgewiesen hatte, welches lehrt, dass die Materie seit Ewigkeit her konstant und unzerstörbar sei und in Ewigkeit bleiben werde, dass die für unsere Wahrnehmung sichtbare Zerstörung nur in einer Ueberführung der Materie in einen anderen Aggregatzustand bestehe, folgte gegen die Mitte dieses Jahrhunderts die Entdeckung des Gesetzes von der Er-

haltung der Kraft durch JULIUS ROBERT MAYER<sup>1</sup> und H. HELMHOLTZ.<sup>2</sup> Dasselbe sagt aus, dass die Summe aller der Kräfte, welche in einem Systeme thätig sind, auf das von aussen her keine Einwirkungen stattfinden, immer dieselbe bleibt oder dass in einem solchen Systeme niemals neue Kräfte entstehen oder vorhandene verschwinden können, sondern dass nur eine Umsetzung der Kräfte in eine andere Form stattfinden kann. Da das Weltall als ein solches von aussen unbeeinflusstes System anzusehen ist, so findet auf die Gesamtheit desselben dieses Gesetz ebenfalls seine Anwendung.

Die Formen, unter denen die Energie (oder Kraft) auftreten kann, zerfallen in zwei Kategorien; die eine Form ist die Energie der Lage oder potentielle Energie, die andere die Energie der Bewegung oder kinetische Energie. Die erstere repräsentirt Kräfte, welche Bewegungsursachen darstellen, ohne selbst Bewegung zu sein; die letztere solche, die selbst Bewegung sind und durch welche wieder Bewegung hervorgerufen wird. Ein einfaches Beispiel wird am besten die Definition erläutern. Ein Rammklotz, der in einer bestimmten Höhe schwebend gehalten wird, stellt, da er jeden Augenblick in Bewegung gerathen kann, eine bestimmte Summe von potentieller Energie dar; die Bewegungsursache bildet die Schwere des Rammklotzes oder, was dasselbe heisst, seine Anziehung durch die Erde. Sobald die der Schwere entgegenwirkende Kraft, welche den Klotz auf seiner Höhe erhält, zu wirken aufhört, setzt sich derselbe gegen die Erde hin in Bewegung, schlägt auf den einzurammenden Pfahl und treibt denselben bis zu einer gewissen Tiefe in die Erde ein. Der gegen die Erde bewegte Klotz repräsentirt die kinetische Energie, denn der Klotz bewegt sich selbst und setzt den Pfahl in Bewegung, dem er einen Theil seiner Bewegung mittheilt. Wird der Rammklotz durch entsprechende Vorrichtungen zu seiner Höhe wieder emporgezogen, so haben wir damit von Neuem eine Energie der Lage, die in Energie der Bewegung übergehen kann.

Die hier auftretenden Bewegungen müssen indess nicht jedesmal sichtbare Bewegungen, d. h. Massenbewegungen sein, sondern es sind ebenso häufig unsichtbare Bewegungen oder Bewegungen der Atome, d. i. Wärme. Wenn in unserem Beispiel der herunterfallende Rammklotz statt auf den Pfahl einfach auf einen unverletzbaren Felsen aufschlägt, so entsteht keine Bewegung, sondern durch

---

<sup>1</sup> J. R. MAYER. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. *LIEBIG'S Annalen*, Bd. XLII. 1842.

<sup>2</sup> H. HELMHOLTZ. Ueber die Erhaltung der Kraft etc. Berlin 1847.

den heftigen Stoss entsteht Wärme. Am häufigsten erscheint die kinetische Energie in Form von Wärme bei der Entstehung chemischer Verbindungen. Zwei Atome, die in gewisser Entfernung von einander stehen und die durch ihre chemische Verwandtschaft das Bestreben haben, sich mit einander zu verbinden, repräsentiren eine potentielle Energie von bestimmter Grösse. Sobald dieselben gegen einander in Bewegung gerathen, geht diese in jene über, welche verschwunden zu sein scheint, wenn die Atome sich erreicht haben. In der That ist sie nicht verschwunden, sondern hat sich in Wärme umgesetzt, deren Entstehung bei jeder chemischen Verbindung eine anerkannte Thatsache ist. Umgekehrt ist es bei der chemischen Zersetzung, wenn Atome von einander getrennt werden. Dabei wird Wärme gebunden, wie man sich früher ausdrückte, thatsächlich aber ist Wärme verschwunden und hat sich in potentielle Energie umgesetzt.

Um die Kräfte numerisch darstellen zu können, muss ein bestimmtes Kraftmaass vorhanden sein, mit dem ein für alle Mal gemessen werden kann. Dasselbe wird durch eine bestimmte Arbeitsleistung ausgedrückt, nämlich durch die Arbeit, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm 1 Meter hoch zu heben, und die man als Kilogramm-meter bezeichnet, d. h. als das Produkt aus jenen beiden Faktoren. Allgemein ausgedrückt ist das Kraftmaass  $= ph$ , wenn  $p$  das Gewicht und  $h$  die Höhe bedeutet, bis zu welcher dasselbe gehoben wird, oder  $= mgh$ , wenn  $m$  die Masse und  $g$  die Schwere bedeutet. Der Ausdruck  $mgh$  repräsentirt eine Summe von potentieller Energie, die wir numerisch in die kinetische Energie zu übertragen haben. Geht die eine in die andere über, indem das Gewicht von seiner Höhe frei herunterfällt, so ist die Kraft, mit der es am Boden ankommt, oder seine Endgeschwindigkeit  $v = \sqrt{2gh}$ , d. h. gleich der Quadratwurzel aus dem doppelten Produkt der Fallhöhe und der Schwere. Ferner ist  $v^2 = 2gh$  und  $mv^2 = 2mgh$  oder  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ , also ist die der Lageenergie  $mgh$  entsprechende Bewegungsenergie  $= \frac{1}{2}mv^2$ . Im Allgemeinen ist die Wirkung, welche ein in Bewegung begriffener Körper auf einen zweiten ausübt, dem er seine Bewegung mittheilt, abhängig von seiner Bewegungsenergie; dieselbe ist demnach, wenn die ganze Kraft übertragen werden kann, gleich der halben Masse des Körpers multipliziert mit dem Quadrat seiner Geschwindigkeit. Für die Uebertragung der mechanischen Arbeit in Wärme ist weiterhin ausgerechnet worden, dass eine Wärmeeinheit (Calorie), d. h. diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 Kilogramm Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen, gleich ist 424 Kilogramm-metern (JOULE).

Trotz dieser Gleichheit, die bezüglich der Materie und Kraft in der anorganischen und organischen Natur vorhanden ist, besteht doch

zwischen beiden ein kardinaler Unterschied, der uns über die Natur eines Objectes, ob unorganisch oder organisch, niemals in Zweifel lassen wird. Während nämlich ein unorganischer Körper mehr oder weniger unabhängig von seiner Umgebung existiren kann, ist das für den organischen Körper unmöglich, vielmehr nimmt derselbe fortwährend aus derselben geeignete Stoffe in sich auf, die er in seine eigne Substanz umwandelt und giebt andere Stoffe an die Umgebung wieder ab. Das Vermögen, diese fremden Substanzen in die seines Leibes umzuwandeln, nennt man das Assimilationsvermögen, und den ganzen Vorgang der Stoffaufnahme, Assimilation und Stoffabgabe nennt man den Stoffwechsel. Der Organismus, der sich in einer Umgebung befindet, welche ihm die Mittel zur Unterhaltung seines Stoffwechsels nicht bietet oder der aus inneren Gründen nicht im Stande ist, seinen Stoffwechsel zu unterhalten, muss untergehen, muss sterben, denn auf dem Stoffwechsel beruht das ganze organische Leben. Für unsere Erkenntniss bildet der Stoffwechsel allein die Grenze zwischen den beiden Reichen; durch ihn vermögen wir zu beurtheilen, wo die unorganische, die todte Natur aufhört und das Reich der Organismen, der lebenden Wesen, beginnt. —

---

## Erste Abtheilung.

# Allgemeine Physiologie.

---

Die lebenden Wesen, Pflanzen und Thiere, unterscheiden sich von einander wesentlich nur durch die Art ihres Stoffwechsels, denn Unterschiede, die man ehemals zwischen beiden angenommen hatte, sind nicht überall vorhanden, können also auch kein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal abgeben. Früher hatte man geglaubt, dass allein den Thieren Bewegungserscheinungen zukämen, bis man erkannte, dass auch Pflanzen Bewegungen zeigen, wie der Blattschluss der *Mimosa pudica*, der *Dionaea muscipula* und der anderen Insekten fangenden Pflanzen lehrt; ja man lernte sogar Pflanzen kennen, welche Ortsbewegungen ausführen (bewegliche Algensporen). Ebenso wenig konnte das Wärmebildungsvermögen der Thiere ein unterscheidendes Merkmal gegen die Pflanzen bleiben, da auch in den Blüthenkolben einiger Pflanzen zu gewissen Zeiten nicht unerhebliche Wärmemengen gebildet werden. Endlich kam man zu der Erkenntniss, dass es die verschiedene Art des Stoffwechsels ist, welche Pflanze und Thier von einander unterscheidet.

Die Pflanze nimmt aus ihrer Umgebung auf: Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und Salze; unter den letzteren sind von besonderer Wichtigkeit die stickstoffhaltigen Verbindungen, wie die salpetersauren Salze, die leicht zerfallen und als eines ihrer Zersetzungsprodukte Ammoniak bilden. Diese Substanzen werden assimiliert, also in Bestandtheile des Pflanzenleibes übergeführt, der im Wesentlichen aus Kohlehydraten, Eiweisskörpern, Fetten und ätherischen Oelen besteht. Die Kohlehydrate sind organische Verbindungen, die aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind und die beiden letzteren Elemente gerade in dem Verhältniss enthalten, wie sie mit einander Wasser bilden. Die Eiweisskörper enthalten neben Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff noch Stickstoff, sind im Ganzen sehr hoch zusammengesetzt, ihr Molekül ist sehr atomenreich und relativ niedrig oxydirt, sie können also noch viel Sauerstoff aufnehmen. Endlich findet in den grünen

Pflanzentheilen (Chlorophyll) ein Gaswechsel statt, der darin besteht, dass unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen die aus der Atmosphäre aufgenommene Kohlensäure reduziert, der Kohlenstoff abgelagert und der Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben wird. Bei Nacht findet der umgekehrte Prozess statt: es nimmt das Blattgrün Sauerstoff auf und giebt dafür Kohlensäure ab.

So werden die Nahrungsmittel der Pflanze, welche niedrig zusammengesetzte, aber hoch oxydirte Verbindungen darstellen, wenn sie zu Pflanzenbestandtheilen assimiliert werden, umgekehrt in hoch zusammengesetzte und niedrig oxydirte Verbindungen übergeführt. Der Stoffwechsel der Pflanze basirt also auf Synthese und ist im Ganzen ein Reduktionsprozess, bei dem kinetische Energie (der Sonnenstrahlen) in potentielle Energie umgewandelt wird.

Die Synthese, durch welche die Pflanze aus unorganischem Material ihren eigenen organischen Leib aufzubauen vermag, sichert derselben einerseits eine Existenz fern von allen organischen Wesen und lehrt andererseits, dass die ersten Organismen, welche auf der Erdoberfläche sich entwickelt haben, nur Pflanzen gewesen sein können.

Anders verhält es sich mit dem Stoffwechsel der Thiere. Ihre Nahrungsmittel stammen ausschliesslich aus dem Pflanzen- und Thierreich, sind also durchaus hoch zusammengesetzte und niedrig oxydirte Körper, als Eiweisse, Fette und Kohlehydrate, welche nach und nach in einfachere Produkte zerfallen unter allmählichem Eintritt von Sauerstoff. Diese Produkte sind Wasser, Kohlensäure, etwas Ammoniak und eine Reihe stickstoffhaltiger Substanzen (Harnstoff u. a.), die bei weiterer Zersetzung Ammoniak geben, und die alle von Neuem den Pflanzen zur Nahrung dienen können. Der Stoffwechsel der Thiere beruht somit auf Analyse zusammengesetzter Verbindungen und repräsentirt im Wesentlichen einen oxydativen Spaltungsprozess, durch den potentielle Energie (die Affinität der Kohlen- und Stickstoffe zum Sauerstoff) in kinetische Energie (Wärme und Bewegung) verwandelt wird.

Die Pflanze bedarf indess zu ihrer Erhaltung ebenso der Aufnahme von Sauerstoff, wie das Thier: in einer Kohlensäureatmosphäre geht sie bald zu Grunde (SAUSSURE). In der That nimmt sie an ihren nicht grünen Theilen (und bei Nacht auch an diesen) Sauerstoff auf und giebt Kohlensäure ab. Sie besitzt also offenbar ebenfalls die Fähigkeit der Oxydation. Aber dieser Theil ihres Stoffwechsels ist so gering, dass er im Vergleich zu jenem anderen, der mit Reduktion einhergeht, fast verschwindet.

Im Prinzip ist also die Pflanze gleichsam ein Thier, das mit Organen ausgestattet ist, in denen Reduktionsprozesse in grossem Maassstabe ausgeführt werden (E. PFLÜGER).

Der Stoffwechsel, dieser kardinale Prozess, vollzieht sich in jenen morphologischen Elementen, aus denen, wie SCHLEIDEN (1837) entdeckt

hat, jede Pflanze besteht, und welche Einzelindividuen darstellen, die selbstständig an dem Gesamtstoffwechsel der Pflanze theilnehmen. Dieselben sind als Elementarorganismen bezeichnet worden und wurden Zellen genannt. Eine Zeit lang hatte man in der Zusammensetzung der Pflanzen aus Zellen den Unterschied dieser gegen die Thiere vermuthet, bis SCHWANN<sup>1</sup> zeigte, dass auch der Thierkörper ursprünglich aus Zellen besteht, die als solche in demselben persistiren oder gewisse Veränderungen erfahren haben, ohne indess ihre frühere Zellennatur gänzlich zu verwischen. Eine solche Zelle wurde dargestellt als ein Bläschen, das überall von einer Membran umgeben ist, einen festweichen Inhalt besitzt, in dem ein kleines Gebilde von wahrscheinlich grösserer Konsistenz liegt, das der Kern der Zelle genannt wird. Diese Beschreibung mag heute noch für die Pflanzenzelle gelten, für die Thierzelle ist sie längst als eine unzureichende aufgegeben worden. Die thierische Zelle stellt ein Klümpchen festweicher organischer Masse dar, das aus Eiweiss, Kohlehydraten, Salzen und Wasser besteht, in dem ein Kern vorhanden ist. Die Attribute einer solchen Zelle sind 1) die Fähigkeit der Assimilirung und des dadurch bedingten Wachstums, 2) die Möglichkeit der Theilung, durch welche sie sich vermehren und fortpflanzen kann, und 3) eine Bewegungsfähigkeit, die ihr namentlich im Jugendzustande zukommt; es können aus dem Leibe der Zelle Fortsätze wie Fühler herausgestreckt und wieder zurückgezogen werden, mit deren Hülfe die Zellen einerseits Stoffe aus ihrer Umgebung in sich aufnehmen, andererseits Ortsbewegungen ausführen können. So scheint das Wesen und die Natur der Zelle nicht sowohl in ihrer Form, als vielmehr in dem Material, aus dem sie besteht, gegeben zu sein; man nennt dieses Material das „Protoplasma“ und spricht dann von Zellenprotoplasma.

Beschäftigen wir uns fernerhin ausschliesslich mit dem Thiere (indem wir die analoge Betrachtung für die Pflanzen der Phytophysiologie überlassen, ohne indess damit andeuten zu wollen, dass das Verhalten der Pflanzen schon hier ein anderes werde, als das der Thiere), so haben wir als einen Fortschritt zu verzeichnen die Entdeckung, dass nicht allein jedes Thier im erwachsenen Zustande aus Zellen sich zusammensetzt, sondern noch viel mehr, dass jedes mehrzellige Thier, wie tief oder wie hoch es auch in der Thierreihe steht, z. B. ein Polyp und der Mensch, sich aus einer einzigen Zelle entwickelt hat, welche die Eizelle genannt wird. Da eine jede Zelle, wie wir oben bemerkt haben, ein selbstständiges Individuum darstellt, gewissermaassen ein Individuum erster Ordnung, so kann es nur natürlich

<sup>1</sup> TH. SCHWANN. Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1837.

erscheinen, dass einige Thiere während ihres ganzen Lebens auf dieser niederen Stufe stehen bleiben und ein einzelliges Thier darstellen. Dahin gehören die Gregarinen, Acineten, Infusorien u. s. w., von denen uns die Amöben am bekanntesten sind. Man nennt nach E. HÄCKEL diese einzelligen Thiere „Protozoën“, im Gegensatz zu der Mehrzahl der übrigen Thiere, welche nicht auf der Form ihrer Eizelle stehen bleiben, sondern sich weiter entwickeln zu höheren Formen, wie Mollusken, Fischen, Säugethieren u. s. w., die in ihrer Gesamtheit nach demselben Autor als „Metazoën“ bezeichnet werden.

Angesichts dieser Thatsache, nämlich der Entwicklung der meisten Thiere aus der Eizelle, werden wir zu der Frage geführt, ob die vielen auf der Erdoberfläche vorhandenen Thierarten gesondert, jedesmal aus der entsprechenden Zelle in irgend einer Periode unserer Erde entstanden sind und starr ihre Art seit jener Zeit bis auf uns konservirt haben, oder ob nur eine oder mehrere Arten in jener Zeit gebildet wurden, aus denen sich in irgend einer Weise die grosse Zahl der jetzt vorhandenen Arten nach einander entwickelt hat. Für die letztere Annahme sprechen namentlich folgende Beobachtungen: 1) Die einzelnen Arten sind nicht streng von einander geschieden, sondern man findet zwischen denselben Uebergangsformen von so schwankender Natur, dass ihre Zugehörigkeit zu der einen oder anderen Art oft höchst zweifelhaft ist. 2) Die Thatsache, dass jedes Ei in seiner Entwicklung zum ausgewachsenen Individuum eine Reihe von Formen durchläuft, die mehr oder weniger gleich sind den Formen, welche die tiefer stehenden Arten dauernd darstellen. 3) Die vergleichende Anatomie lehrt, dass innerhalb einer jeden bestimmten systematischen Gruppe eine Fortentwicklung von niederen zu höheren Organisationsstufen vorhanden ist. 4) Die Geologie zeigt, dass jene morphologisch tiefer stehenden Organismen auch der Zeit nach, d. h. in den verschiedenen geologischen Schichten, früher erscheinen, als die auf jene zu beziehenden höher organisirten Formen. Diese Thatsachen finden die natürlichste Erklärung in LAMARK's Anschauung, die derselbe in seiner „Philosophie zoologique“ (1809) niedergelegt hat, nach welcher die Arten aus einer oder mehreren Stammformen nach einander durch allmälige Entwicklung in Folge einer Umbildung entstanden sind. Die ganze Lehre wird deshalb die „Descendenz- oder Transmutationslehre“ genannt.

Die Descendenzlehre hatte wenig Anerkennung gefunden, bis CHARLES DARWIN<sup>1</sup> 50 Jahre später dieselbe physiologisch begründet und das Zustandekommen jener Umbildung erklärt hat durch seine „Selections-

---

<sup>1</sup> CHARLES DARWIN. Die Entstehung der Arten etc. Stuttgart 1859.

theorie oder Züchtungslehre“, die heute kurzweg die „DARWIN'sche Theorie“ genannt wird. Der Inhalt derselben ist folgender: „Im Kampfe ums Dasein, den alle Individuen gegen die umgebende Natur zu kämpfen haben, erwerben einzelne derselben gewisse Fähigkeiten, welche ihnen in diesem Kampfe nützlich sind und ihnen zum Siege verhelfen, sodass sie sich den umgebenden widerstrebenden Verhältnissen anzupassen vermögen. Aber auch nur diese Individuen haben Aussicht, ihre Art fortzupflanzen, da die anderen im Kampfe unterliegen, und diese übertragen die erworbenen nützlichen Fähigkeiten durch Vererbung auf ihre Nachkommen. Werden nun diese ererbten Fähigkeiten von den nachfolgenden Geschlechtern durch weiteren Gebrauch immer mehr entwickelt, so müssen durch Anpassung und Vererbung bei natürlicher Zuchtwahl (als welche die Erhaltung und Fortpflanzung der siegreichen Individuen bezeichnet wird) neue Arten entstehen können.“

Demnach lässt sich die Entwicklung der verschiedenen Gruppen des Thierreiches in Form eines oder mehrerer Stammbäume anordnen. Man bezeichnet diese Entwicklung als „Stammesentwicklung“, „Phylogenie“ (φύλον, Stamm) im Gegensatz zur Entwicklungsgeschichte des Individuums, der „Keimesgeschichte“ oder „Ontogenie“ (E. HÄCKEL). Aus der oben unter 2) angegebenen Thatsache folgert HÄCKEL, dass die Ontogenie eine in kurzer Zeit ablaufende Rekapitulation der Phylogenie darstellt („Biogenetisches Grundgesetz“).

Verfolgt man die Entwicklung des Säugethieres, speziell des Menschen aus der Eizelle, so sieht man, dass sich dieselbe durch Theilung vermehrt („Eifurchung“), bis sich ein grosser kugelförmiger Zellenhaufen entwickelt hat, der das Aussehen einer Maulbeere besitzt und „Morula“ genannt wird. Im Centrum des Zellenhaufens, dessen centrale Zellen viel grösser sind, als die peripherischen, sammelt sich Flüssigkeit an, welche die Zellen nach aussen drängt. Weiterhin sind aus jenen beiden Zellarten zwei konzentrisch gelagerte Häute entstanden; diese Bildung wird die „Keimblase“ genannt, welche aus den beiden primären „Keimblättern“ zusammengesetzt ist. Dieselben werden als Entoderm und Ectoderm bezeichnet und bilden die Grundlage für die gesamte weitere Entwicklung: aus dem Ectoderm entwickeln sich nämlich die Organe der animalen Sphäre, wie Centralnervensystem u. s. w., weshalb es das „animale Keimblatt“ heisst, aus dem Entoderm die vegetativen Organe, als Darmrohr u. s. w., welches danach als „vegetatives Keimblatt“ bezeichnet wird.

Die zweiblättrige Keimblase zeigt bald an einer Stelle ihrer Oberfläche einen dunklen runden Fleck, der scheibenförmig erhaben in den Hohlraum der Blase vorspringt; es ist dies der „Fruchthof“ oder die

„Keimscheibe“, aus der die Anlage des Embryonalleibes hervorgeht, während die Bedeutung der übrigen Keimblase auf das Embryonalleben beschränkt bleibt.

Die zweiblättrige Keimblase kommt allen Metazoen zu einer Zeit ihrer Entwicklung zu, doch ist die Bildung derselben nicht überall gleich. Die eben gegebene Schilderung trifft nur zu für viele Wirbelthiere, sowie für viele Schnecken und Würmer; bei diesen bildet sich die zweiblättrige Keimblase durch Umwachsung, hingegen entsteht sie bei den Schwämmen, Polypen, Ascidien und dem niedrigsten Wirbelthiere, dem Amphioxus, aus einer einschichtigen Keimblase durch Einstülpung: Invagination, doch ist hier wie dort der morphologische Werth dieser Formen ein gleicher; bei beiden bildet sich eine zweiblättrige Larve mit einem Munde aus, die Gastrula. Es ist nun von hohem Interesse, dass niederste Thiere, wie z. B. manche Polypen, in der zweiblättrigen Keimblase fast die Höhe ihrer Entwicklung erreicht haben, dass es sogar noch Formen giebt, welche HÄCKEL's Gastraea, jener hypothetischen zweiblättrigen Stammform aller Metazoen, sehr nahe stehen.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung bildet sich im Bereiche des Fruchthofes ein drittes Keimblatt, das sich zwischen die beiden vorhandenen Keimblätter einschiebt, das Mesoderm. Aus diesen drei Keimblättern baut sich nun der Leib des Embryo nach und nach auf und entwickeln sich die Organsysteme, wie wir sie im erwachsenen Individuum kennen; die spezielle Betrachtung dieser Entwicklung giebt am Ende dieses Buches die „Ontogenie“. Von besonderem Interesse ist noch eine Phase in der Entwicklung, die nicht nur bei den Säugethieren, sondern bei allen Wirbelthieren vorhanden ist, nämlich das Auftreten des sogenannten Axenstabes, der „Chorda dorsalis“, eines dünnen, elastischen Stabes, der der ganzen Länge nach mitten durch den Körper geht, aus eigenthümlichen Zellen zusammengesetzt ist und die erste Anlage der Wirbelsäule bildet, durch welche sämmtliche Wirbelthiere gegenüber den Wirbellosen charakterisirt sind. Ebenso interessant ist die Bildung des Visceralskelettes, d. i. eines am Kopfende des Embryo entstehenden Systems von Kiemenbögen, die sich in späteren Entwicklungsstadien grossentheils zurückbilden und damit verschwinden.

Die Bildung der Chorda dorsalis während der Entwicklung des Säugethierembryo erinnert sehr lebhaft an ein Thier, das zeitlebens die Chorda besitzt; es ist dies das niedrigste Wirbelthier, also der niedrigste Fisch, *Amphioxus lanceolatus*, das Lanzettthierchen, sowie die ganze Klasse der Cyclostomen, als Neunaugen u. s. w. Ebenso erinnern die vergänglichen Kiemenbögen im Säugethierembryo an die bleibenden Kiemen der Fische und mancher Amphibien (Perennibranchiaten).

---

Man theilt den völlig entwickelten Säugethierleib in zwei Systeme von Organen ein und bezeichnet das eine als „vegetatives“, das andere als „animales“ Organ-System. Zu dem ersteren gehört: a) der Ernährungsapparat, zu welchem rechnet  $\alpha$ ) der ganze Verdauungskanal mit allen seinen Anhängen, darunter die Verdauungsdrüsen (Leber, Pankreas u. s. w.) und die Athmungsorgane (Lungen),  $\beta$ ) das Gefäßsystem,  $\gamma$ ) das Nierensystem; b) der Fortpflanzungsapparat: die Geschlechtsorgane und deren Anhänge. Zu dem animalen Organsysteme gehört: a) der Sinnesapparat, der besteht  $\alpha$ ) aus der Hautdecke,  $\beta$ ) dem Nervensystem und  $\gamma$ ) den Sinnesorganen; b) der Bewegungsapparat, der zusammengesetzt ist  $\alpha$ ) aus den passiven Bewegungsorganen, dem Skelett, und  $\beta$ ) den aktiven Bewegungsorganen, den Muskeln.

Der Stoffwechsel, auf dessen regelmässigem Ablauf das gesunde Leben des Individuums beruht, wird durch den Ernährungsapparat unterhalten. Das Centrum, den Hauptherd des gesammten Stoffwechsels, bildet die Ernährungsflüssigkeit, das Blut, das aufgelöst alle diejenigen Bestandtheile besitzt, welche entweder in den verschiedenen Geweben des Körpers schon vorhanden sind oder aus denen sich Gewebsbestandtheile bilden können; dasselbe bildet sich in den Blutgefässen, vielfach verzweigten geschlossenen Kanälen, die sich fast in allen Geweben befinden und in denen es durch ein Pumpwerk, das thätige Herz, in kontinuierlicher Strömung erhalten wird. Auf dem Wege durch die Gewebe transsudiren Blutbestandtheile durch die Gefäßwände hindurch, welche den umliegenden Geweben zur Ernährung dienen, nämlich Wasser, in diesem gelöste Substanzen, wie Eiweiss u. s. w., und Sauerstoffgas; dafür geben die Gewebe an das Blut Kohlensäure und die Substanzen zurück, welche für sie unbrauchbar sind oder es durch den Stoffwechsel ihrer Zellen geworden sind (Stoffe der regressiven Metamorphose). Von diesen unbrauchbar gewordenen Stoffen befreit sich das Blut dadurch, dass sie durch bestimmte Organe, wie Lungen und Nieren, ausgeschieden und gleichzeitig mit der entsprechenden Wassermenge, welche ebenfalls das Blut verlässt, durch Abfuhrkanäle an die Körperoberfläche und nach aussen abgeführt werden (Lungen-, Nieren- und Hautausscheidung). Um diesen stetigen Verlust des Blutes zu decken, müssen demselben Substanzen zugeführt werden, wie sie im Blute vorhanden sind, oder die zu Blutbestandtheilen werden können. Diese Substanzen befinden sich in den Nahrungsmitteln, Wasser, Brod, Fleisch u. s. w. und in der Luft (Sauerstoff), aber einerseits nicht rein, sondern gemischt mit Bestandtheilen, die das Blut nicht brauchen kann und andererseits in ungelöstem Zustande, während das Blut nur gelöste Substanzen aufnehmen kann. Dieses Geschäft, die brauchbaren Bestandtheile der Nahrungsmittel von den unbrauchbaren zu sondern und die ersteren in den gelösten Zustand

überzuführen, versieht der Darmkanal; in diesen werden die Nahrungsmittel importirt und in demselben durch die Verdauungssäfte, welche seine Verdauungsdrüsen (Leber, Pankreas u. s. w.) liefern, sowie durch die Bewegungen seiner Wände in den geforderten Zustand übergeführt. Diese flüssigen Nahrungsmittel gelangen nun in das Blut theils dadurch, dass sie von Blutgefässen, die sich in der Darmwand selbst befinden, aufgenommen, resorbirt werden, theils in der Weise, dass sie von den ebenfalls in der Darmwand gelegenen Anfängen der Chylusgefässe, eines Kanalsystems, das weiterhin in das Gefässsystem mündet, aufgesaugt werden. Diesen ganzen Vorgang nennt man die Verdauung. Der Sauerstoff, welchen das Blut fortwährend an die Gewebe abgibt, wird demselben durch die Lungenathmung aus der Atmosphäre wieder zugeführt: bei jeder Einathmung dringt ein Luftstrom in die Lungen, die ein reiches, sehr oberflächlich gelegenes Blutnetz enthalten, um durch die Gefässwände in das Blut zu gelangen, während hier gleichzeitig die aus den Geweben vom Blute aufgenommene Kohlensäure in die Lungenalveolen gelangt, aus denen sie durch jede Ausathmung fortgeschafft und der Atmosphäre übergeben wird. So findet ein regelmässiger Gaswechsel zwischen den Gasen des Blutes und denen der Gewebe einerseits, sowie zwischen denen des Blutes und der Atmosphäre andererseits statt, der einen integrierenden Bestandtheil des Stoffwechselvorganges darstellt und die Athmung genannt wird.

Die Vorgänge des Stoffwechsels sind verbunden mit fortwährenden chemischen Prozessen, bei denen grosse Mengen von Wärme erzeugt werden, durch welche der Körper stetig erwärmt wird und eine bestimmte Eigentemperatur erhält, die beim Menschen und den anderen Säugethieren von 37—39° C. schwankt. Insofern als die Wärme eine besondere Form von Arbeit ist, wie oben auseinandergesetzt wurde, bezeichnet man ihre Bildung als eine Leistung des Organismus.

Daneben ist der Körper befähigt, auch mechanische Arbeit zu leisten und zwar durch seinen aktiven und passiven Bewegungsapparat. Der letztere, das Skelett, welches aus vielen Knochen komplizirt zusammengesetzt ist, besteht aus der Wirbelsäule, welche die feste Stütze des ganzen Körpers bildet, und ihren Anhängen, dem Schädel, der auf dem Kopfe der Wirbelsäule beweglich angebracht ist, und den zwei Extremitätenpaaren, von denen das untere Paar die Wirbelsäule stützt und mit Hülfe der aktiven Bewegungsorgane, der Muskeln, den Körper fortbewegt, während das obere Paar, das sehr frei beweglich am Rumpfe aufgehängt ist, ebenfalls mit Hülfe der Muskeln Lasten tragen und mechanische Arbeit zu leisten vermag.

Den Verkehr mit der Aussenwelt unterhält der Körper mit Hülfe seiner Sinne, durch die allein er zu einer Kenntniss der ausser ihm

gelegenen Dinge gelangen kann. Die einfachste Art, sich diese Kenntniss zu verschaffen, besteht offenbar in einer direkten Berührung, Betastung derselben. In der That stellt unsere Haut ein solches einfachstes Sinnesorgan dar, indem überall in derselben die Enden der Gefühlsnerven, als Tastkörperchen, vorhanden sind, welche die Tasteindrücke aufnehmen, die in den Gefühlsnerven fortgeleitet und im Grosshirn zum Bewusstsein gebracht werden. Es ist leicht verständlich, dass dieses Sinnesorgan einen nur beschränkten Verkehr mit der Aussenwelt unterhalten kann: es können nur diejenigen Objekte zur Kenntniss gelangen, welche sich im Bereiche der Haut befinden. Dem gegenüber steht das höchst entwickelte Sinnesorgan, das Auge, durch das wir Objekte wahrnehmen können, die viele Millionen Meilen entfernt im Weltenraume sich befinden, wenn sie nur hinreichend viel Licht in unser Auge senden. Durch das Licht nämlich wird die im Auge gelegene Endausbreitung des Sehnerven, die Netzhaut oder Retina, erregt; diese Erregung, im Sehnerven fortgeleitet, wird im Gehirn zum Bewusstsein gebracht und vermittelt so die Wahrnehmung leuchtender Gegenstände. Zwischen diesen beiden Sinnen stehen in Bezug auf die Höhe ihrer Entwicklung das Gehörorgan, das Riech- und Schmeckorgan. Das Gehörorgan wird durch Schallwellen erregt; Riech- und Schmeckorgan, Nase und Zunge, werden durch bestimmte Substanzen erregt und geben uns ganz spezifische Empfindungen, die z. B. mit gut oder schlecht schmecken, mit gut oder schlecht riechen, bezeichnet werden.

Ausser den Sinnesnerven, welche von den Sinnesorganen ausgehen, kommen von der Haut noch zahlreiche Nerven, welche Schmerzempfindungen vermitteln. Alle diese Nerven, als Gefühlsnerven bezeichnet, enden im Centralnervensystem und zwar im Grosshirn, wohin sie entweder direkt oder indirekt gelangen; im letzteren Falle steigen sie nämlich durch das Rückenmark dorthin auf. Das Grosshirn ist das Organ des Willens, des Denkens und Empfindens; in ihm entstehen alle jene Kräfte, welche als Seelenkräfte bezeichnet werden. Endlich ist noch zu bemerken, dass vom Grosshirn aus Nerven direkt oder auf dem Umwege durch das Rückenmark zu den aktiven Bewegungsorganen, den Muskeln, gelangen, welche jenen die Impulse zu ihrer Thätigkeit übermitteln, sodass sie willkürlich in Thätigkeit versetzt werden können.

Die Fortpflanzung des Individuums geschieht durch die Organe der Fortpflanzung. Die reife aus dem Eierstock des Weibes losgelöste Eizelle wird innerhalb der Geschlechtsorgane durch den männlichen Samen befruchtet und entwickelt sich im Fruchthälter, dem Uterus, um nach vollendeter Entwicklung von demselben ausgestossen zu werden.

---

## Zweite Abtheilung.

# Spezielle Physiologie.

---

### Erster Abschnitt.

## Der Stoffwechsel.

---

### Einleitung.

#### Die chemischen Bestandtheile des Körpers.

Die Elemente, welche den menschlichen Körper zusammensetzen, sind folgende: Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Fluor, Silicium, Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, Mangan, Eisen.

Zink, Blei, Quecksilber, Arsen sind, wenn sich dieselben im Organismus in Spuren vorfinden, nur als zufällige Bestandtheile zu betrachten, die auf irgend eine Weise in den Körper gelangt und dort zurückgehalten worden sind.

Von den angeführten Elementen kommen in freiem Zustande nur vor:

1) Der Sauerstoff  $O_2$ , welcher aus der atmosphärischen Luft in freiem Zustande durch die Athmung aufgenommen wird. Er findet sich in allen Flüssigkeiten des Körpers, vorzüglich aber im Blute, entweder einfach aufgelöst oder locker chemisch gebunden. Er ist durchaus nothwendig zur normalen Erhaltung aller thierischen Gewebe, in denen er zur Verbrennung (Oxydation) ihrer Bestandtheile verwendet wird bei einer Temperatur, bei der er ausserhalb des Körpers sich inaktiv verhält.

2) Der Stickstoff  $N_2$  wird ebenfalls durch die Athmung aus der atmosphärischen Luft aufgenommen; er findet sich namentlich in den Lungen, dem Darmkanal und im Blute. Nur in letzterem ist er aufgelöst, sonst befindet er sich in gasförmigem Zustande. Sein physiologischer Werth ist unseren jetzigen Kenntnissen nach ein durchaus negativer. Er verlässt den Körper durch Lunge, Niere, Darm und Haut.

## Verbindungen.

Viel zahlreicher sind die Verbindungen, in denen die Elemente in den Körperbestandtheilen vorhanden sind. Man unterscheidet dieselben

I. als unorganische und II. als organische } Verbindungen:

| A. Wasser,<br>B. Säuren,<br>C. Salze. | A. Stickstoffhaltige                                                                                                                                                                                                                                                              | B. Stickstofffreie                                          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                       | a) Eiweisskörper (Protéine):<br>$\alpha$ . Albumine,<br>$\beta$ . Albuminoide,<br>b) Körper, die höher als Eiweisse zusammengesetzt sind;<br>c) Körper des intermediären Stoffwechsels;<br>d) Spaltungs- u. Oxydationsprodukte der vorigen (Stoffe der regressiven Metamorphose). | a) Kohlehydrate,<br>b) Fette,<br>c) Stickstofffreie Säuren. |

## I. Unorganische Verbindungen.

Zu den unorganischen im Körper vorkommenden Verbindungen zählen:

## A. Das Wasser.

Das Wasser,  $H_2O$ , bildet einen Hauptbestandtheil des Körpers, in dem es zu 70% vorhanden ist. Es befindet sich nicht allein in den thierischen Flüssigkeiten, deren flüssigen Aggregatzustand es bedingt, sondern auch in allen Geweben, denen es den festweichen Zustand verleiht. Der grösste Theil des Wassers wird dem Körper von aussen als solches durch Getränke und Speisen zugeführt, doch bildet sich eine kleine Menge offenbar auch im Körper durch Oxydation des Wasserstoffes der organischen Verbindungen. Das Wasser wird durch Nieren, Haut, Lunge und Darm ausgeschieden und zwar der Haupttheil durch die Nieren im Harn, weniger durch die Lungen und Exkremente; die geringste Wasserausscheidung findet durch die Haut im Scheweisse statt, doch sind diese Verhältnisse durch äussere Umstände leicht veränderlich. Die physiologische Bedeutung des Wassers ist eine ganz hervorragende, denn es ist das Auflösungsmittel aller im Körper gelöst vorkommenden Stoffe und vermittelt dadurch den ganzen Stoffwechsel.

## B. Säuren.

Von den Säuren kommen im freien Zustande vor:

1) Kohlensäure,  $\text{CO}_2$ . Sie findet sich in den Lungen und dem Darm als Gas, im Blute und in den meisten thierischen Flüssigkeiten grösstentheils physikalisch absorbirt. Die Kohlensäure wird im Körper selbst gebildet und zwar als eines der Endglieder unter den Oxydationsprozessen, die mit Hülfe des Sauerstoffes vor sich gehen. Ein Theil dürfte auch von Spaltungsvorgängen (s. unten) herrühren. Die Kohlensäure verlässt den Körper vorzüglich in der Expirationsluft der Lungen, geringe Mengen entweichen durch die Haut, die Niere und den Darm. Sie ist ein Auswurfstoff, der fortwährend aus dem Körper entfernt wird und dessen Anhäufung durch seine giftige Wirkung den Organismus zu schädigen vermag.

2) Chlorwasserstoffsäure,  $\text{HCl}$ , kommt im freien Zustande im Magensaft vor. Sie wird selbst im Organismus, namentlich aus dem Chlornatrium gebildet und hat eine wesentliche Funktion bei der Magenverdauung (s. Magenverdauung).

Schwefelsäure,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ist im freien Zustande nur in dem Speichel und dem Magensaft von *Dolium Galea*, einer grossen Seeschnecke des Mittelmeeres, gefunden worden.

## C. Salze.

Die Salze sind zum grossen Theil in Lösung, zum Theil aber auch in fester Form abgelagert (Knochen), doch gilt auch für letztere das allgemeine Gesetz, dass sie einem beständigen Stoffwechsel unterworfen sind. Der feuerbeständige Rückstand, welcher bei der Verbrennung des Thierkörpers als Asche zurückbleibt, enthält im Wesentlichen die Salze. Ihre physiologische Bedeutung geht aus der Thatsache hervor, dass sie sich in allen Geweben vorfinden und überall zur Bildung nothwendig sind. Sie werden dem Organismus von aussen durch die Nahrung zugeführt und in wenig verändertem Zustande, namentlich durch den Harn, wieder abgeschieden. Die wichtigsten sind:

1) Chlornatrium,  $\text{NaCl}$ . Es kommt in allen thierischen Flüssigkeiten und Geweben vor und zwar unter allen anorganischen Salzen in grösster Menge.

2) Chlorkalium,  $\text{KCl}$ . Es ist ein Begleiter des Chlornatriums, aber in geringerer Menge vorhanden, nur in den rothen Blutkörperchen und den Muskeln überwiegt es die Natriumverbindung. Die Menge desselben muss indess innerhalb kleiner Grenzen konstant bleiben, da Kaliumsalze direkt ins Blut injiziert heftige Herzgifte sind, was bei den Natriumverbindungen nicht der Fall ist.

3) Fluorcalcium,  $\text{CaF}_2$ . Es ist in den Knochen und dem Schmelze der Zähne nachgewiesen.

4) Carbonate des Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium u. s. w.,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ .

5) Phosphate von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium u. s. w.,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ . Die beiden Reihen von Salzen stammen vornehmlich aus der Nahrung und finden sich überall im Körper in grösserer oder geringerer Menge vor. Am reichlichsten vertreten sind sie in den Knochen, wo sie die Knochenerde bilden, in ihrer Verbindung als phosphorsaures Calcium, phosphorsaures Magnesium, kohlensaures Calcium neben Fluorcalcium.

6) Sulfate von Natrium und Kalium,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Sie kommen in geringen Mengen fast überall vor und fehlen nur in der Milch, der Galle und dem Magensaft. Sie stammen nicht allein aus der Nahrung, sondern ein Theil derselben wird auch im Körper selbst erzeugt durch Oxydation des Schwefels, der schwefelhaltigen Proteinsubstanzen zu Schwefelsäure, die an Alkalien gebunden durch den Harn ausgeschieden wird.

## II. Organische Verbindungen.

### A. Stickstoffhaltige Verbindungen.

#### a) Eiweisskörper (Proteine).

Die Eiweisskörper finden sich überall in den Ernährungsflüssigkeiten des Körpers theils in Wasser gelöst oder gequollen, theils in festweiche Zustände und organisirt als Bestandtheile der Gewebe. Ihre Lösungen sind linksdrehend, opalescirend und diffundiren nicht durch Pergamentpapier. Aus ihren Lösungen werden die Eiweisskörper gefällt: durch die Siedhitze, durch starke Mineralsäuren und Gerbsäure, sowie durch die schweren Metallsalze (z. B. schwefelsaures Kupferoxyd, essigsaures Eisenoxyd, basisches Bleiacetat, Quecksilberchlorid etc.) und absoluten Alkohol; ebenso durch Essigsäure und reichlichen Zusatz concentrirter Lösung von neutralen Salzen der Alkalien und alkalischen Erden; endlich durch Essigsäure und wenig Ferrocyankalium; der Niederschlag ist im Ueberschuss des Fällungsmittels wieder löslich. Alle Eiweisskörper werden, mit Salpetersäure gekocht, gelb gefärbt (Xanthoproteinreaktion); mit MILLON's Reagens (salpetersaures Quecksilberoxyd, welches salpetrige Säure enthält) färben sie sich beim Kochen roth, mit Natronlauge und einigen Tropfen Kupfervitriollösung violett.

Mit Säuren und Alkalien gehen die Eiweisse Verbindungen ein (Acid- und Alkalialbuminate), welche nicht mehr durch die Siedhitze, aber durch Neutralisation fallen.

Die verschiedenen Eiweissstoffe sind sehr ähnlich zusammengesetzt und enthalten Kohlenstoff: 52.7—54.5%, Wasserstoff: 6.9—7.3%, Stickstoff: 15.4—16.5%, Sauerstoff: 20.9—23.5%, Schwefel: 0.8—2.0%. Da sie nicht krystallisirbar, auch sonst nicht rein zu erhalten sind, so hat man bisher weder ihre Formel, noch ihre Konstitution ermitteln können. (Krystallisirbare Eiweisskörper sind bisher wesentlich unter den pflanzlichen Albuminstoffen gefunden worden; z. B. die Eiweisskrystalle aus den Paranüssen.)

Die Eiweisse werden dem Körper fertig gebildet durch die Fleisch- und Pflanzennahrung zugeführt. Vor ihrer Aufnahme ins Blut werden sie durch die Verdauung im Darmkanal in eine eigenthümliche Modifikation, die Peptone (s. unten), verwandelt, aus denen sie in bisher unbekannter Weise zur Bildung von Blut- und Körperbestandtheilen verwendet werden. Ihre weiteren Schicksale sind sehr verschieden. Zunächst bilden sich aus ihnen durch Synthese wahrscheinlich Eiweisskörper von noch viel komplizirter Zusammensetzung, wie Hämoglobin (s. unten); als ihre nächsten Derivate betrachtet man die Albuminoide (s. unten); verschiedene Beobachtungen machen es wahrscheinlich, dass Fette und Zuckerbildner (Glykogen) aus ihnen im Körper entstehen können. Endlich werden sie in einfachere Verbindungen zerlegt, deren Endprodukte theils stickstoffhaltig als Harnstoff (s. unten), theils stickstofflos als Kohlensäure und Wasser den Körper verlassen. Bis zu ihren Endprodukten hin durchlaufen sie aber eine grosse Reihe von Zwischenstufen, die als solche im Körper aufgefunden werden oder denselben in dieser Form verlassen. Als Zwischenstufen von Eiweiss zum Harnstoff betrachtet man sie, weil sie 1) stickstoffhaltig sind, 2) künstlich aus Eiweiss dargestellt werden, wie Leucin und Tyrosin, die sich aus Eiweiss bei der Fäulniss und Behandlung mit Säuren und Alkalien bilden und 3) leicht in Harnstoff übergehen, wie Harnsäure, Kreatin, Kreatinin, Xanthin und Guanin.

Dahin gehören:

1) Albumine; sie sind in Wasser löslich und gerinnen beim Erhitzen ihrer Lösung auf 70—75°; man unterscheidet:

- a) Serumalbumin, welches einen Hauptbestandtheil aller Ernährungsflüssigkeiten, des Blutes, der Lymphe, des Chylus u. s. w. bildet.
- b) Eieralbumin, im Weissen der Vogelei; von dem vorigen kaum verschieden.
- c) Muskelalbumin, einer der Eiweisskörper des Muskels, fällt beim Erhitzen der neutralen Lösung bei 45°.

2) Albuminate, unlöslich in Wasser und Kochsalzlösung, leicht löslich in verdünnter Salzsäure, sowie in kohlensaurem Alkali; durch Kochen nicht gefällt, ebensowenig durch Neutralisiren der hinreichend

verdünnten Lösung bei Gegenwart von phosphorsaurem Kali. Dahin gehören:

- a) Casein, das in der Milch durch Alkali gelöst ist, gerinnt durch Zusatz von Lab oder Säuren;
- b) Kalialbuminat, dem vorigen sehr ähnlich, aber durch Lab nicht fällbar.
- 3) Fibrin, wesentlicher Bestandtheil des Blutgerinnsels (s. Blut); unlöslich in Wasser, quillt in verdünnten Säuren und zersetzt energisch Wasserstoffsperoxyd.
- 4) Globuline, unlöslich in Wasser, löslich in verdünnter Chlor-natrium- oder Magnesiumsulfatlösung; sie gerinnen beim Erhitzen dieser Lösung und werden unverändert gefällt durch Sättigung mit Magnesiumsulfatlösung bei 30°. Hierher gehören:

- a) Fibrinoplastische Substanz (Paraglobulin, Serumglobulin), reichlich im Blute, weniger im Chylus und der Lymphe enthalten.
- b) Fibrinogene Substanz (Fibrinogen, Metaglobulin) findet sich im Blute, dem Chylus, der Lymphe und den Höhlenflüssigkeiten.

Die beiden Körper bilden zusammen Fibrin (s. Blut).

- c) Globulin, Bestandtheil der Krystalllinse des Auges, unterscheidet sich von dem vorigen dadurch, dass es kein Fibrin bildet.

Alle drei sind löslich in O-haltigem Wasser und werden durch den Kohlensäurestrom gefällt, ebenso wie durch Neutralisiren und Verdünnen ihrer Lösung um das Zehnfache.

- d) Myosin, der gerinnbare Eiweisskörper des Muskels (s. Muskeln); zersetzt, wie Fibrin, Wasserstoffsperoxyd.
- e) Vitellin, im Eidotter und der Krystalllinse enthalten, verhält sich den übrigen Globulinen sehr ähnlich, ist aber lecithinhaltig.
- 5) Syntonin (Acidalbumin), unlöslich in Wasser wie in Kochsalzlösung, leicht löslich in verdünnten Säuren und Alkalien, auch kohlensauen Alkalien, durch Hitze nicht fällbar, wohl aber durch Neutralisation.

6) Hemialbumose, Propepton, Zwischenprodukt der Eiweissverdauung, Vorstufe des Peptons, wird durch die Siedhitze nicht mehr gefällt (s. Verdauung).

7) Peptone, Körper, welche durch die Verdauung der Eiweisskörper im Magen und Darm entstehen, sind in Wasser leicht löslich und werden durch die Siedhitze so wenig gefällt, wie durch die übrigen Fällungsmittel der Eiweisskörper.

Paralbumin wird ein Körper genannt, welcher wesentlich in Ovarialcysten gefunden wird und welcher der ihn enthaltenden Flüssigkeit eine auffallend faden-

ziehende Beschaffenheit verleiht. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er durch Alkohol gefällt selbst nach jahrelangem Stehen unter Alkohol wieder in Wasser löslich ist; weiter dadurch, dass er trotz vorsichtigen Zusatzes von Essigsäure durch die Siedhitze nur unvollkommen ausfällt und beim Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure reduzierende Substanzen bildet. Identisch mit Paralbumin ist Metalbumin (HAMMARSTEN).

#### b) Albuminoide.

Die Albuminoide, als die nächsten Derivate der Albumine, stehen zu denselben in sehr naher Beziehung. Die meisten Albuminoide kommen organisirt vor und sind integrierende Bestandtheile von Geweben (Horngewebe, Knorpelzellen, Sehnen u. s. w.), einige sind aber auch in Lösung.

1) Mucin, Schleimstoff, schwefelfrei, findet sich in den schleimigen Sekreten und dem embryonalen Bindegewebe (z. B. Wharton'sche Sulze), denen es eine zähe, fadenziehende Beschaffenheit verleiht. Das Mucin ist unlöslich in Wasser, quillt aber darin auf; beim Kochen gerinnt es nicht, aber durch Zusatz von Alkohol; es ist löslich in Alkalien und alkalischen Erden; Mineralsäuren fällen es aus seinen Lösungen, im Ueberschuss der Säure löst sich der Niederschlag wieder. Essigsäure erzeugt einen im Ueberschuss unlöslichen Niederschlag.

2) Glutin, Knochenleim, schwefelhaltig, bildet sich beim Kochen einiger Gewebe, des Knochenknorpels (organische Grundlage des Knorpels), des Bindegewebes, des Hirschhorns, der Kalbsfüsse und der Fischschuppen.

3) Chondrin, Knorpelleim, der sich beim Kochen der echten Knorpel und der Cornea des Auges mit Wasser aus der Grundsubstanz dieser Gewebe bildet.

Die Lösungen beider Leime werden durch Gerbsäure gefällt.

4) Keratin, Hornstoff, schwefelhaltig, erhält man durch Kochen mit Wasser aus der Epidermis, den Nägeln, Haaren u. s. w. In konzentrirter Essigsäure quellen diese Substanzen auf und lösen sich mit Ausnahme der Haare. Die Xanthoproteinreaktion hat es mit den Eiweissen gemein.

5) Elastin, gewinnt man aus dem elastischen Gewebe der elastischen Bänder (Lig. nuchae u. s. w.) durch Kochen mit Alkohol, Aether, Wasser, konzentrirter Essigsäure, in gereinigtem Zustande. Das Elastin quillt in Wasser auf, ist aber selbst nach mehrtägigem Kochen darin unlöslich, löst sich nur in konzentrirter Kalilauge; die neutralisirte Lösung wird durch Gerbsäure gefällt.

6) Fermente, Körper, von sehr eigenthümlicher Wirkung. Durch ihre Anwesenheit können nämlich hoch zusammengesetzte Verbindungen in einfachere gespalten werden, ohne dass sie selbst dabei verbraucht

werden (s. Verdauung). Die Fermente sind im Körper viel verbreitet; es kommen vor:

- a) Zuckerbildendes Ferment (Speicheldiastase oder Ptyalin) im Speichel, in dem pankreatischen Saft (Pankreasdiastase), der Leber und vielen anderen Geweben, welches Stärke, Glykogen u. s. w. in Zucker umwandelt.
  - b) Eiweissverdauendes Ferment (Pepsin, Trypsin) im Magen-, Pankreassaft und Darmsaft, verwandelt die löslichen und unlöslichen Eiweisse in Peptone.
  - c) Fettsplattendes Ferment im Pankreassaft, spaltet unter Wasseraufnahme neutrale Fette in Fettsäuren und Glycerin.
- c) Körper, die höher als Eiweiss zusammengesetzt sind.

Hämoglobin, wahrscheinlich noch komplizirter als Eiweiss selbst zusammengesetzt, da es bei seiner Zersetzung in Eiweiss und Blutfarbstoff (Hämatin) zerfällt. Es bildet den Hauptbestandtheil der rothen Blutkörperchen (s. Blut).

Nuclëin, Bestandtheil der Kerne der Eiterzellen, der Milch, des Eidotters, der kernhaltigen Blutkörperchen, des Sperma, der Hefezellen u. a., unlöslich in Alkohol, Aether, Wasser, verdünnten Mineralsäuren, leicht löslich in Alkalilaugen, enthält Phosphorsäure in der Weise gebunden, dass sie durch verdünnte Mineralsäuren in der Kälte nicht abgespalten wird. Beim Kochen mit Wasser oder verdünnten Säuren zersetzt sich das Nuclëin unter Bildung von Eiweiss, Hypoxanthin und Phosphorsäure. Es scheint, dass mehrere Nuclëine vorkommen, wenigstens giebt es solche, die Schwefel enthalten, und solche, die davon frei sind. Die ersteren geben bei anhaltendem Kochen mit Barytwasser oder verdünnten Säuren Tyrosin.

#### d) Körper des intermediären Stoffwechsels.

Die Verbindungen, welche hier angeführt werden, sind zum Theil in Sekreten enthalten, welche in den Darm gelangen, um dort gewisse Aufgaben zu erfüllen, wonach sie in grösserer oder geringerer Menge wieder ins Blut aufgenommen werden (intermediärer Stoffwechsel). Andererseits sind es Körper, welche stickstoffhaltig sind, aber zu keiner der übrigen Klassen in näherer Beziehung stehen.

1) Die Gallensäuren. Sie kommen als Natronsalze in der Galle vor. Es sind:

- a) Glykocholsäure,  $C_{26}H_{43}NO_6$ . Sie entsteht als gepaarte Säure aus der stickstofffreien Cholsäure,  $C_{24}H_{40}O_5$ , und dem Glykocoll (s. unten), in welche Bestandtheile sie auch durch Kochen mit Alkalien zerfällt.

b) Taurocholsäure,  $C_{26}H_{45}NO_7S$ , ebenfalls als gepaarte Säure aus der Cholsäure und dem Taurin (s. unten) entstanden, in die es durch Kochen mit Wasser zerlegt werden kann.

2) Der Blutfarbstoff, Hämatin, das Zersetzungsprodukt des Hämoglobins, eisenhaltig, Bestandtheil der rothen Blutkörperchen (s. Blut).

3) Die Gallenfarbstoffe, denen die Galle ihre Farbe verdankt: Bilirubin, Biliverdin, Bilifuscin u. a.

4) Das Melanin (schwarzes Pigment) erscheint im Körper in Form sehr kleiner Körnchen, namentlich als schwarzes Pigment in den Pigmentzellen der Choroidea des Auges, ferner im Lungengewebe und in den Bronchialdrüsen, sowie in sehr geringer Menge im Rete Malpighi. Es stammt aus dem Blutfarbstoff.

5) Das Cholestearin,  $C_{26}H_{43}HO$ , wahrscheinlich ein einwerthiger Alkohol, ist in geringer Menge im Blut und in allen anderen Körperflüssigkeiten enthalten, am reichlichsten in der Galle und der Nervensubstanz; es ist in Seifen, flüssigen Fetten und den gallensauren Alkalien löslich.

6) Das Lecithin,  $C_{44}H_{90}NPO_9$ , kommt in allen thierischen und pflanzlichen Zellflüssigkeiten, sowie in allen thierischen Flüssigkeiten, wie Blut, Galle, besonders reichlich im Gehirn, den Nerven, dem Eidotter, Sperma, Eiter und elektrischen Organen des Rochen vor. Das Lecithin ist eine knetbare, aber bröcklige, nicht deutlich krystallinische Masse, die in Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol, fetten Oelen löslich ist. In Wasser quillt es zu einer kleisterartigen Masse auf und zersetzt sich beim Stehen sehr leicht unter Auftreten von saurer Reaktion. Beim Kochen mit Barytwasser oder mit Säuren zerfällt es in Cholin, Glycerinphosphorsäure<sup>1</sup> und Fettsäuren (Stearinsäure). Durch den Magensaft wird es nur wenig angegriffen; durch den pankreatischen Saft aber in Neurin, Glycerinphosphorsäure und Fettsäuren zersetzt.

7) Neurin und Cholin (Bilineurin),  $C_8H_{15}NO_2$ , sind identisch und kommen beide nur als Bestandtheile des Lecithin vor. Beim Erhitzen bilden sie Trimethylamin  $N(CH_3)_3$  und Glycol. Das Auftreten des charakteristisch riechenden Trimethylamins in den Destillationsprodukten des Blutes, des Harns, der Häringlake ist auf die Zersetzung des Neurins resp. Lecithins zurückzuführen. (Neurin ist wahrscheinlich identisch mit den Ptomainen, den giftigen Leichenalkaloiden.)

---

<sup>1</sup> Die Glycerinphosphorsäure  $\left[ \text{Glycerin} = C_3H_5(OH)_3, \text{Glycerinphosphorsäure} = C_3H_5\{O(OH)_2\}O \cdot PO_3H_2 \right]$  bildet sich beim Mischen von Glycerin mit Metaphosphorsäure; beim Erhitzen mit Wasser zerfällt sie in Glycerin und Phosphorsäure.

8) Cerebrin, charakteristischer Bestandtheil des Nervenmarkes, in heissem Alkohol ziemlich löslich.

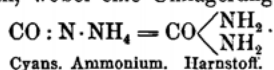
Protagon, wahrscheinlich ein Gemenge von Lecithin und Cerebrin.

e) Zersetzungsprodukte der Eiweisse (Produkte der regressiven Stoffmetamorphose).

Wir werden hier mit dem Endprodukt (Harnstoff) beginnen, da derselbe seiner Zusammensetzung nach am besten bekannt ist. Daran werden sich die höheren Zwischenglieder anreihen. Ihrer chemischen Konstitution nach sind sie alle stickstoffhaltige, amidartige Körper, d. h. Verbindungen, welche die Amidgruppe ( $\text{NH}_2$ ) enthalten.

1) Harnstoff,  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$ , Biamid der Kohlensäure;  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{smallmatrix} =$  Kohlensäure [hyp. Hydrat];  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{OH} \end{smallmatrix} =$  Monamid der Kohlensäure, Carbaminsäure;  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix} =$  Biamid der Kohlensäure, Carbamid oder Harnstoff), kommt in grosser Menge in der Harnflüssigkeit vor, in Spuren im Schweiss, im Blut u. s. w., ist krystallisirbar und in Wasser leicht löslich.

Der Harnstoff ist die erste organische Substanz, welche aus unorganischem Material synthetisch dargestellt wurde (WÖHLER 1828) und zwar durch Erhitzen von cyansaurem Ammoniak, wobei eine Umlagerung der Atome eintritt:



2) Harnsäure,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ , ist eine schwache zweibasische Säure, findet sich spärlich im Harne der Säugethiere, reichlich in den Exkrementen der Vögel, Schlangen u. s. w. Sie ist eine Verwandte des Harnstoffs und geht leicht in diesen über, z. B. bei Behandlung mit Salpetersäure in Alloxan und Harnstoff; andrerseits bildet sich aus ihr durch Einwirkung von Natriumamalgam Xanthin und Hypoxanthin. Die Harnsäure ist jüngst ebenfalls synthetisch dargestellt worden (HORBACZEWSKI).

3) Kreatin,  $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ , kommt in den Muskeln, im Gehirn und im Blute vor. Mit Säure erhitzt oder längere Zeit mit Wasser gekocht, verliert es Wasser und geht in Kreatinin über.

4) Kreatinin,  $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$ , Bestandtheil des Harns, geht durch Einwirkung von Basen unter Wasseraufnahme wieder in Kreatin über.

5) Xanthin,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$ , kommt im Pankreas, der Milz, Leber, Thymus, im Gehirn und den Muskeln vor.

6) Hypoxanthin,  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$ , ist in den Muskeln, in der Milz, der Thymus, in den Nebennieren, im Gehirn, vom Xanthin begleitet, gefunden worden.

Xanthin und Hypoxanthin sind in kochendem Wasser etwas löslich und gehen mit Säuren und Basen Verbindungen ein. Die Schwerlöslichkeit des HCl-Salzes des Hypoxanthins unterscheidet es vom Xanthin.

7) Guanin,  $C_5H_5N_5O$ , kommt im Pankreas und der Leber vor, ist in Säuren und Alkalien löslich und wird durch salpetrige Säure in Xanthin übergeführt. Durch Oxydation geht es in Guanidin und dieses in Harnstoff über.

Xanthin, Hypoxanthin und Guanin stammen aus einer Quelle, nämlich aus dem Nuclein; sie nehmen daher zu, wenn die Kernsubstanzen zunehmen, wie z. B. bei der Leukämie (KOSSEL).

8) Allantoin,  $C_4H_6N_4O_3$ , findet sich im Harn neugeborener Kinder, sowie im Harn Schwangerer, auch im Harn Erwachsener nach dem Gebrauch von Gerbsäure, ist in kaltem Wasser schwer, in kochendem leichter und in heissem Alkohol leicht löslich, ist krystallisierbar und verwandelt sich durch Oxydation in Harnstoff und Allantonsäure.

9) Glykocoll,  $C_2H_5NO_3$  (Glycin, Amidoessigsäure) ( $CH_3 \cdot COOH =$  Essigsäure;  $CH_2(NH_2)COOH =$  Amidoessigsäure) ist als solches im Organismus nicht enthalten, sondern in der Glykocholsäure und der Hippursäure, bei deren Spaltung durch verdünnte Säuren und Alkalien es auftritt; es löst sich in Wasser und ist krystallisierbar.

10) Leucin,  $C_6H_{13}O_2$  (Amidocaprönsäure), ( $C_5H_{11} \cdot COOH =$  Caprönsäure,  $C_5H_{10}[NH_2] \cdot COOH =$  Amidocaprönsäure), findet sich reichlich im Pankreassekret, sonst in der Milz, den Speicheldrüsen, der Leber, Nieren, Nebennieren und dem Gehirn; ist ein konstantes Verdauungsprodukt des Albumins im Dünndarm, sowie ein ständiges Fäulnisprodukt der Eiweisskörper, aus denen es auch durch Kochen mit Alkalien oder Säuren erhalten wird.

11) Tyrosin,  $C_6H_4 \begin{smallmatrix} \diagup OH \\ \diagdown \end{smallmatrix} C_2H_3(NH_2) \cdot CO_2H$  (Biderivat des Benzols), findet sich nur in Begleitung des Leucin und zwar bei der Verdauung der Eiweisse im Dünndarm, sowie bei fauliger Zersetzung von Eiweisskörpern.

12) Taurin,  $C_2H_7NSO_3$  (Amidoäthylsulfosäure), ( $C_2H_4[OH]SO_3H =$  Oxyäthylsulfosäure,  $C_2H_4[NH_2] \cdot SO_3H =$  Amidoäthylsulfosäure), tritt als Zersetzungsprodukt der Taurocholsäure im Darm auf.

13) Hippursäure,  $C_9H_9NO_3$ , ihrer chemischen Konstitution nach als Amidoessigsäure zu betrachten, in der ein Atom Wasserstoff durch das einwerthige Radikal Benzoyl ersetzt ist:  $CH_2 \cdot NH_2 \cdot CO_2H =$  Amidoessigsäure,  $CH_2 \cdot NH(C_7H_5O) \cdot CO_2H =$  Hippursäure, kommt reichlich im Pferdeharn vor, nur in geringer Menge im menschlichen Harn, wird aber daselbst durch den Genuss von Benzoësäure, Zimmtsäure, Chinasäure u. s. w. vermehrt. Sie ist im Körper an Basen gebunden und

bildet sich aus Benzoësäure,  $C_6H_5 \cdot COOH$ , und Glykocoll, in welche sie auch beim Kochen mit Säuren oder Alkalien zerfällt.

14) Phenol (Carbolsäure),  $C_6H_5 \cdot OH$ , Hydroxyl des Benzol, in Wasser wenig löslich, leicht löslich in Alkohol, in weissen Nadeln krystallisirend.

15) Kresol, Methylsubstitutionsprodukt des Phenol,  $C_6H_4(CH_3) \cdot OH$ .

16) Indol,  $C_8H_7N$ , in Wasser sehr schwer löslich.

17) Skatol,  $C_9H_9N$ , in Wasser noch schwerer löslich als Indol, bildet eine weisse krystallinische Substanz von starkem Fäkalgeruch.

Diese vier Körper entstehen bei der Fäulniss von Eiweissen sowohl ausserhalb des Körpers, wie im Darne während der Verdauung. Ihre Entstehung bei der Fäulniss ist um so werkwürdiger, als sie schon in geringen Mengen antiseptisch wirken.

Die letzten fünf Substanzen gehören zur Gruppe der sog. aromatischen Körper.

18) Indifferente stickstoffhaltige Körper. Die Harnpigmente: Urobilin, Indigblau u. a. (s. Harn).

## B. Stickstofffreie Verbindungen.

### a) Kohlehydrate.

Die Verbindungen dieser Reihe sind Derivate der sechswerthigen Alkohole  $C_6H_{14}O_6$ .

1) Traubenzucker, Dextrose,  $C_6H_{12}O_6$ , kommt in geringer Menge im Blut, in dem Chylus und der Lymphe vor, ist krystallisirbar, in Wasser löslich und dreht die Polarisationssebene nach rechts. Unter dem Einflusse von Fermenten geht er Gährungen ein und zwar:

a) die alkoholische Gährung mit Hefe, wobei der Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure gespalten wird:  $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$ .

b) die Milchsäuregährung bei Anwesenheit eines besonderen organischen Ferments und faulender Eiweisskörper, wobei der Traubenzucker in Milchsäure übergeht:  $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$ .

c) die schleimige Gährung (unter nicht näher festgestellten Bedingungen) verwandelt den Traubenzucker unter Entwicklung von  $CO_2$  in eine schleimige, gummiartige Substanz.

Zuckerproben (Nachweis des Traubenzuckers): 1) TROMMER'S Probe: Man versetzt die zuckerhaltige Flüssigkeit mit überschüssiger Kali- oder Natronlauge und fügt tropfenweise so lange eine verdünnte Lösung von Kupfervitriol hinzu, als der entstehende Niederschlag von Kupferoxydhydrat sich wieder auflöst. Erhitzt man dann allmählig bis zum Sieden, so fällt rothes Kupferoxydul oder gelbes Kupferoxydulhydrat aus. 2) MOORE'S Probe: Fügt man zu der Flüssigkeit Aetzkali- oder

Natronlauge bis zur stark alkalischen Reaktion, so wird sie beim allmählichen Erhitzen bis zum Sieden gelb, dunkelbraun bis schwarz gefärbt.

3) BOETTCHER's Probe: Man versetzt die Flüssigkeit mit Wismuthoxyd oder basisch salpetersaurem Wismuthoxyd, dazu im Ueberschuss eine konzentrierte Lösung von kohlensaurem Natron oder Aetzkali und erhitzt bis zum Sieden; der Niederschlag färbt sich durch Reduktion des Wismuthoxydes schwarz.

2) Milchzucker,  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ , krystallisirbar, ist schwerer in Wasser löslich, als der vorige, dreht die Polarisationssebene nach rechts, reduziert alkalische Kupferlösung, gährt mit Hefe nur wenig, erleidet aber leicht die Milchsäuregärung; bildet einen wesentlichen Bestandtheil der Milch.

3) Inosit,  $C_6H_{12}O_6$ , ist krystallisirbar, leicht löslich in Wasser, nicht drehend, geht nur die Milchsäuregärung ein und findet sich in den Muskeln, der Leber, Milz, Lunge, den Nieren und im Gehirn. Inosit mit  $HNO_3$  bis fast zur Trockne verdampft, ammoniakalische Chlorcalciumlösung hinzugefügt und wieder verdampft, giebt rosenrothe Färbung.

4) Glykogen,  $C_6H_{10}O_5$ , in Wasser leicht löslich, rechtsdrehend, wird durch das Zuckerferment in Zucker verwandelt; es findet sich als konstanter Bestandtheil der Leber, ebenso der Muskeln.

Anhang. — Maltose,  $C_{12}H_{22}O_{11} (+ H_2O?)$ , Malzzucker, die Zuckerart, welche unter dem Einflusse der Diastase aus der Stärke der Gerste gebildet wird (Bierbereitung!); krystallisirt in weissen Nadeln und unterscheidet sich vom Traubenzucker durch grösseres Drehungsvermögen, geringeres Reduktionsvermögen und geringere Löslichkeit im Alkohol. Die Maltose ist gährungsfähig und lässt sich andererseits durch Kochen mit verdünnten Säuren in Traubenzucker überführen.

Rohrzucker,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , findet sich namentlich im Zuckerrohr und den Runkelrüben, ist in Wasser löslich, woraus es bei langsamem Verdunsten krystallisirt; die wässrige Lösung ist rechtsdrehend. Beim Kochen mit verdünnten Säuren verwandelt er sich in linksdrehenden Invertzucker (Gemenge von Dextrose und Laevulose).

Fruchtzucker, Laevulose,  $C_6H_{12}O_6$ , findet sich in den meisten süssen Früchten (auch im Honig) neben Dextrose, in Wasser leicht löslich, gährt mit Hefe langsamer als Dextrose.

Stärke, Amylum,  $C_6H_{10}O_5$ , ist in Wasser unlöslich, quillt in heissem Wasser zu Kleister auf, färbt sich mit Jod blau und geht unter dem Einflusse des diastatischen Fermentes in Zucker über; ist im Pflanzenreiche weit verbreitet.

Dextrin findet sich vielfach in Pflanzen; es bildet sich leicht aus Stärke (s. Verdauung), ist leicht löslich in Wasser, wird durch Alkohol gefällt und färbt sich mit Jod roth.

Cellulose,  $C_6H_{10}O_5$ , unlöslich in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien, nur löslich in Kupferoxydammoniak, geht beim Kochen mit Schwefelsäure in Traubenzucker über. Wie die Stärke, im Pflanzenreiche sehr verbreitet.

## b) Fette.

Die Fette sind in allen Flüssigkeiten (den Harn ausgenommen), entweder in geringer Menge gelöst oder fein vertheilt (Emulsion), wie im Chylus und in der Milch, enthalten; in grosser Menge finden sie sich in den Fettzellen (Fettgewebe) abgelagert. Sie reagiren neutral, sind in Wasser unlöslich, leicht löslich in Aether und Chloroform. Ihrer chemischen Beschaffenheit nach sind die Fette Triglyceride, d. h. zusammengesetzte Aether des dreiatomigen Alkohols Glycerin mit den Fettsäuren. Bei der Behandlung mit Alkalien werden sie „verseift“ indem sich die Alkalien mit den Fettsäuren zu Seifen verbinden und unter Wasseraufnahme gebildetes Glycerin abgeschieden wird. Das Ranzigwerden der Fette beruht auf der Bildung freier Fettsäuren.

Die im Körper vorkommenden Fette sind:

- 1) Stearin  $C_3H_5(C_{18}H_{35}O)_3O_3$ .
- 2) Palmitin  $C_3H_5(C_{16}H_{31}O)_3O_3$ .
- 3) Olëin  $C_3H_5(C_{18}H_{33}O)_3O_3$ .
- 4) Blutyrin  $C_3H_5(C_4H_7O)_3O_3$  u. verw.

## c) Stickstofffreie Säuren.

Die hier zu nennenden Säuren sind grösstentheils Fettsäuren und zwar:

1) Ameisensäure,  $CHO(OH)$ ; sie soll im Scheweisse, Blute, Pankreas und in den Muskeln vorkommen.

2) Buttersäure,  $C_4H_7O(OH)$ , in der Butter an Glycerin gebunden; im freien Zustande ist sie im Schweiss, im Dickdarminhalt und den festen Exkrementen gefunden worden.

3) Capron-, Capryl-, Caprinsäure ebenfalls mit Glycerin in der Butter frei, im Schweiss und den Fäces nach Fleischkost vorhanden.

4) Palmitin- und Stearinsäure in Verbindung mit Glycerin Bestandtheil des Fettes im Fettgewebe. Frei nur in pathologischen Produkten: zersetztem Eiter, in den Sputis von Lungengangrän.

5) Oelsäure, an Glycerin gebunden, kommt in allen Fetten des Thierkörpers vor.

Die beiden folgenden Säuren zählen nicht zu den Fettsäuren:

1) Gährungsmilchsäure,  $CH_3-CH(OH)-CO(OH)$  (Oxypropionsäure), kommt theils frei, theils als milchsaures Salz in der Milch, im Chylus, sowie im Dünn- und Dickdarminhalt vor; sie ist optisch inaktiv.

2) Fleischmilchsäure,  $CH_2(OH)-CH_2-CO(OH)$ , der anderen isomer und von ihr dadurch unterschieden, dass sie die Polarisations-ebene nach rechts ablenkt, findet sich namentlich in der Fleischflüssigkeit.

## Erstes Kapitel.

### Blut und Blutbewegung.

Das Blut ist die Flüssigkeit, welche in den weitverzweigten und den Thierkörper nach allen Richtungen hin durchziehenden Blutkanälen, den Blutgefässen, enthalten ist; es wird durch die Thätigkeit des Herzens in dauernder Bewegung erhalten und enthält alle diejenigen Stoffe in Lösung, welche zur Erhaltung des Körpers nothwendig sind. Diese Stoffe transsudiren durch die Blutgefässwände und ergiessen sich in die Gewebe, in denen sie als Ernährungsmaterial verwendet werden. Die stetige Ausgabe, die das Blut auf diese Weise erleidet, wird durch die Nahrungsaufnahme gedeckt, indem Nahrungsbestandtheile, in entsprechender Weise vorbereitet, in das Blut gelangen. Endlich werden noch auf gewissen Ausscheidungswegen, namentlich durch die Nieren und Lungen, Substanzen aus dem Blute fortgeführt, die als Auswurfstoffe vollständig den Körper verlassen. So findet in dem Blute ein ständiger Wechsel seiner Theile statt.

Im Allgemeinen müssen alle diejenigen Stoffe, welche von dem Körper zu seinem Nutzen verwendet oder aus demselben entfernt werden sollen, in einem solchen Aggregatzustande sich befinden, dass sie in das grosse Sammelreservoir, das Blutgefässsystem, aufgenommen werden können; die ersteren namentlich aus dem Verdauungskanal, die letzteren aus den Geweben. Wo das nicht der Fall ist, bleiben sie nutzlos an jenen Orten liegen. —

Eine solche ernährende Flüssigkeit besitzen fast sämtliche Thierklassen bis hinunter zu den niederen Wirbellosen, mit Ausnahme der einzelligen Organismen, der Protozoën.

#### § 1. Das Blut.<sup>1</sup>

Das Blut des Menschen und der übrigen Wirbelthiere (mit Ausnahme des niedersten Wirbelthieres, des *Amphioxus lanceolatus*) ist

<sup>1</sup> Vgl. F. HOPPE-SEYLER. Physiologische Chemie, Abschnitt „Blut“. 1879. A. ROLLET. Blut und Blutbewegung in HERMANN's Handbuch der Physiologie. Bd. IV. 1880.

gleichmässig roth und selbst in dünnen Schichten undurchsichtig, hat einen salzigen Geschmack, verbreitet einen eigenthümlichen Geruch, reagirt schwach alkalisch und hat ein spezifisches Gewicht von im Mittel 1055. Bei den Säugethieren, darunter beim Menschen und den Vögeln, besitzt es eine, innerhalb enger Grenzen schwankende Eigentemperatur von  $37-43^{\circ}\text{C.}$ ; beim Menschen  $37-38^{\circ}\text{C.}$ ; beim Hunde häufig  $38-39^{\circ}\text{C.}$ ; bei den Vögeln  $41-43^{\circ}\text{C.}$  Bei den Amphibien, Fischen, sowie den Wirbellosen entfernt sich die Temperatur des Blutes nur wenig von der des umgebenden Mediums.

Unter den Wirbellosen besitzen viele Ringelwürmer, wie der Regenwurm, rothes Blut; sonst ist es farblos oder gelblich, grün, violett und bläulich.

Das aus der Ader gelassene Blut gerinnt bei allen Wirbelthieren nach 2—10 Minuten; es geseht zu einer gallertartigen Masse und presst aus sich eine klare, gelbliche Flüssigkeit, das Blutwasser, Serum, aus; das rothe Gerinnsel wird der Blutkuchen, Placenta sanguinis, genannt. Derselbe enthält in dem geronnenen Körper alle übrigen Blutbestandtheile eingeschlossen.

#### Die Blutkörperchen.

Das Blut, welches dem unbewaffneten Auge als eine homogene Flüssigkeit erscheint, enthält, wie zuerst LEEUWENHOECK (1673) mit Hülfe des Mikroskopes festgestellt hat, bestimmte morphotische Elemente, welche Blutkörperchen genannt werden, und die in der Blutflüssigkeit, dem Blutplasma, suspendirt sind. Man unterscheidet davon zwei Arten: die rothen und die weissen Blutkörperchen, von denen indess die letzteren nur spärlich vertreten sind.

**Die rothen Blutkörperchen.** Die rothen Blutkörperchen, die Träger des rothen Blutfarbstoffes, sind beim Menschen kreisrunde, bikonkave Scheiben, zellenähnliche Gebilde ohne Kern und ohne Membran; sie erscheinen im durchfallenden Lichte grünlich, in dicker Schicht roth gefärbt; sie haben einen Breitendurchmesser von im Mittel  $0,0033''$  und eine Dicke von  $0,00062''$ . Im Mikroskop von oben gesehen stellen sie platte Scheiben dar, die aber, durch Anstossen ins Rollen gebracht, sodass sie auf die Kante zu stehen kommen, biskuitförmig erscheinen, woraus ihre bikonkave Gestalt erkannt worden ist. Ein Kern wird dadurch vorgetäuscht, dass die vom Spiegel des Mikroskops durch sie fallenden Lichtstrahlen am Rande der Scheibe stärker gebrochen werden, damit dem Auge zum Theil verloren gehen und den Rand dunkler erscheinen lassen, als das Centrum, in welchem keine so starke Brechung und demnach kein solcher Verlust an Licht stattfindet. Das Fehlen einer Membran ist von ROLLET durch folgenden Versuch dargethan worden:

Lässt man Blut in eine flüssige Leimlösung einfließen und macht durch die erstarrte Leimmasse mit dem Messer Durchschnitte, so sieht man auch den Inhalt der rothen Blutkörperchen erstarrt, was nicht der Fall wäre, wenn eine Membran den schwer diffusiblen Leim in das Blutkörperchen einzudringen gehindert hätte.

Die rothen Blutkörperchen der übrigen Säugethiere sind, wie die des Menschen, von gleicher Beschaffenheit, nur sind sie etwas kleiner; beim Affen eben so gross, grösser nur beim Elephanten. Eine Ausnahme unter den Säugern machen das Kamel und das Lama, deren Blutkörperchen nicht rund, sondern oval sind. Bei den Vögeln erscheinen sie länglich oval, nicht bikonkav, sondern gewölbt, und mit einem Kern versehen. Bei den Amphibien kommen die grössten Blutkörperchen vor; sie sind ebenfalls oval, aber breiter; ihre Fläche ist etwas abgeplattet und sie besitzen ebenfalls einen deutlichen Kern; am grössten sind sie beim *Proteus anguineus*, wo sie schon mit unbewaffnetem Auge als kleine Pünktchen wahrgenommen werden können. Bei der Mehrzahl der Fische sind die Blutzellen rundlich oval, nicht viel länger als breit, während merkwürdigerweise die niedrigsten Fische, die Neunaugen, Blutkörperchen haben, ausserordentlich ähnlich denen des Menschen, sogar schwache bikonkave Scheiben, nur etwas grösser.<sup>1</sup>

In einem sehr frühen Stadium des Embryonallebens besitzen auch die rothen Blutkörperchen der Säugethiere einen Kern.

**Physikalische Eigenschaften der rothen Blutkörperchen.** Lässt man eine Portion frisch aus der Ader entleerten Blutes in einem hohen Glasgefäss stehen, so senken sich, besonders wenn die Gerinnung sehr langsam geschieht oder noch besser, wenn man das Blut durch Schlagen von dem gerinnenden Stoffe befreit, die rothen Blutkörperchen nach und nach vollständig zu Boden; darüber bleibt eine klare durchsichtige, leicht gelbliche Flüssigkeit, das Serum, stehen, welches von rothen Blutkörperchen vollkommen frei ist. Der Grund dieses Senkungsvermögens liegt darin, dass das spezifische Gewicht der rothen Blutkörperchen ein höheres ist, als das der Blutflüssigkeit. Die auf dem Boden des Gefässes befindlichen Blutkörperchen sind aneinander geklebt und erscheinen in Geldrollenform; übt man bei der Betrachtung unter dem Mikroskop auf das Deckgläschen einen Druck aus, so verändern sie ihre Form, erhalten ihre ursprüngliche Gestalt aber wieder, wenn der Druck aufhört. Ganz ebenso sind sie im Stande, sich unter verschiedenartigster Formveränderung durch sehr enge Kanäle hindurch zu zwingen, ohne ihre natürliche Form einzubüssen. Man schliesst daraus, dass ihre Oberfläche sehr klebrig und ihre Substanz weich und elastisch ist.

Der Bau der rothen Blutkörperchen kann durch folgende Mittel verändert oder selbst zerstört werden. 1) Erwärmt man das Blut auf 52° C., so fangen die Blutkörperchen an zu schmelzen und zerfallen in Trümmer, die sich in der umspülenden Flüssigkeit vertheilen (M. SCHULTZE). 2) Bei Hinzufügung von

<sup>1</sup> MILNE EDWARDS. *Physiologie et Anatomie comparée* Bd. I.

konzentrierter Harnstofflösung treiben die Blutkörperchen Fortsätze, um schliesslich ebenfalls zu zerfallen (KÖLLIKER). 3) Setzt man zu Blut Wasser hinzu, so quellen die Blutkörperchen auf, verlieren ihre bikonkave Form und werden kugelig, endlich tritt der gefärbte Inhalt in die umgebende Flüssigkeit, in der er sich auflöst, aus und das Gerüst des Körperchens, das Stroma, wird unsichtbar, kann aber durch Zusatz von Jodtinktur oder durch ganz verdünnte Chromsäure, in denen es sich gelb färbt, sichtbar gemacht werden (ROLLET). Ebenso wie Wasserzussatz wirken 4) wiederholtes Gefrieren und Wiederaufthauenlassen des Blutes, sowie 5) die Entladungsschläge einer Elektrisirmaschine, ferner Induktions- und konstante Ströme (ROLLET, NEUMANN), endlich 6) Chloroform (BÖTTCHER), Aether (v. WITTICH) und die neutralen Alkalisalze der Gallensäuren (v. DUSCH, KÜHNE). Man kann also physikalische und chemische Lösungsmittel unterscheiden. Die Resistenz der rothen Blutkörperchen gegen die ersteren wird durch den Zusatz von Salzen (z. B.  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$  u. a.) erhöht, gegen die letzteren aber herabgesetzt (ROLLET, J. BERNSTEIN). Bei Zusatz von Borsäure zu den Körperchen von Tritonen zieht sich der gefärbte Inhalt von der Peripherie zurück und sammelt sich um den Kern, sodass das Blutkörperchen in zwei Abtheilungen getrennt erscheint; das eine, welches aus dem Kern und der rothen Substanz besteht, nennt BRÜCKE Zooid, weil er es als den eigentlichen lebenden Leib des Körperchens betrachtet, das andere, farblose, nennt er Oikoid, indem er es für das Gehäuse hält, in dem das Zooid während des Lebens steckt. Unverändert erhalten sich dagegen die rothen Blutkörperchen längere Zeit in dünnen Lösungen neutraler Alkalisalze von einem bestimmten Konzentrationsgrade, so z. B. in schwefelsaurem Natron oder Kochsalz von 0.6%.

Dieselbe Lösung der rothen Blutkörperchen erfolgt auch innerhalb der Blutgefässe, wenn man in dieselben genügende Mengen jener Substanzen einführt: immer erscheint danach blutiger Harn, der aber frei von rothen Blutkörperchen ist.

**Zahl, Volum und Oberfläche der rothen Blutkörperchen.** Nach den Zählungen von VIERORDT<sup>1</sup>, WELCKER<sup>2</sup> und MALASSEZ<sup>3</sup> sind in einem Kubikmillimeter menschlichen Blutes bei Männern etwa 5 000 000, bei Frauen etwa 4 500 000 Blutkörperchen enthalten. Ihre Zahl nimmt nach der Mahlzeit, nach wiederholten Aderlässen und nach längerem Hungern ab; ebenso bei Frauen während der Schwangerschaft, sowie in gewissen Krankheiten, der Chlorose und der Leukämie.

Die Zahl der rothen Blutkörperchen beim Fötus, namentlich in den frühen Stadien der Entwicklung ist sehr gering und nimmt im Laufe der Entwicklung ganz allmähig zu. Im Allgemeinen erreicht das Blut des Ungeborenen niemals die Zahl der Blutkörperchen des mütterlichen Blutes. Dagegen weisen die Neugeborenen soviel Blutkörperchen auf, wie die Mutter (COHNSTEIN und ZUNTZ).

Das Volum eines rothen Blutkörperchens beträgt nach WELCKER's annähernder Bestimmung 0,000000072 Kub.-mm; seine Oberfläche 0,00012 □ mm. Die in 1 Kubik-Millimeter Blut enthaltenen Blutkörperchen besitzen demnach eine Gesamtoberfläche von 640 □ mm und für die Blutkörperchen des gesammten Körperblutes des Menschen

<sup>1</sup> VIERORDT. Archiv f. physiologische Heilkunde Bd. XI.

<sup>2</sup> H. WELCKER. HENLE's und PFEUFER's Zeitschrift Bd. XX.

<sup>3</sup> MALASSEZ. Archiv v. BROWN-SÉQUARD etc. 1874.

(dessen Menge zu 4400 Cc. angesetzt) berechnet sich eine Oberfläche von 2816  $\square$  m, das ist eine Quadratfläche, welche auf kürzestem Wege zu durchschreiten 80 Schritte kostet. Werden in einer Sekunde 176 Cc. Blut in die Lunge eingetrieben, so beträgt die Gesamtoberfläche der pro Sekunde in die Lunge eintretenden Blutkörperchen 81  $\square$  m.

Die Zählung der Blutkörperchen wird so ausgeführt, dass man ein kleines, genau bestimmtes Blutvolumen mit einer ebenfalls genau gemessenen Menge einer die Körperchen nicht zerstörenden Flüssigkeit (0.6% Kochsalzlösung) verdünnt. Davon wird eine kleine Menge in ein kalibriertes Kapillarröhrchen aufgenommen, danach auf einen Objektträger ausgebreitet und werden die Blutkörperchen unter dem Mikroskop gezählt (VIERORDT, WELCKER, MALASSEZ).

Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen. Der wesentliche Inhalt der rothen Blutkörperchen ist der „rothe Blutfarbstoff“, das „Hämoglobin“, das in dem Gerüste des Körperchens, dem Stroma, eingebettet liegt. Seine hervorragendsten Merkmale sind: 1) Die Fähigkeit, „Sauerstoff chemisch zu binden“; 2) das „spektroskopische Verhalten“; 3) die „Krystallisirbarkeit“ (FUNKE)<sup>1</sup>, die entstehenden Krystalle heissen die „Blutkrystalle“; 4) der Gehalt an „Eisen“.

Das Hämoglobin besitzt die Fähigkeit, mit dem Sauerstoff eine lockere chemische Verbindung, Oxyhämoglobin, zu bilden, denselben aber auch wieder leicht abzugeben. Diese Aufnahme von Sauerstoff durch das Hämoglobin geschieht stets während der Athmung, wobei sich das Blut mit Sauerstoff sättigt, den es allmähig an die Gewebe des Körpers wieder abgibt. Auch ausserhalb des Körpers erhält man die Verbindung sehr leicht durch Schütteln des Blutes mit Luft. Das Hämoglobin giebt den Sauerstoff schnell an leicht oxydirbare Körper ab, wie an Schwefelammonium, an weinsaures Zinnoxidul; selbst beim Schütteln des Blutes mit feiner Eisenfeile verliert es seinen Sauerstoff. Ebenso wird der Sauerstoff an den luftleeren Raum abgegeben, wie auch an Sauerstoff freie Gasmenge, wenn z. B. Blut mit Stickstoff oder Wasserstoffgas geschüttelt wird. Endlich wird der Sauerstoff auch von Blutbestandtheilen selbst aufgezehrt (O-Zehrung des Blutes), denn Blut, das unter Luftabschluss längere Zeit steht, verliert denselben vollständig an leicht reduzierende Substanzen, die theils im lebenden Blute vorhanden sind (PFLÜGER, AL. SCHMIDT), zum Theil aber sich beim Stehen des Blutes bilden (HOPPE-SEYLER).

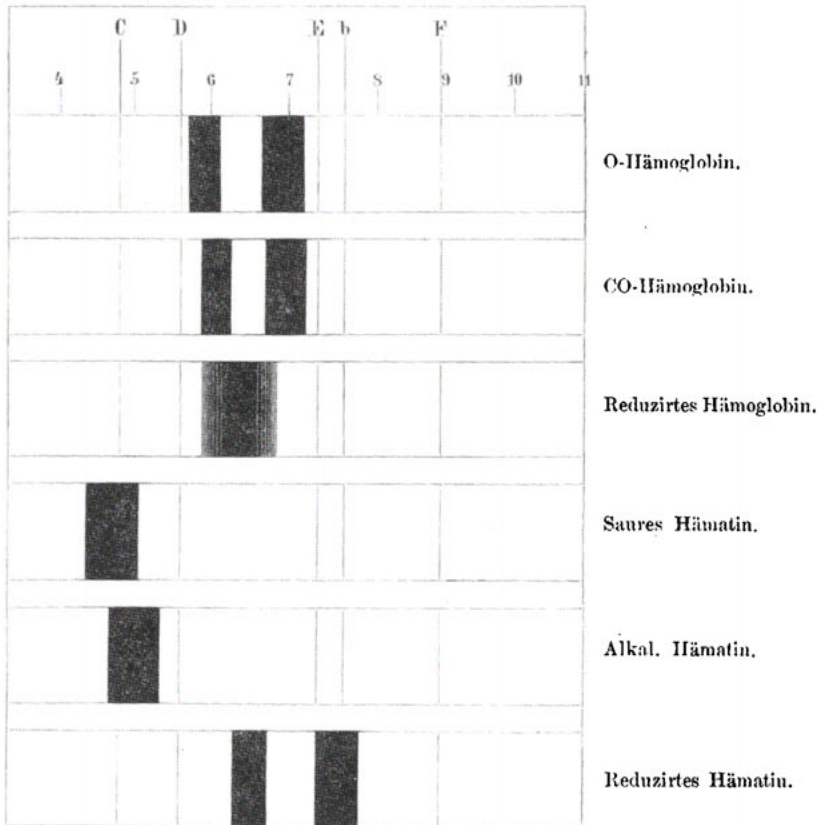
Der mittlere Hämoglobingehalt des Menschen beträgt 14.5% beim Manne und 13.3% beim Weibe (OTTO). Ein Gramm Hämoglobin nimmt bei 0° und ein Meter Druck 1.202 ccm O auf (HÜFNER). Festere Verbindungen mit dem Hämoglobin, als die des Oxyhämoglobin es ist, gehen ein Kohlenoxyd (L. MEYER) und

<sup>1</sup> FUNKE. Zeitschrift f. rat. Medicin 1851.

Stickoxyd (L. HERMANN). Diese Gase können sich der Reihe nach Volumen für Volumen ersetzen und bilden dem Oxyhämoglobin isomorphe Krystalle (s. unten).

Das Oxyhämoglobin zeigt bei der Untersuchung im Spektroskop zwei Absorptionsstreifen zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien D und E (HOPPE-SEYLER); reduziert man das Oxyhämoglobin durch Schwefelammonium oder andere reduzierende Substanzen, so erhält man nur einen Absorptionsstreifen, der ebenfalls zwischen D und E liegt: STOKES

Fig. 1.



Absorptionsspektren des Blutes und seiner Farbstoffe.

Absorptionsband. Durch Schütteln des Blutes mit Luft lassen sich die beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobin wieder herstellen. Bei Einleiten von Kohlenoxyd, wodurch der Sauerstoff aus dem Blute verdrängt und das Oxyhämoglobin zu Kohlenoxydhämoglobin wird, erhält man ebenfalls zwei Absorptionsstreifen, die einander aber näher liegen als beim Oxyhämoglobin, indem sich der Streifen von D deutlich gegen E nähert (s. Figur 1).

Das charakteristische optische Verhalten im Spektroskop ist dem Hämoglobin auch eigen, wenn es sich in seiner natürlichen Lage innerhalb des Blutkörperchens befindet.

Die grössere Festigkeit der Kohlenoxydhämoglobinverbindung gegenüber dem Oxyhämoglobin ist in forensischen Fällen von Wichtigkeit. Während man nämlich das Blut gewöhnlicher Leichen sauerstofffrei findet, weil nach dem Tode der Sauerstoff in der oben erwähnten Weise verbraucht worden ist, erscheint dagegen im Blute mit Kohlenoxyd Vergifteter das Hämoglobin in Verbindung mit Kohlenoxyd; — Differenzen, die einerseits die spektroskopische Untersuchung unterscheiden lehrt; andererseits die Thatsache, dass Kohlenoxydhämoglobin durch reduzierende Agentien nicht reduziert werden kann (HOPPE-SEYLER).

Obleich das CO-Hämoglobin eine festere Verbindung als O-Hämoglobin ist, gelingt es trotzdem durch anhaltendes Hindurchleiten von Sauerstoff resp. Luft das Kohlenoxydhämoglobin wieder in Oxyhämoglobin überzuführen (EULENBERG, DONDERS).

Die Krystallisirbarkeit des Hämoglobins ist den Blutarten aller Gefässprovinzen, sowie aller Thiere, aber in verschieden hohem Maasse eigen; Hämoglobin, das frei von Sauerstoff ist, krystallisirt schwerer, als sauerstoffhaltiges. Das Hämoglobin des Meerschweinchenblutes krystallisirt am leichtesten, am schwersten das des Schweinsblutes.

Die Krystalle des Hämoglobin sind prismatisch oder tafelförmig und gehören dem rhombischen System an; eine Ausnahme davon machen die Blutkrystalle des Eichhörnchens, die in hexagonalen Tafeln krystallisiren. Die Krystalle, welche nur bei Temperaturen unter 0° haltbar sind, erscheinen hell zinnoberroth oder ziegelfarben und lösen sich leicht in Wasser und Alkalien, ohne in letzterer Lösung ihre Krystallisationsfähigkeit einzubüssen; aus der wässrigen Lösung werden sie durch Hitze gefällt.

Alle Methoden, das Hämoglobin zu krystallisiren, beruhen darauf, die Blutkörperchen zu zerstören, um das Hämoglobin aus seiner Verbindung mit dem Stroma zu befreien, wie es durch Zusatz von Wasser, Chloroform, gallensauren Salzen u. s. w. zum Blute geschieht. Zur Darstellung von Blutkrystallen im Kleinen bringt man einen Tropfen Blut auf einen Objektträger, setzt etwas Wasser zu und überlässt denselben der Verdunstung. Man sieht nach einiger Zeit im Mikroskop Krystalle der oben beschriebenen Form.

Was den Eisengehalt des Hämoglobins betrifft, so enthalten 100 Theile Hundehämoglobin nach HOPPE-SEYLER 50.85 C, 7.32 H, 16.11 N, 21.84 O, 0.38 S, **0.43 Fe**. Man ist im Allgemeinen der Ansicht, dass das Hämoglobin aus einem Eiweisskörper, dem Globulin, und dem eisenhaltigen Farbstoffe Hämatin zusammengesetzt ist, ohne indess anzunehmen, dass diese beiden Substanzen in dem Hämoglobin als solche präformirt vorhanden wären.

**Zersetzungsprodukte des Hämoglobin.** Die Zersetzung des Hämoglobin tritt schon spontan ein, wenn man es in einer wohlverschlossenen Flasche bei einer Temperatur über 0° stehen lässt und zwar um so langsamer, je niedriger

die Temperatur ist; ferner beim Erhitzen, beim Zusatz von Säuren, Alkalien und Metallsalzen; sie ist kenntlich durch den Eintritt einer schmutzig braunrothen Färbung. Das Hämoglobin zerfällt in Hämatin und Globulin. Das Hämatin enthält in 100 Theilen Substanz 64.25 C, 5.50 H, 8.02 N, 8.02 Fe, 12.60 O; es ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, leicht löslich in Alkalien, Säuren und angesäuertem Aether. Das Hämatin in saurer Lösung zeigt im Spektroskope einen Absorptionsstreifen in C, in alkalischer Lösung ebenfalls einen Streifen, der zwischen C und D liegt; behandelt man die alkalische Hämatinlösung mit reduzierenden Substanzen (wie oben), so zeigt die Lösung zwei Absorptionsstreifen zwischen D und b (s. Fig. 1). Das Globulin hat viele Reaktionen mit den übrigen Eiweissen gemein, ist aber doch von ihnen und selbst von dem Globulin der Augenlinse verschieden. — Aus eingetrocknetem Blute hat TEICHMANN die „Häminkrystalle“ in folgender Weise dargestellt: das durch Abschaben eines Blutfleckens erhaltene trockene Pulver wird auf ein Objektglas gebracht und demselben ein Krystall von Kochsalz und ein Tropfen von Eisessig zugesetzt; wird nun recht allmähig über einer Spirituslampe erwärmt, so erhält man kleine braunrothe, rhombische Plättchen. Geschieht die Erwärmung zu rasch, so entstehen nur kleine Stäbchen. Die TEICHMANN'schen Krystalle sind besonders für forensische Zwecke, wo man häufig nur alte Blutflecken zur Untersuchung bekommt, von grosser Wichtigkeit. Nach HOPPE ist das Hämin salzsaures Hämatin. — Lässt man Blut in dünnen Schichten an der Luft stehen oder behandelt man dasselbe mit oxydirenden Agentien (z. B. Kaliumpermanganat), so bildet sich ein rothbrauner Farbstoff, der Methämoglobin genannt wird (HOPPE-SEYLER). Derselbe ist krystallinisch, enthält soviel Sauerstoff als das Oxyhämoglobin, aber in fester Bindung, sodass er weder durch das Vacuum, noch durch CO austreibbar ist, hat ein Spektrum gleich dem des sauren Hämatins und wird durch Fäulniss oder reduzierende Substanzen in alkalischer Lösung zu Hämoglobin reduzirt (HÜFNER und OTTO). So lange das Oxyhämoglobin sich in den unversehrten Blutkörperchen befindet, tritt niemals die Bildung von Methämoglobin ein (v. MERING). — Bleibt Blut, das aus den Gefässen in die umliegenden Gewebe ausgetreten ist, dort längere Zeit liegen, so bilden sich in dem Blutextravasat sogenannte Hämatoidinkrystalle von gelbrother Färbung (VIRCHOW), die mit dem Bilirubin, dem Farbstoff der Galle, identisch sein sollen.

Ausser dem Hämoglobin enthalten die rothen Blutkörperchen noch Globulin, Lecithin und Spuren von Cholestearin; von unorganischen Verbindungen enthalten sie vorwiegend Kalisalze und Phosphate, im Gegensatz zum Plasma, wo die Natronverbindungen vorherrschen, endlich Wasser.

Die weissen Blutkörperchen. Die zweite Art von Blutkörperchen, die farblosen oder weissen Blutkörperchen, sind 1770 von HEWSON entdeckt worden; dieselben sind mattgrau, fein granulirt, von sphärischer Gestalt, im Blute der Säugethiere stets grösser, als die rothen; von den elliptischen Formen der rothen Blutkörperchen der übrigen Wirbelthiere unterscheiden sie sich allein schon durch ihre sphärische Gestalt. Sie besitzen überall einen deutlichen, grösstentheils excentrisch gelegenen Kern, welcher bei Essigsäurezusatz noch schärfer hervortritt (häufig sind es zwei oder mehrere Kerne). Ihre Oberfläche scheint eine

gewisse Klebrigkeit zu besitzen, denn man sieht dieselben, wo sie in grösserer Zahl vorkommen, zu runden Haufen ziemlich fest verklebt. Ein so ausgesprochenes Senkungsvermögen, wie die rothen Blutkörperchen besitzen sie nicht, denn beim Stehen des Blutes bleiben sie zunächst oben im Serum und senken sich erst nach längerer Zeit. Die farblosen Blutkörper finden sich überall im Blut der Wirbelthiere neben den rothen; ihr Verhältniss zu den letzteren beträgt nach den Zählungen von WELCKER, MOLESCHOTT, MARFELS u. A. 1 : 350.

Die Zahl der weissen Blutkörperchen schwankt in verschiedenen Zuständen ausserordentlich: im Alter nimmt ihre Zahl ab; bei Frauen ist sie kleiner als bei Männern, nur während der Schwangerschaft und Menstruation nimmt sie zu. Im nüchternen Zustande ist sie am kleinsten, am grössten nach einer eiweissreichen Mahlzeit. Unter pathologischen Verhältnissen, bei der von VIRCHOW zuerst beobachteten und Leukämie genannten Krankheit steigt ihre Zahl so, dass sich ihr Verhältniss zu den rothen auf 1 : 21—7 stellt.

Eine besonders wichtige und interessante Eigenschaft der weissen Blutkörperchen ist ihre Fähigkeit, ihre Gestalt zu verändern und Bewegungen auszuführen: Erwärmt man einen Tropfen eben entleerten Säugethierblutes auf dem heizbaren Objektisch bis zu ca. 38° C., so fängt das weisse Blutkörperchen an, Fortsätze, wie kleine Füsschen, auszustrecken und mittelst derselben Lokomotionen auszuführen. Diese Bewegungen werden wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Bewegungen der einzelligen Amöben „amöboide“ genannt; ganz wie diese Amöben können sie mit ihren Fortsätzen Fett- und Pigmentkörnchen erfassen und ihrem Protoplasma einverleiben: man sieht sie dann mit Fett- oder Farbstoff beladen umherschwimmen.

Vermöge dieser amöboiden Bewegungen können die weissen Blutkörperchen, wie WALLER und COHNHEIM<sup>1</sup> entdeckt haben, die anscheinend impermeablen Wandungen der kleinen Blutgefässe, namentlich der Kapillaren durchdringen und den kreisenden Blutstrom verlassen, um ihre Wanderungen in dem umliegenden Gewebe fortzusetzen, ein Vorgang, der besonders im ersten Stadium der Entzündung beobachtet, offenbar von grosser Bedeutung für diesen Prozess sein muss. Der nähere Vorgang bei dieser „Auswanderung“ der weissen Blutkörperchen ist folgender: es liegt eines der weissen Blutkörperchen, die sich im Allgemeinen an der Gefässwand und nicht im Axenstrom fortzubewegen pflegen, an der Gefässwand an; nach einer geraumen Zeit sieht man, wie die Wandung nach aussen einen feinen Fortsatz aussendet, der sich verdickt, während die weisse Blutzelle im Gefäss ihrerseits kleiner wird, bis endlich von derselben im Gefäss nur ein kurzer Fortsatz noch vorhanden ist; endlich verschwindet auch dieser und das Blutkörperchen

<sup>1</sup> COHNHEIM. Ueber Entzündung und Eiterung. Virchow's Archiv Bd. 40. 1867.

liegt in seiner ursprünglichen Form der Aussenseite des Gefässes an, um von hier aus noch weiter zu wandern.

Ein neuerdings aufgefundenes Formelement des Blutes von wahrscheinlich untergeordneter Bedeutung sind die Blutplättchen von Bizzozero: es sind grössere rothe Körnerkugeln und farblose Körnermassen, die im Kreislauf wahrscheinlich zu Grunde gehen.

Das Blut der Wirbellosen, wie das des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus, enthält keine rothen, sondern nur denen der Wirbelthiere identische weisse Blutkörperchen.

### Das Blutplasma.

Unter Blutplasma, *Liquor sanguinis*, versteht man das Blut minus Blutkörperchen. Man erhält reines Blutplasma von Thieren, deren Blut sehr langsam gerinnt, namentlich wenn man die Gerinnung durch Temperaturerniedrigung noch mehr verlangsamt. Am besten eignet sich dazu in hohen Standgläsern gesammeltes Pferdeblut, das erst nach einigen Stunden gerinnt. In diesem Falle stellt das Blutplasma eine klare, durchsichtige, fast wasserhelle Flüssigkeit (die rothen Blutkörperchen liegen auf dem Boden) von schwach alkalischer Reaktion dar, die sich bei der Gerinnung stärker zusammenziehen kann als der Blutkuchen, und welche die Speckhaut (*Crusta phlogistica*) als oberste Schicht des Gerinnsels bildet; in ihr sind neben dem geronnenen Körper nur weisse Blutkörperchen vorhanden. Diese seine Gerinnungsfähigkeit ist die auffallendste Eigenschaft des Plasma.

Die Gerinnung des Blutes. Die Gerinnung des Blutes, welche dem Gesamtblute zukommt, ist eine Erscheinung, deren Ursache wesentlich nur im Blutplasma zu suchen ist. Dies lehrt schon ein Versuch von JOH. MÜLLER, in welchem das Filtrat eines durch Zuckerlösung verdünnten Froschblutes gerinnt, dessen Blutkörperchen auf dem Filter zurückgeblieben waren. Die Gerinnung besteht in der Ausscheidung eines unlöslichen Eiweisskörpers, des Faserstoffes oder Fibrins, aus dem Plasma. Mit der Ausscheidung des Faserstoffes geht einher eine Abnahme der Alkaleszenz des Blutes (PFLÜGER und ZUNTZ), die wahrscheinlich auf der Bildung einer Säure beruht. Das Blutplasma besteht also aus dem Fibrin und dem Blutserum, das letztere wird durch die Zusammenziehung des Gerinnsels aus demselben als klare Flüssigkeit ausgepresst. Das Blut sämmtlicher Wirbelthiere besitzt die Fähigkeit zu gerinnen, aber in verschieden hohem Grade: das Blut des Menschen gerinnt schon nach wenigen Minuten, das der übrigen Thiere verschieden schnell.

Es giebt eine Reihe von Einflüssen, welche die Gerinnung befördern: 1) der Kontakt mit fremden Körpern und der Luft, sowie die Bewegung, daher tritt sie früher ein beim Schütteln und Quirlen oder Schlagen des Blutes (durch

Schlagen des Blutes verschafft man sich fibrinfreies, sogenanntes „defibrinirtes“ Blut; das Fibrin, das in Fäden gerinnt, bleibt an den schlagenden Stäben haften); 2) der Zusatz von wenig Wasser; daher kommt es, dass beim Entleeren einer Ader die letzten Partien schon gerinnen, während die ersten noch flüssig sind, denn der Rest mischt sich mit dem aus dem benachbarten Gewebe eindringenden Wasser; 3) höhere Temperaturen (37—38° C.) HEWSON). — Verzögert wird die Blutgerinnung: 1) durch Reichthum des Blutes an Kohlensäure, daher gerinnt venöses Blut langsamer, als arterielles; 2) durch Entzündung des Körpertheiles; 3) im Erstickungsblut. (Man erhält solches sauerstoffreiches Blut, wenn man ein mit Blut gefülltes Thierherz, dessen Arterien und Venen man unterbunden hat, weiter arbeiten lässt, wobei der Herzmuskel allen Sauerstoff verbraucht); 4) durch Zusatz von Hühnereiweiss, Zuckerlösung, Säuren bis zur Neutralisation und durch viel Wasser; 5) durch Zusatz von Alkalien, ebenso durch Zusatz concentrirter neutraler Alkalisalze, wie kohlensaurer, phosphorsaurer, schwefelsaurer Alkalien und Erden u. s. w.; 6) niedrige Temperaturen (DAVY). Die Angabe, dass Menstrualblut nicht gerinne, ist ein Irrthum (VIRCHOW, SCANZONI). Das Fibrin ist unlöslich: in Wasser, Alkohol und Aether; löslich: in Alkalien unter Bildung von Alkalialbuminat; ferner in Lösungen von Neutralsalzen, wie 6—8% salpetersaures und schwefelsaures Natron; in verdünnten Säuren, besonders bei 60° C., zu Syntonin oder Acidalbumin. Ein charakteristischer Unterschied des Faserstoffes gegenüber den anderen Eiweisskörpern ist gegeben durch die Form seiner Gerinnung in Fäden. Die Menge des Fibrins ist angesichts der Thatsache, dass es das ganze Blut fest macht, sehr gering, es beträgt nur 0.1—0.3%. Das farblose Blut der Wirbellosen hat ebenfalls die Fähigkeit zu gerinnen, der Blutkuchen ist aber bei Weitem weniger fest und presst aus sich kein Serum aus; so z. B. gerinnt das Blut bei den Krustaceen noch ganz gut, aber in den niederen Klassen, wo das Blut sehr wässrig wird, ist die Gerinnungsfähigkeit ausserordentlich gering und hört endlich ganz auf.

Nach der Entdeckung von AL. SCHMIDT<sup>1</sup> ist der Faserstoff im Blute nicht präformirt, vielmehr bildet sich derselbe aus der chemischen Verbindung zweier anderer im Blute vorhandener Eiweisskörper, der „fibrinogenen“ und „fibrinoplastischen“ Substanz, unter dem Einflusse eines Fermentes, das im kreisenden Blute fehlt und das erst beim Ausfliessen des Blutes aus den Blutgefässen gebildet wird. Der Grundversuch, dem diese Ansicht über die Gerinnung entnommen wurde, ist folgender: Die Höhlenflüssigkeiten, wie die des Pericardiums, der Pleuren u. s. w., welche namentlich in pathologischen Fällen sehr reichlich vorhanden sein können, pflegen spontan gar nicht oder nur sehr wenig zu gerinnen. Setzt man denselben aber Blut (defibrinirtes) zu, so tritt eine schnelle und feste Gerinnung ein. AL. SCHMIDT folgerte, dass in diesen Flüssigkeiten ein Körper vorhanden sein müsse, der eine volle und ausgiebige Gerinnung erst herbeiführen könne bei Anwesenheit eines zweiten Körpers, welcher in dem zugefügten Blute anwesend ist und nannte den ersteren fibrinogene, den letzteren fibrinoplastische Substanz. Weitere Versuche und Ueberlegungen führten noch zur

<sup>1</sup> AL. SCHMIDT. REICHERT'S und DU BOIS-REYMOND'S Archiv 1861 u. 1862.

Annahme eines Fermentes. Diese drei Faktoren für die Blutgerinnung konnten auch gesondert aus dem Blute dargestellt werden.

Die fibrinoplastische Substanz wird am besten aus defibrinirtem Blute oder dessen Serum gewonnen, indem man nach 10—15 facher Verdünnung desselben einen starken Kohlensäurestrom hindurchleitet, durch den es ausgefällt wird. Wegen seiner grossen Aehnlichkeit mit dem Globulin der Augenlinse wird es Paraglobulin genannt. In Flocken erhalten ist dasselbe in reinem Wasser unlöslich, aber löslich in sauerstoffhaltigem Wasser, aus dem es durch einen Kohlensäurestrom wieder gefällt wird. Ferner ist es löslich in verdünnten Alkalien und Säuren, ziemlich löslich in verdünnten Neutralsalzen, aus denen es auf Wasserzusatz wieder ausfällt. Fibrinogen (Metaglobulin) erhält man aus fibrinogenen Flüssigkeiten oder aus verdünntem Blutplasma, dem durch Kohlensäure das Paraglobulin entzogen ist, durch nochmaliges Einleiten von Kohlensäure. Der Niederschlag unterscheidet sich schon der Form nach von dem vorigen; Fibrinogen bildet hautähnliche Massen, die sich an die Gefässwandungen anlegen. In seinen Löslichkeitsverhältnissen stimmt es mit dem Paraglobulin überein, nur dass es in allen Lösungsmitteln schwerer löslich ist.

Das Fibrinferment wird aus Blutserum dargestellt, welches bis zur völligen Ausfällung seiner Eiweisse mit absolutem Alkohol versetzt wird; der auf dem Filter gesammelte Niederschlag bleibt etwa 4—6 Monate unter absolutem Alkohol aufbewahrt. So werden die Eiweisse in Wasser unlöslich, während der Wassereextrakt das Ferment enthält, das von dem ihm noch anhängenden Eiweisse durch vorsichtiges Ansäuern mit Essigsäure gereinigt werden kann.

Das Ferment bildet sich durch chemische Prozesse aus den weissen Blutzellen, welche beim Gerinnungsvorgange in grosser Menge zerfallen. Niedrige Temperatur hindert ebenso diesen Zerfall, wie die Fermentation selbst, trotz vorhandenen Fermentes; dasselbe leisten Salzlösungen. Weitere Erfahrungen scheinen anzudeuten, dass die Erzeugung des Fibrinfermentes keine den weissen Blutzellen spezifische Eigenschaften vorstellt, sondern dass das Fibrinferment ein allgemeines Protoplasmaprodukt ist, denn der Zusatz von Hefezellen, einzelligen Protozoen u. a. beschleunigte die Gerinnung von filtrirtem Pferdeblutplasma, das sich selbst überlassen erst sehr spät gerann (AL. SCHMIDT).

Die Frage, weshalb das Blut in den Blutgefässen selbst nicht gerinne, ist von BRÜCKE<sup>1</sup> dahin beantwortet worden, dass der lebenden Gefässwand gewisse gerinnungswidrige Eigenschaften zukommen, wie folgende zwei Versuche lehren. Lässt man ein mit Blut gefülltes Schildkrötenherz, dessen Ausführungskanäle unterbunden sind, weiter arbeiten, so ist das Blut in demselben noch nach 7—8 Tagen flüssig, während das aus einem zweiten Herzen entleerte, unter Quecksilber aufgefangene Blut sehr bald gerinnt. Wird ferner ein Stück eines Blutgefässes durch ein Glasrohr ersetzt, so gerinnt das Blut innerhalb dieser neuen Gefässwand sehr schnell. Nach AL. SCHMIDT müsste man annehmen, dass die lebende Gefässwand einen hemmungswidrigen Einfluss auf die Bildung der Fibringeneratoren ausübe.

Unter besonderen Umständen kommt es auch im Blutgefässe selbst zur Gerinnung und zwar 1) wenn die innere Oberfläche durch pathologische Verände-

<sup>1</sup> E. BRÜCKE. Vorlesungen über Physiologie Bd. I. S. 83.