

TÄUBER,

Die Bakterien und

Kleintiere des Süßwassers.

Im gleichen Verlag erschien:

== Dr. Täuber, Zoologische Wandbilder. ==

Nach Originalen von A. Fiedler.

In vielfachem Farbendruck. Größe 88 : 68.

Jede Tafel roh M. 1.25

„ „ aufgezogen auf Leinwand und Stäbe „ 2.75

Inhalt: 1. Orang-Utan. 2. Löwe. 3. Wolf. 4. Elefant. 5. Wildschwein. 6. Reh. 7. Marder. 8. Maulwurf. 9. Eichhörnchen. 10. Eisbär. 11. Fledermaus. 12. Seehund. 13. Wal. 14. Känguruh. 15. Steinadler. 16. Schleiereule. 17. Spechte. 18. Storch. 19. Buchfink u. Stieglitz. 20. Kreuzotter u. Ringelnatter. 21. Grüner Wasserfrosch. 22. Karpfen u. Hecht. 23. Schnecken. 24. Muschel. 25. Krebs. 26. Kreuzspinne. 27. Honigbiene. 28. Maikäfer. 29. Kohlweißling. 30. Regenwurm.

== Dr. Täuber, Zootomische Wandtafeln. ==

Künstlerisch ausgeführt von A. Fiedler.

Farbendruck in Größe 88 : 68.

Jede Tafel roh M. 2.—

„ „ aufgezogen auf Leinwand und Stäbe „ 3.50

Inhalt: 1. Amöbe. 2. Infusorien. 3. Flagellaten. 4. Sporozoen. 5. Süßwasser-schwamm. 6. Süßwasserpolyp. 7. Koralle. 8. Seestern. 9. Regenwurm. 10. Bandwurm. 11. Weinbergschnecke. 12. Teichmuschel. 13. Tintenfisch. 14 u. 15. Flußkreb. 16 u. 17. Honigbiene. 18. Schmetterling. 19. Maikäfer. 20. Stubenfliege. 21. Kreuzspinne. 22. 23. 24. Zellen und Gewebe.

Demnächst erscheint:

Dr. Täuber, Einführung in Bau und Leben der wirbellosen Tiere.

Mit 24 Tafeln. Zugleich Begleitwort zu den zootomischen Wandtafeln des Verfassers. Ungefähr 200 Seiten.

== Dr. Täuber, Mikroskopische Wandtafeln. ==

Nach Originalen von A. Fiedler und Dr. Täuber.

In vielfachem Farbendruck. Größe 88 : 68.

12 Tafeln roh mit Text M. 25.—

12 „ auf Leinwand und Stäben mit Text „ 43.—

Jede Tafel roh „ 2.50

„ „ aufgezogen auf Leinwand und Stäben „ 4.—

Inhalt: 1. Allgemeines über Mikroorganismen. 2. Bakterien. 3. Gärungs-
erreger. 4. Pilze. 5. Rhizopoden. 6. Sonnen-
6. Sonnen-
11. Rädertiere. 10. Hydra.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294730

D e Buch.

D. 5863.

Die Bakterien

und

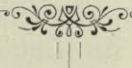
Kleintiere des Süßwassers

von

Dr. HUGO TÄUBER

Lehrer in Leipzig

— Mit 12 Tafeln —



Städt. Schulmuseum
zu Breslau.

gg 337

K. G. LUTZ' VERLAG, STUTT GART.

W+3
238.

5249



Akc. Nr. 4692/50

Vorwort.

Bis vor kurzem lagen die Kleinlebewesen an der Peripherie des naturgeschichtlichen Interesses weiter Kreise. Auch der biologische Unterricht der mittleren und niederen Schulen hat sich bisher wenig mit diesem so interessanten und bedeutungsvollen Kapitel beschäftigt. Erfreulicherweise ist das in der letzten Zeit anders geworden. Die Gründe für eine eingehendere Beschäftigung mit den kleinsten Lebewesen lagen wohl darin, daß die Wissenschaft auf die außerordentliche Bedeutung gerade der winzigsten Formen für den gesamten Weltprozeß hinwies. Ist doch alles, was wir unter dem Namen Gärung, Fäulnis, Infektionskrankheit zusammenfassen, eine Wirkung dieser Organismen. Verdanken doch eine große Anzahl von Gewerben, wie Bäckerei, Brauerei, Essigfabrikation, Molkereiwesen, der Arbeit jener Wesen ihre Existenz. Ist doch auch die Bewirtschaftung des Bodens ohne die Mitwirkung der Spaltpilze ganz undenkbar. Und welche hervorragende Rolle spielen sie bei der biologischen Selbstreinigung unserer durch die Schleusenwässer verunreinigten Flüsse und Ströme und helfen so mitarbeiten an der Lösung von Problemen, die die vitalsten Interessen gerade unserer Großstädte berühren. Nicht zuletzt sei auch daran erinnert, daß die als Plankton bezeichneten Kleinlebewesen erst den Fischreichtum unserer Teiche, Seen ermöglichen und dadurch von ungeheurer volkswirtschaftlicher Bedeutung sind. Wie gewaltig ist auch ihre Tätigkeit beim Aufbau großer Teile der Erdoberfläche! Neben diesen praktischen Wirkungen mag auch die theoretische Bedeutung der Kleinwelt das Interesse wachgerufen haben, da in diesen ursprünglichsten Wesen die Lebenstätigkeiten am einfachsten und durchsichtigsten verlaufen. Berücksichtigen wir noch, daß der Kreislauf der Stoffe erst verständlich wird, wenn wir den Anteil der Kleinlebewesen mit in den Kreis der Betrachtung ziehen, so erhellt wohl aus alledem, wie notwendig eine Kenntnis der niedersten Lebewesen ist. Andererseits lohnt wohl kaum ein Gebiet menschlicher Erkenntnis die geringe Anstrengung, die nötig ist, um ein elementares Verständnis dieser Lebensformen zu erlangen, so reichlich, als gerade

das der Bakteriologie und niedersten Pflanzen- und Tierformen. Wen zudem unterrichtliche Erfahrung lehrte, welches ursprüngliche Interesse die Schüler der Lebewelt des Mikroskopes entgegenbringen, wird gern die mannigfachen kleinen Mühen, die das Herstellen der Präparate verursacht, auf sich nehmen, um seine jungen Freunde in ein Neuland einzuführen, das außerordentlich geeignet ist, die Anschauung über das Leben zu erweitern.

Aus allen diesen Gründen erschien mir die Herausgabe farbiger mikroskopischer Tafeln¹ gerechtfertigt. Die vorliegende kleine Schrift ist als Begleitwort zu denselben gedacht. Zugleich hoffe ich damit auch manchem, der dem behandelten Gebiet ganz fernsteht, eine elementarste Einführung zu bieten.

¹ Mikroskopische Wandtafeln, herausgegeben von Dr. H. Täuber, gemalt von Alfred Fiedler. Größe 88 + 68 cm, jede Tafel roh 2.50 Mk., aufgezogen auf Leinwand mit Stäben Mk. 4. K. G. Lutz, Verlag, Stuttgart.

Leipzig, im Oktober 1909.

Der Verfasser.

Empfehlenswerte Literatur zum Weiterstudium.

- Gutzeit, Die Bakterien. Teubner, Aus Natur und Geisteswelt.
Miehe, Bakterien. Quelle und Meyer, Wissenschaft und Bildung.
Schottelius, Infektionskrankheiten und deren Bekämpfung. Stuttgart,
E. H. Moritz.
Fischer, Vorlesungen über Bakterien. Fischer, Jena.
Schmidt und Weis, Die Bakterien. Fischer, Jena.
K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Tauchnitz, Leipzig.
Eyfherth, Einfachste Lebensformen. Braunschweig, Goeritz.
W. Schurig, Plankton-Praktikum. Leipzig, Quelle und Meyer.
M. Voigt, Praxis des naturk. Unterrichts. Dieterich'sche Verlagsh.
Mikrokosmos, Zeitschrift für die praktische Betätigung aller Naturfreunde
Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
Zacharias, Süßwasserplankton, Teubner.
— — Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers. 2 Bände, 1891.

Inhalt.

	Seite
• Taf. 1. Allgemeines über Bakterien	7
Geschichtliches. Formen der Bakterien. Bau. Größe. Bewegung. Vermehrung und Entwicklung. Sporenbildung. Stoffwechsel. Stoffwechselprodukte. Verhalten gegen äußere Einflüsse. Verbreitung. Urzeugung. Schutzmittel.	
„ 2. Gärung und Fäulnis	13
Hefepilz. Weingärung. Biergärung. Fermente. Spiritusgewinnung. Destillation. Bäckerei. Essigbakterien. Milchsäurebakterien. Buttersäurebakterien. Käsebakterien. Schleimgärung des Zuckers. Zellulosegärung. Schwefelbakterien. Fäulnis. Bedeutung der Fäulnisbakterien. Biologische Selbstreinigung der Flüsse. Urzeugung. Konserven. Der Kampf gegen die Bakterien. Antiseptische und aseptische Wundbehandlung. Desinfektion im Haushalt. Chemische Desinfektionsmittel.	
„ 3. Bodenbakterien	26
Ernährung der Pflanzen. Düngung. Bodenbakterien. Stickstoffsammler. Wurzelknöllchenbakterien.	
„ 4. Krankheitserreger oder pathogene Bakterien	29
Geschichtliches. Ansteckung. Disposition. Schutzmittel des Körpers: Freßzellen, Bildung von Gegengiften. Infektionskrankheiten: 1. Die Pocken, Schutzimpfung. 2. Diphtherie, Serumtherapie. 3. Eiterung, antiseptische und aseptische Wundbehandlung. 4. Starrkrampf. 5. Tuberkulose. 6. Typhus. 7. Cholera. 8. Influenza. 9. Zahnbakterien. Rückblick auf die Bakterien.	
	Die niederen Süßwassertiere. Mikroaquarien 40
„ 5. Wurzelfüßer, Rhizopoden	41
Amoeba, Wechseltierchen. <i>Pelomyxa</i> , Urschleimtierchen. <i>Arcella</i> , Kapseltierchen. <i>Diffugia</i> , Mosaiktierchen. Wurzelfüßer des Meeres.	
„ 6. Sonnentierchen, Heliozoen	45
<i>Actinosphaerium</i> , großes Sonnentierchen. <i>Actinophrys</i> , Strahlange. <i>Clathrulina</i> , zierliches Sonnentierchen. <i>Vampyrella</i> , Vampirchen.	
„ 7. Wimperiinfusorien, Ciliaten	47
<i>Paramecium</i> , Pantoffeltierchen, <i>Vorticella</i> , Glockentierchen.	

	Seite
Taf. 8. Wimperinfusorien, Ciliaten	50
<i>Stentor</i> , Trompetentierchen. <i>Stylonychia</i> , Muscheltierchen.	
„ 9. Geißeltierchen, Flagellaten	51
<i>Euglena</i> , Schönauge. <i>Volvox</i> , Kugeltierchen. <i>Peridinium</i> , Panzertierchen.	
„ 10. Der Süßwasserpolyp, Hydra	54
„ 11. Rädertiere, Rotatorien	56
<i>Brachionus</i> , Wappentierchen. <i>Anuraea</i> , Stutzrädchen. <i>Philodina</i> , Strudeltierchen. <i>Melicerta</i> , Röhrentierchen.	
„ 12. Kleinkrebse, Entomostraken	58
Allgemeines. Plankton. <i>Daphnia</i> , der Wasserfloh. <i>Cyclops</i> , Hüpferling. Rückblick.	

Allgemeines über Bakterien.

Tafel I.

Geschichtliches. Die Spaltpilze oder Bakterien sind die kleinsten von allen bekannten Lebewesen. Da sie meist nur ein oder wenige Tausendstel eines Millimeters groß sind, können sie vom unbewaffneten Auge nicht wahrgenommen werden. Trotzdem hatten bereits die alten Völker eine Ahnung von ihrem Vorhandensein und hielten winzige Organismen für die Ursache verschiedener Krankheiten. Naturgemäß war ihre genauere Kenntnis und Erforschung an die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskopes gebunden. Erst ZACHARIAS JANSEN in Middelburg stellte um 1600 ein solches Instrument her. Und ein anderer Holländer, der Glasschleifer und Naturforscher ANTON VAN LEEUWENHOEK aus Delft, war es, der 1683 zum ersten Male Bakterien beobachtete und richtig zeichnete. Er verrührte etwas Zahnschleim in einem Tröpfchen Wasser und sah mit Erstaunen unter dem Vergrößerungsglas eine Unzahl kleiner Gebilde von Kugel-, Stäbchen- und Schraubenform sich lebhaft bewegen, die er „animalcula“ nannte. Von den vielen verdienstvollen Forschern, denen wir die Kenntnis der kleinsten Lebensformen verdanken, seien nur wenige genannt. Zuerst der Breslauer Botaniker FERDINAND COHN, der eine auch noch heute gültige Einteilung der Bakterien schuf. Er war es auch, der ihre systematische Stellung gegen die übrigen pflanzlichen und tierischen Formen abgrenzte und das Wesen der Sporen erkannte. Sodann der Franzose LOUIS PASTEUR, der um 1860 durch eine Fülle klassischer Untersuchungen die Lehre von der Urzeugung widerlegte, die Bedeutung der Bakterien für die verschiedenen Arten der Gärung und Fäulnis feststellte, ihre Anwesenheit bei vielen Infektionskrankheiten (Hühnercholera, Tollwut) erkannte und Methoden schuf, um ihnen entgegenzuwirken (Pasteurisieren und Schutzimpfung s. unten). Zuletzt gedenken wir noch des großen Berliner Bakteriologen ROBERT KOCH, der den Nachweis führte, daß die Spaltpilze nicht Begleiterscheinungen, sondern Ursache der ansteckenden Krankheiten sind, der die Erreger der Cholera und Tuberkulose fand und die modernen Untersuchungsmethoden schuf, überhaupt der Vater der medizinischen Bakteriologie wurde.

Formen der Bakterien. Schon LEEUWENHOEK hat die drei Grundformen der Bakterien, die Kugel, das gerade und gekrümmte Stäbchen, zeichnerisch richtig dargestellt.

Die einfachsten Formen sind winzige kugelrunde Gebilde, die wir als Kokken bezeichnen (Taf. I, 1). Liegen die einzelnen Kügelchen regellos nebeneinander, so sprechen wir von Haufen- oder Staphylokokken. Die Kokken vermehren sich durch Teilung. Bleiben sie nach der Teilung im Zusammenhang, so entstehen die Doppelkugeln oder Diplokokken (Taf. I, 2). Erfolgt die Teilung immer in einer Richtung, so erhalten wir eine Wuchsform, die einer rosenkranzähnlichen Schnur gleicht, die Kugelkette oder Streptokokken (Taf. I, 3). Durch Teilung in zwei verschiedenen Ebenen entsteht die Viererform (Taf. I, 4), bei der Teilung in den drei Richtungen des Raums die ballenförmigen Paketkokken (Taf. I, 5).

Die zweite Grundform ist das gerade Stäbchen. Wir unterscheiden hier die Kurzstäbchen oder Bakterien im engeren Sinne (Taf. I, 6) von den Langstäbchen oder Bazillen (Taf. I, 7). Sowohl Bakterien als Bazillen können nach der Teilung im Zusammenhang bleiben und bilden dann Kolonien oder Wuchsverbände, so die in Fig. 8 dargestellten Kettenstäbchen.

Den dritten Typus bildet das krumme Stäbchen. Ist der Körper lang ausgezogen und deutlich schraubenförmig, so reden wir von Spirillen (Fig. 9). Kürzere Krummstäbchen, die nur einen Teil eines Schraubenganges darstellen, werden Vibriolen genannt (Fig. 10). Spirochaeten endlich sind korkzieherartige, dünne Gebilde mit vielen engen Windungen (Fig. 11).

Bau der Bakterien. Bakterien sind einzellige Wesen ohne alle Organe. Dem feineren Baue nach bestehen sie aus einer dünnen Haut, die einen hellen, eiweißhaltigen Inhalt umschließt. Dieser Protoplasmaleib soll in seiner Zusammensetzung der Zellkernsubstanz näher stehen als dem gewöhnlichen Protoplasma der Pflanzenzellen. Ein Zellkern ist noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen worden. Vielfach wird auch der gesamte Zellinhalt der Bakterien als Kern aufgefaßt. Im Innern finden sich bei den verschiedenen Arten Zelleinschlüsse, so rötlichgelbe Schwefelkörnchen bei den Schwefelbakterien, Fetttropfchen, Stärkekörnchen, Eisen, rote und violette Farbstoffe.

Größe der Bakterien. Nur schwer vermögen wir uns die wirkliche Größe der Bazillen vorzustellen. Der Maßstab für die winzigen Gebilde ist $\frac{1}{1000}$ mm, das ist ein Mikron oder 1μ . Größere Formen, wie der Milzbrandbazillus, messen gegen $5-10 \mu$, die Kokken durchschnittlich 1μ . In einem Kubikmillimeter, also dem Raum eines Stecknadelkopfes, könnten demnach $1000 \cdot 1000 \cdot 1000 = 1000$ Millionen Kokken Platz finden. Die Größe der Eiterkokken verhält sich demnach zu der des

Menschen wie das Gerstenkorn zum Montblanc. Zu den kleinsten bekannten Bakterien gehört der Influenzabazillus, der nur $\frac{1}{2000}$ mm = $\frac{1}{2}$ μ mißt. Nun gibt es einige ansteckende Krankheiten, wie Pocken, Scharlach, Masern, die zweifellos auch durch Bakterien hervorgerufen werden, ohne daß es gelungen ist, mit Hilfe unserer Mikroskope den Erreger zu entdecken. Mit Recht darf man darum annehmen, daß noch Organismen von einer Kleinheit existieren, zu deren Wahrnehmung unsere optischen Hilfsmittel nicht ausreichen.

Bewegung. Die meisten Bakterien sind beweglich. Nur die Kokken und einige Bazillen führen keine Bewegungen aus und werden passiv verschleppt. Am beweglichsten sind Spirillen, Vibrionen und Spirochaeten, die sich schraubenförmig vorwärts bewegen. Stäbchen schwimmen in der Richtung ihrer Längsachse oder überschlagen sich purzelbaumförmig. Andere zittern und wackeln unsicher vorwärts. Wie die Untersuchung gefärbter Bakterien lehrt, tragen viele Formen als Bewegungsorgane feine Geißeln, die verschieden angeordnet sind (Fig. 7 a, 9, 10, 18, 19). Gewisse Spaltpilze besitzen nur auf einer gewissen Entwicklungsstufe, als „Schwärmer“, jene Begeißelung, andere dauernd.

Vermehrung und Entwicklung der Bakterien. Alle Bakterien vermehren sich ungeschlechtlich durch Zweiteilung. Hat z. B. eine Stäbchenbakterie eine gewisse Größe erreicht, so bildet sich in der Mitte des Stäbchens eine zarte Scheidewand, die immer kräftiger wird, bis der Körper an dieser Stelle in zwei Tochterzellen zerfällt. Die Zeitdauer, innerhalb welcher eine Teilung erfolgt, ist bei den einzelnen Arten verschieden und hängt vielfach von der Ernährung ab. Unter günstigen Umständen kann sie nach je 20 Minuten eintreten. Innerhalb 10 Stunden entstanden dann 2^{30} , also über 1000 Millionen Bakterien. Ginge die Vermehrung in derselben Weise weiter, so würden die Nachkommen nach 3 Tagen eine Masse vorstellen, die imstande wäre, alle Ozeane der Welt auszufüllen. Da aber die Vermehrung der Bakterien von der Nahrungszufuhr, Temperatur usw. abhängig ist, so tritt naturgemäß nie ein solcher Fall ein.

Sporenbildung. Nicht immer verläuft die Entwicklung so einfach. Oft schiebt sich ein als Spore bezeichnetes Zwischenstadium ein. Zur Erläuterung diene die Entwicklung des Heubazillus, *Bacillus subtilis*. Auf der Oberfläche von Heuaufgüssen findet sich oft eine spinnewebendünne Schicht, die Kahlhaut. Ein Blick ins Mikroskop belehrt uns, daß sie aus Millionen kleiner Stäbchen (Fig. 12) besteht, deren gallertig aufgequollene Zellhaut die Stäbchen zu parallel gelagerten Ketten ver-

bindet. Eine stärkere Vergrößerung zeigt uns die einzelnen stabförmigen Glieder jeder Kette (Fig. 13). In einem späteren Stadium zieht sich der Inhalt des Stäbchens zu einem hellen, runden Körnchen zusammen, das sich mit einer festen Haut umgibt (Fig. 14). Die alte Zellhaut zerfällt nun (Fig. 15), die Spore wird frei (Fig. 16) und aus ihr keimt ein Stäbchen hervor (Fig. 17), das mit zahlreichen Geißeln versehen ist (Fig. 18) und sich nun lebhaft in der Nährflüssigkeit bewegt. Bald tritt eine lebhafte Teilung ein, so daß eine bewegliche, begeißelte Kette entsteht (Fig. 19). Nachdem schwinden die Geißeln und die einzelnen Ketten lagern sich zu neuen Kahlhäuten zusammen.

Der Inhalt der Spore ist wasserärmer als das Protoplasma der Bakterie, außerdem ist er von einer derben Haut umhüllt. Beide Umstände sind wohl die Ursache, daß die Sporen gegen schädliche äußere Einflüsse, wie Hitze, Kälte und Trockenheit widerstandsfähiger sind als die normale Lebensform. So vermögen sie stundenlanges Kochen, ja eine Temperatur bis $+120^{\circ}$ C schadlos zu ertragen, auch der alles sonstige Leben tötenden Kälte der flüssigen Luft (-180° C) widerstehen sie. So erscheint uns die Sporenbildung als ein Mittel, um ungünstige Lebensverhältnisse, Nahrungsmangel, Kälte, Trockenheit, Hitze zu überwinden. Gelangt nun eine solche Schutz- und Dauerform an einen Ort, wo günstigere Lebensbedingungen, Wärme und Feuchtigkeit herrschen, so quillt die Sporenhaut auf, reißt, und der Spaltpilz keimt hervor, der sich nun lebhaft vermehrt. Die Sporen mancher Krankheitsbakterien, z. B. die des Starrkrampferregers, vermögen selbst nach jahrelanger Ruhe wieder auszukeimen und ihre unheilvolle Tätigkeit auszuüben.

Bemerkenswert ist, daß auch die Erreger von Typhus, Diphtherie und Tuberkulose, die niemals Sporen bilden, längere Zeit widerstandsfähig bleiben, Austrocknen und Kälte vertragen, während andere Krankheitsbakterien, wie Influenza-, Pest- und Choleraerreger nach kurzer Zeit ihre Lebensfähigkeit einbüßen.

Stoffwechsel der Bakterien. Während die Mehrzahl der Pflanzen ihren Körper aus anorganischen Stoffen, aus Kohlensäure, Wasser und Salzen aufbaut, sind die Bakterien gleich den blattgrünlosen Pilzen auf organische Nahrung angewiesen. Sie nähren sich zumeist von pflanzlichen und tierischen Stoffen, ja, wie die Krankheitsbakterien, von Säften lebender Wesen, sind also Parasiten. Doch sei bemerkt, daß eine große Anzahl sich nur von einer ganz bestimmten Substanz nährt und darum immer an einer besonderen Örtlichkeit gedeiht (Zahnbakterien, Milchsäurebakterien, Essigbakterien).

Alle Tiere und Pflanzen benötigen zum Leben Sauerstoff, den man ja darum als Lebensluft bezeichnet. Auch die Mehrzahl der Bakterien vermag nur bei Sauerstoffzutritt zu leben, das sind die luftliebenden oder aeroben Bakterien (Essigsäurebakterien, Heubazillen, Turberkelbakterien, Influenzabakterien).

Wunderbarerweise gibt es unter den Bakterien auch gewisse Formen, die nur bei Luftabschluß gedeihen, auf die der Sauerstoff tödlich wirkt. Es sind die luftscheuen oder anaeroben Bakterien (Starrkrampfbakterien, Buttersäurebakterien).

Eine dritte Gruppe gedeiht sowohl bei Zutritt als auch Abschluß von Sauerstoff. Zu diesen neutralen Formen gehören die Milchsäure- und Typhusbakterien.

Stoffwechselprodukte. Die von Mensch und Tier aufgenommenen Nährstoffe sind im wesentlichen Eiweiß, Stärke, Zucker, Fette und Salze. Sie erleiden im Körper Veränderungen und werden durch die Haut, Lunge und Niere in anderer Form wieder ausgeschieden. Die hauptsächlichsten dieser Stoffwechselprodukte sind immer Kohlensäure und Harn. Wie aber fast jede Art der Bakterien ihren besonderen Nährstoff hat, so kommen ihr auch ganz bestimmte Stoffwechselprodukte zu. So produzieren gewisse Spaltpilze immer nur Milchsäure, andere Essigsäure, jeder Krankheitserreger ein nur ihm eigenes Gift. Manche Bakterien erzeugen Farbstoffe, wie der auf Kartoffeln, Reismehl oder Weißbrot ab und zu vorkommende Hostienpilz (*Bac. prodigiosus*), der einen roten Farbstoff ausscheidet. Solche rote Bakterienkolonien wurden, wenn sie sich auf Hostien fanden, im Mittelalter oft abergläubisch gedeutet.

Mensch und Tier sterben ab, wenn ihre Stoffwechselprodukte, Harn und Kohlensäure, nicht entfernt werden aus dem Körper. In ganz gleicher Weise gehen auch die Bakterien an ihren Stoffwechselprodukten zugrunde, wenn sich diese in ihrer Umgebung anhäufen. So sterben die Hefepilze ab, wenn der von ihnen erzeugte Alkohol 14 % der Nährflüssigkeit ausmacht, ebenso die Essigbakterien, wenn die von ihnen produzierte Essigsäure einen gewissen Prozentsatz der Flüssigkeit übersteigt.

Verhalten der Bakterien gegen äußere Einflüsse. Die für die Entwicklung der Bakterien günstigste Temperatur ist die von 37—40° C, kommt also der normalen Blutwärme nahe. Doch gibt es auch Formen, wie z. B. jene Leuchtbakterien, die das Phosphoreszieren toter Fische oder faulen Holzes verursachen, welche niedrigere Temperaturen lieben, bis 0°. Wenige andere, die wärmebildenden Bakterien, die z. B. das Rauchen der Düngerhaufen und die Selbstentzündung des Heues be-

wirken, bevorzugen wesentlich höhere Wärmegrade. Im allgemeinen sind selbst die Krankheitsbakterien ziemlich widerstandsfähig gegen niedere Temperaturen, können doch beispielsweise Tuberkelbazillen längere Zeit bei 0° leben. Von den Sporen erwähnten wir schon, daß sie gegen Temperatureinflüsse fast unempfindlich sind.

Das Lebenselement der Bakterien ist Feuchtigkeit. Ohne sie ist ein Wachstum nicht möglich. Nur die Sporen vermögen lange Jahre in trockener Luft zu existieren, ohne die Keimfähigkeit einzubüßen.

Das sonst von den meisten Organismen froh begrüßte Licht hemmt die Entwicklung der Bakterien. Tageslicht, noch mehr grelles Sonnenlicht wirkt bakterientötend, wie ESMARCH und BUCHNER an den verschiedensten Krankheitserregern nachwiesen. Auch blaues und violett Licht fliehen sie, während sie sich gern dort ansammeln, wo rotes Licht einfällt.

Auch auf chemische Reize reagieren die Spaltpilze. Mit Vorliebe verweilen sie in Flüssigkeiten, die schwach alkalisch sind, während Säuren ihre Lebenstätigkeit hindern. Noch stärker als die Pflanzensäuren (Wein-, Apfel-, Zitronensäure) wirken natürlich die mineralischen Säuren (Schwefel-, Salz-, Salpetersäure).

Verbreitung. Die Bakterien sind Allerweltswesen. Nur die Luft der kalten Zone, der hohen See und über den Schneefeldern des Hochgebirges ist relativ keimfrei, da auf mehr als 1000 l nur 1 Keim kommt. Auch nach Regen und Schneefällen ist die Atmosphäre ziemlich arm an Spaltpilzen, da sie von den Niederschlägen mit zu Boden gerissen wurden. Gewissenhafte Untersuchungen haben gelehrt, daß aber gewöhnlich in 1 cbm Luft im Freien 200—300, in den Straßen der Großstädte (Paris) 3480, in menschen erfüllten Wohnräumen (Schulstuben) durchschnittlich 270 000 Keime vorhanden sind. Während die Erde 3 m unter der Oberfläche keimfrei ist, beherbergen die oberen Schichten zahllose Massen von Bakterien. Dünen sand ist verhältnismäßig arm an Spaltpilzen, da er ihnen wenig organische Nahrung bietet. Dagegen finden sich in 1 g Erde aus 20 cm Tiefe gegen 6—7 Millionen, in 1 g frischer Gartenerde gegen 50 Millionen Bakterien.

Wasser ist das Lebens element der Bakterien. Hier finden wir darum eine reiche Bakterienflora, besonders dort, wo es mit organischen Stoffen (Abfällen) durchsetzt ist. Reines Quellwasser und gutes Leitungswasser, wie das von Leipzig, enthält in 1 cem nur gegen 2—5 Keime, gut filtriertes Flußwasser 50—200, Wasser aus stark verunreinigten Flüssen 2—40 Millionen pro Kubikzentimeter.

Auch alle unsere Wohnräume, Geräte, Kleider, Speisen sind von Bakterien übersät, sowie alle Orte, wo Reste organischer Stoffe lagern,

wie Kot und Abfälle. Unter den Nahrungsmitteln ist es vor allem die Milch, deren Bakterienreichtum ganz ungeheuer ist. Schon wenige Stunden nach dem Melken enthält 1 Liter einige Millionen Keime, und in 1 g Käse genießen wir zahllose Mengen davon. An Münzen, Papiergeld und vielgebrauchten Bibliothekbüchern haftet eine ganze Pilzflora.

Auch unser Körper ist die Wohnstätte einer reichen Lebewelt. Im Schmutz der Fingernägel wimmelt es von Bakterien, und allein aus der Mundhöhle des Menschen sind gegen 100 verschiedene Arten bekannt geworden. Die Anzahl der im Darm lebenden Pilze — wo Wärme, Feuchtigkeit, organische Reste, also die günstigsten Entwicklungsbedingungen zusammentreffen — zählt nach Milliarden. Entleert doch der Mensch täglich mit den Nahrungsresten mehrere Gramm lebensfähiger Bakterien. Vergessen wir nicht, daß überall, wo die Zersetzung pflanzlicher und tierischer Stoffe, wie Fäulnis und Gärung, vor sich geht, die Bakterien gegenwärtig sind. Vielfach haften Bakterien auch an den feinsten Staubteilchen der Luft, wie die Erreger der Tuberkulose und Eiterkokken, während sich Typhus- und Choleraerregern in verunreinigtem Wasser finden.

Doch wollen wir bei alledem im Auge behalten, daß nur wenige Formen gesundheitsschädlich sind, manchen sogar eine wichtige Rolle bei der Verdauung zukommt.

Urzeugung siehe S. 23.

Schutzmittel gegen Bakterien siehe S. 24 und 31.

Gärung und Fäulnis.

Tafel II.

Die zwei wichtigsten Gruppen der organischen Körper sind die Eiweiße und Kohlehydrate. Während die ersteren außer Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff immer Stickstoff enthalten, bestehen die Kohlehydrate nur aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff. Die wichtigsten eiweißhaltigen Nahrungsmittel sind Eiweiß, mageres Fleisch, Milch, Quark, Käse, Kleber des Getreides, Samen der Hülsenfrüchte, während Stärke, Zucker, Zellulose pflanzliches und tierisches Fett zu den Kohlehydraten gehören. Beide Gruppen werden auch von Kleintieren angegriffen und zersetzt. Die Zersetzung von Eiweiß in einfachere chemische Verbindungen heißt Fäulnis oder Verwesung, dabei treten immer übelriechende Stoffwechselprodukte auf. Als Gärung bezeichnen wir die Zerlegung von Kohlehydraten, bei der meist eine lebhaftere Produktion von Kohlensäure stattfindet.

Hefepilz, Saccharomyces. Zu den bekanntesten Vorgängen, die durch Kleinlebewesen veranlaßt werden, gehört die alkoholische oder geistige Gärung. Sie ist stets an das Vorhandensein von Zucker gebunden. Dieser wird durch die Tätigkeit gewisser Organismen in Alkohol und Kohlensäure gespalten. Die Hefepilze, die diese Umwandlung bewirken, gehören nicht zu den Bakterien, sondern zu der verwandten Gruppe der Sproßpilze.

Die vom Bäcker bezogene Hefe ist eine hellgraue, feuchte Masse von säuerlichem Geruch. Bringen wir ein winziges Teilchen in Wasser und betrachten es unter dem Mikroskop, so hat sich das Ganze in kleine rundliche Körnchen aufgelöst, die einen goldgrünen Glanz zeigen. Die einzelne Hefezelle (Taf. II, 1) ist von einer zarten Zellhaut umgeben und von feingekörneltem Protoplasma erfüllt, in dem stärker lichtbrechende Körnchen sichtbar sind. Ein Zellkern ist vorhanden, aber nur bei Anwendung von Farbstoffen sichtbar. In jeder Zelle fallen ein oder mehrere helle, von Flüssigkeit erfüllte Räume auf, die Vakuolen.

Anders als bei den Bakterien ist ihre Vermehrung. An der Zelle sproßt eine kleine knopfartige Anschwellung hervor (Taf. II, 2), die immer größer wird, sich von der Mutterzelle durch eine Scheidewand abgrenzt und schließlich ablöst (Taf. II, 3). Bei lebhafter Sprossung, wie sie die an der Oberfläche gärender Flüssigkeiten lebende Hefe zeigt, bleiben die einzelnen Zellen im Zusammenhang, so daß ganze Kolonien „Hefebäumchen“ entstehen (Taf. II, 4). Ist keine Nährflüssigkeit mehr vorhanden, so bilden sich Sporen, jene Dauerzustände, die trotz jahrelanger Trockenheit ihre Keimfähigkeit bewahren (Taf. II, 5).

Weingärung. Den geeignetsten Nährboden für die Hefepilze bilden die Lösungen von Traubenzucker¹, wie er im Saft ausgepreßter Trauben und im Beerenobst vorhanden ist. Die Hefezellen, die an den Schalen der Beeren haften (oder besonders hinzugefügte Kulturheferassen), bewirken nun eine stürmische Gärung, wobei der Zucker in Alkohol und Kohlensäure gespalten wird. Die letztere entweicht aus der trüben Flüssigkeit, dem Most. Als Nebenprodukte finden sich immer geringe Mengen von Glyzerin, Bernsteinsäure und Essigsäure. Ist aller Zucker vergoren, so setzen sich die Hefezellen zu Boden. Die jetzt klare Flüssigkeit wird nun als Wein in Fässer oder Flaschen abgezogen.

Soll Rohrzucker vergärt werden, so wird er erst von der hinzugefügten Hefe in Traubenzucker verwandelt, worauf dieser eben-

¹ Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$ kommt im Wein und Obst vor, Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$ in der Rübe und dem Zuckerrohr, Milchzucker verleiht der Milch den süßen Geschmack.

falls in Alkohol und Kohlensäure gespalten wird. Auf diese Weise entsteht aus den Rückständen bei der Rohrzuckerfabrikation der Jamaikarum.

Biergärung. Um Bier zu bereiten, ist ebenfalls Zucker nötig, den man aus der Stärke der Gerstenkörner gewinnt. Wie ist das möglich? Jedes Samenkorn enthält außer dem Keimling, der Anlage der künftigen Pflanze, auch noch Reservestoffe (meist Stärke), die in den Keimblättern aufgespeichert sind. Damit sie vom Keimling verwertet werden können, müssen diese Stoffe in eine wasserlösliche Form übergeführt werden. Zu diesem Zwecke produziert der Keimling Fermente oder Enzyme (s. u.), die sogen. Diastase, welche die Stärke in Zucker, und die Peptase, welche das Eiweiß in Pepton umwandelt. Dieses Vermögen des Keimlings benützt der Brauer, um aus der Gerstenstärke Zucker zu gewinnen. Er läßt die Gerste auf der Malztenne (bei Wärme und Feuchtigkeit) gegen 10 Tage ankeimen, wobei sich die Diastase entwickelt. Der Keimungsprozeß wird sodann unterbrochen, indem der Keim durch das Darren abgetötet wird. Nun wird das „Darrmalz“ in der Malzquetsche geschrotet und dann gemaischt, d. h. mit warmem Wasser von 65° C angesetzt. Dabei wird alle noch ungelöste Stärke durch die Diastase des Keimlings in Zucker übergeführt, der sich nun im Wasser löst. Außerdem wird durch die Peptase das Eiweiß in lösliches Pepton verwandelt, das für die Ernährung der Hefe nötig ist. Die so gewonnene zuckerhaltige „Maise“ wird hierauf von den zurückbleibenden Trebern gesondert und heißt dann Würze. Sie wird nun in großen Braupfannen mit Hopfen gekocht. Durch das Kochen und die Wirkung des Hopfens werden noch ungelöste Eiweißstoffe und Stärke gefällt und so die bis dahin trübe Würze geklärt. Nun wird sie in großen Kühlschiffen schnell abgekühlt und in Gärbottichen der Einwirkung der Hefe überlassen, welche den Zucker der Würze in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Die wesentlichen Vorgänge bei der Bierbereitung sind demnach der Maischprozeß (Umwandlung der Stärke durch Diastase in Zucker) und der Gärungsprozeß (Zerlegung des Zuckers durch Hefe in Alkohol und Kohlensäure).

Fermente. Diastase ist ein Ferment oder Enzym. Wir verstehen darunter Stoffe, welche organische Verbindungen zersetzen können, ohne daß sie selbst an der Zersetzung teilnehmen oder sonstwie verändert werden. Dabei genügen oft Spuren von Fermenten, um große Mengen organischer Substanz zu zersetzen. Diastase, Pepsin, Ptyalin u. a. bilden die Gruppe der ungeformten Fermente. Ihnen gegenüber stehen die geformten Formen, das sind nicht Abscheidungen pflanzlicher oder

tierischer Körper, sondern lebende Wesen. Zu ihnen gehören die Hefepilze und viele Bakterien. Obwohl der Begriff Ferment außerordentlich viel gebraucht wird, ist ihre Wirkungsweise und ihr Wesen noch nicht genau bekannt. Möglicherweise läßt sich auch die Scheidung in geformte (Hefe) und ungeformte (Abscheidungen) Fermente nicht aufrecht halten, da wahrscheinlich die geformten Fermente nur dadurch wirksam sind, daß sie ungeformte Fermente abscheiden, also nur Träger der letzteren sind. So hat man neuerdings aus abgestorbenen Hefezellen ein Enzym gewonnen, die Zymase, welche den Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure spaltet.

Der Wirkung nach unterscheiden wir außer den Gärungsfermenten (Hefe, Zymase) noch 1. Stärke lösende Fermente (Diastase und das Ptyalin des Speichels, das ebenfalls stärkehaltige Nahrungsmittel in Zucker überführt). 2. Eiweiß lösende Fermente, wie die oben erwähnte Peptase und das Pepsin des Magens, welche eiweißhaltige Stoffe in Peptone umwandeln). 3. Fett spaltende Fermente, welche Fette in freie Fettsäuren und Glycerin spalten, wie das Sekret der Bauchspeicheldrüse.

Spiritusgewinnung. Als Rohmaterial dienen der Spiritusfabrikation meist Kartoffeln. Diese werden in eisernen Dämpfern einem Dampfdruck von mehreren Atmosphären ausgesetzt. Infolge plötzlichen Nachlassens des äußeren Druckes wird das in den Zellen der Kartoffel eingeschlossene Wasser, das eine Temperatur von über 100° C hatte, augenblicklich in Dampf verwandelt, wobei alle Zellen platzen und die Stärkekörner zertrümmert und verkleistert werden. Um nun die Kartoffelstärke in Zucker zu verwandeln, verwendet man als umwandelndes Ferment wieder die Diastase. Man fügt diese in der Form von Gerstenmalz hinzu, das man zermahlen und mit Wasser angerührt hat. Ist alle Kartoffelstärke verzuckert, so wird die süße Maische abgekühlt, worauf die Vergärung des Zuckers durch hinzugefügte Hefe stattfindet. Der Rückstand, die Schlempe, ist gleich den Trebern ein geschätztes Viehfutter.

Destillation. Stark zuckerhaltige Flüssigkeiten werden nicht restlos in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, sondern sobald 14 % Alkohol gebildet sind, vermag die Hefe nicht mehr zu arbeiten, denn gleich anderen Lebewesen stellen auch Sproß- und Spaltpilze ihre Tätigkeit ein, wenn ihre Stoffwechselprodukte sich allzusehr anhäufen. Enthält die Gärungsflüssigkeit dann immer noch gelösten Zucker, so entstehen die süßen, berauschenden Getränke (Südweine, Obstwein). Um reinen Alkohol zu gewinnen, wird das 14 % Alkohol enthaltende Gärungsprodukt destilliert, wobei sich infolge der verschiedenen Siedepunkte Wasser und Spiritus trennen.

Bäckerei. Auch bei der Herstellung des wichtigsten Nahrungsmittels aller Kulturvölker, bei der Brotbereitung, spielt die Gärung eine große Rolle. Ein lediglich aus Mehl und Wasser hergestelltes Gebäck gleicht getrocknetem Kleister, es schmeckt fade und ist auch schwer verdaulich. Das Brot soll aber nicht nur wohlschmeckend, sondern vor allem locker und porös sein, damit es bequem zerkleinert und von den Verdauungssäften leicht durchtränkt werden kann.

Um den Teig aufzulockern, verwendet man entweder Sauerteig oder Preßhefe. Der Sauerteig ist ein älterer, säuerlicher, gärender Teig, der von einer früheren Brotbereitung stammt. Er enthält neben viel Hefepilzen auch noch Milchsäurebakterien.

Beim Brotbacken wird zunächst Wasser mit Roggenmehl zu einem dünnen Teig verrührt. Dabei geht das Eiweiß des Getreidekorns, der Kleber, in eine zähe, leimige Masse über, die dem ganzen Teig eine klebrige Beschaffenheit verleiht. Gleichzeitig fügt man etwas Sauerteig hinzu und läßt das Ganze in einem warmen Raume mehrere Stunden stehen. In dieser Zeit vergären die Hefezellen den im Mehl vorhandenen oder bei der Teigbereitung entstandenen Zucker in Alkohol und Kohlensäure. Dabei geht der Teig auf, denn die Kohlensäureblasen können wegen des zähen Zusammenhaltens der Masse nicht entweichen. (Die geringe Menge des entstandenen Alkohols geht beim Backen verloren.) Damit der Teig zäher und plastischer wird, knetet man mehr Mehl darunter. Nun wird er zu Brot geformt und im Backofen erhitzt. Dabei wird die Rinde geröstet und das fester werdende Innere erhält infolge der eingeschlossenen Gasblasen eine lockere, schwammige Beschaffenheit.

Bei Bereitung von Weißbrot wird zum Lockern des aus Weizenmehl hergestellten Teiges statt des Sauerteigs Preßhefe hinzugefügt, die auch beim Brotbacken vielfach Verwendung findet.

Die Essigbakterien (*Bacterium aceti*), Taf. II, 6. Bleiben Wein, Bier und andere schwach alkoholhaltige Flüssigkeiten längere Zeit an der Luft stehen, so werden sie sauer, sie bekommen einen „Stich“. Sie derauschen nicht mehr, denn der Alkohol ist in Essigsäure übergegangen. Dieser Vorgang beruht darauf, daß der Alkohol durch Vermittlung von Spaltpilzen, der sogen. Essigbakterien, Sauerstoff aufnimmt und in Essig oxydiert. Die Essigpilze sind wegen ihres starken Sauerstoffbedürfnisses darum ausgesprochen luftliebende oder aërobe Organismen.

Die Tätigkeit dieser Bakterien benutzt man zur Essigfabrikation. Weinessig stellt man her, indem man große eichene Bottiche mit heißem Essig tränkt, denn bei Anwesenheit von etwas Säure arbeiten die Essigpilze am lebhaftesten. Dann füllt man sie bis zu $\frac{2}{3}$ ihrer Höhe mit

billigem Wein von 8—10 % Alkoholgehalt. Eine Anzahl von Luftlöchern in der gleichen Höhe ermöglichen den Zutritt der Luft. Die günstigste Temperatur für Entwicklung der Bakterien und damit der Essiggärung beträgt 27° C. Schon nach 14 Tagen ist aller Alkohol in Essig umgewandelt. Nun wird die Hälfte vom Inhalt des Fasses als verkaufsfertiger Weinessig abgezogen, worauf man neuen Wein nachfüllt.

Um gewöhnlichen, billigen Essig herzustellen, schlägt man seit 1820 ein anderes Verfahren ein. Man verwendet dabei statt des Weines Kartoffelspiritus. Hohe Bottiche mit vielen Seitenlöchern (Sauerstoffzufuhr) und durchlöchertem Boden werden mit Buchenholzspänen gefüllt. Diese wurden zuvor mit Essigmutter (das sind Massen von Essigsäurebakterien) getränkt. Läßt man nun verdünnten Spiritus darüber laufen, so vermögen die Essigpilze den Alkohol leicht zu Essigsäure zu oxydieren, da er eine große, sauerstoffumspülte Oberfläche darbietet. Die abfließende essighaltige Flüssigkeit wird aufgefangen und muß noch einige Male das Gärungsgefäß passieren, bis der Alkohol vollständig zu Essig geworden ist.

Milchsäurebakterien (*Bacillus acidi lactici* und andere), Taf. II, 7. Der Hauptbestandteil der Milch ist Wasser (88 %), in dem durchschnittlich 3,5 % Eiweiß, 4,5 % Milchzucker und 0,7 % Salze aufgelöst sind, außerdem ist noch 3,3 % fein verteiltes Fett in Tröpfchenform vorhanden. Die Milch verläßt das Kuheuter keimfrei, bald aber gelangen mit anderen auch Milchsäurebakterien hinein, die an den Melkgefäßen, Futter und Streu haften. Sie vermehren sich so rasch, daß schon wenige Stunden nach dem Melken gegen 10 Millionen auf 1 Liter kommen. Indem sie den Milchzucker, welcher der Milch den süßen Geschmack verleiht, in Milchsäure umwandeln, verursachen sie das Sauerwerden der Milch. Am lebhaftesten arbeiten sie bei einer Temperatur von 20—30° C, also an warmen, schwülen Tagen. Dabei gerinnt durch den Einfluß der Milchsäure die Milch, d. h. das gelöste Eiweiß, hauptsächlich das Kasein oder der Käsestoff scheidet sich in fester Form aus. Die Milchsäure übt also die gleiche Wirkung aus wie Essigsäure, Zitronensäure oder das Lab, das ist ein Ferment, das die 4. Abteilung des Kälbermagens, der Labmagen, absondert. Macht die Milchsäure 0,6—1 % der Milch aus, so hört die weitere Zersetzung des Milchzuckers auf, da die Milchsäurebakterien, wie alle anderen Lebewesen, die Tätigkeit einstellen, wenn ihre Stoffwechselprodukte überhand nehmen.

Um das Sauerwerden der Milch zu verhindern, kocht man sie, wodurch die Milchsäurebakterien und alle anderen Pilze, (mit Ausnahme der Sporen), auch die Tuberkelbazillen abgetötet werden.

Gewisse Arten von Milchsäure erzeugenden Bakterien sind es auch, die bei der Sauerkrautbereitung und dem Einsäuern der Gurken eine große Rolle spielen. Der im Saft der Kohlblätter in geringen Mengen enthaltene Zucker wird nämlich durch die Tätigkeit einiger Hefepilze und Bakterien in Milchsäure und verschiedene Gase umgewandelt. Die Säure wirkt nun einesteils konservierend, da sie die Entwicklung der Fäulnisbakterien hemmt. Andererseits bedingt sie auch den angenehmen säuerlichen Geschmack, der den sauren Gurken und eingelegtem Kraute eigentümlich ist.

Selbst im Magen des Menschen tritt oft eine Vergärung stark zuckerhaltiger Nahrung ein, besonders nach dem Genuß von fettem Kuchen. Im Verein mit anderen Säuren verursacht dann die produzierte Milchsäure ein eigentümliches Brennen in Speiseröhre und Magen, was wir als Sodbrennen bezeichnen.

Milchsäure wird auch von einer an der Darmwand lebenden Bakterie (*Bac. coli communis*) erzeugt. Da nun von der reichen Bakterienflora des Darms auch giftige, unserem Körper sehr schädliche Stoffe gebildet werden, ist es von hoher gesundheitlicher Bedeutung, daß gerade an der Darmwand, wo die Giftstoffe in den Körper einzudringen pflegen, eine Produktion von Milchsäure stattfindet. Denn gerade durch die Säurebildung wird die Tätigkeit jener Fäulnisbakterien gehemmt und so dem Körper ein außerordentlicher Dienst erwiesen.

Buttersäurebakterien (*Bac. butyricus*), Taf. II, 8. Durch Kochen der Milch werden die Milchsäurebakterien abgetötet, außerdem verliert sie ihren Sauerstoffgehalt. Damit ist für die luftscheuen oder anaeroben Buttersäurebakterien der Weg geebnet. Ihnen konnte auch das Kochen nichts anhaben, da sie Sporen bilden, die nach dem Erhitzen auskeimen. Ebenso treten sie in ungekochter Milch in Wirksamkeit, wenn die Milchsäuregärung beendet ist. Sie zerlegen den noch unzersetzten Milchzucker in Buttersäure, die der Milch einen unangenehmen, bitteren Geschmack verleiht, und Gase. Auch das Ranzigwerden der Butter beruht auf der Produktion von Buttersäure.

Käsebakterien. Um Magerkäse oder „deutschen“ Käse herzustellen, wird die saure, abgerahmte Milch so lange erwärmt, bis sich der geronnene Käsestoff von der trüben, gelblichen Molke gesondert hat. Dann bringt man ihn in Beutel oder durchlöcherter Käsekörbe, damit die Molke vollends abläuft. Hierauf wird er gesalzen, geformt und getrocknet, vielfach auch in Töpfe eingelegt und mit Kümmel bestreut. Nach und nach wird der „weiße“ Käse von Fäulnisbakterien angegriffen. Sie zerlegen das Eiweiß, so daß er von der Oberfläche aus bis zum weißen Kern eine halbflüssige, schmierige Masse von starkem Geruche darstellt.

Den Fettkäse (Schweizerkäse) gewinnt man aus nicht abgerahmter Milch. Sie wird mit Lab, einem von der Schleimhaut des 4. Kälbermagens abgeschiedenen Ferment, bei 36—40° C in Kesseln angesetzt. Dabei gerinnt der Käsestoff und schließt auch die Fetttröpfchen mit ein. Die geronnene Masse, der sogenannte Bruch, wird nun in durchlöchernte Gefäße gebracht, damit die Molke ablaufen kann, durchgekneten und gesalzen. Die Reifung verläuft anders als beim Magerkäse. Während bei diesem infolge der Erwärmung die Milchsäurebakterien abgetötet sind, ist das beim Fettkäse nicht der Fall. Sie finden sich vielmehr in allen Teilen des Bruchs und verhindern durch die Bildung von Milchsäure die eigentliche Fäulnis, die ja auch durch die Härte und den Fettgehalt der Käse erschwert wird. So wird das Kasein — der eiweißhaltige Käsestoff — nur durch die Tätigkeit gewisser „Käsebakterien“ in einfachere Verbindungen umgewandelt, die den Wohlgeschmack bedingen. Die großen Hohlräume im Schweizerkäse werden durch besondere Bakterien verursacht, welche aus dem Milchzucker u. a. auch Gase bilden. Diese können aus dem immer härter werdenden Bruch nicht entweichen und rufen so die eigentümliche Lochung im Schweizerkäse hervor.

Schleimgärung des Zuckers (*Streptococcus mesenteroides*), Fig. 9. Ein anderer, recht unwillkommener Gärungserreger stellt sich ab und zu in Zuckerfabriken ein. Es ist ein *Streptococcus*, der den zuckerhaltigen Rübensaft zu einer gallertigen, froschlauchähnlichen Masse umwandelt und darum den Namen Froschlauchpilz führt. Bei günstiger Temperatur arbeitet er so energisch, daß er im Zeitraum eines Tages den Inhalt eines viele Hektoliter fassenden Bottichs zerstört. Die mikroskopische Untersuchung lehrt uns, daß die Gallertklumpen aus den ungeheuer aufgequollenen Membranen der Streptokokken bestehen.

Zellulosegärung (Sumpfgasbildner), Taf. III, 8. Außer den bisher erwähnten Kohlehydraten Stärke und Zucker kann auch der sonst widerstandsfähige Zellstoff zersetzt werden. Es sind nur wenige anaerobe Bakterienarten, die diese Vergärung bewirken. Als Endprodukte der Zellulosezersetzung bleiben Wasserstoff, Sumpfgas und Kohlensäure, sowie organische Säuren übrig. Vom Grunde der Gewässer, wo Blätter und Zweige der Auflösung anheimfallen, hat gewiß jeder die Zersetzungsprodukte der Zellulose in Form von Gasblasen aufsteigen sehen.

Eine große Bedeutung haben die Zellulosevergärer für die Ernährung der Wiederkäuer und anderer Huftiere. Die eigentliche Nahrung dieser Tiere bildet der Inhalt der Zellen, das Protoplasma. Dieses ist aber ringsum von den aus Zellulose gebildeten Zellwänden eingeschlossen, die von den Verdauungssäften nicht aufgelöst werden können. Damit

der Zellinhalt nutzbar gemacht werden kann, muß die Wand zerrissen werden. Das geschieht durch Kauen und Wiederkauen, allerdings nur bei einem Teil der Zellen. Hier setzt nun die Arbeit der Zellulose vergärenden Bakterien ein, die sich im Darm der Rinder finden. Sie zerlegen den Zellstoff in Gase und Säuren, so daß das Protoplasma von den Verdauungssäften erreicht und damit vom Körper ausgenützt werden kann.

Schwefelbakterien (*Spirillum*, *Chromatium*), Taf. III, 7. Alle Eiweißkörper enthalten auch Spuren von Schwefel. Bei der Fäulnis entsteht darum immer ein nach faulen Eiern riechendes Zerfallprodukt, der Schwefelwasserstoff. Wieder ist es eine Gruppe von Spaltpilzen, welche dieses auf Pflanzen und Tiere giftig wirkende Gas unschädlich macht. Es sind die sogen. Schwefelbakterien. Wenn sie sich auch nach ihrer Form unterscheiden (kennen wir doch Spirillen, farbstoffgefüllte Bakterien u. a.), so ist doch allen ein seltsamer Stoffwechsel gemeinsam. Der bei der Fäulnis sich bildende Schwefelwasserstoff wird von ihnen aufgenommen und in Schwefel und Wasserstoff zerlegt. Während sich der Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbindet, lagert sich der Schwefel in Gestalt heller, glänzender Körner im Innern der Zelle ab. Die Schwefelkörner werden nun weiter unter Sauerstoffaufnahme in Schwefelsäure umgewandelt, die von den Bakterien ausgeschieden wird. Sie verbindet sich dann mit mineralischen Stoffen zu schwefelsauren Salzen (Gips u. a.), aus denen dann wieder die Pflanzen ihren Bedarf an Schwefel decken.

Fäulnis. Der Prozeß der Fäulnis ist nicht, wie man früher mit LIEBIG annahm, eine rein chemische Zersetzung eiweißhaltiger Stoffe, sondern wird durch die Tätigkeit der großen Gruppe der Fäulnisbakterien verursacht. Einige derselben arbeiten nur bei Luftzutritt, sind also aërob, andere sind luftscheu oder anaërob.

Die typische Fäulnis verläuft so, daß gewisse Bakterien das Eiweiß in einfachere Verbindungen spalten. Dann stellen diese ersten Fäulniserreger ihre Tätigkeit ein, und andere Formen treten an ihre Stelle. Diese führen die Zersetzung weiter, bis auch sie an ihren Stoffwechselprodukten zugrunde gehen, um wieder anderen Zerstörern Platz zu machen. So geht es fort, bis als letzte Zerfallsprodukte Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und Aschensalze übrig bleiben, also dieselben Stoffe, die eine Verbrennung zurückläßt. Im Laufe der Zersetzung treten auch die für die Fäulnis charakteristischen übelriechenden Gase auf.

Zu den gemeinsten Fäulnisbakterien gehört der *Bac. vulgaris*, ein ringsum mit zahlreichen Geißeln besetztes Stäbchen. Dann der

Bacillus putrificus, der besonders die Zersetzung der Leichen bewirkt. In verdorbener Wurst ist es der *Bac. botulinus*, der ein heftiges Gift ausscheidet, welches die gefürchtete Wurst- oder Fleischvergiftung bewirkt.

Bedeutung der Fäulnisbakterien. Wenn auch die Fäulnisbakterien in Küche und Keller unwillkommene Gäste sind, haben sie doch für die gesamte Natur die allergrößte Bedeutung. Ohne ihre Tätigkeit wäre die ganze Erde ein großer Friedhof, mit abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Körpern bedeckt. Im Laufe der Jahrtausende wären dann alle Stoffe, aus denen die Lebewesen ihren Körper aufbauen, in den toten Organismen aufgespeichert und ein Leben neuer Wesen unmöglich. Nur der auflösenden Kraft der Bakterien verdanken wir es, daß alle organischen Körper in die einfachsten Verbindungen zerlegt werden. Erst in dieser Form können sie neuen Lebewesen zum Aufbau dienen. Also die Fäulnis- und Gärungsbakterien sind es hauptsächlich, die dafür sorgen, daß alle organischen Stoffe wieder in den Kreislauf des Lebens zurückkehren.

Biologische Selbstreinigung der Flüsse. Recht bedeutungsvoll ist auch die Arbeit der Fäulnisbakterien zur Beseitigung der Abfälle, die bei der menschlichen Arbeit in Küche, Werkstatt und Fabriken entstehen. Alle diese Stoffe sammeln sich in den Schleusen an. Von hier aus werden sie gewöhnlich in die Flüsse geleitet. Wenn wir bedenken, daß allein die Elbe die Schleusenwässer der Großstädte Prag, Dresden, Leipzig, Halle, Magdeburg, Berlin und Hamburg aufnimmt, so leuchtet ohne weiteres ein, daß, falls die Abfallstoffe alle unverändert blieben, in einer Reihe von Jahren das Strombett von ihnen ausgefüllt und das Leben genannter Orte aufs schwerste geschädigt wäre. Da tritt nun eine als biologische Selbstreinigung der Flüsse bezeichnete Erscheinung ein, die mit den Stoffen aufräumt. Wenn auch dabei das Sonnenlicht, reinere Zuflüsse, die Durchlüftung des Wassers mit in Frage kommen und gewisse Stoffteilchen niederen Wassertieren zur Nahrung dienen, so spielen doch die Wasserbakterien die Hauptrolle. Die Fäulnisbakterien, Zellulosevergärer u. a. führen die Sinkstoffe in einfachere Verbindungen über, die dann in der Form von Salzen, Kohlensäure und Stickstoffverbindungen den Algen und anderen Wasserpflanzen zur Nahrung dienen. Deren Substanz geht wieder über in den Körper der Infusorien und Kleinkrebse, die wieder von Fischen gefressen werden, bis auch diese größeren Tieren oder dem Menschen zur Beute fallen. Nur durch die Arbeit der Bakterien ist die Verarbeitung der Abfallstoffe, überhaupt der Kreislauf der Stoffe erst möglich. Indem sie das Tote völlig zerstören, liefern sie die Vorbedingung für neues Leben. (Siehe auch das letzte Kapitel.)

Urzeugung. Schon seit langer Zeit war es bekannt, daß in allen organischen Flüssigkeiten Organismen existierten. Selbst wenn durch vorheriges Kochen in ihnen alle Keime getötet waren, zeigte sich doch nach kurzer Zeit neues Leben. Man fragte und forschte nach der Herkunft dieser Kleinlebewesen. Entstehen sie von selbst in den organischen Stoffen, also durch Urzeugung, oder gelangen die Keime von außen durch die Luft hinein?

Erst PASTEUR, der Schöpfer der modernen Bakteriologie, beantwortete diese seit über einem Jahrhundert schwebende Frage. Er verschloß bakterienfreie Flüssigkeiten durch dichte Wattedropfen, in denen vorher durch Erhitzen alle Keime abgetötet waren. So hatte wohl die Luft Zutritt zur Versuchsflüssigkeit, nicht aber die Spaltpilze, die unmöglich den Pfropfen durchdringen konnten. Und siehe, die Flüssigkeit blieb auch bei langem Stehen völlig keimfrei und unverändert. Oder leitete er in bakterienfreie Stoffe Luft, die vorher glühende Röhren passiert hatte, so daß alle in der Luft schwebenden Keime abgetötet waren, so zeigte sich ebenfalls kein Leben. Noch mehr. Glaskolben, in denen keimfreie organische Stoffe enthalten waren, zog er in eine lange dünne, vielfach gewundene Röhre aus, die am Ende offen war, so daß die Luft in den Kolben eintreten konnte. Und doch fand keine Zersetzung statt, da die Bakterien infolge ihres, wenn auch noch so geringen Gewichts an den Wänden der Röhre haften blieben und nicht in den Kolben gelangten. So führte PASTEUR durch eine Reihe scharfsinniger Untersuchungen den Nachweis, daß eine Urzeugung, d. h. eine Entstehung lebendiger Körper aus unbelebten Massen nicht existiere, daß die Luft die Keime übertrage, daß auch die kleinsten Lebewesen von Eltern abstammten, *omne vivum ex vivo*.

Damit war zugleich noch eine andere offene Frage beantwortet. PASTEUR's Zeitgenosse, der große deutsche Chemiker LIEBIG, verfocht die Anschauung, daß Gärung und Fäulnis rein chemische Vorgänge seien. Der Anwesenheit von Kleinlebewesen in faulen und gärenden Stoffen maß LIEBIG keine Bedeutung bei, sie galten ihm nur als eine unwesentliche Begleiterscheinung. Durch PASTEUR's einwandfreie Versuche wurde jene irrthümliche Auffassung widerlegt und die ausschlaggebende Rolle der Sproß- und Spaltpilze bei Gärung und Fäulnis bewiesen. Ohne Kleinlebewesen keine Gärung, keine Fäulnis.

Konserven. Auf der Erkenntnis, daß in keimfreien Nahrungsmitteln weder Fäulnis noch Gärung eintreten kann, daß sie sich vielmehr längere Zeit unverändert halten, darauf beruht die ganze Konservenindustrie. Um Konserven zu bereiten, kocht man die Nahrungsmittel

lange Zeit in Blechbüchsen, die nur eine kleine Öffnung zum Entweichen des Dampfes haben. Dadurch werden alle Bakterien und Sporen abgetötet. Noch während der Dampf entweicht, wird die Büchse zugelötet, und der Inhalt bleibt nun frisch und unverdorben.

Der Kampf gegen die Bakterien.

Da die Bakterien Fäulnis und Gärung erregen, auch ansteckende Krankheiten übertragen, so ist es vielfach nötig, sie abzutöten. Die Methode ihrer Bekämpfung ergibt sich aus der Kenntnis ihres Vorkommens und ihrer Lebenstätigkeit. Werden nun Wohnräume, Geräte, Nahrungsmittel, Kleidungsstücke so behandelt, daß die Spaltpilze in und an ihnen getötet sind, so bezeichnet man sie als steril (unfruchtbar), den Vorgang des Abtötens als Sterilisation oder Desinfektion. Besonders im Haushalt und in der Heilkunde ist das Sterilisieren von höchster Bedeutung.

Antiseptische und aseptische Wundbehandlung s. unter Eiterung.

Desinfektion im Haushalt. Die beste Desinfektion leistet das direkte grelle Sonnenlicht, das die Bakterien in kürzester Zeit abtötet. Darum sind sonnige Wohnungen so viel gesünder als solche, in die kein Strahl dringt, darum das Lüften und Besonnen der Wohnräume, das Simmern der Betten.

Kleider und Geräte, an denen krankheitsregende Bakterien haften, werden in besonderen Desinfektionsanstalten in große, tonnenförmige Räume gebracht, in die zuerst längere Zeit heiße Wasserdämpfe geleitet werden. Danach wird heiße trockene Luft von 120—150° C zugeführt. Die Hitze in diesen verschiedenen Formen ist ein ausgezeichnetes Desinfektionsmittel.

Um im Haushalt Fußböden, Wäsche, Kleidungsstücke und Geräte möglichst keimfrei zu machen, werden sie mit heißem Wasser und Soda oder Seife behandelt. Peinlichste Sauberkeit gewährt immer einen vorzüglichen Schutz gegen Spaltpilze.

Das Kochen der Speisen hat neben anderen Zwecken auch den, die Nahrung zu sterilisieren; denn bei längerem Erhitzen auf 100° C gehen die Bakterien unfehlbar zugrunde, nur die Sporen nicht. Das ist aber auch nicht von Bedeutung, da die Speisen gewöhnlich den Darm passiert haben, bevor sie in Masse auskeimen und sich vermehren.

Pasteurisieren. Auch in der Milch werden durch Kochen die gerade da massenhaft vorkommenden Spaltpilze vernichtet, so daß sich gekochte Milch länger hält als ungekochte. Freilich nimmt sie dabei den eigentümlichen Kochgeschmack an. Um nun Haltbarkeit und Wohl-

geschmack zu vereinen, genügt ein 5 Minuten langes Erhitzen auf 70 bis 80° C, das die Bakterien tötet, ohne den Geschmack zu beeinträchtigen. Nach seinem Erfinder PASTEUR bezeichnet man dieses Verfahren als Pasteurisieren.

Will man auch die Sporen abtöten und so die Nahrungsmittel völlig keimfrei herstellen, so läßt man sie nach dem erstmaligen Pasteurisieren einen Tag bei mittlerer Temperatur (Blutwärme 37° C) stehen. Während dieser Zeit keimen die Sporen aus. Durch nochmaliges bzw. mehrfach wiederholtes Pasteurisieren werden nun alle aus den Sporen hervorkeimenden Spaltpilze vernichtet.

Um Fleisch und Obst zu konservieren, wendet man neben Kochen starke Salz- (Pökelfleisch, Heringe) oder Zuckerlösung an (eingemachte Früchte) und verhindert dann das Hinzutreten neuer Keime. Das kann ebensogut durch Wattepfropfen als durch den so beliebten, aber nicht unbedingt nötigen „luftdichten“ Verschuß bewirkt werden. Denn es kommt nicht auf Fernhalten der Luft, sondern der Keime an.

Fleischwaren schützt man vor Fäulnis noch durch Räuchern oder Bestreichen mit Holzessig. Im Rauch sowohl als im Holzessig ist Kreosot vorhanden, das eine ziemlich stark bakterientötende Kraft besitzt.

Von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab lernte man eine Anzahl von Stoffen kennen, welche die ausgesprochene Fähigkeit besaßen, Bakterien abzutöten. Wir führen hier nur einige der am häufigsten angewendeten

chemischen Desinfektionsmittel an. Um Decken und Wände von geweißten Zimmern und Ställen zu desinfizieren, bestreicht man sie mit Kalkmilch. Diese stellt man her, indem man Ätzkalk (= gebrannten Kalk) mit der vierfachen Menge Wasser verrührt.

Zu den ältesten und bekanntesten aller Desinfektionsmittel gehört die Karbolsäure. Man verwendet sie in 5prozentiger, wässriger Lösung als Karbolwasser. Sie wird durch Destillation aus dem Steinkohlenteer gewonnen.

Noch wirksamer ist das Lysol. Es ist die Lösung eines neueren Teerproduktes, des Kresol, in Kaliseife (Schmierseife). Man verwendet es gern zum Auswaschen der Krankenzimmer, Desinfektion der Möbel, Wäschestücke und des Auswurfs Kranker, sowie der Hände und ärztlichen Instrumente. Infolge seines Seifengehaltes reinigt es zugleich vorzüglich.

Am kräftigsten und schnellsten wirkt Sublimat, das ist ein geruchloses, weißes Quecksilbersalz. Es genügt schon eine ganz schwache, wässrige Lösung von $\frac{1}{1000}$ (= 1 g auf 1 l Wasser). Da es aber sehr giftig und ziemlich teuer ist, findet es nur beschränkte Anwendung.

Die letzte Zeit hat uns ein vorzügliches Desinfektionsmittel beschert, das Formalin. Es ist die 40prozentige Lösung des Formaldehydgases in Wasser. Man verwendet es zur Desinfektion von Wohnräumen. Es wirkt am besten, wenn das Zimmer vorher mit Wasserdampf erfüllt wurde. Sodann wird das Formalin erwärmt und die sich entwickelnden Dämpfe durch eine Öffnung (Schlüsselloch) in das dicht verschlossene Zimmer geleitet. Dort dringt es bis in die feinsten Fugen der Diele, alle Falten der Gewebe und in die verstecktesten Winkel. Es tötet die Bakterien, ohne dabei die Gegenstände des Wohnraums irgendwie zu schädigen.

Die Bodenbakterien.

Tafel III.

Ernährung der Pflanzen. Die außerordentliche Bedeutung, die den Bakterien bei der Ernährung der Pflanzen zukommt, ist erst im letzten Jahrzehnt voll erkannt worden. Vergegenwärtigen wir uns kurz, wie sich überhaupt die Pflanze ernährt.

Die Hauptorgane der Ernährung, gewissermaßen Magen und Darm, sind die Blätter und Wurzeln. Die ersteren nehmen durch die Spaltöffnungen Kohlensäure auf. In den Zellen wird diese von dem Blattgrün oder dem Chlorophyll unter dem Einfluß des Sonnenlichts in Kohlenstoff und Sauerstoff gespalten. Sauerstoff wird ausgeschieden, Kohlenstoff aber zum Aufbau des Pflanzenkörpers verwendet. Mineralische Salze und Stickstoff werden durch die Wurzeln aufgenommen. Alle höheren Pflanzen entnehmen den Stickstoff in Form von salpetersauren Salzen, die im Nährwasser gelöst sind, dem Boden. Da dieses aber sehr arm an gelösten Substanzen ist, müssen beständig große Wassermengen im Körper der Pflanze emporsteigen, um den Bedarf an Stickstoff und mineralischen Salzen zu decken. Nach Abgabe der Salze wird das Wasser von den Blättern als Wasserdampf abgeschieden (= Transpiration). Der von der Pflanze aufgenommene Stickstoff wird wesentlich zur Bildung von Eiweiß verwendet. In dieser Form gelangt er in den menschlichen oder tierischen Körper, wird da verarbeitet und als Harn wieder ausgeschieden.

Düngung. Nun würde aber der im Boden vorhandene Stickstoff in einer Reihe von Jahren aufgezehrt sein, so daß die ganze Flora verhungern müßte, wenn nicht für neue Zufuhr gesorgt würde. Das geschieht durch die Düngung.

Der verdienstvolle Förderer der Landwirtschaft, LIEBIG, empfahl,

dem an Nährstoffen arm gewordenen Boden künstliche Düngemittel zuzuführen. Als solche verwendet man noch heute die beim Bessemerprozeß gewonnene phosphorhaltige Thomasschlacke, die kaliführenden Abraumsalze Kainit, Karnallit u. a. und den stickstoffreichen Salpeter. Sie alle sind wasserlösliche Stoffe, die den nährstoffarmen Boden sehr bereichern und von der Pflanze leicht aufgenommen werden. Durch die künstliche Düngung wurde darum eine außerordentliche Steigerung der Ernteerträge erzielt.

Wie seit alter Zeit, so wird der Boden auch heute noch, schon wegen des hohen Preises künstlicher Düngemittel, mit den stickstoffhaltigen tierischen und menschlichen Ausscheidungen, Kot und Harn, gedüngt. Wie erfolgt da die Aneignung? Die Pflanze vermag den im Harn enthaltenen Stickstoff nicht unmittelbar aufzunehmen, sondern nur in der Form von salpetersauren Salzen (z. B. als Kali- oder Natronsalpeter). Während man früher mit LIEBIG annahm, daß diese Umlagerung des Stickstoffs ein rein chemischer Vorgang sei, hat man jetzt erkannt, daß sie auf der Tätigkeit gewisser

Bodenbakterien beruht. Der Harn wird zunächst durch die sogenannten Harnbakterien (Taf. III, 5) in einfachere Verbindungen zerlegt, unter denen zuletzt Ammoniak die bedeutungsvollste ist, da sie den Stickstoff enthält.

Da die Pflanze auch aus dem Ammoniak ihren Stickstoffbedarf nicht deckt, muß auch dieses weiter verändert werden. Das geschieht wieder durch gewisse Spaltpilze, die Salpeterbakterien (Taf. III, 6). Sie verwandeln das Ammoniak unter Sauerstoffaufnahme schließlich in Salpetersäure. Diese geht nun mit gewissen Bodenbestandteilen eine Verbindung zu salpetersauren Salzen ein, die im Wasser löslich sind und von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

So ist die Nutzbarmachung des in tierischen und menschlichen Ausscheidungen enthaltenen Stickstoffs nur durch die Arbeit der Bakterien möglich. Der Stickstoff, der als Pflanzeneiweiß in den Tierkörper übergeht und diesen als Harn verläßt, bedarf also der tätigen Mitarbeit der Spaltpilze, um aus dem Harn wieder in den Pflanzenkörper überzugehen und so den Kreislauf zu vollenden.

Salpeterbakterien sind auch überall da tätig, wo sich Fäulnisprozesse abspielen. Denn überall entsteht dabei Ammoniak als Endprodukt, vor allem bei der Arbeit luftliebender Spaltpilze. Indem dieses von den Salpeterbakterien in Salpetersäure umgewandelt wird, welche den wesentlichen Bestandteil der salpetersauren Pflanzennährsalze bildet, schaffen sie aus verwesenden Organismen Bildungsmaterial für neue

Lebensformen, düngen also alle vom Landmann nicht bearbeiteten Bodenflächen.

Stickstoffsammler. Während alle pflanzlichen Gebilde den Stickstoff nur dem Boden entnehmen, nie aber den freien Stickstoff der Luft verarbeiten können, gibt es einige, überall vorkommende Bodenbakterien, die auch den atmosphärischen Stickstoff unmittelbar aufnehmen und zum Aufbau ihres Körpers verwenden. Ein solcher stickstoffassimilierender Spaltpilz, *Azotobacter*, ist in Taf. III, 4 dargestellt. Wenn nun schließlich der Körper solcher Bakterien zerfällt, so bildet der im Bakterieneiweiß aufgehäufte Stickstoff einen Bestandteil des Bodens. Indem die stickstoffassimilierenden Spaltpilze so eine allmähliche Anreicherung der Erde mit ausnutzbarem Stickstoff bewirken, düngen sie gewissermaßen den Boden und sind für die Land- und Forstwirtschaft von größter Bedeutung.

Wurzelknöllchenbakterien. Enthält eine Bodenart wenig Stickstoff, so vermögen die Pflanzen nur schlecht zu gedeihen und wenig Eiweiß zu bilden. Nur die Hülsenfrüchte (Lupinen, Bohnen, Erbsen, Klee) machen eine Ausnahme. Denn es ist Tatsache, daß sie selbst auf stickstoffarmem Boden gut gedeihen und in ihren Früchten viel Eiweiß aufspeichern, ja, daß sie bei der Ernte weit mehr Stickstoff enthalten, als im Nährboden vorhanden war. Wie geht das zu?

An den Wurzeln der Hülsenfrüchte finden sich kleine Auswüchse, die sogen. Wurzelknöllchen (Taf. III, 1), oft viele Hunderte. Sie sind dadurch entstanden, daß gewisse Bakterien aus dem Ackerboden durch die feinen Wurzelhaare in die Nebenwurzeln eingedrungen sind. Hier haben sie sich lebhaft vermehrt und dadurch eine Wucherung veranlaßt, die wir als Wurzelknöllchen bezeichnen. Durchschneiden wir eine solche Bildung, so erblicken wir großzelliges Gewebe, das ganz von Bakterien erfüllt ist (Taf. III, 2). Den zum Leben nötigen Kohlenstoff entnehmen die Spaltpilze ihrem Wirt. Den Stickstoff aber vermögen sie direkt aus der atmosphärischen Luft zu binden und daraus Eiweiß zu bilden. Von größter Bedeutung ist, daß diese Wurzelknöllchenbakterien den Stickstoff an das Protoplasma ihrer Wirtspflanze abgeben, ja später von ihm ganz aufgelöst und verdaut werden. Besonders der Zellinhalt der von der normalen Stäbchenform abweichenden Bakterien (Taf. III, 3) wird von den Hülsenfrüchten einverleibt.

So erklärt sich der hohe Eiweißgehalt der Leguminosen auch auf stickstoffarmem Boden. Noch mehr, die im Erdboden verbleibenden Wurzeln mit den Wurzelknöllchen bilden so eine vorzügliche, dabei billige Stickstoffdüngung. Schon lange war diese Tatsache den Land-

wirten bekannt, und die Hülsenfrüchte wurden darum den bodenbereichernden Gewächsen zugezählt. Wenn man erwägt, daß die Ausgabe für Stickstoffdüngung in Deutschland jährlich viele Millionen beträgt, so leuchtet ohne weiteres die hohe volkswirtschaftliche Bedeutung jener winzigen Stickstoffsammler ein.

Krankheitserreger oder pathogene Bakterien. Tafel IV.

Geschichtliches. So segensreich im allgemeinen die Wirkungen der Bakterien sind, so furchtbar wird doch eine Gruppe von Spaltpilzen als Erreger von Krankheiten, die pathogenen Bakterien. Schon seit langem unterschied man neben den Verwundungen und Stoffwechselkrankheiten (Zuckerkrankheit) als dritte Abteilung die ansteckenden oder Infektionskrankheiten. Vor der Entdeckung der Bakterien hielt man vielfach Ausdünstungen des Bodens, das „Miasma“, für die Ursache der Länder entvölkernden Seuchen. Als man dann im Blut und Gewebe kranker Tiere Spaltpilze fand, hielt man sie immer noch nicht für die Erreger der Krankheiten, sondern für belanglose Nebenerscheinungen. Selbst als man durch Übertragen des Blutes kranker Tiere auf gesunde diese ebenfalls ansteckte, so schrieb man nicht den Bakterien, sondern den eingeimpften Giftstoffen die krankheitserregende Wirkung zu. Erst als es 1876 ROBERT KOCH gelang, den Erreger des Milzbrandes der Rinder außerhalb des Tieres auf künstlichem Nährboden (Gelatine) zu züchten, und durch Einimpfen desselben auf gesunde Tiere Milzbrand zu erzeugen, war bewiesen, daß die Bakterien nicht Begleiterscheinung, sondern Ursache der Krankheit sind. In kurzen Zwischenräumen folgte nun die Entdeckung der verschiedenen pathogenen Bakterien. So fand KOCH 1882 den Erreger der Tuberkulose, dann den der Cholera. Kurz vorher war der Typhusbazillus bekannt geworden, später der Diphtherie-, Influenza- (1893) und Pestbazillus. Von verschiedenen ansteckenden Krankheiten, wie Pocken, Scharlach, Masern, Hundswut, Maul- und Klauenseuche, sind die Erreger noch nicht bekannt.

Ansteckung. Das Eindringen krankheitserregender Lebewesen in den Körper nennt man Ansteckung oder Infektion. Sie kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Während die gesunde Haut für die Bakterien undurchlässig ist, gelangen sie bei Verletzungen leicht ins Innere. So dringen die im Boden lebenden Starrkrampfbazillen nur durch offene Wunden in den Körper. Gar mancher infiziert sich bei Kratzwunden

mit den im Schmutze der Nägel lebenden Bakterien, so daß Eiterung, Tuberkulose oder Rose entsteht.

Andere Krankheitsüberträger gelangen mit der Nahrung ins Körperinnere, wie Cholera- und Typhusbazillen in verdorbenem Trinkwasser, Tuberkelbazillen in der Milch von perlsüchtigen Rindern.

Noch andere atmen wir mit der Luft ein. So finden wir öfters auf den Schleimhäuten der Nase auch bei völlig Gesunden Diphtherie-, Tuberkulose- und Lungenentzündungserreger. Influenzabazillen werden auch meist durch die Luft übertragen, indem sie an kleinen Flüssigkeitstropfen haften, die beim Niesen oder Husten versprüht werden.

Häufig erfolgt die Infektion durch kranke Menschen. So entleeren Schwindsüchtige im Auswurf, Typhusranke in ihren Entleerungen die Krankheitskeime. Auch an allen Gebrauchsgegenständen aus der Umgebung des Kranken haften sie, an Betten, Kleidern, Eßgeschirr und Verbandszeug. Darum vermeide man jede Berührung Kranker (wie oft schon wurde durch Küssen Diphtherie übertragen), wo eine solche nicht zu umgehen ist, wasche man sich sorgfältig in desinfizierenden Flüssigkeiten und wische die Zimmer mit solchen aus.

Nur die Krankheitserreger rufen Erkrankungen hervor, welche ins Blut oder Körpergewebe gelangen. So müssen Typhusbazillen aus dem Darm ins Körperinnere eindringen, Diphtherie- und Tuberkulosebazillen durch feine Risse in der Schleimhaut, wenn sie eine Krankheit hervorrufen wollen. Wer also seine Schleimhäute vor Erkältungen schützt, Magen und Darm durch geregelte Diät und mäßiges Leben in gesundem Zustand erhält (schon die im Magen vorhandene Salzsäure (0,2 %) wirkt desinfizierend), dem werden die Bakterien wenig schaden können.

Disposition. Es ist eine seit langem bekannte Erscheinung, daß manche Personen für eine gewisse Krankheit außerordentlich empfänglich sind, während sie an anderen ohne nennenswerte Schädigung vorübergeht. Diese verschiedene Empfänglichkeit bezeichnet man als individuelle Disposition. Während z. B. ein Europäer vom Wechselfieber stark mitgenommen wird, vermag es der Neger viel leichter zu überwinden. In verschiedenen Lebensaltern ist der Mensch auch für verschiedene Krankheiten disponiert, was schon in dem Namen „Kinderkrankheit“ zum Ausdruck kommt.

Vielfach ist die Meinung verbreitet, daß ansteckende Krankheiten, wie Tuberkulose z. B., von den Eltern auf die Kinder sich „forterben“. Das ist ebenso falsch als grausam gegen die Betroffenen. Wohl ist die Gefahr der Infektion für Kinder, die mit kranken Eltern zusammen-

wohnen, gewiß sehr groß. Eine Vererbbarkeit im gewöhnlichen Sinne ist aber nicht der Fall, wenn auch die persönliche Empfänglichkeit infolge gewisser vererbbarer Eigenschaften der Eltern (Engbrüstigkeit, schwächlicher Körperbau) erhöht ist. Der Angriff der Bakterien wird nämlich um so erfolgreicher sein, als die Widerstandskraft des Körpers herabgesetzt wird durch zu karge oder falsche Ernährung (zu viel Fleisch, Alkohol), zu geringe Bewegung, Überanstrengung, Aufenthalt in verdorbener Luft, Erkältung, Mangel an Schlaf, kurz: durch unvernünftige Lebensweise. Auch bei heftigen Gemütsbewegungen, Aufregung, Schreck, Ärger, bei Furcht (vor Ansteckung) büßt der Körper an schützender Kraft ein. Dagegen ist die Heiterkeit der Seele von außerordentlich wohltuendem Einfluß auf das Gesamtbefinden und erhöht damit die Widerstandskraft des Körpers.

Schutzmittel des Körpers.

1. Freßzellen oder Phagocyten. Neben den scheibenförmigen roten Blutkörperchen enthält das Blut noch die weißen Blutzellen oder Leukocyten. Sie entstehen in der Milz und dem Knochenmark und wandern von hier aus in den Blutkreislauf. In ihrer immer wechselnden Gestalt gleichen sie einer Amöbe. Auch bewegen sie sich wie diese durch Ausstülpung von Scheinfüßchen. METSCHNIKOFF, der Nachfolger PASTEUR's und Leiter des Pasteurschen Instituts, hat ihre Tätigkeit näher erforscht und die seltsamen Gebilde treffend als Körperpolizei bezeichnet. Die in den Körper eingedrungenen Bakterien werden zunächst von besonderen Stoffen der Blutflüssigkeit, die auf sie einwirken, geschwächt. Jetzt wandern die weißen Blutkörperchen auf sie zu, ja sie treten aus ihrer Blutbahn in die von Bakterien infizierten Körpergewebe, wo sie sich massenhaft ansammeln. Die Blutzelle umfließt nach Art der Amöbe den Spaltpilz und schließt ihn ganz in ihre Körpermasse ein. Dort zerfällt er in einzelne Stücke und wird aufgefressen. Wegen ihrer eigenartigen Tätigkeit werden die weißen Blutkörperchen auch Phagocyten oder Freßzellen genannt. Taf. IV, 10 stellt die einzelnen Stadien dieses Vorgangs dar. Sind nur wenige und sich langsam vermehrende Bakterien eingedrungen, so unterliegen sie im Kampf mit den Leukocyten. Im andern Falle aber folgt der Infektion die Erkrankung.

2. Bildung von Gegengiften. Erst vor kurzem hat man erforscht, worauf die Wirkung vieler pathogenen Bakterien beruht: Sie erzeugen giftige Stoffwechselprodukte, die sogen. Toxine, und durch Absonderung derselben werden sie so verderblich. Wenn man nämlich solche Bakteriengifte allein (ohne ihre Erzeuger) in den Körper einspritzt, so bringen sie

die gleiche Wirkung hervor, wie die lebenden Bakterien selbst. Die Toxine wirken nach Art der Fermente, indem sie Zersetzungen der Körperstoffe hervorrufen. Ihre Giftwirkung übersteigt alle Vorstellung. So genügt $\frac{1}{4}$ Milligramm des vom Starrkrampferreger ausgeschiedenen Tetanustoxins, um einen Menschen zu töten.

Ganz wunderbar ist nun die Fähigkeit des Körpers, Gegengifte oder Antitoxine hervorzubringen, die den Kampf mit den Toxinen führen, sie neutralisieren und dadurch unschädlich machen, während sie auf die Bakterien selbst nicht einwirken. Diese Abwehr- und Schutzstoffe sind bisher bei einer Reihe von Krankheiten festgestellt worden. Auf ihrer Bildung beruhen gewisse Heilverfahren, die unten näher beschrieben sind. —

Infektionskrankheiten und ihre Bekämpfung.

1. Die Pockenkrankheit. Eine der furchtbarsten Seuchen, unter der seit Jahrtausenden die Menschheit schrecklich zu leiden hatte, sind die Pocken. Wie schwer sie auf unseren Vorfahren lastete, geht daraus hervor, daß z. B. im 18. Jahrhundert $\frac{5}{6}$ aller Lebenden von ihr befallen wurden, in Deutschland allein jährlich 70 000, in Europa 400 000 Menschen an ihr zugrunde gingen.

Sie verläuft derart, daß 12 Tage nach der Ansteckung Schüttelfrost, Kopfschmerz, Schwindel und Erbrechen eintreten, verbunden mit hohem Fieber. Dann bilden sich im Gesicht und anderen Körperstellen Hunderte von geröteten Knötchen, die später an ihrer Spitze wasserhelle Knötchen tragen, die Pocken. Nach einiger Zeit vereitern diese, fließen zusammen und bilden dann ganze Geschwürkrusten, so daß der Kranke zur Unkenntlichkeit entstellt ist. Auch auf der Schleimhaut des Körperinnern, vor allem im Mund, entstehen solche fressende Geschwüre, die einen entsetzlichen Geruch verbreiten. Bei vollem Bewußtsein muß der Kranke die furchterlichsten Schmerzen ertragen, bis gewaltsame Krämpfe oder qualvolles Ersticken sein Leiden enden. Genesende aber tragen zeitlebens entstellende Narben am ganzen Körper.

Schutzimpfung. Mit Recht verehren wir darum in dem englischen Arzt EDUARD JENNER, der das Kuhpockenimpfverfahren 1796 begründete und damit der Seuche Einhalt gebot, einen der größten Wohltäter der Menschheit. Bereits früher war es bekannt, daß Leute, die sich beim Melken kranken Viehes mit den am Euter auftretenden Kuhpocken ansteckten, von den Menschenpocken nicht befallen wurden. Nun sind aber die Kuhpocken nur eine leichtere, wenig wirksame Form der Menschenpocken. Denn gesunde Kühe erhalten die Pocken, wenn sie

von Kranken oder solchen, die infolge der Pflege Kranker Pockenstoff an den Fingern tragen, gemolken werden. In gleicher Weise werden nun gesunde Menschen beim Melken wieder von den Kuhpocken am Euter angesteckt. Die so erworbenen Pocken verlaufen aber außerordentlich leicht, und außerdem ist der Patient nun viele Jahre unempfindlich (giffest oder immun) gegen die Menschenpocken. Diese Immunität beruht darauf, daß der Körper, durch die eindringenden Krankheitserreger gereizt, Stoffe absondert, welche ihm einen wirksamen Schutz gegen die Ansteckung mit Menschenpocken verleihen.

JENNER war es, der nach langjährigen Versuchen die absichtliche Ansteckung mit Kuhpockengift als wirksamsten Schutz gegen Menschenpocken empfahl. Das von ihm begründete Pockenimpfverfahren brach sich bald wegen seiner segensreichen Wirkung Bahn. Seit der Einführung des gesetzlichen Impfwanges 1874 ist die Pockenkrankheit in Deutschland so gut wie erloschen.

Den Impfstoff gewinnt man, indem man kräftige Kälber auf der vorher rasierten Bauchseite mit Pockengift infiziert. Haben sich nach einigen Wochen die Kuhpocken gebildet, so wird der Inhalt derselben abgezapft und auf Gläschen gefüllt. Um größere Haltbarkeit zu erzielen, wird die Lymphe mit Glycerin versetzt und dann benutzt. Die Wiederholung der Impfung im 11. Lebensjahre und beim Eintritt ins Militär gewährt erhöhten Schutz auf eine lange Reihe von Jahren.

2. Diphtherie oder Halsbräune ist die gefährlichste aller Kinderkrankheiten. Starben doch bis 1895 in Deutschland jährlich gegen 60 000 Personen an Diphtherie. Die Krankheit, die in drei verschiedenen schweren Formen auftritt, beginnt immer mit Schlingbeschwerden, beschleunigtem Puls und Erkrankung der Schleimhaut des Rachens. Mandeln und Rachen haben einen weißgrauen Belag. Zu dieser örtlichen kommt noch eine allgemeine Erkrankung des Körpers. Diese entsteht dadurch, daß die Diphtheriebazillen Gifte ausscheiden, welche vom Körper aufgenommen werden. Oft rühren die Gifte auch von abgestorbenen und zersetzten Diphtheriebazillen her, die von den Geweben aufgesogen werden.

Als Erreger der Diphtherie wurde 1884 ein Stäbchen von 4—6 μ Länge im Rachenbelag der Kranken entdeckt, das *Bacterium diphtheriae*. Es ist vielfach von unregelmäßiger Form, keilförmig oder mit aufgetriebenen Enden. Bemerkenswert ist, daß dieser Spaltpilz auch ausgetrocknet mehrere Wochen lebensfähig bleibt. Diphtherie tritt gewöhnlich in der rauhen Jahreszeit auf, wenn infolge von Erkältung die Schleimhaut verletzt ist und damit den Bakterien der Boden bereitet ist.

Heilverfahren. JENNER impfte den abgeschwächten Pockenerreger ein (die Kuhpockenlymphe enthält ja den Erreger der echten Pocken, aber im wenig wirksamen Zustand), um den Körper gegen die stark wirksame Form unempfänglich zu machen. Der Pockenschutz wurde also nur dadurch erzielt, daß der Körper eine, wenn auch leichte Krankheit erst überstehen mußte. Am Ende des vergangenen Jahrhunderts begründete BEHRING ein anderes Heilverfahren, das auf der Wirkung des Serums beruht und besonders die Bekämpfung der Diphtherie im Auge hat.

Serum. Das Blut besteht aus dem schwachgelben Blutwasser oder Serum, das rote und weiße Blutkörperchen enthält. Außerdem ist noch der Blutfaserstoff oder Fibrin darin gelöst. Läßt man Blut stehen, so backen Faserstoff und Blutkörperchen zum Blutkuchen (Grind) zusammen, während das Serum als helle Flüssigkeit darüber steht.

Das Serum ist der beste Bundesgenosse im Kampf gegen gewisse ansteckende Krankheiten. Gelangt beispielsweise das von den Diphtheriebazillen ausgeschiedene Gift (Toxin) in den Körper, so bildet sich im Serum ein Gegengift (Antitoxin), das die Wirkung des Diphtheriegiftes aufhebt, während es anderen Giften gegenüber ganz wirkungslos bleibt. Damit sich dieses Gegengift bildet, ist nicht einmal nötig, daß lebende Diphtheriebazillen ins Blut gelangen, es genügt schon, wenn Diphtheriegift allein, ohne die Erreger, eindringt. Aber immer ist auch dann das Serum der Träger des Antitoxins. Und zwar entstehen die Gegengifte nicht allein im Blute von Personen, welche die Krankheit überstanden haben, sondern auch im Blute von Tieren, denen man das Diphtheriegift einimpft.

Auf diese Beobachtung gründete BEHRING sein Heilverfahren. Er impfte zuerst kleine Mengen des Diphtheriegiftes gesunden, gut genährten Pferden ein. Im Blute dieser Tiere bildete sich nun das Diphtherie-Antitoxin. Durch wiederholte, immer stärker werdende Einspritzungen entstanden auch immer größere Mengen von Gegengift im Serum der Pferde. Schließlich waren die Vernichtungskräfte im Blute so stark geworden, daß das Tier zuletzt ganz giftfest wurde. Diese Immunität ließ sich nun auch auf andere Tiere oder Menschen übertragen. Man zapfte solchen immunisierten Pferden Blut ab und spritzte dem Diphtheriekranken etwas von dem Serum, welches das Gegengift enthält, in den Körper. Tausendfache Erfahrung hat gezeigt, daß Diphtherievergiftungen durch rechtzeitiges Einspritzen des Behringschen Heilserums geheilt worden sind und viele Diphtheriegefährdete durch Serumbehandlung sich gegen Ansteckung schützten. So hat die Diphtherie durch BEHRING's geniale Entdeckung viel von ihrem Schrecken verloren.

3. Eiterung. Gar häufig tritt bei Wunden Eiterbildung auf. Die Ursache dieser Erscheinung hat man vor ungefähr 30 Jahren in bestimmten Eiterbakterien entdeckt. Taf. IV, 1 stellt einen Schnitt durch vereitertes Gewebe dar. Die Eitererreger sind hier unregelmäßig traubenförmig angeordnet und heißen Staphylokokken. Ein anderer, besonders bei der Wundrose auftretender Spaltpilz ist ein *Streptococcus* (Taf. IV, 2). Die Eiterkokken sind gegen Trockenheit sehr widerstandsfähig. Meist haften sie an den Staubteilchen der Luft, auch im Schmutz der Fingernägel sind sie nicht selten. Die Eiterbakterien können nur dort eindringen, wo eine Wunde vorhanden ist, und sei sie noch so klein. Gerade kleine Kratzwunden und Pickel, in die der Schmutz der Fingernägel gelangt, sind besonders gefährlich. So entsteht die Kopfrosee fast immer auf diese Weise.

Sind nun die Bakterien in die Wunde eingedrungen, so findet alsbald eine lebhaftere Blutzufuhr statt, was sich äußerlich durch erhöhte Temperatur und Rötung der verletzten Stelle kundgibt. Später wandern die weißen Blutkörperchen oder Leukocyten herbei, um ihr Amt als Körperpolizei auszuüben. Sie fressen die Bakterien, gehen dabei aber vielfach zugrunde. Es bildet sich an der entzündeten Stelle jene aus Bakterien, Gewebsteilchen und weißen Blutkörperchen bestehende Masse, die unter dem Namen Eiter bekannt ist.

Wenn die Bakterien bei einer tiefergehenden Verletzung in die Blut- und Lymphgefäße gelangen, so breitet sich die Infektion weiter aus, was wir dann als Blutvergiftung bezeichnen.

Antiseptische und aseptische Wundbehandlung. Während früher nach Operationen, (überhaupt bei Wunden), Brand, Eiterung und Wundfieber sehr häufig auftrat, wurde das anders, nachdem man in den Bakterien die Ursache dieser Erscheinung erkannte. Da man zugleich entdeckte, daß gewisse Stoffe (Karboll u. a.) eine fäulnishemmende oder antiseptische Wirkung auszuüben imstande seien, so behandelte man Wunden und Schnittträger mit bakterientötenden Substanzen und verhindert damit die Eiterung. So trat an Stelle der bisherigen die antiseptische Wundbehandlung. Der Edinburger Chirurg LISTER war es, der 1877 den karbolgetränkten „Listerschen Wundverband“ einführte.

Jetzt ist man vielfach zur aseptischen Behandlung übergegangen, die darin besteht, von vornherein alle Krankheitskeime von der Wunde fernzuhalten. Dies geschieht hauptsächlich dadurch, daß der Operateur bei seiner Tätigkeit mit der peinlichsten Sauberkeit verfährt, seine Hände und Instrumente in desinfizierenden Flüssigkeiten wäscht usw.

4. Starrkrampf. Eine andere schwere Erkrankung, der Starrkrampf

oder Tetanus, entsteht ebenfalls durch Eindringen von Bakterien in die Wunde. Der Erreger ist der Starrkrampfbazillus, *Bac. tetani* (Taf. IV, 3), ein Sporen bildendes Stäbchen, das im Boden lebt und bei Verunreinigung der Wunde mit Erde eindringt. Die meisten Menschen scheinen allerdings gegen die Krankheit immun zu sein. Die Starrkrampferreger scheiden ein furchtbares Gift aus, das ein äußerst schmerzhaftes Zusammenziehen der Muskeln, die Wundstarre, bewirkt. Sie greift allmählich weiter, bis zuletzt Zwerchfell und Rippenheber starr werden, so daß die Atmung aufhört und der Tod das qualvolle Leiden endet. — BEHRING hat auch gegen den Starrkrampf ein Serum hergestellt, doch vermag es nur bei beginnender Erkrankung zu wirken. Stellen sich darum bei einer Wunde krampfartige Schmerzen ein, so ziehe man unverzüglich den Arzt zu Rate. Der beste Schutz ist auch hier Reinhaltung der Wunde.

5. Die Tuberkulose. Die verheerendste aller Infektionskrankheiten ist ohne Zweifel die Tuberkulose oder Schwindsucht. Gibt es doch in Deutschland allein gegen eine Million Schwindsüchtige und sterben jährlich bei uns über 100 000 Menschen an dieser furchtbaren Seuche.

Den Erreger der Krankheit, den Tuberkelbazillus, *Bacterium tuberculosis* (Taf. IV, 5), fand Koch 1881. Er ist ein kommaförmiges, schwach gekrümmtes Stäbchen von 1—3 μ Länge. Gefährlich wird er besonders dadurch, daß er auch außerhalb des Körpers lange widerstandsfähig bleibt.

Wie erfolgt die Ansteckung? Vielfach ist noch die falsche Meinung verbreitet, daß Tuberkulose erblich sei. Da das Kind im allgemeinen den Eltern gleicht und vielfach Engbrüstigkeit, schwache Konstitution, vielleicht auch die gleiche Neigung zu allzu flottem Leben erbt, so läßt sich eine gewisse angeborene Empfänglichkeit nicht bestreiten. Zudem tritt oft die unmittelbare Ansteckung infolge langen Zusammenlebens mit tuberkulösen Familienmitgliedern ein. Ausschweifendes Leben, schlechte Ernährung, Kummer und Sorge, gewohnheitsmäßiger Genuß von Alkohol begünstigen die Infektion und beschleunigen den Verlauf der Krankheit.

Die Tuberkelbazillen finden sich immer in ungeheurer Zahl im Auswurf der Schwindsüchtigen, der darum für die Umgebung die größte Gefahr bildet. Jedes der beim Sprechen oder Husten tuberkulöser zerstäubte Flüssigkeitströpfchen enthält Krankheitskeime und kann beim Einatmen in unseren Körper gelangen oder auf Speisen fallen, die wir später genießen. Oder, was meist der Fall ist, der eingetrocknete Auswurf zerstäubt und die sehr lebenskräftigen Spaltpilze dringen mit dem

Staub der Luft in die Lunge, setzen sich an unsere Geräte, Kleidung und auf Speisen. Darum sollte vor allem auf Unschädlichmachung des Auswurfs geachtet werden (Spucknäpfe, Spuckgläser u. a.). Vor allem töte man die in der Milch vorhandenen Erreger durch Pasteurisieren ab.

Die Bakterien greifen meist die Lunge, doch auch Darm, Kehlkopf, Knochen, Bauchfell und Haut an. Besonders gern siedeln sie sich an den durch Katarrh geschwächten Luftröhrenästchen an und bilden dort Geschwüre. Beim Zerfall derselben dringen die Tuberkeln immer tiefer bis zur Lunge, die schließlich der Zerstörung anheimfällt.

Die Tuberkulose ist in den Anfangsstadien heilbar (Höhenluft, Heilstätten). Wie überall, so bietet auch hier die durch hygienische Lebensweise erhöhte Widerstandskraft des Körpers den besten Schutz.

6. Typhus. Der Unterleibstyphus (Nervenfieber) wütet auch heute noch oft als Epidemie, besonders in volkreichen Ortschaften. Zwei bis vier Wochen nach der Ansteckung tritt Kopfweh, verbunden mit allgemeiner Mattigkeit, Appetitlosigkeit und Fieber ein. Meist tritt noch eine starke Benommenheit des Geistes hinzu, die den Namen Nervenfieber veranlaßte, ebenso leidet der Kranke an Durchfall. Da zugleich Geschwüre an der Schleimhaut des Dünndarms auftreten, darf keine feste Nahrung gereicht werden, weil sie ein Zerreißen der dünnen Geschwürstellen und damit den Tod herbeiführen würde.

Auch der Typhus wird durch pathogene Bakterien veranlaßt. Es sind kurze, an den Enden abgerundete Stäbchen, *Bacterium typhi* (Taf. IV, 7). Ringsum tragen sie Geißeln, mit deren Hilfe sie sich lebhaft bewegen. Sie bilden zwar keine Sporen, bleiben aber eingetrocknet 2—3 Monate lebensfähig. Man findet sie einzig in Darm, Leber, Milz und Blut des Menschen, während alle Tiere gegen Typhus immun sind.

Die Bakterien werden mit dem Kot, Harn und Auswurf ausgeschieden. Darum sind die Kranken womöglich zu isolieren, Bettwäsche, Zimmer, Gebrauchsgegenstände zu desinfizieren (Lysol, Formalin), ebenso die Ausscheidungen (Chlorkalk, Kalkmilch). Vielfach gelangen Entleerungen Typhuskranker in Trink-, Spül- oder Badewasser und rufen dann die schwersten Epidemien hervor. Die Übertragung erfolgt auch durch Milch und Eßwaren, die in Gefäßen aufbewahrt wurden, welche mit verunreinigtem Wasser ausgespült waren, ebenso durch ungewaschenes Obst, das auf dem Erdboden lag und durch viele Hände ging. Durch Kochen der Speisen und Getränke werden die Typhuserreger unfehlbar abgetötet.

7. Die Cholera, diese von Land zu Land fortschreitende furchtbare Seuche, wütete besonders am Ausgange des Mittelalters schrecklich in Europa. Zuletzt trat sie bei uns 1892 in Hamburg auf, wo in wenig Wochen 18 000 Erkrankungen mit 8000 Todesfällen vorkamen. Ihre Heimat hat sie in Indien, im Mündungsgebiet der großen Ströme, wo sie eigentlich nie erlöscht.

Die Cholera verläuft außerordentlich schnell, oft innerhalb 20 Stunden. Zunächst tritt allgemeine Schwäche auf, verbunden mit starkem Durchfall, bei dem große Mengen flüssiger Ausscheidungen abgehen. Gleichzeitig folgt heftiges Erbrechen. Meist stellen sich auch unerträglicher Durst und Muskelkrämpfe ein. Tiefumrändert liegen die Augen in dem bleigrauen, verfallenen Antlitz. Nur 50 % aller Cholerakranken entinnen dem Tode.

Die Übertragung erfolgt gewöhnlich durch Trinkwasser, in das Entleerungen Cholerakranker gelangt sind. Die Ansteckung tritt lediglich dann ein, wenn Cholerabazillen in den Darm gelangen. Am leichtesten werden Magenleidende von Cholera befallen und schnell dahingerafft, während Leute mit gesundem Magen meist verschont werden, da die Magensäure und der Salzsäuregehalt (0,2 %) des Magensaftes desinfizierend wirken. Daß die Krankheitskeime in einem gesunden Verdauungskanal abgetötet werden, zeigt das Experiment des großen Münchner Hygienikers PETTENKOFER, der eine Reinkultur von Choleraerregern ohne Schaden genoß und damit den Beweis lieferte, daß sich die Keime nur bei vorhandenen Störungen im Verdauungskanal zu entwickeln vermögen.

Der Erreger der Krankheit wurde 1883 von KOCH entdeckt. Er ist ein schwach gekrümmtes Stäbchen, *Vibrio cholerae*, das oft Ketten bildet (Taf. IV, 6). Es trägt an einem oder beiden Enden Geißeln und ist darum beweglich. Eingetrocknet sterben sie bald ab, auch werden sie durch Kochen leicht getötet. Sporen vermögen sie nicht zu bilden.

Die Krankheit ist seit langem richtig als schwere Vergiftung erkannt worden. Die Giftstoffe werden von den Choleravibrionen produziert und gelangen durch die Darmwand ins Blut. Dann rufen sie jene furchtbaren Erscheinungen hervor, die seit Jahrhunderten der Schrecken der Völker sind.

8. Die Influenza oder Grippe ist in Europa öfters als Massenkrankheit aufgetreten, nach längerer Pause zuerst wieder im Winter 1889. Ganz augenfällig ist hier die Ansteckung von Person zu Person, da innerhalb der letzten zwanzig Jahre wohl nur wenige Menschen von ihr verschont wurden.

Meist beginnt sie mit starkem Kopfweh, Fieber und allgemeiner Schwäche. Dazu treten häufig Katarrh der Verdauungsorgane, Husten und Auswurf. Meist tritt nach wenigen Tagen Besserung ein. Ab und zu führt die Krankheit auch zum Tode, besonders wenn sich als Begleiterscheinungen Lungenentzündung oder Nierenleiden einstellen. Nicht selten bleiben auch langandauernde, besonders nervöse Störungen zurück. — Der Erreger ist der kleinste bekannte Bazillus, ein Stäbchen von $\frac{1}{2} \mu$ Länge, das erst 1892 entdeckt wurde (Taf. IV, 8). Er findet sich immer im Auswurf der Kranken. Darum wird die Influenza durch feinste Flüssigkeitströpfchen beim Husten, Niesen oder Sprechen Kranker übertragen. Auch der auf die Straßen entleerte Auswurf vermittelt die Ansteckung, da die Bazillen an den Schuhen haften und so in Wohn- und Arbeitsstätten verschleppt werden.

9. Zahnbakterien. Überall, wo Wärme, Feuchtigkeit und organische Stoffe vorhanden sind, entwickeln sich die Bakterien am lebhaftesten. Es ist darum natürlich, daß unser Mund eine reiche Bakterienflora beherbergt. Gegen 100 verschiedene Spaltpilzarten sind da entdeckt worden. Uns interessieren besonders die Zahnbakterien, die im Zahnschleim leben und jene, welche die Zahnfäule veranlassen. Fig. 9 zeigt uns solche Formen. Uns fallen zunächst große Stäbchen auf (*Bacillus buccalis*), dann solche, deren Glieder durch Querwände getrennt sind (*Leptothrix buccalis*). Überall finden sich noch kleine, kugelige Gebilde, die Mikrokokken. Dazwischen liegen Paketkokken (*Sarcina*) und kleine gekrümmte Stäbchen (*Spirillum sputigenum*). Ab und zu erblicken wir auch die korkzieherartige *Spirochaete dentium*.

Die Zahnfäule tritt ein, wenn die äußerste Zahnschicht, der Schmelz, beschädigt ist. Das kann durch plötzlichen Wechsel kalter und warmer Speisen erfolgen, wobei Risse und Sprünge entstehen, oder durch Beschädigung infolge Bohrens mit Nadeln, oder Aufknacken von Nüssen usw. Andererseits bilden sich bei Einwirkung des Speichels auf nicht entfernte Speisereste zwischen den Zähnen gewisse Säuren, welche den Zahnschmelz entkalken. Von den schadhafte Stellen aus dringen die Bakterien (besonders *Leptothrix buccalis*) tiefer in die Zahnkanäle ein, durchbohren allmählich das Zahnbein, so daß sich dasselbe auflöst, mürbe und bröcklig wird. Ist der Zahn ausgehöhlt, so gelangen sie schließlich ins Zahnmark, welches die Nerven und Blutgefäße enthält, und verursachen heftige Zahnschmerzen.

Sorgfältiges Entfernen der Speisereste durch Reinigen der Zähne mit einer weichen Bürste vor dem Schlafengehen und am Morgen trägt viel zur Gesundhaltung der Zähne bei.

Rückblick auf die Bakterien.

Die Bakterien sind die einfachsten Lebensformen sowohl nach ihrem äußeren und inneren Bau, als ihrer Vermehrungsweise durch Teilung. In ihrer Entwicklung tritt oft eine Dauerform, die Spore, auf. Die Bewegung erfolgt meist durch Geißeln, schraubig gekrümmte Bakterien bohren sich auch ohne Geißeln, meist durch drehende Bewegung des Körpers vorwärts.

Meist decken sie ihren Bedarf an Kohlenstoff durch Spaltung der Kohlenstoffverbindungen nach Art der Parasiten. Doch vermögen auch einige Formen wie die grünen Pflanzen Kohlensäure zu assimilieren. Den Stickstoff gewinnen sie durch Spaltung der Stickstoffverbindungen (Eiweiß), einige Arten allerdings können auch den freien Stickstoff der atmosphärischen Luft verarbeiten.

Während alle sonstigen Wesen Sauerstoff benötigen, gibt es unter den Bakterien eine Gruppe, die nur bei Sauerstoffabschluß gedeihen kann (anaerobe Bakterien). Andere sind wieder durch die seltsamsten Stoffwechselprodukte ausgezeichnet (Schwefelbakterien, Leuchtbakterien u. a.).

So erweitert sich unsere Anschauung über das Leben durch Kenntnis des Stoffwechsels der Bakterien, der von dem der Pflanzen und Tiere in vielen Stücken abweicht.

Ihre Bedeutung. Vorwiegend durch Gärung und Fäulnis werden die in Pflanze und Tier angehäuften Stoffe in einfachere Verbindungen übergeführt, die wieder von den Organismen zum Aufbau verwendet werden können, die organischen Stoffe werden durch sie erst wieder in den Kreislauf des Lebens zurückgeführt. So schieben sie sich als notwendiges Mittelglied in den Kreislauf der Stoffe von Pflanze zu Tier und bilden die notwendige Durchgangsstation.

Groß ist auch ihre praktische Bedeutung für den Ackerbau, die Gewerbe (Bäckerei, Bier-, Wein-, Spiritus- und Essiggewinnung, Molkerei u. a.) und als Krankheitserreger. Die Geschichte der pathogenen Bakterien gestattet uns auch einen tiefen Einblick in die Tätigkeit und Schutzmittel des menschlichen Körpers.

Die niederen Süßwassertiere.

Mikroaquarien. Weit interessanter als die gewöhnlichen Fischaquarien sind die Mikroaquarien. Sie sind ein unversiegbarer Quell der Belehrung und des reinsten Naturgenusses. Freilich ist zur Betrachtung der Kleinwelt ein Mikroskop nötig. (Näheres über Ankauf und Gebrauch desselben siehe in den im Literaturverzeichnis genannten Schriften von W. SCHURIG und M. VOIGT.)

Damit immer frisches Untersuchungsmaterial von Urtierchen, Rotatorien, Kleinkrebsen und Algen zur Hand ist, richten wir Mikroaquarien ein. Wir verwenden dazu einige weite Gläser von $\frac{1}{2}$ —2 l Fassungsvermögen (Akkumulatorengläser, Honigdosen, Einmachgläser, Glasschüsseln). Diese füllen wir bis zur Hälfte mit frischem Wasser und lassen dies einen Tag stehen, so daß es Zimmertemperatur angenommen hat. Dann setze man Pflanzen ein, am bequemsten die überall erhältliche Wasserpest, *Elodea*. Da die in Frage kommenden Lebewesen sich meist in stehenden Gewässern aufhalten, fülle man die Aquarien mit dem Wasser von pflanzenbewachsenen Gräben, Tümpeln, Teichen, Lachen. Und zwar verfähre man derart, daß man z. B. in das eine Gefäß nur Wasser mit der obersten Schlammschicht vom Grunde mooriger Tümpel und Gräben bringt. In ein anderes setze man faulige Zweige und Blätter, Teile von Schilfstengeln, die längere Zeit im Wasser lagen. Ein drittes schöpfe man voll mit Wasser und Pflanzenteilen vom Rande waldumschatteter Tümpel. Wieder in ein anderes bringe man die watteähnlichen Massen von grünen Algen, zwischen deren einzelnen Fäden eine reiche Tierwelt lebt, oder man schöpfe von der gelb-grün-braunen Masse, die im Frühjahr die Oberfläche der kleineren stehenden Gewässer bedeckt. Die gewöhnlichsten Aufgußtierchen erhält man, wenn man etwas frisches Heu in einer Glasschüssel mit Wasser übergießt und nach einigen Tagen etwas Schlamm oder faulende Pflanzenteile aus einem Tümpel zusetzt. Wasserflöhe finden wir fast immer in Teichen. Um Süßwasserpolyphen zu erlangen, schöpfe man Wasser von linsenbedeckten Gewässern samt den Linsen und anderen Pflanzen in weiten Einmachgläsern und lasse den Inhalt einen Tag ruhig stehen. Waren in den betreffenden Gewässern die gesuchten Tiere, so sieht man die Polyphen dann an der dem Licht zugekehrten Glaswand oder an Pflanzenteilen sitzen. Man stellt die Aquarien gern an Fenstern mit Morgensonne auf und vermeidet allzu grelle Beleuchtung. Das so mit wenig Mühe zusammengebrachte Material reicht für lange Zeit völlig aus.

Wurzelfüßer, Rhizopoden.

Tafel V.

Bringen wir einen Tropfen Wasser vom Grunde eines schlammigen Wiesengrabens oder Tümpels mit einigen Algenfäden unter das Mikroskop, so gewahren wir oft ein Bild, wie es Taf. V darstellt. Wir betrachten zunächst die

Wechseltierchen oder Amöben. Sie haben eine Größe von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{2}$ mm und gleichen unregelmäßigen, trüben Gallerttröpfchen von immer wechselnder Gestalt. Die Körpermasse besteht aus einer dickflüssigen schleimigen Masse, aus dem Protoplasma, das man am besten ungekochtem Hühnereiweiß vergleicht. Es setzt sich zusammen aus Wasser, Salzen und einem Gemenge verschiedener Stoffe, unter denen Eiweißkörper die wichtigsten sind. Bei Wasseraufnahme quillt das Plasma auf, bei Entziehung von Wasser durch Alkohol oder Wärme schrumpft es zusammen oder gerinnt. Auch der Zellinhalt aller anderen Lebewesen, sowohl der Pflanzen als Tiere, hat dieselbe Zusammensetzung. Da alles Leben an das Protoplasma gebunden ist, wird es mit Recht als Träger oder Grundsubstanz alles Lebens bezeichnet.

Das Plasma ist bei den Amöben deutlich in zwei Zonen gesondert. Der glashelle, zähflüssige Saum ist die Rindenschicht, während die dünnflüssigere weiche Markschrift mit winzigen grauen Körnchen durchsetzt ist. Stets findet sich im Inneren der (schwer sichtbare) Zellkern. Er ist von rundlicher Gestalt und festerer Beschaffenheit als das übrige Protoplasma. Für das Leben der Zelle ist er von größter Bedeutung. Denn wird die Amöbe zerschnitten, daß ein kernhaltiges und kernloses Stück entsteht, so bleibt nur die kernhaltige Hälfte am Leben, während die andere zerfällt. Immer findet sich im Inneren noch ein helles, mit Flüssigkeit erfülltes Bläschen, die Vakuole und eingeschlossene Nahrungskörper, wie kleine Algen.

Bewegung. Wie ein Regentropfen auf einer schrägen Fensterscheibe herabgleitet, da und dort Fortsätze aussendet, etwas vorwärts rollt und andere Fortsätze einzieht, so bewegt sich auch die Amöbe auf ihrer Unterlage halb rollend, fließend und kriechend vorwärts. An einer beliebigen Stelle des Körpers wölben sich ein oder mehrere zungenartige, lappige Fortsätze hervor. Es sind die Scheinfüßchen oder Pseudopodien, in welche die Körnchenmasse aus dem Inneren hineinströmt. Nun fließt die ganze Körpermasse nach, die rückwärts gerichteten Füßchen werden nachgezogen und so bewegt sich das Tier langsam vorwärts. Wegen der Gestalt der Scheinfüßchen nennt man die ganze Gruppe Rhizopoden oder Wurzelfüßer, die vorliegende Form wegen der immer wechselnden Gestalt des Körpers Wechseltierchen.

Die Scheinfüßchen dienen zugleich auch der Nahrungsaufnahme. Denn trifft das Tier an einen im Wege liegenden Nahrungskörper, etwa eine Kieselalge, so wird diese von den Fortsätzen umflossen. Bald ist die Beute ganz vom Plasma eingehüllt und wird nun innerhalb des Körpers verdaut. Unverdauliches wird beim Weiterkriechen rückwärts

ausgestoßen. So kann jede Stelle des Körpers als Mund, jede als After dienen.

Das mit der Nahrung aufgenommene Wasser und vom Körper ausgeschiedene harnähnliche Stoffe, vielleicht die im Wasser gelöste ausgeatmete Kohlensäure, sammeln sich im Flüssigkeitsbläschen an. Die Vakuole ergießt ihren Inhalt in regelmäßigen Abständen ruckweise nach außen und bildet sich immer wieder aufs neue.

Vermehrung. Hat die Amöbe infolge Nahrungsaufnahme eine gewisse Größe erreicht, so streckt sich der Kern hantelförmig in die Länge und zerfällt in zwei Stücke. Nun schnürt sich auch das Protoplasma ein und trennt sich ebenfalls in zwei Teile, deren jeder einen Tochterkern enthält. So sind durch Teilung zwei Tochtertiere entstanden.

Tritt Nahrungsmangel oder Trockenheit ein, so zieht sich das Tier kugelförmig zusammen und scheidet eine feste Hülle ab zum Schutz gegen schädliche äußere Einflüsse. Trocknet der Tümpel aus, so wird die Dauerform (die Cyste) vielleicht vom Wind verweht und damit ein neuer Wohnplatz besiedelt. In günstiger wasserreicher Umgebung verlassen dann die Tiere ihre schützende Hülle. So erklärt es sich, daß die Urtiere Allerweltswesen sind und sich dieselben Arten in allen Weltteilen finden.

Pelomyxa, Urschleimtierchen, steht an der Grenze tierischen Lebens, da es den einfachsten äußeren und inneren Bau aufweist. Das bis 2 mm große Tier ist der Riese unter den Wurzelfüßern. Langsam und träge kriecht es auf dem Boden mooriger Waldtümpel und gleicht dem abgestorbenen kleinen Blättchen der Wasserlinse. Die Scheinfüßchen sind lappig, breit und stumpf. Das nach rückwärts gerichtete Ende ist gewöhnlich ohne Fortsätze. Im Inneren finden sich zahlreiche winzige Kerne und viele kleine Vakuolen. Wird ein Tier durchgeschnitten, so rollen sich die einzelnen Teile zunächst kugelförmig zusammen, kriechen aber bald fort und leben weiter.

Auf der rechten Hälfte der Tafel erblicken wir einen Algenfaden mit beschalteten Wurzelfüßern. Oben das Mosaiktierchen, *Diffugia*. Unten das Kapseltierchen, *Arcella*, links von oben, rechts von der Seite gesehen.

Arcella, Kapseltierchen. Während die Amöbe und *Pelomyxa* zu den nackten Wurzelfüßern gehören, trägt das Kapseltierchen eine Schale. Das Tier findet sich zwischen Algenfäden und Wasserpflanzen aller stehenden Gewässer. Der Körper ist ebenfalls aus Protoplasma gebildet, das an seiner Oberfläche ein zierliches zartgelb bis dunkelbraun gefärbtes

Gehäuse von pilzhut- oder uhrglasähnlicher Form ausgeschieden hat. Der Baustoff der Schale ist eine dem Chitin der Insekten verwandte Substanz. Auf der nicht gewölbten Unterseite ist eine einzige Öffnung, aus welcher die fingerförmigen Scheinfüßchen austreten. Das Gehäuse wird vom Plasma nicht ganz ausgefüllt, die mittlere Hauptmasse des Zelleibes heftet sich mit feinen Fäden an die Schale. Im Inneren finden sich zahlreiche Kerne und mehrere Vakuolen. Auch *Arcella* ernährt sich nach Art der Amöben, indem sie Diatomeen (Kieselalgen) oder andere Algenfäden umfließt, ins Innere zieht und dort verdaut.

Meist kriecht das Tier langsam an den Wasserpflanzen. Doch vermag es auch zu schwimmen, indem sich im Plasma kleine Gasbläschen entwickeln, die wie eine Schwimmblase wirken. Die Entwicklung der Bläschen dauert 10—20 Minuten, in derselben Zeit werden sie dann auch wieder vom Plasma aufgesaugt. Ja, ein auf der gewölbten Oberseite der Schale liegendes Tier vermag sich mit Hilfe von Gasblasen wieder umzudrehen, so daß es mit der Öffnung nach unten zu liegen kommt. Das geschieht so, daß die Scheinfüßchen alle nach einer Seite des Bodens übergreifen, während sämtliche Luftblasen nach der anderen Seite des Protoplasmaleibes drängen und so infolge der verschiedenen Belastung die Schale auf die Kante zu stehen kommt. Nun haben die Pseudopodien leichte Arbeit, die Schale völlig umzukehren.

Die Vermehrung erfolgt ebenfalls durch Teilung, indem kernhaltige Protoplasmamasse aus der Öffnung heraustritt, sich abschnürt und nun ein Gehäuse abscheidet.

Das Mosaiktierchen, Diffflugia, ist auch ein Gehäuse tragender Rhizopode. Es lebt im Sumpfwasser an Wasserpflanzen und auf dem Boden. Vom Kapseltierchen unterscheidet es sich durch den Bau des Gehäuses. Als geschickter Baumeister hat sich das Tier — ähnlich wie die Larve der Köcherjungfer — aus allerhand Fremdkörpern (Schalen von Kieselalgen, Sandkörnchen, Schwammnadeln) ein flaschen- oder krugförmiges Gehäuse zusammengekittet. Die chitinartige, klebrige Außenschicht des Körpers wird dann völlig von den aufgelagerten Stoffen überdeckt. Nur die fingerförmigen Scheinfüßchen treten aus der weiten Öffnung hervor. Im Plasma liegt der Kern und die Vakuole. Die Tiere vermögen auch, ähnlich wie *Arcella*, im Inneren eine Gasblase zu erzeugen, die der Bewegung dient.

Bei eintretender Teilung quillt aus der Gehäusewandung Protoplasma hervor, das die Form des Mosaiktierchens annimmt. Nun strömen aus dem Muttertier Quarzsplitter und anderes Baumaterial herüber, das die Mutterzelle vorher aufgenommen hatte. Die Teilchen

lagern sich nun auf der Oberfläche des jungen Tieres lückenlos nebeneinander. Nun erhärtet die Oberflächenschicht, so daß die Fremdkörper fest aufgekittet sind. Unterdessen hat sich der neu geschaffene Wohnraum mit kernhaltigem Plasma gefüllt. Die mit der Mündung einander zugekehrten Schalen trennen sich jetzt voneinander und jedes Tier geht künftig seinen eigenen Weg.

Die Wurzelfüßer des Meeres sind meist beschalt. Ihre Gehäuse bestehen aus Kalk im Gegensatz zu den Chitinschalen der Süßwasserbewohner. Jedes der zierlichen Häuschen ist von feinsten Poren (= Foramina) durchsetzt — darum der Name Löchertragende oder Foraminiferen —, aus denen lange, äußerst dünne Plasmafäden nach allen Seiten treten. Die Gehäuse der abgestorbenen Tiere rieseln wie ein unaufhörlicher Regen zum Meeresboden hinab und haben dort im Laufe der Jahrtausende gewaltige Erdschichten gebildet. (Kalk, Kreide.)

Sonnentierchen, Heliozoen.

Tafel VI.

Eine der schönsten und reizvollsten Gruppen unter den Urtieren sind die Sonnentierchen oder Heliozoen. Wir finden sie in klaren, luftreichen, pflanzenbewachsenen Wiesengraben am Waldrande, in waldumschatteten Tümpeln mit reinem Wasser. Nur wenige, darunter allerdings die größte und schönste Form,

Eichhorns Sonnentierchen, Actinospaerium Eichhorni, findet sich im Grundschlamm oder auf verwesenden Pflanzen. Wer zum ersten Male unter dem Mikroskop das Bild dieser strahlenden Sonne erblickt, der begreift den schönen Namen der ganzen Gattung. Schon mit bloßem Auge erkennen wir das Tier als ein milchiges Kügelchen von ungefähr $\frac{1}{3}$ mm Durchmesser. Das Plasma des Körpers ist in zwei Schichten gesondert. Im hellgrauen Innenplasma oder der Markschiicht liegen zahlreiche Zellkerne und Beutestücke, wie Kieselalgen, kleine Krebse und Rädertiere. Sie ist umgeben von der wasserhellen, schaumigen Rindenschicht oder dem Außenplasma. In dieser liegen mehrere Vakuolen, die langsam anschwellen und dann ihren flüssigen Inhalt plötzlich entleeren. Die zahlreichen, strahlenförmig aus dem Körper hervorragenden Fäden sind die Scheinfüßchen. Sie bestehen aus hellem, körnigen Protoplasma, in dem ein glasheller, fester Achsenfaden verläuft, der mit seinem inneren Ende in der Markschiicht wurzelt. Das Protoplasma der Scheinfüße strömt langsam auf und ab.

Lebensäußerungen. Meist liegen die Tiere träg am Boden und warten auf Beute. Nur langsam bewegen sie sich mit Hilfe der Scheinfüßchen vom Platze. Das schöne Tier ist sehr gefräßig. Kleine Algen, Urtiere, Rädertiere und Kleinkrebse halten wie gelähmt still, wenn sie an die Scheinfüßchen antreffen. Langsam biegen sich die benachbarten Fäden reusenartig über das gefangene Tier, das von dem abwärtsströmenden Plasma der Scheinfüßchen ins Innere geführt wird. Oft wölbt sich auch der gefangenen Beute das Außenplasma schüsselförmig entgegen und schließt sich über dem Opfer, das in der Markschiebt verdaut wird.

Das Sonnentierchen vermehrt sich durch Zweiteilung, indem es sich einschnürt und in zwei kleinere Kugeln zerfällt. Im Herbst verschwindet die schaumige Beschaffenheit des Körpers, die Pseudopodien werden eingezogen und das Tier scheidet ringsum eine widerstandsfähige Hülle aus. Der Leib zerfällt innerhalb derselben in mehrere gelbbraune Kügelchen. Nach längerer Winterruhe platzt die Cyste und aus ihren Hüllen schlüpfen die jungen Sonnentierchen aus.

Actinophrys, Strahlauge, ist ein winziges Sonnentierchen, das im Schlamm verschmutzten Tümpelwassers häufig anzutreffen ist. Der Zelleib ist hier nicht deutlich in Mark- und Rindenschicht geschieden. Oft treten außer den Vakuolen noch verlängerte Bläschen hervor und stören so die Kugelgestalt des Körpers.

Das **zierliche Sonnentierchen, Clathrulina elegans**, ist eine seltenere Form, die sich zwischen dem Moos der Gräben und Tümpel findet. Es unterscheidet sich von seinen Verwandten dadurch, daß es mit einem Stiele an der Unterlage haftet und der Plasmaleib von einer chitinartigen Gitterkugel umgeben ist. Im Inneren finden sich ein oder mehrere Kerne. Aus den Fenstern der Gitterkugel strahlen lange, starre Scheinfüßchen heraus, denen der feste Achsenfaden fehlt.

Bei der Vermehrung ballt sich der Protoplasmahalt in mehrere Kugeln zusammen, die Hülle platzt und heraus treten Tierchen, welche in ihrer Gestalt dem Strahlauge (*Actinophrys*) ähneln. Ein Scheinfüßchen des nackten Tieres wächst zum Stiel aus, der sich mit wurzelartigen Ausläufern an einer Unterlage festsetzt. Die Oberfläche des Körpers scheidet zugleich einen glasigen Schleim aus, der von den Scheinfüßchen durchbrochen wird. Der Schleim tritt nun zurück und hinterläßt ein erhärtetes Häutchen, die von Fenstern durchbrochene Gitterkugel.

Das **Vampirchen, Vampyrella Spirogyrae**, wird zwar zu den Sonnentierchen gezählt, ähnelt aber einer Amöbe außerordentlich. Das länglich-

runde, veränderliche Tierchen lebt zwischen Algenfäden, besonders im Dickicht der mit spiralig gewundenen Blattgrünbändern ausgestatteten Schraubenalge (*Spirogyra*). Die äußere Körperschicht ist farblos, die innere aber orange, rot bis gelbbraun gefärbt. Die Scheinfüßchen sind bald spitze, bald breitere, rasch wechselnde Fortsätze.

Eigentümlich ist die Art, wie sich das Tier ernährt. Langsam kriecht es am Spirogyrafaden entlang. An einer bestimmten Stelle löst es die Zellwand der Alge auf und zwingt einen Teil seines Körpers hinein. Nun zerfällt der Inhalt der Algenzelle und wird von dem Räuber aufgesogen. Hat sich das Vampirchen vollgefressen, so kapselt es sich ein und teilt sich innerhalb der Hülle. Öfters finden wir die bräunlichen Cysten an den Spirogyrafäden. Nach längerer Ruhezeit platzt die Kapsel und junge Tiere schwärmen aus.

Wimperinfusorien, Ciliaten.

Tafel VII.

Um sich Aufguß- oder Infusionstierchen in großer Menge zu verschaffen, bringt man etwas Heu in einige Glasschüsseln, das man mit Wasser übergießt und in einem warmen Zimmer ausziehen läßt. Sehr oft finden sich bereits nach acht Tagen eine Menge von Infusorien in dem Aufguß. Sollte das nicht der Fall sein, so fügt man der Infusion, die eine vortreffliche Nährflüssigkeit bildet, etwas Wasser, Schlamm oder faulende Pflanzenteile aus schmutzigen Tümpeln oder Gräben zu. Nach wenig Tagen wimmelt es dann gewöhnlich von Protozoen, besonders von Pantoffeltierchen, der meist untersuchten Form aller Urtiere.

Das Pantoffeltierchen, Paramaecium, findet sich überall in fauligem Wasser. Schon dem unbewaffneten Auge erscheinen die Tiere als kleine weißgraue Punkte von ungefähr $\frac{1}{4}$ mm Dimension. Das mikroskopische Bild zeigt uns im Gegensatz zur Amöbe ein Wesen von festbegrenzter Gestalt, die einem Pantoffel ähnelt. Die bestimmte Körperform rührt daher, daß das Außenplasma härter und widerstandsfähiger ist als beim Wechseltierchen, aber immerhin elastisch genug bleibt, um kleine Formänderungen zu gestatten. Das mattgraue, dünnflüssige Innenplasma enthält einen großen und kleinen Zellkern, sowie zwei Flüssigkeitsbläschen.

Ganz anders als die wechselnden Scheinfüße der Amöbe sind auch die Fortbewegungsorgane. Es sind gleichgroße, haarähnliche Fortsätze von bleibender Gestalt, die in parallelen Längsreihen über den Körper verbreitet sind, die Wimpern oder Cilien. Durch den Schlag der Wimpern

bewegen sich die Tiere in langen schraubenförmigen Windungen oder auch torpedoartig schnell vorwärts.

Ernährung. Während die Amöbe mit jeder Stelle des Körpers die Nahrung aufnehmen kann, ist dies beim Pantoffeltierchen nur an einer bestimmten Stelle möglich. Auf der „Bauchseite“ senkt sich der Körper trichterförmig ein und bildet dort das „Mundfeld“. Durch den Schlag der Wimpern werden Nahrungskörper (vorwiegend Algen) hereingestrudelt und durch den trichterförmigen Schlund in das weiche Innenplasma hineingepreßt. Dort wandern sie als Nahrungsbläschen im Körper umher, dabei wird alles Verdauliche aufgelöst. Die unverdaulichen Reste werden an einer bestimmten Stelle, dem Zellafter, ausgestoßen.

Mit der Nahrung gelangen auch winzige Wassertröpfchen mit in den Körper. Sie sammeln sich an beiden Körperenden in strahlenförmig angeordneten Kanälen an. Sind diese mit Flüssigkeit erfüllt, so nehmen sie tränenförmige Gestalt an und schießen dann ihren Inhalt zu einem Bläschen zusammen, das sich in regelmäßigen Zeitabständen nach außen entleert. Da sich die Bläschen beständig aufs neue bilden, anschwellen und rhythmisch zusammenziehen, führen sie den Namen pulsierende Vakuolen.

Die Vermehrung erfolgt so, daß sich die beiden Kerne hantelförmig in die Länge strecken und in zwei Stücke zerfallen, worauf sich auch das Protoplasma immer tiefer einschnürt bis zur Trennung (s. Figur). Nach einer Reihe solcher Querteilungen werden die Tiere träger und zeigen ein krankhaftes Aussehen. Sie würden zugrunde gehen, wenn ihnen nicht ein eigentümlicher Vorgang neue Lebenskraft brächte. Er besteht darin, daß sich zwei Paramaecien mit dem Mundfeld einige Stunden aneinanderlegen. In jedem Tier löst sich nun der größere Kern auf. Der Kleinkern zerfällt hierauf auch in mehrere Stücke, von denen je eins aus einem ins andere Tier hinübertritt und dort mit einem anderen Kernteilchen verschmilzt. Diesen gegenseitigen Austausch von Kernsubstanz nennt man Konjugation. Nach dieser zeitweiligen Vereinigung trennen sich die Tiere. Aus dem Verschmelzungskern bilden sich durch Teilung ein neuer Groß- und Kleinkern, und nun tritt wieder eine lebhafte Vermehrung durch Querteilung ein.

Das Glockentierchen, Vorticella, ist fast ebenso gemein im Vorkommen wie das Pantoffeltierchen. Man gewahrt es, da es meist gesellig lebt, schon mit bloßem Auge als schimmelartigen weißen Überzug an Wasserpflanzen, Tiergehäusen usw. Unser Bild zeigt uns eine solche Kolonie, die an dem Blättchen der Wasserpest (*Elodea*) festsitzt. Das Mikroskop lehrt uns, daß das Tier aus einem glockenförmigen Körper

von ungefähr $\frac{1}{10}$ mm Länge besteht und einem 2—3mal so langen Stiele, mit dem es an der Unterlage festsetzt.

Ernährung. Im Inneren des Körpers liegen ein größerer und kleinerer wurstförmig gebogener Kern und eine Vakuole. Am Vorderende trägt die Glocke eine etwas vorgewölbte Mundscheibe, die von lippenartigen Rändern umgeben ist. Zwischen Lippe und Mundscheibe senkt sich eine trichterförmige Mundöffnung ins Innere. Da die Tiere festgewachsen sind, tragen sie keine Schwimmwimpern. Sie haben dafür eine Reihe spiralig angeordneter, haarähnlicher Protoplasmafortsätze, welche auf dem Rande der Mundscheibe sitzen. Durch ihre wirbelnde Bewegung werden Nahrungsteilchen in den Mund gestrudelt. Die Glockentierchen unterscheiden sich von den gleichmäßig bewimperten Pantoffeltierchen also dadurch, daß sie nur eine Mundwimperspirale, nicht aber Schwimmwimpern besitzen.

Im Stiel verläuft ein schwach spiralgiger Faden vom Grunde der Glocke bis an das festsetzende Ende. Ab und zu, besonders bei Erschütterung und Berührung zieht sich der Stiel blitzschnell korkzieherartig zusammen, so daß die Glocke fast auf die Unterlage zu sitzen kommt. Nur langsam dehnt er sich wieder aus zur vollen Länge. Bei Berührung schnellt oft die ganze Kolonie zusammen — was man bequem mit bloßem Auge beobachten kann, — um sich dann langsam wieder auszustrecken.

Vermehrung. Die Fortpflanzung erfolgt durch Längsteilung. Vorher werden die Mundwimpern eingezogen, worauf sich die Glocke verbreitert und dann von der Mundscheibe bis zum Glockengrunde der Länge nach durchschnürt. Die abgetrennte Form besitzt zwar keinen Stiel, dafür aber am Hinterende einen Kranz von Wimpern, mit deren Hilfe sie lebhaft schwimmt. Nach einiger Zeit freien Umherschwimmens wächst das Hinterende zum Stiel aus, mit dem sich das Tier festheftet, worauf der Wimperkranz verschwindet.

Seltener tritt noch eine andere Art der Fortpflanzung auf. Nach einer Reihe von Längsteilungen entstehen zweierlei verschieden geformte Vorticellen. Die einen haben die übliche Gestalt und Größe und sitzen fest, die anderen sind wesentlich kleiner und freischwimmend. Die kleineren (männlichen) Formen umschwärmen lebhaft die größeren, heften sich an deren Glocke, und dringen schließlich in sie ein, um dauernd mit ihnen zu verschmelzen. Nach einer solchen Vereinigung geht wieder die übliche Längsteilung um so lebhafter vor sich. Während also beim Pantoffeltierchen zwei ganz gleich gebaute Tiere nur vorübergehend verschmolzen, sind es hier zwei verschieden gebaute Individuen, die sich dauernd vereinigen (Kopulation).

Wimperinfusorien, Ciliaten.

Tafel VIII.

Auf Taf. 7 erblickten wir ein Infusor, dessen ganzer Körper von gleichgroßen Wimpern bedeckt war (Pantoffeltierchen), ein anderes trug nur rings um die Mundscheibe kräftige Protoplasmafortsätze (Glockentierchen). Taf. 8 macht uns mit solchen Formen bekannt, die sowohl die gleichmäßige Körperbewimperung, also auch eine kräftige Mundspirale besitzen. Zu diesen Verschiedenbewimperten gehört das Trompetentierchen. Läßt sich am Infusorienkörper die flachere Bauchseite von dem gewölbten Rücken scharf unterscheiden und trägt nur die Bauchseite Wimpern, wenn auch in verschiedener Anordnung und Stärke, so haben wir Vertreter der Bauchwimperlinge vor uns. Das bekannteste Tier dieser Gruppe ist das auf Taf. VIII rechts dargestellte Muschel- oder Hecheltierchen¹.

Das Trompetentierchen, Stentor, finden wir häufig am Boden von pflanzen erfüllten Wiesengraben mit klarem Wasser. Oft tritt es so massenhaft auf, daß es Pflanzenteile oder Rindenstückchen mit einem zarten Flaum bedeckt. Es wird bis 1 mm lang und gehört darum zu den größten Infusorien.

Der Körper ist drehrund und nach vorn trichterförmig erweitert, so daß er die Gestalt einer Kindertrompete annimmt. Das Vorderende, die Mundscheibe, ist stark verbreitert. Eine Stelle, die taschenartig vertieft ist, bildet den Eingang zur Mundöffnung. Ringsum ist der Zelleib gleichmäßig bewimpert. Außerdem wird die Mundscheibe von einem Band besonders kräftiger Protoplasmafortsätze, der Mundspirale, eingesäumt. Das Ende dieses Wimpernbandes leitet in die Mundöffnung hinein.

Im Innern findet sich der perlschnur- oder rosenkranzförmige Kern mit kleinen runden Nebenkernen. Nahe der Mundscheibe liegt die Vakuole. Sie wird von zwei Kanälen gespeist, die ihr von der Mundscheibe und aus dem hinteren Teile des Körpers Flüssigkeit zuführen.

Häufig sitzt das Trompetentierchen fest, indem es sich mit einigen Protoplasmafortsätzen des Hinterleibes an einer Unterlage festheftet. Bald lang trompetenartig ausgestreckt, bald rundlich zusammengezogen,

¹ Nach der Bewimperung unterscheiden wir 4 Gruppen von Infusorien: 1. Ganzbewimperte oder Holotrichen (Pantoffeltierchen); 2. ringsbewimperte oder Peritrichen (Glockentierchen); 3. verschiedenbewimperte oder Heterotrichen (Trompetentierchen); 4. Bauchwimperlinge oder Hypotrichen (Muscheltierchen).

strudelt es lebhaft mit den Wimpern Nahrungsteilchen herbei, biegt sich nach der Seite und ändert fortwährend seine Form. Ab und zu löst es sich auch von der Unterlage und schwimmt dann geradlinig oder kreiselnd vorwärts, wobei der Körper eine keulen- bis eiförmige Gestalt annimmt. Diese Vielgestaltigkeit der Form bewirken dichtere Plasmafäden, die als helle Längsstreifen über den glasig durchsichtigen Körper hinziehen und sich wie Muskelfäden elastisch zusammenziehen können.

Eine besonders reizvolle und schöne Form ist das blaue Trompetentierchen, *Stentor coeruleus*, das sich fast immer auf dem Boden mooriger Waldtümpel findet. Bringen wir einige Tropfen Wasser, die wir mit einer Glasröhre vom Grunde des Gewässers entnommen haben, in ein Uhrschälchen, so erblicken wir die Tierchen schon mit unbewaffnetem Auge.

Muscheltierchen, *Stylonychia mytilus*. Die rechte Hälfte der Tafel zeigt uns die gemeinste Art der Bauchwimperlinge, das Muschel- oder Hecheltierchen. Es findet sich in allen fauligen Aufgüssen, oft in ungeheuren Scharen. Das obere Bild stellt ein Muscheltierchen freischwimmend, von der Bauchseite gesehen, dar. Darunter klettert oder kriecht ein anderes Tier mit den griffelartigen Bauchborsten auf einem Algenfaden, ganz so wie ein Insekt mit den Beinen. Deutlich läßt sich die gewölbte Rückenseite von der ebenen Bauchfläche unterscheiden. Oft führen die Tiere mit Hilfe der biegsamen Borsten am Hinterende sprunghafte Bewegungen aus.

Nur die Bauchseite trägt Borsten von verschiedener Ausbildung, einige sind dünn, andere stachel-, borsten- oder griffelförmig. In der vorderen Hälfte der Bauchseite verläuft eine bogenförmige Vertiefung, das Mundfeld, welches von einem Kranz lebhaft schlagender Mundwimpern eingefabt ist. Die Ausscheidung unverdaulicher Stoffe erfolgt an einer bestimmten Stelle der Rückenseite. Im Inneren finden sich meist zwei Haupt- und mehrere Nebenkerne.

Die Vermehrung erfolgt wie beim Trompetentierchen durch Querteilung. Vielfach bilden sich auch Cysten, in denen das Tier ungünstige Verhältnisse überdauert.

Geißeltierchen, Flagellaten.

Tafel IX.

Neben die Wurzelfüßer und Wimperinfusorien reihen sich als dritte Gruppe der Urtierchen die Geißeltierchen. Von vornherein sei bemerkt, daß viele hierher gehörige Formen mit derselben Berechtigung

sowohl den Tieren als Pflanzen zugezählt werden und neuerdings fast durchweg als Algen mit tierischer Bewegung aufgefaßt werden. Alle Flagellaten zeichnen sich durch den Besitz von Geißeln aus, das sind dünne, lange Protoplasmafortsätze, die der Bewegung dienen, ab und zu auch der Nahrungsaufnahme.

Der Änderling oder das Schönauge, Euglena, gehört zu den gemeinsten Arten der Geißeltierchen und kommt gewöhnlich in ungeheurer Anzahl in wasserarmen Gräben, in Lachen und Schlammputzen vor, die es bei massenhaftem Auftreten grün färbt.

Der Körper ist drehrund, spindelförmig gestreckt und am hinteren Ende spitz ausgezogen. Das Vorderende ist abgerundet und trägt eine lange, schwingende Geißel. Der Protoplasmakörper ist von einem dünnen Häutchen umschlossen, das spiralg gestreift ist. Doch ist diese Membran elastisch und nachgiebig, so daß sich der Änderling fast kugelig zusammenziehen kann.

Im Inneren liegt ein Kern. Außerdem ist das Plasma erfüllt von grünen, scheibenförmigen Körpern, dem Blattgrün oder Chlorophyll. Am Vorderende befinden sich eine größere und mehrere kleine Vakuolen. Daneben leuchtet ein granatroter Pigmentfleck, der Veranlassung zu dem Namen Schönauge gab. Möglicherweise ist er ein Lichtsinnesorgan. Hier am abgestutzten Vorderende entspringt auch die lange Geißel. An ihrem Grunde senkt sich ein trichterförmiges Rohr in den Plasmaleib ein.

Die Änderlinge schwimmen, indem sich die Geißel schwingend, oft korkzieherartig bewegt und den Körper nachzieht. Doch vermögen sie auch langsam mit dem Zelleib auf dem Boden zu kriechen, was häufig nach dem Verlust der Geißeln eintritt.

Die Ernährung erfolgt nach Art der Pflanzen durch die Tätigkeit der Chlorophyllkörper. Unter dem Einflusse des Sonnenlichts wird die aus dem Wasser entnommene Kohlensäure zerlegt in Kohlenstoff und Sauerstoff. Der erstere wird zum Aufbau verwendet, doch nehmen sie auch geformte Nahrungsteilchen auf, die sie mit der Geißel in das Mundrohr am Vorderende strudeln.

Die Vermehrung erfolgt durch Längsteilung. Vor Eintritt derselben verdoppeln sich die wichtigsten Teile des Körpers: es bilden sich je zwei Kerne, Geißeln, Vakuolen und erst dann spaltet sich der Körper in der Längsrichtung.

Die Zellen können auch ohne Schaden das Eintrocknen vertragen. Sie runden sich dabei kugelförmig ab, verlieren die Geißel und scheiden ringsum eine Hülle aus. Innerhalb derselben tritt oft Teilung ein. Bei Eintritt günstiger Umstände verlassen die Tochterformen die Hülle.

Bringen wir die Änderlinge in ein einseitig beleuchtetes Gefäß, so sammeln sie sich immer am beleuchteten Rande an, während sie Dunkelheit wie auch grelles Sonnenlicht zu meiden suchen.

Das Kugeltierchen, Volvox, hat ebenfalls mehr pflanzlichen als tierischen Charakter. Es findet sich häufig in klaren Gräben und Teichen. Oft kommen sie in solchen Massen vor, daß das Wasser grün gefärbt erscheint. Da die Kügelchen $\frac{1}{2}$ —1 mm im Durchmesser haben, sind sie auch dem bloßen Auge deutlich sichtbar.

Der Körper besteht aus einer großen Zahl änderlingsartiger grüner Zellen, die zu einer brombeerähnlichen Kugel vereint sind. Der Innenraum der Kugel ist von Gallerte erfüllt, die von den Außenzellen aus- geschieden ist. Die grünen Zellen bilden eine einschichtige Lage an der Oberfläche. Sie sind in regelmäßigen Abständen angeordnet und durch Protoplasmabrücken miteinander verbunden. Jede einzelne der an der Peripherie liegenden Zellen besitzt Kern, Vakuole, roten Pigmentkörper und Chlorophyll, ist also ganz ähnlich wie ein Änderling gebaut. Jede Zelle trägt ferner zwei Geißeln, die ins Wasser ragen und mit deren Hilfe sich das Tier rotierend bewegt.

Die Ernährung erfolgt ganz nach Art der Pflanzen. Durch das Chlorophyll der peripherischen Zellen wird Kohlensäure assimiliert, geformte Nahrung wird nicht aufgenommen.

Vermehrung. Im gallertartigen Inneren bemerken wir mehrere größere grüne Kügelchen. Es sind die Tochtertiere, die dort langsam heranwachsen. Haben sie eine gewisse Größe erreicht, so zerreißt die Mutterform, die jungen Kugeltierchen treten heraus und schwimmen als selbständige Wesen davon, während die Mutterkugel langsam zu Boden sinkt und abstirbt. Diese Art der Vermehrung durch Sprossung findet vom Frühjahr bis Hochsommer statt. Auf sie folgt eine andere, die geschlechtliche Fortpflanzung, bei der Dauerformen mit fester Hülle entstehen. Diese widerstandsfähigen Gebilde sinken zu Boden, bis dann im Frühjahr nach langer Ruhe aus ihnen junge Kugeltierchen hervorkommen.

Das Panzertierchen, Peridinium, rechnet man neuerdings meist zu den echten Algen. Die kleinen, fast kugeligen Wesen finden wir überall am Rande stehender Gewässer zwischen allerhand Wasserpflanzen. Der Plasmakörper ist von einem gelbbraunen Zellulosepanzer bedeckt, der aus 21 Tafeln von bestimmter Anordnung zusammengesetzt ist. An ihm fallen zwei kräftige Furchen auf, eine quergestellte, die den Körper gürtelförmig umgibt, und eine Längsfurche. In jeder der beiden Rinnen verläuft eine Geißel. Die Ringfurche beherbergt eine eng anliegende Geißel, die fortwährend in welliger Bewegung ist. Mit ihrer Hilfe taumelt

und zittert das Panzertierchen durch das Wasser. Die lange Geißel der Längsfurche wird nachgeschleppt und dient als Steuer.

Im Inneren finden sich Kern, Vakuole und gelbbraune Scheiben, die Chromatophoren. Sie assimilieren ähnlich dem Chlorophyll, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes die Kohlensäure. Die Panzertierchen ernähren sich also ganz wie die Pflanzen.

Die Vermehrung erfolgt durch Teilung. Das Protoplasma ballt sich innerhalb der Hülle zusammen und teilt sich, wobei der Panzer gesprengt wird und die jungen Formen heraustreten.

Bei Eintritt der kalten Jahreszeit bilden sich Dauercysten, aus denen im Frühjahr die jungen Wesen hervorkommen.

Der Süßwasserpolyp, Hydra.

Tafel X.

Unstreitig zu den bekanntesten und interessantesten Tieren des Süßwassers gehören die Polypen oder Hydren. Sie leben in linsenbedeckten Teichen, Gräben und Tümpeln, wo sie an den Wurzeln der Wasserpflanzen, an untergetauchten Blättern und Stengeln festsitzen. Man schöpft Wasser mit solchen Pflanzen und läßt es einen Tag in Glasgefäßen stehen. Häufig wird man dann an Glaswand, Wurzeln oder Blättern die gesuchten Tiere finden. Die drei bekanntesten Formen sind der grüne, braune und graue Armpolyp.

Bau. Die Hydren sind bis 2 cm lange fadenförmige Tierchen. Mit dem unteren Körperende, der Fußscheibe, sitzen sie fest. Am freien Ende tragen sie 6—12 dünne Arme oder Tentakeln. Zwischen diesen findet sich die Mundöffnung, die in den Leibeshohlraum führt. Der Körper ist äußerst einfach gebaut. Er stellt einen einfachen Schlauch dar, der aus zwei Zellschichten besteht. Die äußere Gewebsschicht oder der Hautsack ist als Haut tätig, die innere oder der Magensack dient der Nahrungsaufnahme. Der zylindrische Hohlraum ist die Leibeshöhle. Ein besonderer Darm oder andere innere Organe sind nicht vorhanden. Infolge dieser einfachen Bauart bezeichnet man den Polypen und seine ebenfalls eingeweidelosen Verwandten (Quallen, Korallen, Seerosen) als Hohl- oder Schlauchtiere (Coelenteraten).

In der äußeren Körperschicht leben äußerst kleine kugelförmige grüne Algen, welche dem grünen Polypen seine schöne Färbung verleihen. Die Außenschicht enthält auch noch die Waffen des Armpolypen, die Nesselkapseln, die sich in besonders reicher Anzahl in den Fangarmen

finden. Es sind kleine eiförmige Bläschen, die mit einer scharfen, giftig wirkenden Säure erfüllt sind. Im Innern dieser Nesselkapsel ist ein dünner Faden spiralig aufgerollt, außen trägt sie ein kleines vorstehendes Härchen. Wird nun, vielleicht durch ein vorbeischwimmendes Tierchen, dieses Härchen berührt, so springt die Kapsel auf, der Spiralfaden, welcher kleine Widerhaken trägt, heftet sich an die Beute, der flüssige Inhalt der Blase ergießt sich in die Wunde, lähmt und betäubt das Tier. Je lebhafter sich das Opfer wehrt, desto mehr Nesselkapseln entleeren sich. Nun schlingen sich die Fangarme um die Beute und führen sie zur Mundöffnung. Diese öffnet sich weit, um die Nahrung aufzunehmen, welche in der Darmleibeshöhle verdaut wird. Dabei zieht sich der Polyp fast kugelig zusammen, die Fangarme sind nur noch als knopfförmige Anschwellung sichtbar, oft sieht man das Beutetier durch die bauchig aufgetriebene Leibeswand schimmern. Die Nahrung der sehr gefräßigen Tiere besteht vorwiegend aus kleinen Krebsen, Rädertieren und Würmern, nach denen sie fortwährend mit den langsam sich bewegenden Ärmchen tasten.

Bewegung. Obwohl meist festsitzend, vermag sich doch der Polyp zu bewegen. Entweder gleitet er mit der Fußscheibe langsam vorwärts, oder er legt sich um, heftet sich mit den Fangarmen fest und zieht den Leib nach, bewegt sich also nach Art der Spannerraupe.

Vermehrung. Werden die Hydren reichlich gefüttert, so können wir stets die Fortpflanzung durch Knospung beobachten. An einem beliebigen Punkt buchtet sich die Leibeswand aus, die Ausstülpung wird immer größer und erhält zylindrische Gestalt. Am oberen Ende stülpen sich Fangarme aus, während sich die Verbindungsstelle zwischen Mutter und Knospe immer mehr einschnürt, bis sich schließlich das Tochtertier ablöst. Oft bleiben mehrere knospende Tochterstöcke längere Zeit mit dem Muttertier im Zusammenhang, so daß kleine Kolonien entstehen. In der kälteren Jahreszeit, bei Nahrungsmangel oder Eintritt von Trockenheit (bei *Hydra viridis* im Frühjahr) erfolgt noch eine andere Art der Vermehrung. Da bilden sich unter den Tentakeln warzenförmige Anschwellungen, welche die männlichen Geschlechtszellen enthalten. Unten bildet sich gewöhnlich nur ein Ei. Dieses umgibt sich nach der Befruchtung mit einer Schutzhülle, sinkt zu Boden und überdauert dort den Winter oder Zeiten des Nahrungsmangels, dient also der Erhaltung der Art während der Zeit ungünstiger Lebensbedingungen. Im Frühjahr tritt aus dem Dauerei ein junges Tier.

Bekannt ist der Polyp noch durch sein Ergänzungs- oder Regenerationsvermögen. Zerschneidet man ihn in mehrere Teile, so wächst

jedes Stück zu einem vollständigen Tier wieder aus, und zwar bildet die dem Munde zu gelegene Stelle immer Mund und Fangarme, die dem Hinterende naheliegende Schnittfläche die Fußscheibe.

Rädertiere, Rotatorien.

Tafel XI.

Immer, wenn wir einen Tropfen Wasser dem Gewirre von Algenfäden entnehmen, finden wir mikroskopisch kleine Tierchen, die wie Infusorien lebhaft umherschwimmen, aber offenbar eine ganz andere Bauart haben, es sind die vielzelligen Rädertiere oder Rotatorien, die den Würmern nahestehen. Wir finden diese artenreiche Gruppe überall in fließenden und stehenden Gewässern. Sie bevölkern sowohl die kleinsten Pfützen und Lachen, als auch Tümpel, Teiche und Seen, wo wir sie zwischen dem Pflanzengewirre des Ufers wie auch im freien Wasser antreffen. Ja, die Gruppe der Erdrädertierchen lebt im wasserdurchtränkten Moos des Waldes und der Dachrinnen, freilich nur so lange, als Feuchtigkeit vorhanden ist. Verdunstet das Wasser, so verfällt das Tierchen in eine Art Scheintod (die Trockenstarre), aus dem es erst nach einem Regen wieder erwacht. Diese Fähigkeit der Tiere, in eingetrocknetem Zustande lange am Leben zu bleiben, ist ein vorzügliches Mittel zur Erhaltung der Art in Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen.

Das Wappentierchen, Brachionus, ist eines der verbreitetsten, glasartig durchsichtigen Rädertierchen. Dem äußeren Baue nach gliedert es sich in Kopf, Rumpf und Fuß (oder Schwanz). Der Kopfrand ist etwas nach außen umgebogen und führt trichterförmig ins Innere. Am Kopf fällt uns das charakteristische Räderorgan auf, das der ganzen Tiergruppe den Namen verleiht.

Räderorgan. Es ist ein bei den meisten Tieren einziehbarer Wimperapparat innerhalb des Kopfrandes, der hier aus zwei seitlichen, länglich-runden Wimperkreisen besteht. Wenn sich die Organe bewegen, so erscheint es uns, als ob sich das Wimperradchen fortwährend um seine Achse drehe. In Wirklichkeit aber beschreibt jede Wimper von ihrer Anwachsstelle aus die Bahn eines Kegelmantels, dessen Spitze nach unten gekehrt ist. Durch die in gleicher Richtung bewegten Wimpern entsteht ein Wirbel, durch den Bakterien, Algen und Infusorien herbeigestrudelt werden, von denen sich das Tier nährt. Zugleich dient das Räderorgan als Bewegungsapparat, mit dessen Hilfe die Tiere lebhaft zu schwimmen vermögen.

Der Rumpf ist von einem chitinen Panzer bedeckt, der aus einer gewölbten Rückenplatte und einem mehr ebenen Bauchschild besteht. Am Vorderende trägt er dornige Zacken. An den Rumpf schließt sich der geringelte Fuß an, dessen Glieder sich fernrohrartig ineinander verschieben lassen. Er trägt zwei zangenförmige Anhänge, die „Zehen“. Hier münden auch zwei Klebdrüsen nach außen, die einen leimigen Stoff abscheiden, mit dessen Hilfe sich die Tiere zeitweilig anheften können.

Ernährung, Ausscheidung. Bauchwärts am Vorderende liegt der Mund. Von ihm aus gelangt die Nahrung in den Schlundkopf. Er besitzt starke Muskeln, welche einen Kauapparat tragen, der aus einzelnen kieferartigen Chitinstücken besteht. Diese bewegen sich fortwährend kauend lebhaft gegeneinander und zermalmen die Nahrungskörper. Auf den Schlundkopf folgt der runde Magen und der birnförmige Darm mit dem After. In den Verdauungskanal münden von beiden Seiten große Drüsen, deren Absonderungen jedenfalls die Verdauung unterstützen. Links und rechts vom Darm liegen zwei kanalförmige Ausscheidungsorgane (Nieren), die ihren Inhalt in eine große Blase ergießen, welche gemeinsam mit dem Enddarm in der „Kloake“ nach außen mündet.

Auf der Rückenseite über dem Schlundkopf liegt das vielzellige Gehirn, dem das schöne rubinrote Auge aufsitzt. Vor dem Auge ragt ein fingerförmiger behaarter Taster hervor, der als Tastsinnesorgan wirkt, denn in ihn treten vom Gehirn aus Ganglienzellen und Nervenfasern.

Vermehrung. Die Rotatorien sind getrenntgeschlechtlich. Die seltenen männlichen Tiere sind die sogen. Zwergmännchen, da sie viel kleiner und anders gebaut sind als die Weibchen. Fast immer fehlt ihnen Mund, Kauapparat und After. Da sie keine Nahrung aufnehmen können, leben sie auch nur wenige Tage. Für die Fortpflanzung sind sie von geringer Bedeutung.

Im Innern der weiblichen Tiere bilden sich im Eierstock (Ovarium) die Eier. Sie verlassen den Körper durch die Kloake, heften sich meist am hinteren Panzerende an und werden von der Mutter mit herumgetragen. (Bei den übrigen Arten werden sie vielfach abgelegt, bei einigen (*Asplanchna*) entwickeln sie sich im Leib des Tieres.)

Die Rädertiere bringen zweierlei Eier hervor: die dünnschaligen kleineren Sommereier, welche sich rasch entwickeln und die hartschaligen größeren Dauereier, welche längere Zeit zur Entwicklung brauchen. Die Sommereier sind stets unbefruchtet (jungfräuliche oder parthenogenetische Entwicklung). Nach kurzer Zeit hat sich im Ei das voll aus-

gebildete Tier entwickelt. Interessant ist es, daß die Bewegung des Kauapparates schon innerhalb der Eihülle stattfindet. Aus den größeren Sommereiern entwickeln sich Weibchen, aus den kleineren, seltener gebildeten die Männchen.

Die größeren, hartschaligen, dotterreichen Dauereier werden meist im Frühjahr oder Herbst abgelegt. Ihre Entwicklung erfordert längere Zeit. Sie überdauern sowohl das Gefrieren im Winter, als das Austrocknen der Gewässer im Sommer, dienen also der Erhaltung der Art in der Zeit ungünstiger Lebensbedingungen.

Unsere Tafel macht uns noch mit dem **Stutzrädchen, Anuraea** (einäugig), bekannt, das von zwei Zwergmännchen umschwärmt wird. Ganz augenfällig ist hier der Größenunterschied der Geschlechter.

An dem Algenfaden in der Mitte der Tafel sitzt das **Strudeltierchen, Philodina**, mit zwei Augen und deutlich zweiseitigem Räderorgan, es ist ein gewandter Schwimmer.

Die rechte Hälfte der Tafel macht uns mit einem festsitzenden und gehäusebauenden Rädertier, **Melicerta, Röhrentierchen**, bekannt. Es sitzt mit der Haftscheibe des Fußes fest. Aus dem Gehäuse schaut das meist vierlippige Räderorgan hervor. Der Darm mündet auf der Rückseite des Körpers nach außen. Das röhrenförmige Gehäuse baut sich das Tier aus den eignen Kotballen und Fremdkörpern. Es stößt aus dem Enddarm Kot aus, der in den Wirbel des Räderorgans gelangt. Von hier wird er einer Vertiefung zugeführt, über die sich eine bewimperte Lippe legt. In dieser „Pillenpresse“ erhält die Masse eine kugelige Form. Nun biegt sich das Tier mit dem Räderorgan nach unten und drückt die Pille an den Rand des Gehäuses.

Da die Tiere bis 2 mm groß werden, und die jungen Formen sich oft an das Gehäuse der Mutter ansetzen, so entstehen zierliche, kolonieartige Büschelbildungen, die sich mit bloßem Auge an den Blättern von Wasserpflanzen leicht wahrnehmen lassen.

Kleinkrebse, Entomostraken.

Tafel XII.

Die große Klasse der Krebse gliedern wir in zwei Unterabteilungen. Zu den höheren Krebsen (Malakostraken), die sich durch ihre Größe auszeichnen, gehören Flußkrebse, Flohkrebse und Asseln. Ihnen stehen die niederen Krebse (Entomostraken) gegenüber, wegen ihrer geringen Größe auch Kleinkrebse genannt mit den Ordnungen der

Copepoden oder Ruderfüßer (Hüpferring, *Cyclops*),
Phyllopoden oder Blattfüßer (Wasserfloh, *Daphnia*),
Ostrakoden oder Muschelkrebse (Muschelkrebs, *Cypris*).

Schon seit langem sind die Kleinkrebse Gegenstand der eifrigsten Forschung und werden mit Recht zu den wichtigsten und bedeutungsvollsten Formen der Süßwasserlebewelt gezählt, besonders nachdem man ihre ungeheure Bedeutung als Fischnahrung erkannte. Die seltsame Form und der eigentümliche Bau ihres Körpers, ihre zum Teil recht verwickelte und eigenartige Lebensgeschichte, sowie massenhaftes Auftreten und allgemeine Verbreitung haben das Interesse der Naturfreunde und Forscher in gleichem Maße erregt. Zudem gehören sie wegen ihrer Durchsichtigkeit zu den interessantesten Objekten mikroskopischer Betrachtung.

Plankton. Die Kleinkrebse machen einen wesentlichen Teil der Tierwelt aller stehenden und fließenden Gewässer aus. Wir finden sie in ihren verschiedensten Vertretern in kleinen, öfters austrocknenden Tümpeln, Lachen und Gräben, in Sümpfen und der pflanzenbewachsenen Uferzone der Teiche, Seen und Ströme. Vor allem bilden sie einen Hauptbestandteil des Planktons. Unter diesem oft gebrauchten Namen (Plankton = das Treibende) verstehen wir die Gesamtheit aller der Tiere und Pflanzen, die fern vom Ufer das freie Wasser bewohnen, meist vom Gewässer getragen und von den Strömungen getrieben werden, teilweise auch eine eigene Bewegungsfähigkeit besitzen. Es sind die im Wasser schwebenden Lebewesen, die den Boden nicht kennen, lebhaft Strömungen und krautreiche Stellen vermeiden, je nach der Tages- und Jahreszeit bald die oberflächlichen, bald die tieferen Schichten des Wassers erfüllen. Hierher gehören verschiedene Algen, Infusorien, Geißeltierchen, Wurzelfüßer, Sontentierchen, Rädertierchen und besonders Kleinkrebse. Die gleichmäßigen, eigentümlichen Lebensverhältnisse (Fehlen starker Strömungen, Klarheit des Wassers, Wechsel der Temperatur und Belichtung) haben auch den Bau (Durchsichtigkeit, Schwebevorrichtungen), die Lebensweise und Entwicklung der Planktonwesen beeinflusst. Man fängt sie mit besonderen Planktonnetzen. (Näheres siehe SCHURIG, Plankton-Praktikum und M. VOIGT, Praxis des naturk. Unterr.)

Der Wasserfloh, *Daphnia*.

Äußerer Bau. Das Tier ist von gedrungener, muschelähnlicher Gestalt. Leib und Beine sind von einer an der Bauchseite offenen Schale umschlossen, die auf dem Rücken in eine linke und rechte Hälfte

abgeteilt ist. Nur der runde, schnauzenförmig ausgezogene Kopf bleibt frei. Die chitinige Schale weist eine gitterartige Felderung auf und ist an der Oberfläche fein gekielt. Nach hinten läuft sie in einen spitzen Stachel aus. Der Hinterleib ist nicht gestreckt, sondern bauchwärts eingeschlagen. Er endet in zwei scharfen Endkrallen, mit denen das Tier zwischen die Schalen geratene Fremdkörper entfernen kann. Zwischen der Rückseite des Hinterleibes und der Schale ist ein Hohlraum, in dem vom Weibchen die Eier getragen werden. Dieser Brutraum wird durch Vorsprünge des Hinterleibes, welche nach hinten gerichtet sind, taschenförmig abgeschlossen. Zugleich dienen jene nur beim Weibchen stark ausgebildeten Hörner als Puffer, welche die Stöße des Hinterleibes von den leicht verletzlichen Eiern abhalten.

Von Gliedmaßen fallen uns zunächst die Fühler auf. Das erste Fühlerpaar sitzt in Form kleiner Borsten unter der schnabelförmigen Spitze des Kopfes und dient als Riechorgan. Das zweite Paar erhebt sich an der Grenze von Kopf und Rumpf und bildet die großen, mächtig entwickelten Ruderfühler. Jeder derselben trägt auf einem kräftigen Stammglied zwei gegliederte Äste mit wimperartigen Borsten. Das Krebschen schwimmt, indem es sich mit den Fühlern ruckweise vorwärts schlägt, worauf es wieder sinkt, um sich abermals zu erheben. Diese hüpfende Bewegungsweise mag Veranlassung zu dem Namen Wasserfloh gegeben haben.

Die Daphnien haben fünf Beinpaare. Es sind breite, blattförmige Schwimmbeine, die mit Borsten besetzt sind. Ihre Gestalt gab der ganzen Ordnung den Namen Blattfüßer oder Phyllopoden. An den letzten drei Paaren sitzen die blättchenförmigen Kiemen. Da die Beine in fortwährender Bewegung sind, wird den Atmungsorganen an dieser günstigen Stelle immer sauerstoffreiches Atemwasser zugeführt.

I n n e r e r B a u. Die Daphnien sind reine Vegetarier, die sich von den im Wasser flottierenden mikroskopischen Algen, besonders Grünalgen oder halbvermoderten organischen Resten ernähren. Die Mundöffnung liegt am Einschnitt zwischen Kopf und Rumpf. Hier wird die Nahrung von kräftigen Kiefern zerkleinert, die sich, wie bei allen Gliedertieren, von links nach rechts, aber nicht von oben nach unten bewegen. Der nahrungserfüllte Darmkanal verläuft als langer dunkelgrün gefärbter Schlauch zum Hinterende, wo er im After mündet.

In der Nackengegend liegt das glashelle, rundliche, lebhaft pulsierende Herz, das man am lebenden Tiere vortrefflich beobachten kann. Es zieht sich in der Sekunde mehrmals zusammen und treibt dabei durch eine vordere Öffnung das Blut kopfwärts. Da die Daphnien keine Blut-

gefäße besitzen, strömt das farblose Blut frei durch die Räume zwischen den Organen. Vom Kopf kehrt es zum Rumpf zurück, nimmt in den Kiemen neuen Sauerstoff auf und geht gereinigt zum Herzen zurück.

Am meisten fällt das große zusammengesetzte Auge auf, das fortwährend in zitternder Bewegung ist. Es erscheint uns als schwarzer Pigmentfleck, um den ein Kranz heller runder Linsen steht. In Wirklichkeit sind die einzelnen kegelförmigen Augen wie die Blumen eines Buketts aneinander gereiht. Der schwarze Pigmentfleck rührt daher, daß jedes Einzelauge, wie ein Durchschnitt lehrt, vom Grunde bis zur Linse von schwarzem Pigment dütenförmig umgeben ist.

Unter dem Auge, über dem Schlund, gewahren wir das Gehirn, von dem aus die Sehnerven ans Auge treten. Ursprünglich war eine rechte und linke Augenanlage vorhanden, die aber zu dem unpaaren Stirnauge verschmolzen sind.

Die Vermehrung erfolgt auf zweierlei Art, ähnlich wie bei den Rädertierchen geschlechtlich und ungeschlechtlich (besser eingeschlechtlich). Im Frühjahr und Sommer finden wir meist nur Weibchen. Sie tragen zu beiden Seiten des Darms die Eierstöcke, in denen die Eier gebildet werden. Von hier werden sie in den taschenförmigen Brutraum zwischen Schale und Hinterleib entleert. Dort machen die Jungen im Ei ihre Entwicklung durch.

Den ganzen Sommer hindurch werden dünnschalige, helle Sommer-eier (Subitaneier) erzeugt, welche sich entwickeln, ohne befruchtet zu sein. (Parthenogenese.) Nach wenigen Tagen schlüpfen sie als fertige Daphnien aus und verlassen das Muttertier. Kurze Zeit, nachdem die Tiere das Ei verlassen haben, bilden sie selbst wieder Eier. So ungeheuer ist die Vermehrung, daß eine einzige Daphnie innerhalb zweier Sommermonate über 1000 Millionen Nachkommen haben kann. Diese außerordentliche Vermehrungsfähigkeit ist nur eine Anpassung an die günstigen Lebensbedingungen des Frühsommers, dessen ungeheuren Reichtum an pflanzlichen Nährstoffen die Daphnie ausnützt.

Zu gewissen Zeiten, wenn die Temperatur im Herbst sinkt, wenn Nahrungsmangel eintritt, oder der Wohnort auszutrocknen droht, bilden sich aus den Sommeriern auch Männchen. Sie sind kleiner als die Weibchen und auch etwas abweichend gebaut (Spürhaare, Greifhaken, Borsten am ersten Fußpaar u. a.). Nun erzeugen die Weibchen wenige, aber viel größere Eier, die befruchtet werden müssen. Es sind die dunklen hartschaligen Dauereier (Winter- oder Latenzeier). Außer von der eigenen festen Schale werden sie noch von einer sattelförmigen Hülle (Sattel oder Ehippium) eingeschlossen, die von Luftzellen durchsetzt ist. Das

ganze Dauergebilde wird meist erst frei, wenn das Muttertier verwest. Es schwimmt dann oft auf dem Wasser, besonders im Frühjahr, wo es auf der Oberfläche die für die Entwicklung günstigen Lebensbedingungen (Wärme) findet. So eingehüllt, ist es trefflich gegen Frost wie Trockenheit geschützt. Erst nach längerer Ruhepause entwickeln sich aus den Dauereiern wieder Weibchen, die sich lebhaft auf ungeschlechtlichem Wege vermehren. So hat man wiederholt durch Aufgießen von jahrelang eingetrocknetem Schlamm die darin enthaltenen Dauereier zur Entwicklung gebracht. Bei manchen verwandten Krebsformen (*Apus*) entwickeln sie sich überhaupt nur dann, wenn sie eingetrocknet, bezw. eingefroren waren.

Die Bildung der Dauereier hängt ab von den äußeren Lebensbedingungen (Kälte, Trockenheit, Nahrungsmangel). Die Bewohner kleiner Teiche, Tümpel, Sümpfe und Pfützen, deren Aufenthaltsort wiederholt austrocknen oder gefrieren kann, die also in steter Gefahr sind auszusterven, bilden im Jahre mehrere Male Dauereier, gewöhnlich im Anfange des Sommers und im Spätherbst.

Die Bewohner größerer Wasserbecken bilden nur einmal im Jahre, zu Anfang des Spätherbstes Dauereier. Aus größeren Seebecken sind auch verwandte Formen bekannt geworden, die sich das ganze Jahr hindurch aus unbefruchteten Sommeriern entwickeln, ja bei denen bisher weder Dauereier noch Männchen nachgewiesen wurden.

Die Reihe der von einem bis zum andern Dauerei hervorgebrachten Geschlechter nennt man einen Zyklus. Je nachdem innerhalb eines Jahres einmal, mehrmals oder überhaupt keine Dauereier erzeugt werden, unterscheidet man mono-, poly- oder azyklische Arten.

Es ist eine interessante Erscheinung, daß dieselben Daphnienarten, die normalerweise in größeren Wasserbecken nur einmal im Jahre (Herbst) Dauereier bilden, in kleineren Wohnorten jährlich mehrere Male solche hervorbringen. Je größer also die Gefahr ist, die den Tieren durch Austrocknen oder Gefrieren droht, ein um so kräftigerer Schutz ist ihnen zur Überwindung dieser ungünstigen Lebensbedingungen verliehen. Ähnlich wie durch die Sporen der Bakterien, die Cysten der Urtiere, die Fähigkeit der Erdrädertiere, bei Trockenheit in eine Art Scheintod zu verfallen, um bei Eintritt neuer Feuchtigkeit wieder zum Leben zu erwachen — in ganz ähnlicher Weise hat die Natur auch bei Daphnien und Rädertieren durch Bildung von Dauereiern für die Erhaltung der Art gesorgt.

Noch einer bemerkenswerten Tatsache müssen wir gedenken, daß nämlich Tiere der gleichen Art in verschiedenen Jahreszeiten eine ver-

schiedene Gestalt besitzen. (Saisondimorphismus.) So ist bei gewissen Formen im Frühjahr das Vorderende des normalerweise runden Kopfes helmartig ausgezogen, so daß ganz abenteuerliche Gebilde entstehen, die man früher als besondere Arten auffaßte. Diese als Saisondimorphismus bezeichnete Erscheinung findet man auch in anderen Tiergruppen (Sommer- und Winterform der Bläulinge).

Die zweite Ordnung unserer Kleinkrebse sind die Copepoden oder Ruderfüßer. Hierher gehören die überall mit Daphnien vorkommenden

Hüpfertinge, Cyclops. Bau. Allen Ruderfüßern fehlt die den Wasserflöhen zukommende muschelähnliche Schale. Der schlanke Körper ist gestreckt und deutlich gegliedert. Der Hinterleib ist ganz schmal und ohne Gliedmaßen. Er endet in zwei gabelförmigen Ästen (Furca), die gefiederte Borsten tragen.

Alle Ruderfüßer sind nur mit einem Auge ausgestattet, das links und rechts je eine Linse trägt, darum der Name Cyclops, d. h. Ein-auge. Am Rande des Kopfschildes treten die beiden vordersten Fühler kräftig und lang wie Hörner hervor. Sie können beim kleineren Männchen hakenartig eingeschlagen werden zum Festhalten des Weibchens während der Begattung. Das zweite Fühlerpaar ist kleiner und mehr bauchständig.

Alle Copepoden besitzen fünf Beinpaare. Die ersten vier derselben dienen als Schwimmfüße. Blitzartig schnelle Bewegungen und Drehungen vermag der Cyclops nur mit Hilfe des Hinterleibs und der Schwimmfühler auszuführen. Vielfach schwimmt er mit dem Rücken nach unten.

Die Hüpfertinge nähren sich von kleinen Algen, besonders Kieselalgen, doch verschmähen sie auch kleinere Tiere, Rotatorien und Ur-tiere nicht. Der schlauchförmige Darm verläuft in gerader Linie vom Mund zum After. Herz und Atmungsorgane fehlen, da der Sauerstoff von der gesamten Körperoberfläche aufgenommen wird.

Vermehrung. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung (Entwicklung aus unbefruchteten Eiern, Parthenogenese), wie wir sie bei *Daphnia* kennen lernten, findet beim Hüpferting nicht statt. Die Fortpflanzung ist auch nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden.

Charakteristisch für die Weibchen der Gattung *Cyclops* sind die beiden Eiersäckchen, die rechts und links vom Hinterleib abstehen. Sie werden bis zum Ausschlüpfen der Jungen mit herumgetragen. Im Gegensatz zur Daphnie, die das Ei als voll ausgebildetes Tier verläßt, macht *Cyclops* eine Verwandlung durch. Die aus dem Ei schlüpfende Larve heißt *Nauplius*. Er ist ein rundlicher Körper mit drei Gliedmaßenpaaren, der erst durch wiederholte Häutungen seine endgültige Gestalt

erhält. Dabei bilden sich seine Gliedmaßen um in die beiden Fühlerpaare und die Oberkiefer des ausgewachsenen Tieres. Der *Nauplius* findet sich übrigens bei vielen niederen Süßwasser- und Meereskrebsen als Entwicklungsstadium, ist also nicht auf *Cyclops* beschränkt.

Rückblick. Gerade das Leben der Kleinkrebse zeigt uns die gegenseitige Abhängigkeit der Lebewesen. Die mikroskopische Pflanzenwelt des Wassers, besonders die Algen, dienen den Krebschen und anderen Kleintieren zur Nahrung. Sie sind es auch, die bei der Assimilation der Kohlensäure freien Sauerstoff bilden, auf diese Weise die Durchlüftung des Wassers besorgen und so den Tieren das Atmen ermöglichen. Umgekehrt ist es wieder die mikroskopische Tierwelt, die den Pflanzen die zum Aufbau ihres Körpers so nötige Kohlensäure liefert, ohne die die Algen verhungern müßten. So tritt neben den erbitterten Kampf um die Existenz die gegenseitige Hilfe und Unterstützung. Ja, ein Wesen ermöglicht dem andern erst das Dasein.

Und wie die kleinsten Lebewesen, Bakterien und Algen, wieder größeren, den Urtierchen, Rotatorien und Kleinkrebsen zur Nahrung dienen, so geht auch deren Substanz schließlich in den Leib größerer Tiere, der Würmer, Weichtiere, Gliedertiere und Fische über und häuft sich zuletzt im Menschen und den größeren Formen der Schöpfung an. — Andererseits strömen die organischen Massen wieder auf unzähligen Wegen zurück, im Schleußenwasser, Abfällen, im Kot der Tiere, im ewigen Absterben pflanzlicher und tierischer Körper aller Größen und Formen. Und hier müssen wir noch einmal der im Anfang geschilderten segensreichen Tätigkeit gewisser Bakterien (siehe Kap. Fäulnis u. Bedeutung der Fäulnisbakterien) gedenken, die dafür sorgen, daß alle diese Stoffe sich nicht als tote Masse anhäufen, sondern wieder in den Kreislauf des Lebens zurückkehren.

In ähnlicher Weise vollzieht sich auch der Kreislauf der Stoffe im Meere. Immer sind es die mikroskopischen Algen und Urtiere, die den Kleinkrebsen und anderen Planktontieren zur Nahrung dienen. Ohne diese wieder wäre kein Fischleben im Meere möglich und damit die Existenz vieler Millionen von Menschen unterbunden. So gewaltig ist die volkswirtschaftliche Bedeutung gerade der winzigsten Lebensformen.



DR. TÄUBER
Mikroskopische Wandtafeln.

Gem. von A. Fiedler.

Tafel I.

Formen und Entwicklung der Bakterien.

1. Einzelkokken. 2. Doppel- oder Diplokokken. 3. Ketten- oder Streptokokken. 4. Viererform. 5. Paketkokken. 6. Kurzstäbchen oder Bakterien i. e. S. 7. Langstäbchen oder Bazillen. 7a. Dasselbe mit Geißeln. 8. Stäbchenkette. 9—11. Krummstäbchen: 9. Spirillen. 10. Vibrionen. 11. Spirochaeten. 12. Ein Stück Kahmhaut, vom Heubazillus, *Bacillus subtilis*, gebildet. 13. Zwei einzelne Ketten davon, stärker vergrößert. 14. Eine Kette in Sporenbildung. 15. Einzelne Spore in der Mutterzelle. 16. Spore nach Auflösung der Mutterzellhaut. 17. Keimende Spore mit heraustretendem Spaltpilz. 18. Ein mit Geißeln versehenes schwärmendes Stäbchen. 19. Heubazillen, die nach der Teilung im Zusammenhang bleiben und eine bewegliche begeißelte Kette bilden.

Tafel II.

Gärungserreger.

1. Einzelne Zelle der Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae*, mit Zellkern, Vakuole und kleinen, stark lichtbrechenden Körnchen, (Reservestoffen). 2. und 3. Sprossende Zellen. 4. Hefebäumchen, bei dem die Hefezellen infolge rascher Wiederholung der Sprossung im Zusammenhang geblieben sind und so Kolonien bilden. 5. Zelle mit Sporen. 6. Essigbakterien, *Bacterium aceti*. 7. Milchsäurebakterien, *Bacillus acidilactici*. 8. Buttersäurebakterien, *Clostridium butyricum*. 9. Froschlaichpilz, *Streptococcus mesenteroides*, verursacht die Schleimgärung des Rübenzuckers, indem sich die Zellketten mit Gallerthüllen umgeben.

Tafel III.
Bodenbakterien.

1. Wurzel der Feldbohne, mit Bakterienknöllchen besetzt. 2. Eine mit Bakterien erfüllte, aufgetriebene Zelle des Knötchens, oben von nicht infizierten Zellen umgeben. 3. Wurzelknöllchenbakterien, *Bacillus radicolus*. 4. Azotobakter, ein im Erdboden lebender, freien Stickstoff assimilierender Spaltpilz. 5. Harnbakterien. 6. Salpeterbakterien. 7. Schwefelbakterien, oben *Chromatium*, rot mit gelben Schwefelkörnchen, unten *Spirillum volutans*. 8. Sumpfbakterien, welche Zellulose vergären und Sumpfgas bilden.

Tafel IV.
Krankheitserreger, pathogene Bakterien.

1. Schnitt durch vereitertes Gewebe mit Eitererregern, *Staphylococcus*. 2. Anderer kettenförmiger Eitererreger, *Streptococcus*. 3. Starrkrampferreger, *Bacillus tetani*, Sporen, bewegliche Form, Kette. 4. Diphtheriebazillen, *Bac. diphtheriae*. 5. Tuberkelbazillen, *Bac. tuberculosis*. 6. Cholera bazillen, *Vibrio cholerae*. 7. Typhuserreger, *Bacillus typhi*. 8. Influenzabazillen, *Bac. influenzae*. 9. Bakterien des Zahnschleims: *Leptothrix buccalis*, *Bacillus buccalis*, *Spirillum sputigenum*, *Spirochaete dentium*, Mikrokokken. 10. Weißes Blutkörperchen (Leucocyt), einen Spaltpilz umfließend und fressend, in 4 Stadien.

Tafel V.

Rhizopoden, Wurzelfüßer.

Links unten Urschleimtierchen, *Pelomyxa palustris*, mit zahlreichen Kernen, Vakuolen und stumpfen Scheinfüßchen oder Pseudopodien. Größe $\frac{1}{2}$ —2 mm. Darüber Wechseltierchen, *Amöba proteus* (300—600 μ), das eben eine Kieselalge mit den fingerförmigen Pseudopodien umfließt. Rechts davon ein anderes Wechseltierchen. Darunter Amöbe in Teilung. Auf der rechten Seite der Tafel erblicken wir eine Schraubenalge, *Spirogyra*. Rechts oben daran sitzt ein Mosaiktierchen, *Diffflugia pyriformis* (60—600 μ). Das flaschenförmige Gehäuse ist aus Sandkörnchen und Diatomeenschalen aufgebaut. Darunter, links und rechts von der Alge das Kapseltierchen, *Arcella vulgaris* (60—200 μ), links von oben, rechts von der Seite gesehen. Durch die uhrglasförmige Schale schimmern die zahlreichen Kerne und Vakuolen hindurch.

Tafel VI.

Heliozoen, Sonnentierchen.

Links unten das große Sonnentierchen, *Actinosphaerium Eichhorni*, 100—1000 μ . An der helleren Außenschicht gewahrt man einige hervortretende Vakuolen. An den strahlenartigen Pseudopodien (oben) gleitet ein gefangenes kleines Infusor ins Innere. Die innere, mehrkernige Marksubstanz ist von Nahrungskörpern erfüllt. In der Mitte oben das Strahlauge, *Actinophrys sol*, 40—80 μ . Unten rechts drei festsitzende Gittertierchen, *Clathrulina elegans*, 40—80 μ ohne Stiel. Aus den Fenstern der chitinartigen Gitterkugel strahlen die dünnen Pseudopodien hervor. Rechts oben das Vampirchen, *Vampyrella spirogyrae*, 50—200 μ , ein amöbenähnliches Sonnentierchen, das sich vom Zellinhalt der *Spirogyra*-Fäden nährt.

Tafel VII.

Ciliaten, Wimperinfusorien.

Links oben das Pantoffeltierchen, *Paramecium aurelia* (100–150 μ), das eine Kieselalge in die Mundöffnung strudelt. Aus dem Zellafter wird eben das Unverdauliche entleert. Rechts davon dasselbe Tier in Teilung. Der Großkern und die beiden Kleinkerne sind hantelförmig gestreckt. Die Einschnürung des Körpers hat bereits begonnen. Darunter zwei Paramecien in Konjugation. Auf der rechten Seite der Tafel erblicken wir eine Kolonie von Glockentierchen, *Vorticella nebulifera* (50–80 μ ohne Stiel), die an der Wasserpest (*Elodea*) sitzt. Oben eine freischwimmende Form. Einige der festsitzenden Tiere sind völlig ausgestreckt, andere haben den Stiel korkzieherartig eingerollt, wieder andere strudeln durch das lebhaftes Schlagen der Wimpern Nahrungsteile zum Mundfeld. Ganz links erblicken wir zwei Tiere in beginnender Kopulation, wobei das kleinere männliche Individuum, (Mikrogamet), mit dem größeren weiblichen Tier bis auf einen kleinen abfallenden Rest dauernd verschmilzt.

Tafel VIII.

Ciliaten, Wimperinfusorien.

Links unten eine kleine Kolonie sitzender Trompetentierchen, *Stentor polymorphus*, 500–1000 μ . Zwei Tiere sind langgestreckt, das mittlere in Teilung, das rechte hat sich zusammengezogen. Darüber zwei blaue Trompetentiere, *St. coeruleus*. Rechts davon schwimmende Tiere. Auf der rechten Hälfte der Tafel erblicken wir das Muscheltierchen, *Stylonychia mytilus*, 100–300 μ . Das obere Tier schwimmend, von der Bauchseite gesehen. Das untere Tier kriecht mit den bauchständigen, borstenförmigen Wimpern auf der Unterlage.

Tafel IX.

Fagellaten, Geißeltierchen.

Unten links junges Kugeltierchen, *Volvox minor* (bis 800 μ). Im gallerterfüllten Inneren liegen die ungeschlechtlichen Sproßformen, die Tochterstöcke oder Parthenogonidien. Darüber eine ältere Form, die eben zerrissen ist. Aus der Öffnung schwärmen die Tochterstöcke aus. Rechts oben einige Schönaugen, *Euglena viridis*, 50—70 μ , mit langer Geißel. Darunter das Panzertierchen, *Peridinium tabulatum*, 50 μ , mit dem aus einzelnen Platten gebildeten Zellulosepanzer. Die eine der beiden Geißeln lagert in der ringförmigen Querfurche. In der Mitte unten liegt eine Mondhoralge, *Closterium*.

Tafel X.

Der grüne und braune Süßwasserpolypp, Hydra.

Am linken ausgestreckten Tier von *Hydra viridis* erkennen wir die von der inneren Körperschicht, dem Entoderm, deutlich abgegrenzte helle Außenzone, das Ektoderm. Die Mundöffnung ist von den Fangarmen oder Tentakeln umgeben, die mit Nesselbatterien ausgerüstet sind. Rechts daneben sitzt an der Wurzel einer Wasserlinse (*Lemna*), ein Tier mit zwei seitlichen Knospen. Während die kleinere sich eben erst aus der Körperwand ausstülpt, ist die größere bereits zu einer *Hydra* ausgewachsen und ablösungsreif. Das Muttertier hat mit den Armen einen Wasserfloh, *Daphnia*, umklammert, der durch das Gift der Nesselkapseln gelähmt ist und nun ins Körperinnere gezogen wird. Rechts daneben der braune Armpolypp, *Hydra fusca*, in geschlechtlicher Vermehrung. Die warzenförmigen Anschwellungen unter den Tentakeln enthalten die männlichen Geschlechtszellen, während sich unten Eier gebildet haben, (gewöhnlich nur eins). Ganz rechts ein Tier, das sich auf einen Berührungszreiz hin stark zusammengezogen hat.

Tafel XI.

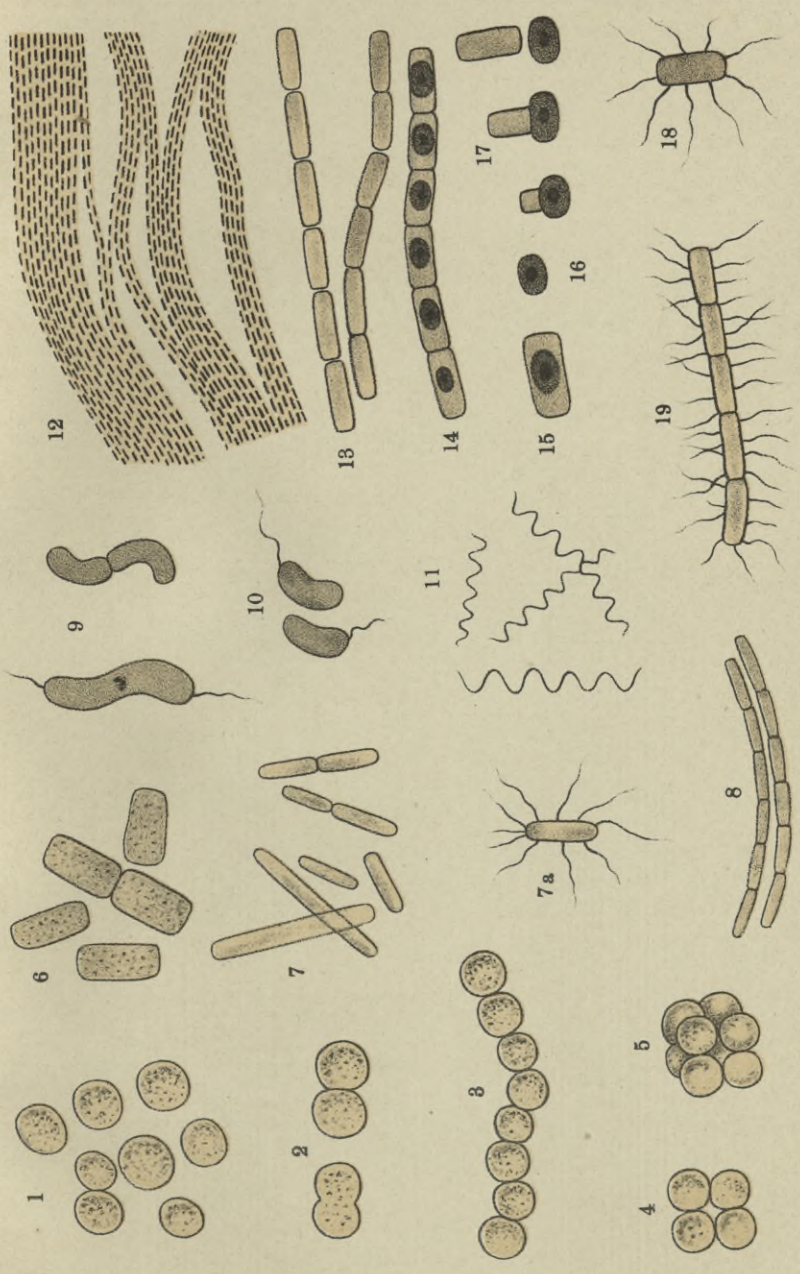
Rotatorien, Rädertiere.

Links unten Weibchen vom Wappentierchen, *Brachionus*, 100–300 μ . Am Vorderende des Panzers erblicken wir das zahlreiche Wimpern tragende „Räderorgan“. Am hinteren Rande des Panzers haften die Eier. Rechts daneben das viel kleinere männliche Tier, das „Zwergmännchen“. Oben links Weibchen vom Stutzrädchen, *Anuraea*, das von zwei Zwergmännchen umschwärmt wird. An dem Algenfaden (*Zygnema*) in der Mitte der Tafel sitzt das Strudeltierchen, *Philodina*, mit deutlich zweiteiligem Räderorgan. Rechts ein festsitzendes Rädertier, Gehäuse tierchen, *Melicerta*, bis 2 mm lang. Das Gehäuse ist aus runden Pillen gebaut, die aus Kot und Fremdkörpern zusammengedreht sind. Links und rechts am Gehäuse des größeren haben sich kleinere Tiere angesiedelt.

Tafel XII.

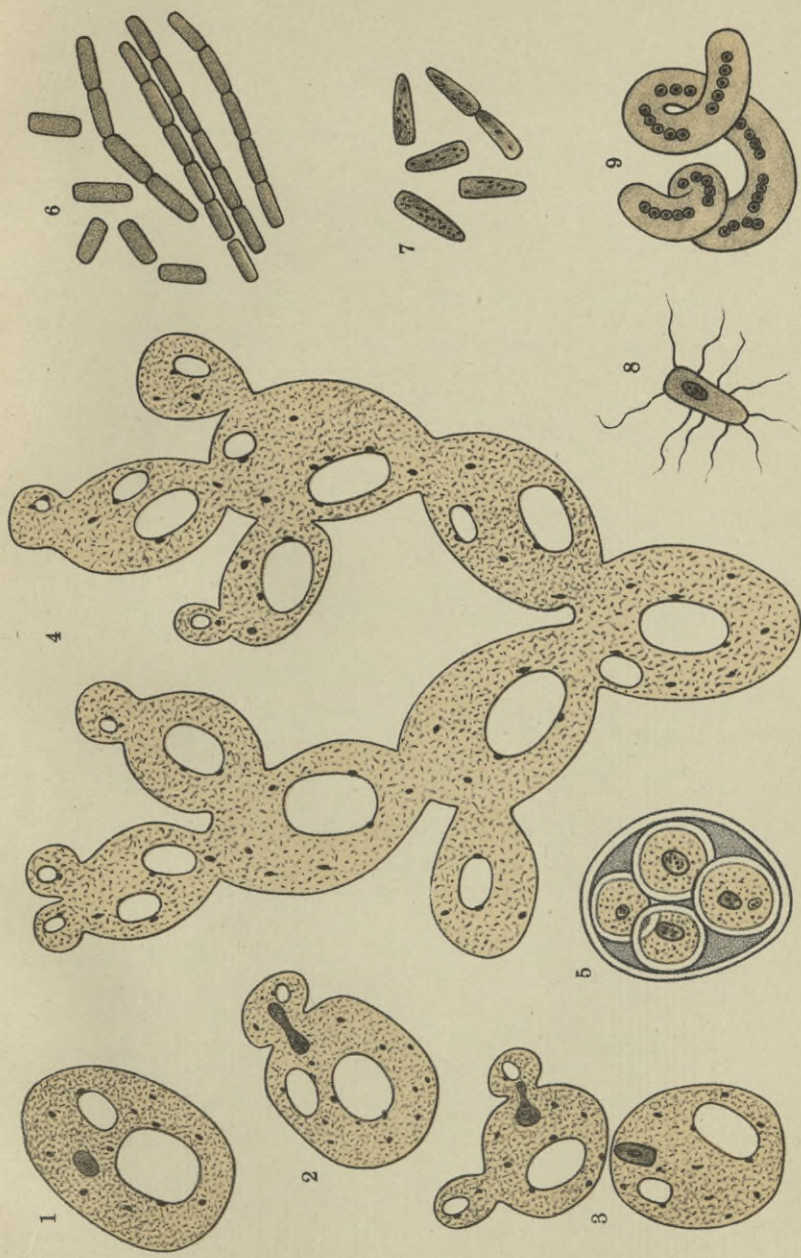
Entomostraken, Kleinkrebse.

Links unten Weibchen vom Wasserfloh, *Daphnia* (bis 3 mm). Durch die Bruttasche schimmern zwei große, dunkle, hartschalige Dauereier. Darüber liegt das Herz. Mitten durch den Körper erstreckt sich der mit Nahrung erfüllte Darm. Die innerhalb der Körperschale liegenden Füße tragen die Kiemen. Das große verzweigte zweite Fühlerpaar dient der Bewegung. Daneben das kleinere Männchen. Rechts das Weibchen vom Hüpf erling oder Einauge, *Cyclops*, mit dem unpaaren Auge. Es trägt die Eier in paarigen Eiersäckchen seitlich am Hinterleib. Da die Atmung durch die Haut erfolgt, fehlen Kiemen und Herz. Unten das Jugendstadium des Hüpf erlings, der *Nauplius*, mit drei Gliedmaßenpaaren, aus denen die zwei Fühlerpaare und Kiefer des *Cyclops* werden.



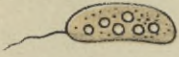


2.





3.



7



8



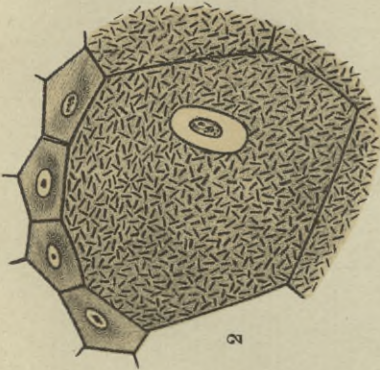
4



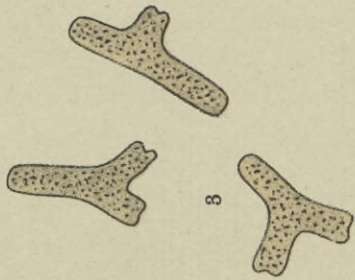
5



6



2



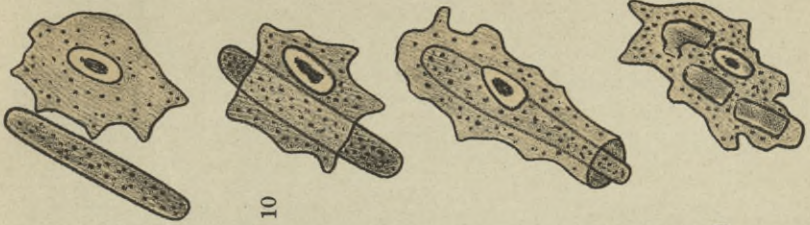
3



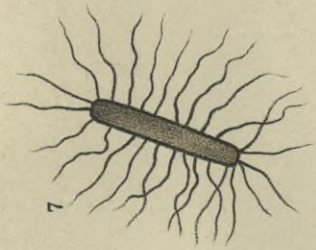
1



4.



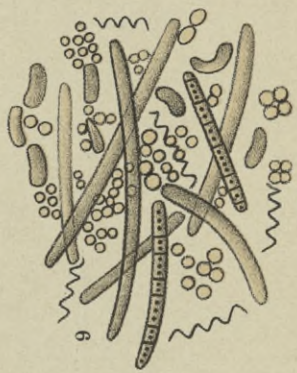
10



7



8



9



4



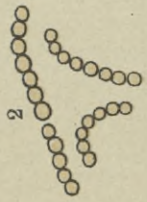
10



6



1



2



3



BIBLIOTEKA

KRAKÓW

Politechniczna









BIBLIOTEKA

KRAKÓW

*
Politechniczna





















S-96

S. 61

Die Naturerscheinungen der Erde

als Einführung in die physikalische
Geographie und allgem. Geologie

dargestellt und durch Beispiele erläutert von

Prof. Dr. E. Fraas

Konservator am Kgl. Naturalienkabinett zu Stuttgart.

12 Wandtafeln in hochkünstlerischem, vielfachem Farbendruck
Größe 90:62 cm — mit erläuterndem Textheft
8°, VI und 154 Seiten und vielen Abbildungen.

INHALT:

- Tafel I. Die vulkanische Tätigkeit.
- „ II. Die Nachwirkungen vulkan. Tätigkeit.
- „ III. Die mechanische Arbeit des Wassers.
- „ IV. Hochgebirgslandschaft als Beispiel der Erosion.
- „ V. Die chemische Arbeit des Wassers, Grotten- und Tropfsteinbildung.

- Tafel VI. Die Tätigkeit des Eises, Gletscher im Hochgebirge.
- „ VII. Die arktische Eiswelt.
- „ VIII. Die antarktische Eiswelt.
- „ IX. Die Tätigkeit des Windes.
- „ X. Wüstenlandschaft als Beispiel äolischer Bildungen der Winderosion.
- „ XI. Steppenbild.
- „ XII. Korallenriff, Neubildungen durch organische Tätigkeit.

Jede Tafel unaufgezogen	M.	2.—
„ „ aufgezogen auf Leinwand u. mit Stäben versehen „		3.50
Komplett, unaufgezogen mit Text	„	25.—
„ aufgezogen auf Leinwand u. mit Stäben versehen mit Text	„	43.—
Textheft apart Brosch.	„	2.50

Pilztafeln mit Text

Herausgegeben von Lehrer W. Obermeyer.

3 in reichem Farbendruck ausgeführte Tafeln. Größe 90:70 cm.

Jede Tafel unaufgezogen	M.	2.50
„ „ aufgezogen auf Leinwand mit Stäben „		4.25
Ausführlicher Text dazu	„	1.—

Zu beziehen durch alle Buch- und Lehrmittelhandlungen, wie auch direkt vom Verlage.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



5249

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294730