

SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 1156/1156a

**DIE KOMPLEXE BERECHNUNG
VON
WECHSELSTROMSCHALTUNGEN**

von

DR. HANS HEINRICH MEINKE
o. Professor an der Technischen Hochschule München

Mit 120 Abbildungen



WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp

BERLIN 1957



Copyright 1957 by Walter de Gruyter & Co., Berlin W 35, Genthiner Str. 13. —
Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und Mikrofilmen,
von der Verlagshandlung vorbehalten. — Archiv-Nummer 11 11 56. — Satz und
Druck: Mercedes-Druck, Berlin SW 61. — Printed in Germany

SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 1155

GRUNDRISS
DER ALLGEMEINEN
MIKROBIOLOGIE

von

PROF. DR. phil. habil. WILHELM SCHWARTZ

und

DR. rer. nat. ADELHEID SCHWARTZ

Institut für Mikrobiologie
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

I. Teil

2., verbesserte und ergänzte Auflage

Mit 25 Abbildungen



WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagsbuchhandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

BERLIN 1960



Copyright 1960 by Walter de Gruyter & Co., Berlin W 35. — Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und Mikrofilmen, von der Verlags- handlung vorbehalten. — Archiv-Nr. 11 11 55. — Satz u. Druck: Mercedes-Druck, Berlin SW 61. — Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	6
A. Morphologie und Systematik	
I. Eubakterien	10
1. Morphologie	10
2. Cytologie	17
II. Actinomyceten, Chlamydobakterien, Myxobakterien ...	27
1. Actinomyceten	27
2. Chlamydobakterien	29
3. Myxobakterien	30
III. Spirochäten	32
IV. Schleimpilze (Myxomyceten und Acrasieen)	33
V. Pilze	35
1. Bau der Pilzzelle	35
2. Zellformen des Thallus	37
3. Organbildungen bei Pilzen	41
VI. Cyanophyceen und Chlorophyceen	45
1. Cyanophyceen	45
2. Chlorophyceen	48
VII. Protozoen	49
1. Bau der Zelle	49
2. Vermehrung der Zellen und Koloniebildung	52
3. Einrichtungen zur Fortbewegung	55
4. Ernährungsweise	56
VIII. Überblick über die Taxonomie der Bakterien, Cyano- phyceen, Schleimpilze, Pilze und Protozoen	57
1. Bakterien	57
2. Cyanophyceen	60
3. Schleimpilze	61
4. Pilze	62
5. Protozoen	65
B. Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels	
I. Physik und Chemie der Zelle	66
1. Chemische Zusammensetzung	66
2. Physikalische Eigenschaften und physikalische Chemie	74

	Seite
II. Nährstoffe und Energiequellen	78
1. Autotrophie und Heterotrophie	78
2. Nährstoffe, Wirkstoffe, Reizstoffe	79
3. Energiequellen	90
a) Photosynthese	91
b) Chemosynthese	96
c) Heterotrophie	102
III. Stoffwechsel	103
1. Baustoffwechsel	104
a) Verwendung der in der Asche enthaltenen mineralischen Nährstoffe	104
b) Aufbau N-freier Körperstoffe	106
c) Aufbau N-haltiger Körperstoffe	108
2. Betriebsstoffwechsel	109
a) Aerobe Atmung	111
b) Desulfurikation und Denitrifikation	113
c) Alkoholische Gärung	114
d) Saure Gärungen	118
e) Abbau von Polysacchariden	130
f) Methan- und Wasserstoffgärung	132
g) Eiweißabbau	132
h) Abbau von Fetten	137
i) Abbau von cyclischen Verbindungen	139
Register der Arten und Gattungen	142
Sachregister	144

Aus dem Inhalt des zweiten Bandes:

C. Physiologie der Entwicklung:

I. Wachstum u. Wachstumsmessung — II. Faktoren des Wachstums — III. Der Entwicklungsgang u. seine Lenkung — IV. Vererbung u. Variabilität.

D. Physiologie der Bewegung:

I. Taxien — II. Tropismen — III. Andere Bewegungsvorgänge.

E. Ökologie:

I. Synergismus, Antagonismus, Metabiose — II. Eusymbiose u. Parasitismus.

F. Zeitafeln zur Geschichte der Mikrobiologie.

G. Übersicht über die mikrobiologische Literatur.

Häufig benutzte Abkürzungen

ADP, ATP	=	Adenosindi- u. Adenosintriphosphat
Asp.	=	Aspergillus
Bac.	=	Bacillus
Bact.	=	Bacterium, auch in Zusammensetzungen
...bact.	=	wie Lactobact.
Clostr.	=	Clostridium
CoA	=	Co-Enzym A
DNS	=	Desoxyribonucleinsäure
DPN	=	Diphosphopyridin-Nucleotid-Cozymase
Esch.	=	Escherichia
Microc.	=	Micrococcus
Pen.	=	Penicillium
Ps.	=	Pseudomonas
RNS	=	Ribonucleinsäure
Sacch.	=	Saccharomyces
Staph.	=	Staphylococcus
Streptoc.	=	Streptococcus
Streptom.	=	Streptomyces

Einleitung

Als Mikroorganismen oder Mikroben bezeichnet man die kleinsten, an der Wurzel des Tier- und Pflanzenreichs stehenden Lebewesen. Wir verstehen darunter Bakterien und Pilze, Protozoen, Cyanophyceen und die Einzeller unter den Algen, von denen wir hier nur die einfachsten Grünalgen behandeln. Der Begriff wird von manchen auch enger gefaßt und auf die ersten drei oder auch nur auf die ersten zwei Gruppen beschränkt.

Die Mikroben sind überwiegend Einzeller. Zu den Einzellern gehören die kleinsten Lebewesen, andererseits unter den Protozoen aber auch Formen, die so groß sind, daß wir sie ohne Mikroskop wahrnehmen können. Vielzelligkeit tritt unter den hier behandelten Organismen bei Pilzen und Cyanophyceen auf. Einzeller und Vielzeller sind durch Übergänge miteinander verbunden, einerseits durch Vielkernigkeit in einem Vegetationskörper, der nicht in Zellen unterteilt ist, oder durch Koloniebildungen der verschiedensten Organisationshöhe, andererseits durch zunehmende intrazelluläre Differenzierung, die schließlich zur Entwicklung zahlreicher Zellorganellen bei hochstehenden Protozoen geführt hat.

Was uns berechtigt, Bakterien und Pilze als Vertreter des Pflanzenreichs und Protozoen als Vertreter des Tierreichs zu einer Einheit zusammenzufassen, sind in erster Linie Übereinstimmungen in der Lebensweise und in den Verhältnissen des Stoffwechsels, während die Einbeziehung der Cyanophyceen vor allem auf den cytologischen Verhältnissen beruht und die einzelligen echten Algen wiederum mehr nach allgemeinen ökologischen Gesichtspunkten als auf Grund bestimmter Einzeltatsachen hinzugenommen werden.

Die große Bedeutung der Mikroben, besonders der Bakterien und Pilze, für das gesamte organische Leben in der Natur liegt vor allem darin, daß sie an entscheidender Stelle in die

Kreislaufprozesse eingeschaltet sind, denen die am Aufbau der lebenden Substanz beteiligten Elemente, vor allem Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel, unterworfen sind.

Für den Menschen sind Mikroorganismen außerdem bedeutungsvoll als Erreger von Infektionskrankheiten, als wichtigste Ursache des Verderbens von Lebensmitteln, als Erreger zahlreicher wirtschaftlich wichtiger Gärungsvorgänge und schließlich durch ihr Eingreifen in Korrosionsvorgänge.

So wird die allgemeine Mikrobiologie, abgesehen von ihrer Bedeutung als Teilgebiet biologischer Forschung, zu einer unentbehrlichen Grundlage für gewisse Gebiete der Human- und Veterinärmedizin, der Land- und Forstwirtschaft, der landwirtschaftlichen Gewerbe, der technischen Chemie, der Lebensmitteltechnik.

Wie andere Zweige der Biologie, hat auch die Mikrobiologie ihren Ausgang von praktischen Fragen genommen, nachdem durch die Erfindung des Mikroskopes die Voraussetzung für das Erkennen kleinster Lebensformen gegeben war. LEEUWENHOEK war der erste, von dem wir mit Sicherheit wissen, daß er unter seinen selbstgefertigten Mikroskopen Bakterien, Protozoen, mikroskopische Pilze gesehen, untersucht und beschrieben hat (1673).

Mehr als anderthalb Jahrhunderte mikrobiologischer Forschung waren überwiegend mit beschreibenden Untersuchungen ausgefüllt und mit der Ermittlung der einfachsten systematischen Zusammenhänge, und nur vereinzelt kam es zu den ersten Anfängen experimenteller Forschung. Erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts setzte eine stürmische Entwicklung ein, an der Forscher aller Kulturvölker Anteil hatten. Sie nahm ihren Ausgang von medizinischen und landwirtschaftlich-technischen Fragen und ist an die Namen PASTEUR, KOCH, LISTER, BEIJERINCK, WINOGRADSKY und vieler anderer geknüpft. Das Wesen der Infektionskrankheiten bei Menschen, Tieren und Pflanzen wurde erkannt. In zahlreichen Fällen ließen sich die Erreger ermitteln und kultivieren, Gärungsvorgänge ließen sich auf Mikroben zurückführen, das Vorkommen der Urzeugung unter den heute auf der Erde herrschenden Bedingungen

wurde auch für Bakterien endgültig widerlegt, Kultur- und Färbemethoden wurden ausgearbeitet. Die Bakterien standen im Mittelpunkt, doch waren auch die übrigen Gebiete der Mikrobiologie an dieser Entwicklung beteiligt.

In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wirkten sich die großen Erkenntnisse des vorhergegangenen Zeitabschnittes weiter aus. Vor allem entwickelten sich jedoch, von früheren Anfängen ausgehend, die physiologisch-chemischen, serologischen und immunbiologischen Forschungsrichtungen, gebunden an Namen wie BEHRING, EHRLICH, EULER, NEUBERG, WARBURG, WIELAND und ermöglichten uns ein tieferes Eindringen in die Vorgänge des Stoffwechsels der Mikroben. Die Chemotherapie der Infektionskrankheiten, besonders der Bakterien- und Protozoeninfektionen, hat aus der Erforschung der Mikroben-Wuchsstoffe und ihrer Antagonisten wertvolle Anregungen erhalten. Die Entdeckung antibiotischer Substanzen durch FLEMING, WAKSMAN und andere hat der Therapie neue Mittel an die Hand gegeben. Auch hier gehen die ersten Ansätze zur Erkenntnis der Bedeutung antagonistischer Beziehungen weit zurück bis auf PASTEUR (1877), WEHMER (1891), LOEW (1899) usw. Mikroorganismen dienen ferner mehr und mehr als Objekte für die Bearbeitung biochemischer und physiologischer Probleme von allgemeiner naturwissenschaftlicher Bedeutung, so z. B. auf dem Gebiet der Genetik.

Neuerdings tritt die ökologische Forschung, ebenfalls mit experimentellen Fragestellungen, wieder mehr in den Vordergrund.

Viele der im Zusammenhang mit Fragen und Forderungen der Praxis erzielten Ergebnisse hätten auch als Grundlage für den Ausbau der allgemeinen Mikrobiologie als einer selbständigen Wissenschaft dienen können. Diese Entwicklung blieb jedoch zunächst aus. Die Teilgebiete blieben getrennt, die Protozoenkunde als Teilgebiet der Zoologie, Mykologie und Algenkunde als Teilgebiete der Botanik mit einer anfangs vorwiegend entwicklungsgeschichtlich-systematisch, später zunehmend experimentell-physiologisch betriebenen Forschung. Und die Bakterien wurden sowohl von der Medizin

wie von der Landwirtschaft und Botanik beansprucht, stets jedoch nur in dem Ausmaß, wie sie für diese Wissenschaften von Bedeutung waren.

Erst in den letzten 10 Jahren haben die lebhaftere Entwicklung und ständig zunehmende Bedeutung der Mikrobiologie allmählich dazu geführt, daß die Loslösung von anderen biologischen Fachgebieten vollzogen worden ist. Mikrobiologie ist zu einer eigenen Wissenschaft mit eigenen Fachinstituten geworden.

A. Morphologie und Systematik

I. Eubakterien

1. Morphologie der Eubakterien

Zellgestalt. Die Grundformen der Bakterienzelle sind denkbar einfach: Kugelform und cylindrisches, kürzeres oder längeres, an den Enden mehr oder weniger abgerundetes oder spitzes Stäbchen, das gerade, in einer Ebene gekrümmt oder als Schraube oder auch nur als Teil einer solchen ausgebildet sein kann. Das Verhältnis von Quer- zu Längsdurchmesser schwankt bei den Stäbchen so weitgehend, daß man neben schlanken Lang- und Kurzstäbchen auch Formen findet, bei denen die beiden Durchmesser der Zelle sich nur um einen geringen Betrag unterscheiden. Stellt die Zelle nur einen kommaförmig erscheinenden Teil einer Schraubenwindung dar, so spricht man von einem Vibrio, Zellen mit engen oder weiten Schraubenwindungen heißen Spirillen. Einfach stäbchenförmige Zellen werden je nach ihrer taxonomischen Zugehörigkeit als *Bacterium*, *Bacillus*, *Clostridium* usw. bezeichnet, kugelförmige Zellen (Kokken) als *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Sarcina* usw. (Abb. 1)¹⁾. Dazu kommen von den Grundformen abweichende Zellen: Bei *Corynebacterium* keilförmige, keulen- oder hantelförmige Zellen; bei *Mycobacterium* hin und wieder verzweigte Stäbchen neben unverzweigten dünnen, oft etwas gebogenen Stäbchen.

Zellgröße. Die Zellgröße, besonders die Längsausdehnung schwankt sehr stark, so daß es schwer fällt, mittlere Maße anzugeben (Tab. 1). Sie variiert selbst bei der gleichen Bakterienart in Abhängigkeit von den Kulturbedingungen und vom Alter der Kultur. Der Querdurchmesser beträgt im allgemeinen etwa 1 μ . Die Zellen der kleinsten Arten stehen

¹⁾ Sämtliche Zeichnungen wurden von Dipl. Biol. R. SUCKOW angefertigt.

mit einem Durchmesser von $0,4$ bis $0,2 \mu$ an der Grenze des Auflösungsvermögens unserer Mikroskope, das bei Ver-

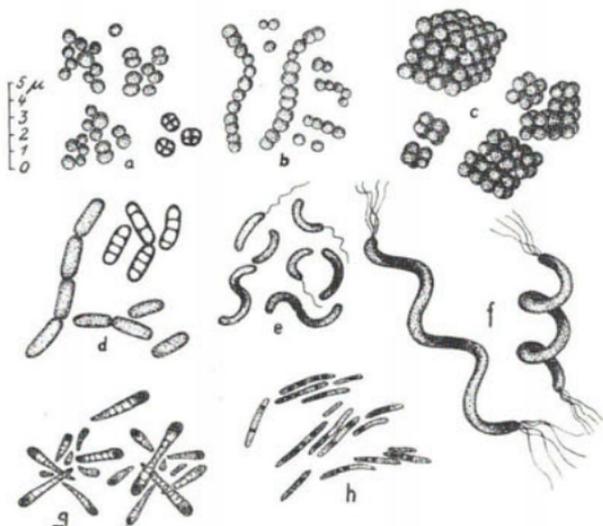


Abb. 1. Grundformen der Bakterienzelle. a: *Staphyloc. (Microc.) aurcus*, rechts drei Zellen nach Zellwandfärbung, Querwandbildung zeigend. b: *Streptoc. pyogenes*. c: *Sarcina flava*. d: *Bac. megaterium*, oben vier Zellen mit Zellwandfärbung, Querwände zeigend. e: *Vibrio aquatilis*. f: *Spirillum undula*. g: *Corynebact. diphtheriae*. h: *Mycobact. tuberculosis*. (g u. h unregelmäßig gefärbt, mit metachromatischen Einschlüssen).

wendung gewöhnlicher Lichtquellen bei einem Abstand von $0,27 \mu$ liegt und bei Verwendung des kurzwelligen ultravioletten Lichtes auf etwa $0,19 \mu$ erweitert werden kann. In diesem Bereich scheint auch die natürliche untere Grenze der Zellgrößen bei den Bakterien zu liegen. Wir kennen keine Bakterienart, deren gesamter Entwicklungsgang unterhalb dieser Grenze, also im Ultravisiblen, bezogen auf unsere lichtoptischen Hilfsmittel, verläuft. Dagegen ist bei manchen Bakterienarten das Vorhandensein von Entwicklungsstadien wahrscheinlich, die diese Grenze unterschreiten und Membranfilter passieren, von denen auch die kleinsten sichtbaren Zellen zurückgehalten werden. Im Entwicklungsgang von

Mycoplasma mycoides, dem Erreger der Rinder-Pleuropneumonie, sollen derartige „Elementarteilchen“ von etwa $0,1 \mu$ Durchmesser auftreten. Als L-Formen sollen sie unter der Einwirkung von Giften bei vielen Bakterien entstehen und zu Zellen von normaler Größe regenerieren.

Tab. 1. Größenverhältnisse einiger Bakterienarten

Name	Größe	Bemerkungen
<i>Rickettsia quintana</i>	0,2–0,4 μ Durchmesser	Erreger des Fünftagefiebers
<i>Erysipelothrix insidiosa</i>	0,2–0,4 : 0,5–2,5 μ	Erreger des Erysipels
<i>Nitrobacter winogradskii</i>	0,6–0,8 : 1,0–1,2 μ	Im Erdboden weit verbreitet, bildet Nitrat aus Nitrit
<i>Clostridium pasteurianum</i>	0,9–1,7 : 3,5–4,7 μ	Im Erdboden lebender anaerober Sporenbildner, bindet elementaren Stickstoff
<i>Bacillus megaterium</i>	1,2–1,5 : 2,0–4,0 μ	Im Erdboden lebender aerober Sporenbildner
<i>Spirillum volutans</i>	1,5 : 13–14 μ	In Sumpfwasser und faulenden Flüssigkeiten
<i>Thiospirillum jenense</i>	2,5–4 : 30–40 (–100) μ	In Schwefelwasserstoffhaltigem Schlamm und Wasser. Gehört zu den Schwefelpurpurmikroben

Eine wesentliche Erweiterung unserer Möglichkeiten zur Erforschung der kleinsten Lebensformen, wie überhaupt der cytologischen Verhältnisse bei den Bakterien und anderen Mikroorganismen, bedeutet die Anwendung des Elektronenmikroskopes, dessen Auflösungsvermögen um ein Vielfaches höher ist als das der lichtoptischen Instrumente und bei

biologischen Objekten im allgemeinen bis etwa 30 Å¹⁾ ausgenutzt werden kann.

Polymorphie und Involutionsformen. Manche Arten und Gattungen fallen durch eine besondere Mannigfaltigkeit der Zellformen auf. Mit der im vorigen Jahrhundert von einigen Mikrobiologen angenommenen Umwandlung der Arten ineinander, die als Pleomorphie bezeichnet wurde, hat diese Erscheinung nichts zu tun. In Reinkulturen von *Corynebact. diphtheriae* treten z. B. lange und kurze, gerade und gebogene Stäbchenformen, an einem oder an beiden Enden keulenförmig verdickte Zellen nebeneinander auf. Die im Erdboden vorkommenden *Arthrobacter*-Arten verhalten sich ähnlich. Auch die durch ihre Kleinheit auffallenden Rickettsien sind pleomorph. Sie leben als kokkoide, ellipsoidische, stäbchenförmige Zellen oder in Fadenform meist intrazellulär als Symbionten oder Parasiten in Arthropoden (Zecken, Läusen usw.). Einige Arten werden auf den Menschen übertragen und verursachen Krankheiten; so ist z. B. *Rickettsia prowazeki* der Erreger des Fleckfiebers.

Neben den klassischen Grundformen der Bakterienzelle finden wir bei zahlreichen Arten, besonders in alten, aber auch in jungen, noch in vollem Wachstum begriffenen Kulturen, völlig abweichende bläschenförmige, ring- oder keulenförmige oder ganz unregelmäßige, auch verzweigte Zellformen. Ihre Deutung ist schwierig, man pflegt sie als *Involutionsformen* zu bezeichnen (Abb. 2).

In vielen Fällen wird es sich tatsächlich, wie der Name Involutionsformen zum Ausdruck bringt, um degenerative, nicht mehr teilungsfähige Zellen handeln, in anderen Fällen steht noch offen, ob nicht etwa regelmäßig auftretende, in den Entwicklungsgang der betreffenden Art gehörende Zellformen vorliegen.

Vermehrung. Die typische Vermehrungsform der Bakterien ist die Querteilung. Auf festen Substraten können die Zellen nach der Teilung aneinander vorbeigleiten, oder sie lagern sich V-förmig oder parallel zueinander.

¹⁾ 1 Å (Ångström) = 0.1 m μ (1 m μ = 10⁻⁶ mm)

Bei vielen Arten von Stäbchen kann bei anhaltendem Längenwachstum der Zellen zeitweise die Querteilung unter-

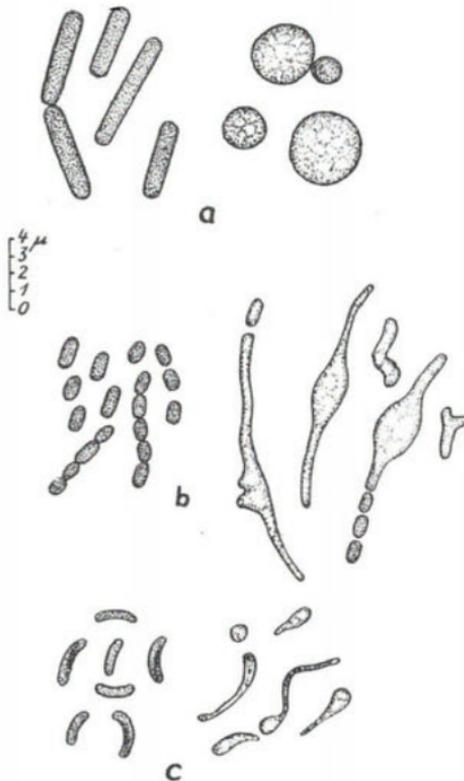


Abb. 2. Involutionsformen bei Bakterien (links junge Zellen, rechts Involutionsformen) a: *Bac. mycoides*. b: *Acetobacter aceti*. c: *Vibrio comma*.

bleiben oder unvollständig verlaufen, so daß Fadenformen oder Ketten von Zellen entstehen. In anderen Fällen bleibt zwischen den Tochterzellen einige Zeit eine Plasmabrücke (Plasmodesma) erhalten. Bei großen Stäbchen- und Kokkenformen läßt die Färbung der Zellwände mit Kristallviolett

nach Beizung mit Tannin häufig erkennen, daß sie sich bereits geteilt haben und aus mehreren Zellen bestehen (Abb. 1). Bei Kokken gibt es in bezug auf die Lage der Teilungsebene verschiedene Möglichkeiten: Die Querteilung erfolgt vorwiegend nur in einer Richtung des Raumes, so daß die kettenförmigen Zellverbände der Gattung *Streptococcus* entstehen. Auf drei aufeinander senkrecht stehende Teilungsrichtungen treffen wir bei den würfelförmigen Zellverbänden der Gattung *Sarcina*. Bei den Gattungen *Micrococcus* und *Staphylococcus* wechselt das Verhalten: teils herrschen zwei aufeinander senkrecht stehende Richtungen vor, so daß Zweier- und Vierergruppen entstehen (Diplokokken, Pediokokken), teils bilden sich durch wechselnde Lage der Teilungsebene unregelmäßige Zellhaufen (*Staphylococcus*) (Abb. 1)..

Ob neben der Querteilung andere Formen der Vermehrung regelmäßig auftreten, ist noch unsicher. Bei *Clostridium* ist ein der Hefesprossung vergleichbarer Vorgang beobachtet worden. Sexualprozesse sind neuerdings auch bei Bakterien nachgewiesen worden.

Eigenartige vorübergehende Verschmelzungen mehrerer Zellen, die unter dem Namen „Sternbildung“ bekannt geworden sind, lassen noch keine entwicklungsgeschichtliche Deutung zu. Nach dem Verlauf von Vererbungsversuchen muß jedoch das Vorkommen von vorübergehenden paarweisen Verschmelzungen von Zellen (Konjugation), verbunden mit dem Austausch von Genen, angenommen werden (vgl. Tl. II).

Sporen. Als Dauerformen finden wir bei vielen Bakterien Sporen, die in der Zelle überwiegend in Einzahl angelegt werden, wobei die sporenbildende Zelle (Sporangium) bei manchen Arten eine Formänderung erleidet. Sporenbildung ist ein charakteristisches Merkmal der Gattungen *Bacillus* und *Clostridium*. Bei Kokkenformen sind Sporen selten zu finden; sie kommen z. B. bei *Sporosarcina ureae* vor. Sporenbildung setzt meist ein, wenn nach Perioden lebhafter Vermehrung die Lebensbedingungen allmählich ungünstig werden. Die Sporen der Bakterien sind Dauerzellen. Verglichen mit vegetativen Zellen, vertragen sie Hitze und Trockenheit

besser und sind widerstandsfähiger gegenüber Giften. In bezug auf die chemische Zusammensetzung unterscheiden sie sich ebenfalls von gewöhnlichen Zellen. Zum mindesten sind sie wasserärmer, obgleich dies neuerdings wieder angezweifelt wird. Die Lichtbrechung ist hoch. Die Zellwand ist dicker als die einer vegetativen Zelle. Sie ist einschichtig oder zweischichtig und besteht dann aus einer zuweilen mit einer Skulptur versehenen äußeren (Exine) und aus einer inneren Schicht (Intine). Bei nicht sporenbildenden Arten können einzelne vegetative Zellen sich wie Dauerzellen verhalten, ohne indessen die hohe Resistenz der meisten Sporen zu erreichen.

Die Keimung wird durch Wasseraufnahme, Quellung und Sprengung der äußeren Sporenwand eingeleitet (Abb. 3).

Stielbildungen, mit denen die Zellen am Substrat haften, sind bei Bakterien wenig verbreitet. An den Standorten von Eisenmikroben findet man die bandartigen, torierten und verzweigten Stiele von *Gallionella ferruginea* (vgl. S. 99, Abb. 24). Die Zellen sitzen als bohnenförmig gebogene Stäbchen mit der konkaven Längsseite am Stielse. Jeder Zellteil entspricht eine Verzweigung des Stieles. Bei der Gattung *Caulobacter* scheiden die Zellen die Stielsubstanz an einem Zellende ab; sie sitzen einzeln an der Spitze des Stieles.

Kolonien. Auf oder in den im Laboratorium benutzten Agar- oder Gelatine-Nährböden bilden die durch zahllose Teilungsvorgänge entstandenen Zellen eine Kolonie, deren Merkmale, wie Größe, Umriß, Oberflächenbeschaffenheit, Farbe, zur Kennzeichnung der einzelnen Bakterienarten herangezogen werden.

Auch in flüssigen Medien können Kolonien entstehen, deren Beschaffenheit nach der Art der Bakterien und nach den örtlichen Verhältnissen wechselt. Sie werden Zoogloen genannt. Zäh, häutige Zoogloen entstehen, wenn wir Wein durch bestimmte Essigbakterien vergären lassen (*Acetobacter xylinum*). Gallertartige, an Froschlaich erinnernde Zoogloen bildet *Leuconostoc mesenteroides*, der gelegentlich als Schädling in Zuckerfabriken auftritt. *Bact. manniopocum* und