

Johannes Wöstemeyer
Lisa Siegmund

Prüfungen erfolgreich bestehen im Fach Mikrobiologie



Prüfungen
erfolgreich bestehen

Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage

Böhlau Verlag • Wien • Köln • Weimar
Verlag Barbara Budrich • Opladen • Toronto
facultas • Wien
Wilhelm Fink • Paderborn
A. Francke Verlag • Tübingen
Haupt Verlag • Bern
Verlag Julius Klinkhardt • Bad Heilbrunn
Mohr Siebeck • Tübingen
Ernst Reinhardt Verlag • München • Basel
Ferdinand Schöningh • Paderborn
Eugen Ulmer Verlag • Stuttgart
UVK Verlagsgesellschaft • Konstanz, mit UVK/Lucius • München
Vandenhoeck & Ruprecht • Göttingen • Bristol
Waxmann • Münster • New York

Prüfungen erfolgreich bestehen

herausgegeben von

Prof. Dr. Michael Kühl und Dr. Susanne Kühl

weitere Titel in Planung:

Prüfungen erfolgreich bestehen im Fach ...

Zellbiologie

Botanik

Genetik

Pflanzenphysiologie

Zoologie

bereits erschienen:

Prüfungen erfolgreich bestehen im Fach ...

Ökologie

Tierphysiologie

Mikrobiologie

Johannes Wöstemeyer
Lisa Siegmund

Prüfungen erfolgreich bestehen im Fach Mikrobiologie

35 Abbildungen
9 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Johannes Wöstemeyer stammt aus dem Ruhrgebiet und ist seit 1993 Professor für Mikrobiologie und Mikrobengenetik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen auf der Entwicklungs-genetik sexueller und parasitischer Prozesse bei evolutionär alten Pilzen und auf der Bedeutung des horizontalen Gentransfers für die Evolution.

Lisa Siegmund hat ihre Wurzeln in Thüringen und arbeitet als Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena am Lehrstuhl für Allgemeine Mikrobiologie und Mikrobengenetik. Sie promoviert mit licht- und elektronenmikroskopischen sowie genetischen Ansätzen über die mechanistischen Ursachen der Entstehung von Endosymbiosen bei Protozoen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2017 Eugen Ulmer KG

Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)

E-Mail: info@ulmer.de

Internet: www.ulmer-verlag.de

Reihenherausgeber: Prof. Michael Kühl, Dr. Susanne Kühl

Lektorat: Sabine Mann, Sabine Bartsch

Herstellung: Jürgen Sprengel

Umschlagbild: © PowerUp@Shutterstock.com

Umschlaggestaltung: Atelier Reichert, Stuttgart

Satz und Zeichnungen: Bernd Burkart; www.form-und-produktion.de

Druck und Bindung: Graphischer Großbetrieb Friedrich Pustet, Regensburg

Printed in Germany

UTB Band-Nr. 4680

ISBN 978-3-8252-4680-8 (Print)

ISBN 978-3-8385-4680-3 (E-Book)

Inhalt

Vorwort	8
1 Bakterien	11
Übungen zu Kapitel 1	16
2 Archäen	22
Übungen zu Kapitel 2	24
3 Bakteriophagen	26
3.1 Genome	26
3.2 Formen	27
3.3 Phagen bilden Plaques	27
3.4 Lebenszyklen	28
3.5 Restriktion	28
3.6 Anwendung im Labor	29
Übungen zu Kapitel 3	30
4 Pilze	34
4.1 Allgemeines	34
4.2 Organismische Vielfalt	36
4.2.1 Chytridiomycota und Nachbargruppen	36
4.2.2 Zygomycota und Nachbargruppen	37
4.2.3 Ascomycota	39
4.2.4 Basidiomycota	42
4.3 Pilzähnliche Organismen	43
4.3.1 Oophyten	43
4.3.2 Mycetozoa	44
Übungen zu Kapitel 4	46
5 Protozoen	55
Übungen zu Kapitel 5	61

6	Lebensentstehung	63
6.1	Ursuppe	63
6.2	Urpizza	64
6.3	Hydrothermale Quellen der Tiefsee	64
6.4	Bildung von Kompartimenten	65
	Übungen zu Kapitel 6	67
7	Grundlegende Arbeitstechniken	71
7.1	Organismische Vielfalt – fast gleiche Arbeitstechniken	71
7.2	Das Medium	72
7.3	Sterilisation	72
7.4	Herstellung von Reinkulturen	74
7.5	Arbeiten mit Stammlösungen	75
7.6	Photometrie	75
7.7	Dünnschichtchromatographie	76
7.8	Gelelektrophorese	77
7.9	Mikroskopie	78
7.10	Umgang mit Messwerten	79
	Übungen zu Kapitel 7	81
8	Wachstum von Mikroorganismen	87
8.1	Petrischalen und andere Kulturgefäße	87
8.2	Medium	88
8.3	Wachstumskinetik	88
8.4	Bestimmung des Titers	91
	Übungen zu Kapitel 8	93
9	Energiestoffwechsel: Gärung, Atmung, Photosynthese	98
9.1	Woher kommt die Energie zum Leben?	98
9.2	Atmung liefert viel ATP	99
9.3	Kopplung von Katabolismus und Synthesestoffwechsel	100
9.4	Gärung – die Alternative zur Atmung	101
9.5	Photosynthese	101
9.6	Elektrolithoautotrophie	102
	Übungen zu Kapitel 9	103
10	Bakteriengenetik	106
10.1	Genstruktur	106
10.2	Genomstruktur	107
10.3	Mutationen und Mutanten	107
10.4	Parasexualität	109
10.5	Entwicklungsgenetik	110
	Übungen zu Kapitel 10	112

11	Krankheitserreger	117
	Übungen zu Kapitel 11	120
12	Hygiene	123
	Übungen zu Kapitel 12	127
13	Antibiotika	128
	Übungen zu Kapitel 13	131
14	Biotechnik	134
	Übungen zu Kapitel 14	137
	Antworten	139
	Kapitel 1: Bakterien	140
	Kapitel 2: Archäen	146
	Kapitel 3: Bakteriophagen	148
	Kapitel 4: Pilze	152
	Kapitel 5: Protozoen	161
	Kapitel 6: Lebensentstehung	163
	Kapitel 7: Grundlegende Arbeitstechniken	167
	Kapitel 8: Wachstum von Mikroorganismen	172
	Kapitel 9: Energiestoffwechsel: Gärung Atmung, Photosynthese . .	176
	Kapitel 10: Bakteriengenetik	180
	Kapitel 11: Krankheitserreger	186
	Kapitel 12: Hygiene	189
	Kapitel 13: Antibiotika	192
	Kapitel 14: Biotechnik	195
	Literatur	198
	Register	199
	Quellennachweis	201

Vorwort

Der Anspruch an ein Übungsbuch kann sehr hoch sein. Manch ein Leser erhofft sich, exakt die richtigen Fragen zu finden, also am besten ausschließlich solche, die in Prüfungen demnächst gestellt werden. Diese Erwartung können wir mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erfüllen. Gerade die Mikrobiologie ist ein breit angelegtes Fach mit hohem integrativen Charakter. Die Trennung in Teildisziplinen, etwa Morphologie, Systematik, Physiologie und Genetik, ist hier lange nicht so ausgeprägt wie in anderen Fächern. Außerdem befasst sich kaum eine andere Disziplin mit allen drei Domänen der Lebewesen, den Bakterien, Archäen und Eukaryonten. Es liegt nahe, dass schon wegen dieser inhaltlichen Breite das Fach Mikrobiologie überall anders definiert und ausgefüllt wird. Dennoch gibt es Grundlagen, die an fast allen Orten in irgendeiner Form berücksichtigt werden. Darauf haben wir uns konzentriert.

In mancher Hinsicht kann man sich mit einem Übungsbuch eine Abkürzung zum Prüfungserfolg erarbeiten. Allein der Umgang mit Fragen, nämlich den damit verbundenen Recherchen und der Notwendigkeit, sich klar für eine Antwort entscheiden und diese auch in verständlicher Form formulieren zu müssen, hilft erheblich.

Unser Übungsbuch stellt Fragen an den Leser. In den Einführungen zu den Themengebieten wird der Rahmen aufgespannt, in den sich die Fragen einordnen. Da es jedoch kein Lehrbuch ist, kann man nicht erwarten, ausschließlich mit Hilfe des Buchs selbst alle Fragen beantworten zu können. Die Zusammenstellung soll den Leser trainieren, aus den Inhalten von Vorlesungen, Praktika und Seminaren und natürlich aus Lehrbüchern das benötigte Wissen zusammenzutragen. Wir haben zur Verdeutlichung oft Zeichnungen angefertigt. Diese sind stilistisch in etwa so gehalten, wie man sie von Ihnen als Skizzen in Prüfungen erwartet. Ganz sicher wird man Sie in Klausuren häufig bitten, einen Sachverhalt zeichnerisch darzustellen. In mündlichen Prüfungen ist so etwas ebenfalls die Regel. Die hier verwendete Form soll Ihnen als Orientierungshilfe dienen.

Die meisten Fragen haben eine Vorgeschichte und sind in unserem eigenen Umfeld vielfach gestellt und beantwortet worden, entweder als Vorbereitungsaufgaben für das Mikrobiologische Anfängerpraktikum, als Klausurfragen zur Mikrobiologischen Grundvorlesung oder zum Praktikum. Zusätzlich haben wir die Themen der Staatsexamensabschlussklausuren für das Lehramt aufgenommen, sofern sie in den Kontext passen.

Wir haben verschiedene Fragentypen aufgenommen – diese reichen von sehr einfach strukturierten Entscheidungen anhand richtiger oder falscher Aussagen, über Lückentexte, Rechnungen, experimentelle Auswertungen bis hin zur frei formulierten Antwort in Aufsatzform. Damit decken wir einen großen Bereich möglicher Prüfungsfragen ab.

Bei der Auswertung von Klausuren sehen wir eine ganze Reihe sich ständig wiederholender Schwächen. Dieses Übungsbuch gibt uns die Möglichkeit, Tipps für die Vermeidung gerade solcher Fehler zu geben und die wichtigsten Anforderungen der Trainingsaufgaben kurz zusammenzufassen:

- Einfache Ankreuzfragen sind schwieriger als man denkt. Wenn man nicht nur zufällig richtig antworten will, muss man den wissenschaftlichen Hintergrund der Fragen wirklich verstehen. Die Strategie, Kreuzchen aus dem Bauch heraus zu setzen, trägt erfahrungsgemäß nicht weit. Zum Üben sind solche Fragen sehr gut geeignet, weil der Rechercheaufwand verhältnismäßig gering ist. Man macht folglich schnelle Fortschritte. Mehr Zeit erfordert der Transfer des so erworbenen Wissens in andere Bereiche hinein, um Problemlösungen zu entwickeln.
- Lückentexte verlangen das richtige Wort an der richtigen Stelle. Sie erhalten bei diesem Fragentyp beträchtliche Hilfe durch die vorgegebene Grammatik. Immer, wenn Sie an der Grammatik etwas ändern wollen, sind Sie mit Sicherheit noch auf der falschen Fährte. Achten Sie auch darauf, am Ende einen in sich runden, sinnvollen Text zu erhalten.
- Versuchen Sie beim Üben unbedingt, reflexartiges Ablehnen bestimmter Aufgaben zu überwinden. Erfahrungsgemäß fangen ziemlich viele Studierende Rechnungen oder chemische Fragen gar nicht erst an. Vertrauen Sie uns und Ihnen: Sie können das. Chemie und Rechnen sind immer viel einfacher als Biologie!
- Achten Sie von Beginn an auf den sicheren, konsistenten Umgang mit der Fachsprache. Um Sie beim Üben zu unterstützen, haben wir solche Wörter, die man mit Sicherheit braucht, **fett gedruckt**. Bitte lesen Sie nie über solche Begriffe hinweg, sondern recherchieren Sie bei Unklarheiten deren genaue Bedeutung.
- Benutzen Sie verlässliche Quellen für Ihre Recherchen. Das werden in aller Regel Lehrbücher sein. Weiterführende Literatur brauchen Sie zum derzeitigen Ausbildungsstand noch nicht.

Unser Dank geht besonders an die Mitarbeiter im Mikrobiologischen Praktikum, die in Gesprächen über Lehre in erheblichem Maße beigetragen haben, dieses Buch an den Anforderungen der Studierenden auszurichten. Zurzeit sind das gemeinsam mit uns Frau Sabrina Ellenberger, Frau Emilia Schulz und Frau PD Dr. Anke Burmester. Dank gebührt auch den Herausgebern der Buchreihe, Herrn Professor Dr. Michael Kühl und Frau Dr. Susanne Kühl, und besonders der hilfreichen Frau Sabine Mann vom Verlag, die auch dann noch geduldig ist, wenn alles länger dauert als gedacht.

Unseren Lesern wünschen wir viel Erfolg bei der Prüfungsvorbereitung und hoffen mit Ihnen auf gute Bewertungen.

Jena, im November 2016

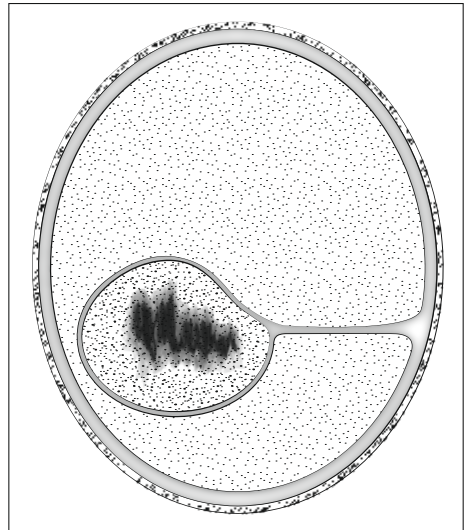
Lisa Siegmund, Johannes Wöstemeyer

1 Bakterien

Die bakterielle Welt ist genetisch, physiologisch und sogar morphologisch außerordentlich vielfältig. Dennoch entdeckt man bei der Betrachtung grundlegender zellbiologischer Eigenschaften genügend Gemeinsamkeiten, um einen bakteriellen Typus definieren zu können. Die Größe der Zellen gehört durchaus nicht dazu. Die kleinsten bekannten Bakterien sind nicht länger als $0,3\text{ }\mu\text{m}$ ($1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ mm}$), die größten kann man mit etwa 1 mm Länge bequem mit bloßem Auge sehen. Charakteristischer ist der Blick auf die **Kompartimentierung** der Zellen mit Membranen. Eukaryontische Zellen haben mehr morphologisch abgegrenzte Reaktionsräume als Bakterien. **Zellkern, Mitochondrien** und **Plastiden** sind gut erkennbar und anhand der dort stattfindenden Reaktionen sehr gut charakterisiert. Allerdings darf man sich die bakterielle Zelle durchaus nicht wie einen Sack vorstellen, in dem die Reaktionen unkoordiniert ablaufen. Auch hier sind sehr viele Reaktionen membrangebunden und es gibt sogar Bakterien, aus der *Planctomyces/Gemmata*-Gruppe, deren Genom zellkernartig von Membranen umschlossen ist (Abb. 1.1).

Das bakterielle **Genom** besteht im typischen Fall aus einem einzigen, ringförmigen DNA-Molekül. Diese Regel gilt jedoch nicht für alle Bakterien. Die Größe bakterieller Genome variiert zwischen 0,6 und etwa 14 Millionen bp (Basenpaare) (Tab. 1.1). Somit gibt es durchaus Genome in Prokaryonten, die größer sind als die Genome einfacher Eukaryonten (Bäckerhefe: ca. 12 Millionen bp). Tendenziell haben die Genome obligater Parasiten kleinere Genome, weil sie im Laufe der Evolution

Abb. 1.1 Bakterien der *Planctomyces/Gemmata*-Gruppe haben das Zellkernprinzip erfunden: Das Genom ist in eine Membranhülle verpackt.



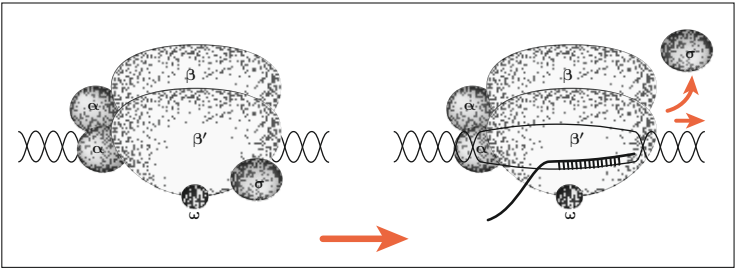
Tab. 1.1 Genomgrößen ausgewählter Bakterien			
Bakterium	Vorkommen	pathogen?	Genomgröße/Mbp (Megabasenpaare)
<i>Mycoplasma genitalium</i>	Schleimhäute Mensch	ja	0,58
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	Lunge Mensch	ja	0,82
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Zecke/Säugetiere	ja	0,91
<i>Treponema pallidum</i>	Mensch (Syphilis)	ja	1,1
<i>Helicobacter pylori</i>	Magenwand/Mensch	ja	1,67
<i>Synechocystis sp.</i>	Süßwasser (Photosynthese)	nein	3,57
<i>Escherichia coli</i>	Dickdarm Mensch	nein	4,64
<i>Bacillus subtilis</i>	Boden (Endosporenbildner)	nein	4,21
<i>Streptomyces coelicolor</i>	Boden (Exosporenbildner)	nein	8,67
<i>Ktedonobacter racemifer</i>	Boden (Chloroflexus-Gruppe)	nein	13,66

Gene verlieren. Typisch für viele bakterielle Gruppen sind **Plasmide**, meist kleine, ringförmige DNAs, die zusätzlich zum Genophor vorkommen und oft für zusätzliche Stoffwechselwege oder Antibiotikum-Resistenzen kodieren. Auch scheinbar kleine DNA-Moleküle sind ausgestreckt sehr lang. Eine DNA von 3 Millionen bp ist etwa 1 mm lang. Da bakterielle Zellen im typischen Fall nur wenige μm lang und $1\ \mu\text{m}$ dick sind, wird die DNA in engen Schleifen um **basische Proteine** gewickelt, damit sie in der Zelle Platz findet.

Der **Transkriptionsapparat** der Bakterien weist über alle Gruppen hinweg sehr große Ähnlichkeiten auf. Die **Promotoren** teilen funktionell vergleichbare Sequenzmotive, und die Zusammensetzung der Untereinheiten der **RNA-Polymerase** ist sehr ähnlich (Abb. 1.2). Für die Erkennung der Promotoren ist insbesondere die σ -Untereinheit der Polymerase zuständig. Viele Bakterien benutzen mehrere verschiedene σ -Faktoren und schaffen damit die Basis für eine zeit- oder entwicklungsabhängige Regulation der Transkription.

Bakterien haben charakteristische, biochemisch eindeutig erkennbare **Ribosomen** mit weitgehend konstanten Eigenschaften. Der grundsätzliche Aufbau aus zwei Untereinheiten mit definierten **Sedimentationskonstanten**, 30 S (Svedberg-Einheit) und 50 S, ist im-

Abb. 1.2 Schematischer Aufbau der bakteriellen RNA-Polymerase



mer gleich, während das komplette Ribosom in der **Ultrazentrifuge** mit 70 S sedimentiert (Abb. 1.3). Auch Anzahl und Größe der ribosomalen RNAs und der ribosomalen Proteine sind sehr gut vergleichbar. Die Funktion bakterieller Ribosomen ist besonders bei den beiden großen Modellorganismen, dem **Gram-negativen Enterobakterium** *Escherichia coli* und dem **Gram-positiven** Sporenbildner *Bacillus subtilis*, im Detail studiert. Hier wurden die meisten Erkenntnisse über Ablauf und Regulation der Translation gewonnen.

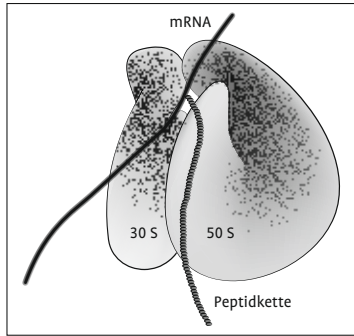


Abb. 1.3 Schema-tischer Aufbau bakterieller Ribosomen

Die bakterielle Zelle ist von der **Zellmembran** umgeben, die wie in allen anderen Zellen die Reaktionsräume des **Cytoplasmas** nach außen abschließt und mithilfe zahlreicher, biochemisch sehr verschiedener **Transportkanäle** und **Transportmechanismen** den Im- und Export benötigter bzw. nicht mehr benötigter Substanzen vermittelt. Für alle Substanzen, die durch die Membran transportiert werden müssen, gibt es sehr spezifisch arbeitende Transporter. Die Grundstruktur der Membranen, nämlich die Doppelschicht aus Fettsäureestern des Glycerins, ist für alle wasserlöslichen Substanzen und natürlich auch für Wasser selbst undurchlässig. Die Membraneigenschaften werden in erheblichem Maße von den Verhältnissen zwischen den vielen möglichen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren beeinflusst. Eine Besonderheit bakterieller Membranen ist die Einlagerung der **Hopanoide**, die wie **Sitosterin** in Pflanzen, **Ergosterin** in Pilzen oder **Cholesterin** in Tieren für die Stabilität der Membranen sorgen und wegen wechselnder Mengen auch helfen, die **Membranfluidität** zu modulieren.

An die Membran schließt sich nach außen die **Zellwand** an. Zellwände sind in der Natur zwar durchaus keine Seltenheit, schließlich sind sie charakteristisch für die Archäen, Pilze und Pflanzen, doch hat die gesamte Tierwelt auf Zellwände verzichtet. Die bakterielle Zellwand ist chemisch gut definiert. Die typische Substanz ist das **Murein**. Das ist primär ein einfaches Copolymer aus **N-Acetylglucosamin** und **N-Acetylmuraminsäure**. Die **Muraminsäure** bringt ein über eine **Etherbrücke** gebundenes **Milchsäuremolekül** ein. Das Carboxylende dieser Säure erlaubt der Zelle, die linearen **Polysaccharidketten** über **Peptidseitenketten** zu einem einzigen, mehrdimensionalen Makromolekül rings um die Zelle zu vernetzen. Diese sehr widerstandsfähige Wand schützt die bakterielle Zelle vor den Auswirkungen starker **Turgor-Schwankungen** und auch vor mechanischen Einflüssen. Andererseits sollte man sich gelegentlich fragen, welchen biochemischen Aufwand diese gepanzerten Zellen treiben müssen, um überhaupt wachsen und sich teilen zu können?

Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte Hans-Christian Gram eine Färbetechnik, die nur manche Bakterien gut färbte, während andere durch Waschen mit Ethanol sehr schnell entfärbt wurden. Der Farb-

stoff, das **Kristallviolett**, bildet in Gegenwart von **Iod** und **Iodid** einen gut sichtbaren violetten Farblack, der besonders gut von dicken Wänden zurückgehalten wird (Gram-positiv), während er aus dünnen Wänden mit **Ethanol** schnell ausgewaschen wird (Gram-negativ). Fast alle bakteriellen Gruppen verhalten sich in der Färbung **Gram-negativ**. Die wichtigste **Gram-positive** Gruppe bildet ein **Monophylum**, zu dem neben anderen die sporenbildenden *Bacillus*-Arten gehören.

Bakterien lagern viele verschiedene Stoffe im Cytoplasma ab. Ein wichtiger Speicherstoff ist etwa die Poly- β -hydroxybuttersäure, ein plastisch verformbarer **Polyester** mit durchaus erwähnenswerter technischer Bedeutung. Dazu kommen viele andere Zelleinschlüsse, wie etwa die **Magnetosomen** aus paramagnetischen Eisenoxiden solcher wasserbewohnender Bakterien, die sich mithilfe der vertikalen Komponente des magnetischen Erdfeldes orientieren können und damit „oben“ und „unten“ unterscheiden.

Bakterielle Zellen erscheinen auch an der Außenseite erstaunlich komplex. Eine Reihe von Anhängseln mit sehr verschiedenen Funktionen zwischen **Adhäsion**, **Motilität** und **parasexuellem Gentransfer** kann man elektronenmikroskopisch gut unterscheiden. **Fimbrien**, **Geißeln** und **Pili** (Singular: der **Pilus**) sind sehr häufig. Dazu kommen bei etlichen Bakterien zum Teil sehr ausgedehnte **Kapseln** und **Schleimhüllen** aus Proteinen (eher seltener) und Polysacchariden (sehr häufig), die für die Adhäsion auf dem Substrat wichtig sind und etwa bei Krankheitserregern wichtige Funktionen zum Schutz der Bakterien vor den Attacken der Immunabwehr übernehmen.

Prokaryonten weisen eine unglaublich hohe Vielfalt an Möglichkeiten zur Bestreitung ihres Energiestoffwechsels auf. Als Grundregel mag dienen, dass nahezu jede in dem Milieu der lebenden Zelle mögliche Reaktion, deren Energiedifferenz ausreicht, die Synthese von **ATP** zu treiben, bei irgendwelchen Bakterien auch gefunden wird. Der allergrößte Anteil dieser Vielfalt ist auf dem evolutionären Pfad von den Prokaryonten zu den Eukaryonten wieder verloren gegangen. Tabelle 1.2 gibt eine Übersicht über die grundsätzlichen Möglichkeiten in den Organismengruppen.

Wie eukaryontische Organismen auch können Bakterien Energie, also letztlich ATP, aus Atmungs- oder Gärungsprozessen beziehen.

Das Wesen der **Atmung** besteht in der Verwendung externer Elektronenakzeptoren zur Oxidation des beim Abbau energieliefernder Substrate unvermeidbar entstehenden **NADH**. Bei Eukaryonten ist der externe **Elektronenakzeptor** zur Oxidation des **NADH** aus der Substratkettenphosphorylierung Sauerstoff, der zu Wasser reduziert wird. Daher verbinden wir Atmung normalerweise mit aerober Lebensweise. Das muss nicht so sein. Bei Bakterien und Archäen werden außer Sauerstoff sehr viele verschiedene andere Elektronenakzeptoren benutzt. Außer O_2 -Atmung gibt es **Nitrat-Atmung**, **Sulfat-Atmung** etc. Man kann also problemlos auch anaerob atmen.

Tab. 1.2 Grundsätzliche Wege zur Energiegewinnung der Organismen

Organismengruppe	Energiequelle	Kohlenstoffquelle	Fachausdruck
Pflanzen	Licht	CO ₂	Photoautotrophie
Tiere	organische Verbindungen	organische Verbindungen	Chemoheterotrophie
Pilze	organische Verbindungen	organische Verbindungen	Chemoheterotrophie
Bakterien	organische Verbindungen	organische Verbindungen	Chemoheterotrophie
Bakterien	anorganische Verbindungen	CO ₂	Chemolithoautotrophie
Bakterien	anorganische Verbindungen	organische Verbindungen	Chemolithoheterotrophie
Bakterien	Licht	organische Verbindungen	Photoheterotrophie
Bakterien	Licht	CO ₂	Photoautotrophie
Bakterien	Elektronen	CO ₂	Elektrolithoautotrophie

Das Wesen der Gärung besteht darin, die Oxidation des NADH zum NAD⁺, das für die **Substratkettenphosphorylierung** dringend gebraucht wird, ohne die Verwendung externer Elektronenakzeptoren zu schaffen. Das NADH aus der Substratkettenphosphorylierung wird folglich durch Übertragung der Elektronen auf einen internen Elektronenakzeptor wieder zu NAD⁺ oxidiert. Viele Bakterien, aber auch Eukaryonten, benutzen dazu die Brenztraubensäure (**Pyruvat**), die zu Milchsäure (**Lactat**) reduziert wird. Bei Bakterien werden sehr viele verschiedene andere Elektronenakzeptoren benutzt. Der Gärungstyp wird nach dem Endprodukt der Elektronenübertragung benannt. Die Namen, etwa **Milchsäuregärung**, **Ethanolgärung**, **Propionsäuregärung**, **Gemischte Säuregärung** etc., beschreiben also schon recht genau den Typus des Energiestoffwechsels eines Bakteriums.



Übungen zu Kapitel 1

Ü 1.1

Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen zur bakteriellen Sporulation richtig oder falsch sind!

Aussage	richtig	falsch
<i>Bacillus subtilis</i> sporuliert am besten in guten, glucosereichen Medien.		
Vor der Initiation der Sporulation wertet <i>Bacillus subtilis</i> Umweltparameter aus.		
Die Sporenmutterzellen geben die Sporen durch Knospung ab.		
Eine Sporenmutterzelle erzeugt während ihres Wachstums ca. zwei bis drei Sporen.		
Sporenspezifische Gene von <i>Bacillus subtilis</i> werden vom Transkriptionsapparat mithilfe alternativer σ -Faktoren erkannt.		
Sporen von <i>Bacillus subtilis</i> sind wegen ihres hohen Gehalts an Dipicolinsäure besonders hitzeresistent.		
Endosporen sind wegen der Akkumulation einer aromatischen Säure besonders hitzeresistent.		
Sporen von <i>Bacillus subtilis</i> sind wegen ihres hohen Gehalts an Dipicolinsäure besonders UV-resistent.		
<i>Bacillus subtilis</i> ist ein Gram-negatives, stäbchenförmiges Bakterium.		
<i>Bacillus subtilis</i> bildet nur unter aeroben Wachstumsbedingungen Sporen.		
<i>Bacillus subtilis</i> -Sporen sind resistent gegen Hitze, Austrocknung, UV-Bestrahlung und gegen viele organisch-chemische Lösungsmittel.		
Zur Inaktivierung der Sporen von <i>Bacillus subtilis</i> reicht ein normaler Laborautoklav mit 2 Bar Gesamtdruck nicht aus.		
<i>Bacillus</i> -Sporen überstehen die Behandlung mit kochendem Wasser.		
<i>Bacillus</i> -Mutterzellen nehmen während der Sporulation besonders viele Calcium-Ionen auf.		
Die Sporenwand von <i>Bacillus subtilis</i> ist vielschichtig.		
Die Sporenwand von <i>Bacillus subtilis</i> wird zum Teil von der Mutterzelle gebildet.		
<i>Bacillus</i> -Sporen können Jahrtausende überdauern.		
Myxosporen werden als Exosporen an myzelartig wachsenden Mutterzellen gebildet.		
Myxosporen entstehen durch Umwandlung der Mutterzelle zur Spore.		
Myxosporen sind besonders hitzeresistente Endosporen.		
<i>Clostridium</i> -Sporen überstehen die Behandlung mit kochendem Wasser.		
In der Gattung <i>Clostridium</i> werden ausschließlich Endosporen gebildet.		
<i>Clostridium</i> -Sporen werden ausschließlich unter anaeroben Bedingungen gebildet.		
Bakterien der Gattung <i>Clostridium</i> wachsen zwar anaerob, bilden jedoch Sporen nur unter aeroben Bedingungen.		
Die Sporen der Streptobakterien werden als Exosporen an myzelartig wachsenden Mutterzellen gebildet.		
Der Differenzierungsweg zur Sporenbildung ist sowohl bei <i>Bacillus</i> als auch bei <i>Streptomyces</i> von mehreren sukzessiv agierenden σ -Faktoren abhängig.		
Die Sporen der Streptobakterien überstehen die Behandlung mit kochendem Wasser.		
Die Sporen der Streptobakterien sind im Vergleich zu anderen bakteriellen Sporen besonders kälteresistent.		

Ü 1.2

Geben Sie an, welche Aussagen zu den genannten bakteriellen Gruppen richtig oder falsch sind!

Aussage	richtig	falsch
<i>Thermotoga</i> -Bakterien zeichnen sich durch Carotinoidbildung aus.		
<i>Thermotoga</i> -Bakterien wachsen am besten bei Temperaturen um 80 °C.		
Deinokokken sehen wegen ihrer Carotinoide in Kultur oft rötlich aus.		
<i>Deinococcus radiodurans</i> übersteht besonders hohe Belastungen mit radioaktiver Strahlung.		
Die für die PCR verwendete Taq-Polymerase stammt aus Deinokokken.		
Bakterien der Gattung <i>Salmonella</i> sind darmbewohnende, fakultativ anaerobe Sporenbildner.		
Bei Bakterien sind die hydrophoben Seitenketten der Membranlipide nicht immer über Esterbindungen an Glycerin gebunden. In der <i>Thermodesulfobacterium</i> -Gruppe findet man Etherbindungen.		
<i>Enterococcus faecalis</i> leitet die Konjugation mithilfe eines Quorum-Sensing-Systems auf Peptid-Basis ein.		
Bei den Proteobakterien gibt es keine Nitrifizierer, die in Reinkultur Ammoniak zu Nitrat oxidieren können.		
Die mit <i>Pseudomonas</i> -Bakterien verwandten <i>Zymomonas</i> -Bakterien können zur Herstellung berauschender Getränke verwendet werden.		
Bakterien der Gattung <i>Salmonella</i> sind fakultativ anaerobe, coliforme Enterobakterien.		
<i>Aquifex</i> -Bakterien benutzen als Elektronendonoren oft Wasserstoff oder Schwefel in elementarer Form.		
Sowohl Rickettsien als auch Chlamydien sind intrazellulär wachsende Bakterien.		
Deinokokken haben ein mit Dipicolinsäure quervernetztes Murein.		
Viele Purpurbakterien gewinnen Energie aus anoxygener Photosynthese.		
In der <i>Planctomyces/Gemmata</i> -Gruppe wurde das Zellkern-Prinzip verwirklicht.		

Ü 1.3

Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen zu den Enterobakterien richtig oder falsch sind!

Aussage	richtig	falsch
Enterobakterien haben statt der Cytochrom-Oxidase eine alternative Oxidase.		
Enterobakterien sind obligat anaerob.		
Enterobakterien haben einen chemoorganoheterotrophen Stoffwechsel.		
Das Enterobakterium <i>Serratia marcescens</i> bildet den Farbstoff Prodigiosin.		
Alle coliformen Bakterien sind Katalase-bildende Enterobakterien.		
<i>Escherichia coli</i> phosphoryliert Lactose bei der Aufnahme in die Zelle.		
<i>Escherichia coli</i> kann Lactose hydrolysieren.		
<i>Escherichia coli</i> kann Lactose nur in Gegenwart von Glucose hydrolysieren.		
Enteroinvasive <i>Escherichia coli</i> -Stämme werden in Darmzellen häufig internalisiert.		

Ü 1.3 (Fortsetzung)

Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen zu den Enterobakterien richtig oder falsch sind!

Enterohämorrhagische <i>Escherichia coli</i> -Stämme haben durch horizontalen Gentransfer Toxin-Gene aufgenommen, die aus <i>Shigella</i> -Bakterien stammen.		
Pathogenitätsrelevante Gene in EHEC-Bakterien sind die Konsequenz einer Phagen-konversion.		
Enterohämorrhagische <i>Escherichia coli</i> -Stämme haben durch Phagenkonversion Toxin-Gene aufgenommen, die aus <i>Shigella</i> -Bakterien stammen.		
Die Pathogenität der EHEC-Bakterien ist das Ergebnis natürlicher horizontaler Gen-transferereignisse.		
Das Enterobakterium <i>Pseudomonas aeruginosa</i> verhält sich in der Gram-Färbung Gram-negativ.		

Ü 1.4

Sie haben in Reinkultur ein Bakterium mit den folgenden Eigenschaften isoliert:

- Im Lebendpräparat sehen Sie bewegliche Stäbchen.
- Nach Kristallviolett-Färbung wird die Farbe mit Ethanol leicht ausgewaschen.
- Im Medium mit Zusatz von Trimethyl-*p*-phenylendiamin ändert sich die Farbe wäh-rend des Wachstums nicht.
- Nach Zusatz von Wasserstoffperoxid zur Bakteriensuspension beobachten Sie Bläs-chenbildung.
- Bei Kultivierung auf Glucose als Kohlenstoffquelle zeigt ein Indikator den pH-Wert < 4,5 an.
- Die Bakterien wachsen in Hochschichtröhren oben, unten und seitlich des Stichka-nals.
- Auf Fuchsin/Sulfit-Indikatormedium mit Lactose als Kohlenstoffquelle bilden die Bak-terien rot glänzende Kolonien.

Beantworten Sie anhand dieser Testergebnisse die folgenden Fragen:

Wie nennt man in der Diagnostik das Ergebnis mit Trimethyl- <i>p</i> -phenylendiamin?	
Was schließen Sie aus der Bläschenbildung mit Wasserstoffperoxid?	
Was bedeutet die Rotfärbung auf Fuchsin/Sulfit/ Lactose?	
In welche bakterielle Gruppe gehört dieser Organismus?	
In welche bakterielle Gattung gehört der Organismus sehr wahrscheinlich?	

Ü 1.5

Welche der folgenden Aussagen zur Zelloberfläche der Bakterien sind richtig, welche falsch?

Aussage	richtig	falsch
Bakterielle Zellwände haben eine fibrilläre Struktur.		
Bakterielle Zellwände bilden ein einziges Riesenmolekül, das die gesamte Zelle umgibt.		
Die Zellwand der Gram-positiven Bakterien ist dünner als die der Gram-negativen Bakterien.		
Die Grundbausteine bakterieller Zellwand-Polysaccharide sind N-Acetylglucosamin und ein Derivat des N-Acetylglucosamins, das mit Milchsäure verknüpft ist.		
Die Grundbausteine bakterieller Zellwand-Polysaccharide sind N-Acetylglucosamin und N-Acetylmuraminsäure.		
Teichonsäuren findet man in vielen Zellwänden der Archäen.		
Teichonsäuren sind in erheblichem Maße für den anionischen Charakter der Zellaußen-seite verantwortlich.		
Schleimhüllen sind bei <i>Streptococcus pneumoniae</i> ein wichtiger Pathogenitätsfaktor.		
Schleimhüllen verleihen bakteriellen Kolonien eine glänzende Oberfläche.		
Schleime pathogener Bakterien stimulieren besonders gut die Immunabwehr der Wirte.		

Ü 1.6

Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen zur Genetik von *Escherichia coli* richtig oder falsch sind!

Aussage	richtig	falsch
<i>Escherichia coli</i> kann Gene horizontal auf Konjugationspartner übertragen, die ein F-Plasmid enthalten.		
<i>Escherichia coli</i> kann Gene parasexuell auf andere Bakterienspezies übertragen.		
<i>Escherichia coli</i> kann mithilfe transduzierender Phagen Gene in der Population verbreiten.		
<i>Escherichia coli</i> wehrt Bakteriophagen mithilfe von Restriktionsendonucleasen ab.		
Das Wort Restriktion beschreibt die Unfähigkeit der Vermehrung von Phagen beim Wechsel des Wirtsstamms von <i>Escherichia coli</i> .		
Viele <i>Escherichia coli</i> -Stämme enthalten Episomen.		
Hfr-Stämme von <i>Escherichia coli</i> enthalten Episomen, die definierte Genabschnitte auf Partner-Bakterien übertragen.		
Nach der Kontaktaufnahme zwischen konjugierenden Bakterien mithilfe von Pili werden diese abgebaut und durch eine Plasmabrücke ersetzt.		
Das Wort Transfektion beschreibt die Aufnahme von Phagen-DNA, gefolgt von der Synthese infektiöser Phagenpartikel.		
RTF steht für Resistenztransferfaktor und meint konjugative Plasmide, die für die horizontale Verbreitung von Antibiotikumresistenzgenen in Populationen verantwortlich sind.		