

Beratungspraxis

Bakterielle

Infektionskrankheiten

2. Auflage

Stefanie Eckard

- + Atemwegsinfektionen
- + HNO-Infektionen
- + Antibiotika
- + Therapieergänzung OTC
- + Prophylaxe

Eckard

Beratungspraxis

Bakterielle

Infektionskrankheiten

Beratungspraxis

Bakterielle

Infektionskrankheiten

Stefanie Eckard,
Hamburg

2., aktualisierte Auflage

Mit 23 Abbildungen und 100 Tabellen



Deutscher Apotheker Verlag

Anschrift der Autorin

Stefanie Eckard
Schrötteringsweg 4
22085 Hamburg

Alle Angaben in diesem Buch wurden sorgfältig geprüft. Dennoch können die Autorin und der Verlag keine Gewähr für deren Richtigkeit übernehmen.

Ein Markenzeichen kann warenzeichenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdrucke, Mikroverfilmungen oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

2., aktualisierte Auflage 2013

1. Auflage 2011

ISBN 978-3-7692-5768-7

© 2013 Deutscher Apotheker Verlag
Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart
www.deutscher-apotheker-verlag.de

Printed in Germany

Satz: primustype Hurler GmbH, Notzingen
Druck und Bindung: Beltz Druckpartner, Hemsbach
Umschlaggestaltung: deblik, Berlin

Vorwort

Heilmittel

Der Weise, tief bekümmert, spricht:
An guten Mitteln fehlt es nicht,
zu brechen jeden Leids Gewalt –
nur – kennen müßte man sie halt!

Eugen Roth

Antibiotika zählen in Deutschland zu den Arzneimitteln, die am häufigsten verschrieben werden. Diese Medikamente spielen deshalb im Alltag jeder Apotheke eine große Rolle. Um die Patienten hier optimal beraten zu können, ist besonderes Hintergrundwissen gefragt: Wann ist der beste Einnahmezeitpunkt? Können gleichzeitig Milchprodukte verzehrt werden? Sind Antibiotika fototoxisch? Welche Tipps können beitragen, damit der Patient wieder schneller auf die Beine kommt? Auf diese und weitere Fragen soll dieses Buch für das pharmazeutische Personal nützliche Antworten bereitstellen. Den Schwerpunkt der Informationen habe ich auf bakterielle Infektionskrankheiten der Atemwege und ihre Behandlung gelegt. In der vorliegenden Buchreihe ist durch einen zweispaltigen Aufbau ein neues Konzept realisiert worden. Neben dem fachlichen Teil liefert die Randspalte konkrete Ideen für das Beratungsgespräch in Form von ausformulierten Beratungssätzen. So gelingt der Übergang vom Fachwissen zur praktischen Umsetzung.

Gerade in der Pharmazie gibt es laufend Veränderungen: Neue Arzneimittel drängen auf den Markt, andere verschwinden aus dem Handel, wieder andere werden umbenannt oder in ihrem Zulassungsstatus verändert. Seit dem Redaktionsschluss zur ersten Ausgabe habe ich solche Änderungen gesammelt und damit diese Neuauflage aktualisiert. Sonst hat sich am Aufbau des Buches nichts geändert.

Das Konzept der Reihe hat bei Ihnen großen Anklang gefunden. Das freut uns Autoren natürlich sehr und motiviert uns weiterhin.

Mein herzlicher Dank gilt erneut dem Deutschen Apotheker Verlag, insbesondere Beate Riek, Luise Keller und Sandra Schroeder. Sie haben prompt und kompetent jede meiner Fragen beantwortet oder weitergeleitet.

Außerdem bedanke ich mich bei der pharmazeutischen Industrie für die zur Verfügung gestellten Materialien und Abbildungen sowie bei den medizinisch-wissenschaftlichen Abteilungen, die auf alle meine Nachfragen gewissenhaft reagiert haben.

Diese zweite Auflage wäre ohne Sie als Leser nicht möglich. Herzlichen Dank für das entgegengebrachte Vertrauen und alle Kommentare! Für jeden Ratschlag oder Hinweis auf eventuelle Fehler bin ich Ihnen dankbar.

Hamburg, im Herbst 2012

Stefanie Eckard

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abkürzungsverzeichnis	XV
1 Anatomie und Physiologie	
1.1 Bakterien	1
1.1.1 Aufbau	1
1.1.2 Vermehrung.....	3
1.1.3 Bakterienformen	5
1.1.4 Gram-Färbung.....	6
1.1.5 Apathogene und pathogene Bakterien	9
1.1.6 Pathogenitätsfaktoren.....	10
1.2 Bakterielle Infektionen	13
1.2.1 Definition	13
1.2.2 Infektionsarten	14
1.2.3 Infektionswege.....	14
2 Beratung zum Krankheitsbild	
2.1 Infektionen der Atemwege	17
2.2 Tonsillitis	19
2.2.1 Ursachen	19
2.2.2 Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	20
2.2.3 Therapieoptionen	25
2.3 Scharlach	29
2.3.1 Ursachen	29
2.3.2 Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	30
2.3.3 Therapieoptionen	32
2.4 Akute Sinusitis	32
2.4.1 Ursachen	32
2.4.2 Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	33
2.4.3 Therapieoptionen	35
2.5 Chronische Sinusitis	40
2.5.1 Ursachen	40
2.5.2 Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	41
2.5.3 Therapieoptionen	43

2.6	Akute Otitis media	46
2.6.1	Ursachen	46
2.6.2	Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	48
2.6.3	Therapieoptionen	51
2.7	Akute Bronchitis	57
2.7.1	Ursachen	57
2.7.2	Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	58
2.7.3	Therapieoptionen	60
2.8	Akute Exazerbation der COPD	64
2.8.1	Definition, Ursachen, Risikofaktoren.....	64
2.8.2	Therapieoptionen	66
2.9	Ambulant erworbene Pneumonie	71
2.9.1	Ursachen	71
2.9.2	Beschwerden, Symptome, Diagnostik.....	73
2.9.3	Therapieoptionen	76

3 Grundlagen der Antibiotikatherapie

3.1	Wirkungsweise der Antibiotika	83
3.1.1	Wirkmechanismus	83
3.1.2	Wirktypen	84
3.1.3	Wirkstärke	86
3.1.4	Bakterielle Empfindlichkeit	87
3.1.5	Klinische Wirksamkeit.....	87
3.1.6	PK/PD-Modelle	88
3.1.7	Resistenz.....	90
3.1.8	Persistenz.....	93
3.2	Therapieformen	94
3.2.1	Prophylaxe	97
3.3	Grundregeln der Antibiotikatherapie	98
3.4	Fehler in der Antibiotikatherapie	100
3.5	Verordnungshäufigkeit der Antibiotika	101

4 Beratung bei der Abgabe von Antibiotika

4.1	Beratungsgrundsätze	102
4.1.1	Einnahmeregeln	102
4.1.2	Allgemeingütige Nebenwirkungen	104
4.1.3	Allgemeingütige Wechselwirkungen	109
4.1.4	Schwangerschaft und Stillzeit.....	113

4.2	BAK-Leitlinie	114
4.2.1	Formale Prüfung der Verordnung	114
4.2.2	Prüfung der Verordnungsart	114
4.2.3	Einsicht in die Patientendatei	114
4.2.4	Inhaltliche Prüfung der Verordnung	115
4.2.5	Information	116
4.2.6	Indikation	117
4.2.7	Unterstützende Maßnahmen	117
4.2.8	Abgabe	118
4.3	Beratung bei der Abgabe von Penicillinen und Betalactamase-Inhibitoren	118
4.3.1	Wirkungsweise	118
4.3.2	Handelspräparate und Indikationen	119
4.3.3	Dosierung und Einnahmehinweise	122
4.3.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	125
4.4	Beratung bei der Abgabe von Cefalosporinen	130
4.4.1	Wirkungsweise	130
4.4.2	Handelspräparate und Indikationen	130
4.4.3	Dosierung und Einnahmehinweise	132
4.4.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	134
4.5	Beratung bei der Abgabe von Makroliden	136
4.5.1	Wirkungsweise	136
4.5.2	Handelspräparate und Indikationen	137
4.5.3	Dosierung und Einnahmehinweise	140
4.5.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	143
4.6	Beratung bei der Abgabe von Ketoliden	148
4.6.1	Wirkungsweise	148
4.6.2	Handelspräparate und Indikationen	149
4.6.3	Dosierung und Einnahmehinweise	149
4.6.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	150
4.7	Beratung bei der Abgabe von Tetracyclinen	152
4.7.1	Wirkungsweise	152
4.7.2	Handelspräparate und Indikationen	153
4.7.3	Dosierung und Einnahmehinweise	154
4.7.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	157
4.8	Beratung bei der Abgabe von Chinolonen	160
4.8.1	Wirkungsweise	160
4.8.2	Handelspräparate und Indikationen	161
4.8.3	Dosierung und Einnahmehinweise	162
4.8.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	165

4.9	Beratung bei der Abgabe von Cotrimoxazol	171
4.9.1	Wirkungsweise.....	171
4.9.2	Handelspräparate und Indikationen.....	171
4.9.3	Dosierung und Einnahmehinweise	172
4.9.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen.....	173
4.10	Beratung bei der Abgabe von Clindamycin	176
4.10.1	Wirkungsweise.....	176
4.10.2	Handelspräparate und Indikationen.....	177
4.10.3	Dosierung und Einnahmehinweise	178
4.10.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen.....	179
5	Therapieergänzung bei Antibiotikatherapie und Empfehlungen bei grippalem Infekt	
5.1	Allgemeine Empfehlungen	182
5.1.1	Alkohol in Arzneimitteln.....	182
5.1.2	Allergien	183
5.1.3	Sorbitol als Hilfsstoff	185
5.1.4	Arzneimittel in Schwangerschaft und Stillzeit	185
5.2	BAK-Leitlinie und Auswahlkriterien	186
5.2.1	Patientenwunsch	186
5.2.2	Hinterfragung.....	186
5.2.3	Auswahl des Arzneistoffs.....	187
5.2.4	Information und Beratung.....	187
5.2.5	Unterstützende Maßnahmen.....	188
5.2.6	Abgabe	188
5.3	Therapieergänzung bei Tonsillitis	188
5.3.1	Abgrenzung zum Arztbesuch	188
5.3.2	BAK-Leitlinie: Fünf Fragen	189
5.3.3	Auswahlkriterien	189
5.3.4	Lokaltherapeutika	189
5.3.5	Analgetika, Antipyretika, Antiphlogistika.....	195
5.3.6	Phytotherapie	202
5.3.7	Medikamentöse Alternativen.....	203
5.3.8	Nichtmedikamentöse Therapiemaßnahmen	206
5.4	Therapieergänzung bei Sinusitis	207
5.4.1	Abgrenzung zum Arztbesuch	207
5.4.2	BAK-Leitlinie: Fünf Fragen	207
5.4.3	Auswahlkriterien	207
5.4.4	Lokale Sympathomimetika	208
5.4.5	Pflegende Rhinologika	212

5.4.6	Pflanzliche Sekretolytika	216
5.4.7	Bromelain.....	219
5.4.8	Nasale Glucocorticoide.....	220
5.4.9	Medikamentöse Alternativen.....	224
5.4.10	Nichtmedikamentöse Therapiemaßnahmen	228
5.5	Therapieergänzung bei Otitis media	228
5.5.1	Abgrenzung zum Arztbesuch	228
5.5.2	BAK-Leitlinie: Fünf Fragen	228
5.5.3	Auswahlkriterien	229
5.5.4	Analgetika, Antiphlogistika, Antipyretika.....	229
5.5.5	Lokale Sympathomimetika	230
5.5.6	Sekretolytika	230
5.5.7	Ohrentropfen	230
5.5.8	Druckausgleich im Mittelohr mit Nasenballons.....	232
5.5.9	Medikamentöse Alternativen.....	233
5.5.10	Nichtmedikamentöse Alternativen.....	237
5.6	Therapieergänzung bei Husten.....	237
5.6.1	Abgrenzung zum Arztbesuch	237
5.6.2	BAK-Leitlinie: Fünf Fragen	238
5.6.3	Fließschema Auswahlkriterien	239
5.6.4	Antitussiva.....	239
5.6.5	Verschreibungspflichtige Antitussiva	241
5.6.6	Apothekenpflichtige Antitussiva.....	246
5.6.7	Pflanzliche Antitussiva	250
5.6.8	Demulzenzia	251
5.6.9	Expektoranzien	254
5.6.10	Einreibung, Inhalation, Bad	263
5.6.11	Hustentees	267
5.6.12	Medikamentöse Alternativen.....	269
5.6.13	Nichtmedikamentöse Therapiemaßnahmen	273

6 Allgemeine Therapie, Prophylaxe und Immunstärkung von Infektionskrankheiten

6.1	Vitamine und Mineralstoffe.....	274
6.1.1	Wirkungsweise.....	274
6.1.2	Handelspräparate und Indikationen.....	275
6.1.3	Dosierung und Einnahmehinweise	276
6.1.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen.....	276
6.2	Phytotherapeutika	278
6.2.1	Echinacea-Monopräparate.....	278
6.2.2	Kombinationspräparate	280

6.3	Medikamentöse Alternativen	282
6.3.1	Anthroposophie	282
6.3.2	Schüßler-Salze	283
6.3.3	Homöopathie	284
6.4	Nichtmedikamentöse Therapiemaßnahmen	286
6.5	Regeneration des darmassoziierten Immunsystems	287
6.5.1	Wirkungsweise	287
6.5.2	Handelspräparate und Indikationen	291
6.5.3	Dosierung und Einnahmehinweise	293
6.5.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	297
6.6	Prophylaxe und Therapie antibiotikaassoziierter Diarrhö mit Probiotika	297
6.6.1	Wirkungsweise	297
6.6.2	Handelspräparate und Indikationen	298
6.6.3	Dosierung und Einnahmehinweise	299
6.7	Regeneration des Vaginalmilieus	301
6.7.1	Wirkungsweise	301
6.7.2	Handelspräparate und Indikation	305
6.7.3	Dosierung und Anwendungshinweise	306
6.7.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	307
6.8	Pneumokokken-Impfstoffe	308
6.8.1	Wirkungsweise	308
6.8.2	Handelspräparate und Indikationen	309
6.8.3	Dosierung und Einnahmehinweise	311
6.8.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	311
6.9	Bakterienlysate	312
6.9.1	Wirkungsweise	312
6.9.2	Handelspräparate und Indikationen	313
6.9.3	Dosierung und Einnahmehinweise	313
6.9.4	Neben-, Wechselwirkungen und Kontraindikationen	313
7	Pharmazeutische Dienstleistungen	
7.1	Give aways und Zusatzinformationen	314
7.1.1	Das Glas Wasser als Service	314
7.1.2	Anmischen von Antibiotika-Säften	314
7.1.3	Dosierhilfen	315
7.1.4	Antibiotika-Beratungsscheibe	315
7.1.5	Firmenbroschüren	316

8 Der Antibiotikakunde im HV

8.1	»Ich brauche Imodium akut«	318
8.2	Ausrechnen einer Dosierung	319
8.3	Vagiflor® zum Antibiotikum	320
8.4	Antibiotika und Pille	321
8.5	Fototoxizität	322
8.6	Antibiotika und Alkohol	323
8.7	Wechselwirkung Simvastatin und Makrolid	324

9 Adressen und Links

9.1	Fachgesellschaften	326
9.2	Informationen zur Therapie von Infektionskrankheiten	326
9.3	Informationen zur Anwendung in Schwangerschaft und Stillzeit	326
9.4	Internet-Portale zum Thema Infektionskrankheiten	327

10 Literatur

10.1	Allgemeine Literatur	328
10.2	Internet-Links	332
10.3	Leitlinien	334

Sachregister	337
--------------------	-----

Die Autorin	349
-------------------	-----

Abkürzungsverzeichnis

AAD	antibiotikaassoziierte Diarrhö
ABS	akute bakterielle Sinusitis
ACC	Acetylcystein
AECB	akute Exazerbation einer chronischen Bronchitis
AECOPD	akute Exazerbation der COPD
AkdÄ	Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft
AOM	akute Otitis media
Ap	apothekenpflichtig
ARF	akutes rheumatisches Fieber
ASS	Acetylsalicylsäure
AUC	area under the curve; Fläche unter der Blutspiegel/Zeit-Kurve
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
B.	Bifidobakterium
BAK	Bundesapothekerkammer
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
Btl.	Beutel
CAP	community acquired pneumonia
CDAD	Clostridium difficile-assoziierte Diarrhoe
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DEGAM	Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin
DGP	Deutsche Gesellschaft für Pneumonie und Beatmungsmedizin
DGPI	Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie
Drag.	Dragee

EBV	Epstein-Barr-Virus
ED	Einzeldosis
EMA	European Medicines Agency
EKG	Elektrokardiogramm
Erw.	Erwachsene
FAO	Food and Agriculture Organisation
GABA	Gamma-Aminobuttersäure
GAS	Gruppe-A-Streptokokken
Glob.	Globuli
GOLD	Global initiative for chronic obstructive lung disease
Gran.	Granulat
I. E.	Internationale Einheit
i. m.	intramuskulär
i. v.	intravenös
J.	Jahr
Kaps.	Kapsel
K	Kinder
KI	Kontraindikation
Lsg.	Lösung
KG	Körpergewicht
kg	Kilogramm
L.	Lactobacillus
Lsg.	Lösung
LT	Lutschtabletten
µg	Mikrogramm
MBK	minimale bakterizide Konzentration
mg	Milligramm
MHK	minimale Hemmkonzentration
Mio.	Million

mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
Mon.	Monat
MRT	Magnetresonanztomographie
Msp.	Messerspitze
msr.	magensaftresistent
NEM	Nahrungsergänzungsmittel
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
NSAR	nichtsteroidale Antirheumatika
Past.	Pastille
PCT	Procalcitonin
PEG	Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie
Plv.	Pulver
PMC	Pseudomembranöse Kolitis
QT-Zeit	Abschnitt im EKG
Rettabl.	Retardtablette
Retkaps.	Retardkapsel
Rp	verschreibungspflichtig
RR	Blutdruck nach Riva-Rocci [mmHg], hier für Bluthochdruck
S	Säugling
spp.	species pluralis, mehrere Bakterienspezies
SNRI	Serotonin-Noradrenalin-Reuptake-Hemmer
SSRI	Selektiver Serotonin-Reuptake-Hemmer
SSW	Schwangerschaftswoche
Std.	Stunde
STIKO	Ständige Impfkommission
Susp.	Suspension
Tabl.	Tablette
TD	Tagesdosis
TNF	Tumornekrosefaktor

Tr.	Tropfen
VGE	Vaginalgel
VKA	Vaginalkapsel
VSU	Vaginalzäpfchen
WHO	World Health Organisation
Zäpf.	Zäpfchen

1 Anatomie und Physiologie

Zum besseren Verständnis von Ursache und Therapie bakterieller Infektionskrankheiten werden der Aufbau der Bakterien sowie Grundkenntnisse der Infektiologie kurz beschrieben.

1.1 Bakterien

Definition

Bakterien (griech. bakterion: Stäbchen) sind kleine, einzellige Lebewesen ohne echten, klar umrissenen Zellkern. Sie unterscheiden sich erheblich in Größe, Form und Eigenschaften.

1.1.1 Aufbau

Größe: Bakterien sind mit dem menschlichen Auge nicht erkennbar, da sie i. A. nur zwischen 0,5–5 Mikrometer groß sind. Erst große Kolonien von etwa einer Milliarde Bakterien sind für uns wahrnehmbar. Per Lichtmikroskop lassen sie sich in der Vergrößerung 1:1000 gut erkennen. Hefen und Erythrozyten sind größer und schon in Einstellungen von 1:400 sichtbar. Viren hingegen sind meist wesentlich kleiner als Bakterien und nur im Elektronenmikroskop zu sehen.

Der grundsätzliche Aufbau von Bakterien (Abb. 1.1) besteht aus:

- Erbinformation: DNA als Kernäquivalent und RNA
- Plasmid
- Zytoplasma
- Ribosomen (70S)
- Zytoplasmamembran
- Zellwand

Im Gegensatz zu Menschen, Tieren und Pflanzen (Eukaryonten) ist die Erbinformation bei Bakterien (Prokaryonten) nicht in einem Zellkern eingeschlossen. Stattdessen liegt das Bakterien-Chromosom als **Kernäquivalent (Nucleoid)** in Form eines kreisrunden DNA-Doppelstranges frei im **Zytoplasma**. Dort

Infektionen der Atemwege werden häufig zuerst durch Viren verursacht. Im weiteren Krankheitsverlauf kann sich daraus eine bakterielle Infektion entwickeln.

Um Bakterien mit dem bloßem Auge sehen zu können ist eine Zellzahl von etwa 100 Millionen notwendig. Dazu werden sie auf einem Nährboden angezüchtet. Nach etwa 24 Stunden haben sich die meisten Bakterien auf diese Zellzahl vermehrt.

☞ Bakterien sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Sie können sich aber in ihrer Oberfläche voneinander unterscheiden, indem sie über bestimmte Fortbewegungsarme oder Kapseln verfügen. Gramnegative Bakterien enthalten neben der zytoplasmatischen Membran noch eine äußere Membran.

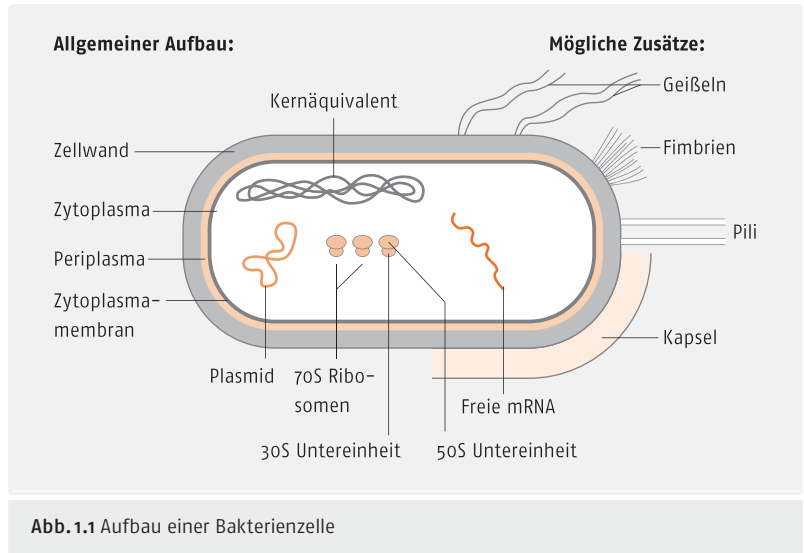


Abb. 1.1 Aufbau einer Bakterienzelle

befinden sich auch die **Ribosomen**. An ihnen findet die Proteinbiosynthese statt.

Definition

Ein Bakterien-Ribosom besteht aus zwei Untereinheiten: der großen **50S**- und einer kleinen **30S**-Untereinheit. Beide zusammen ergeben das 70S-Ribosom. **S** steht für Svedberg-Einheit und ist nach dem schwedischen Wissenschaftler Theodor Svedberg benannt. Er entdeckte mittels Ultrazentrifugation einen Weg, Proteine zu sedimentieren, um durch diese Sedimentationsgeschwindigkeit auf deren Form, Volumen und Masse zu schließen.

☞ Es gibt unter den Antibiotika Wirkstoffe, die an der kleinen 30S- und solche, die an der großen 50S-Untereinheit angreifen.

DNA-Moleküle, die nicht im Bakterienchromosom, sondern ringförmig geschlossen außerhalb des Chromosoms liegen, bezeichnet man als **Plasmide**. Sie enthalten wichtige Informationen für das Bakterium, z. B. wie es sich vor Antibiotika schützen kann. Plasmide können zwischen Stämmen gleicher und unterschiedlicher Art über **Pili** übertragen werden und ermöglichen so einen raschen Austausch von genetischem Material. Dieser Vorgang wird als **Konjugation** bezeichnet und ist ein wichtiger Mechanismus für die Resistenzentwicklung von Bakterien. Das Zytoplasma wird von einer **Zytoplasmamembran** umgeben. Diese reguliert den Nährstoffaustausch, enthält Enzyme sowie Toxine und fungiert als osmotische Pufferzone.

Nach außen baut sie die sich anschließende **Zellwand** auf. Die **Zellwand** schützt das Bakterium vor äußeren Einflüssen und wirkt als Antigen. Ein wesentlicher Bestandteil der Bakterienzellwand ist **Murein**. Es ist ein netzartiges, aus Polysaccharidketten und quervernetzenden Peptiden aufgebautes Makromolekül. Es fungiert als Stützskelett und bestimmt daher Festigkeit und Form der Bakterienzelle. Die Zellwandstrukturen sind bei den Bakterienarten sehr unterschiedlich aufgebaut oder fehlen wie bei den Mykoplasmen ganz. Dies wird diagnostisch im Rahmen der Gram-Färbung ausgenutzt (siehe Kap. 1.1.4). Darüber hinaus verfügen einige Bakterien an ihrer Oberfläche über weitere Zusätze wie

- Kapseln und Schleime,
- Geißeln,
- Fimbrien und Pili.

Sie spielen als **Pathogenitätsfaktoren** bei der Entstehung von Krankheiten oder Resistenzen eine Rolle (siehe Kap. 1.1.6). Einige Bakterien sondern Polysaccharide und andere Polymere ab, die auf der Zellwand entweder lose als **Schleim** oder in Form von **Kapseln** fest aufliegen. Dies erschwert dem Immunsystem die Erkennung und somit auch die Erregerabwehr. Dadurch wird die schädigende Wirkung (Virulenz) der Bakterien deutlich erhöht. Von einer **Kapsel** umgeben sind z. B. bekannte Erreger von Atemwegsinfekten wie *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* oder *Klebsiella pneumoniae*. Als Fortbewegungsmittel fungieren **Geißeln**. Zur Anheftung an Oberflächen dienen die wesentlich kleineren **Fimbrien**. **Pili** stellen als eine Art »Verlängerungsarm« den Kontakt zwischen Bakterienzellen her und transferieren so Erbmateriale wie Plasmide.

1.1.2 Vermehrung

Bakterien vermehren sich durch Zellteilung. Dabei verdoppelt sich das genetische Material, das Bakterium dehnt sich aus, schnürt sich etwa in der Mitte ab und teilt sich vollständig. So entstehen zwei Tochterzellen, die mit der Mutterzelle identisch sind. Die **Generationszeit** beschreibt die Zeit zwischen zwei Teilungen und ist somit ein Maß für die Geschwindigkeit des Teilungsvorganges. Sie kann sehr unterschiedlich sein und hängt sowohl von der Bakterienart als auch von Umgebungsbedingungen wie Temperatur, pH-Wert, Nährstoffen und Sauerstoff- bzw. Stoffwechseltypus ab.

Generationszeit

Der Hautkeim *Staphylococcus aureus* kann sich alle 15 Minuten, das Darmbakterium *E. coli* alle 20 Minuten teilen. Der Tuberkuloseerreger *Mycobacterium tuberculosis* teilt sich hingegen nur alle 18 Stunden.

Bestandteile der Bakterienzellwand haben die Aufgabe, Fremdstoffe wie z. B. Antibiotika am Eindringen zu hindern.

Mykoplasmen wie *Mycoplasma pneumoniae* können eine bestimmte Form der Lungenentzündung hervorrufen.

Einige Bakterien verstecken sich unter einer Hülle aus Zuckern und Eiweißen. Dies erschwert unserem Immunsystem die Bekämpfung.

Unter Virulenz versteht man die Stärke der schädlichen Aktivität von Krankheitserregern wie Bakterien oder Viren.

Bakterien teilen sich nach einer bestimmten Zeit in jeweils zwei identische Zellen.

Auch unter optimalen Bedingungen vermehrt sich jedes Bakterium unterschiedlich schnell.

Ein Schutzmechanismus des Körpers vor krankmachenden Erregern stellen die pH-Regionen dar. In sauren Körperbereichen wie Magen, Vaginalmilieu oder dem Säureschutzmantel der Haut fühlen sich die meisten Bakterien nicht wohl und können sich deshalb schlecht vermehren.

Bakterien, die sich vorwiegend intrazellulär anreichern werden als Atytiker bezeichnet.

Die Latenzphase wird auch als Anlaufphase bezeichnet.

Temperatur: Für die meisten medizinisch relevanten Bakterien sind körpertemperaturnahe Bereiche zum Wachstum ideal. Unter 4°C und über 50°C stellen sie ihr Wachstum ein. Einige Listerien können sich auch noch bei Kühlschranktemperatur vermehren und spielen beim Verderben von Lebensmitteln eine Rolle.

pH-Wert: Grundsätzlich gedeihen fast alle Bakterien im neutralen Bereich am besten (pH 6,6–7,5). Unterhalb von pH 4 und oberhalb von 9 überleben nur noch Spezialisten. Dazu gehören z. B. Lactobazillen, die pH-Werte unter 4,5 bevorzugen.

Nährstoffe: Zum Überleben benötigt die Bakterienzelle Grundnahrungsmittel wie Wasser, Vitamine und Kohlenstoff.

Stoffwechselformen: Das Wachstumsverhalten hängt stark vom Sauerstoffgehalt der Umgebung ab. Man differenziert:

- **Obligat aerobe** Bakterien, die auf die Anwesenheit von Luftsauerstoff zur Vermehrung angewiesen sind.
- **Obligat anaerobe** Bakterien, die nur unter Ausschluss von Luftsauerstoff wachsen.
- **Fakultativ anaerobe** Bakterien, die sich beiden Zuständen anpassen können. Sie wachsen sowohl mit als auch ohne Sauerstoff.
- **Intrazellulär** wachsende Bakterien, die sich wie Viren nur innerhalb der Wirtszelle vermehren. Sie nehmen unter den Bakterien eine Sonderstellung ein (siehe Kasten).

Intrazellulär wachsende Bakterien

Intrazelluläre Bakterien sind eine Gruppe von Krankheitserregern, die die Fähigkeit besitzen, in Körperzellen einzudringen und sich dort zu vermehren. Solche Bakterien sind für das Immunsystem schwer zugänglich. Bei der Behandlung mit Antibiotika ist zu beachten, dass nur einige Antibiotikaklassen die Fähigkeit besitzen, sich intrazellulär anzureichern. Dazu gehören z. B. Makrolide, Tetracycline und Chinolone.

Unter optimalen Bedingungen vermehren sich Bakterien **exponentiell** (Abb. 1.2).

Verfolgt man das Wachstum einer Bakterienkultur, lassen sich vier Abschnitte unterscheiden:

- **Latenzphase** (Lag-Phase), in der noch keine Vermehrung zu beobachten ist. Die Bakterien passen sich an ihre neue Umgebung an.

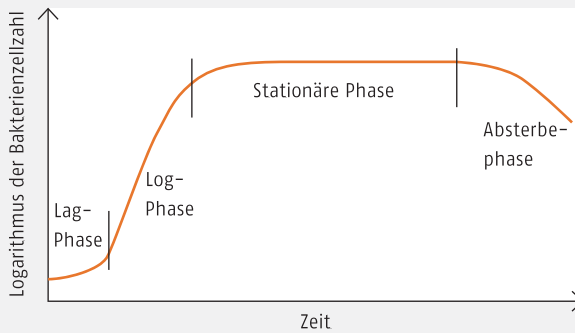


Abb. 1.2 Wachstum einer Bakterienkultur

Die Vermehrung von Bakterien erfolgt in vier verschiedenen Phasen: Nach der Anlaufphase kommt es zum exponentiellen Wachstum. Daran schließt sich die stationäre Phase an, in der keine Vermehrung stattfindet. Darauf folgt die Absterbephase, in der die Bakterien wegen Nährstoffmangels sterben.

- **Logarithmische Phase (Log-Phase)**, in der die Vermehrungsgeschwindigkeit ihr Maximum erreicht. Die Bakterien vermehren sich exponentiell, d. h. ihre Anzahl verdoppelt sich innerhalb einer bestimmten Zeit (Generationszeit). Es handelt sich um eine proliferierende Bakterienkultur.
- **Stationäre oder Ruhephase**, in der sich die Bakterien nicht mehr vermehren. Die Keimzahl bleibt gleich groß. Es besteht ein Gleichgewicht zwischen Wachstum und Absterben. Gründe sind v. a. Nährstoffmangel und die Bildung toxischer Stoffwechselprodukte. Sobald die Kultur wieder Aufbaustoffe erhält, können sich die Bakterien wieder vermehren.
- **Absterbephase**, in der die Bakterien aufgrund anhaltender schlechter Umgebungsbedingungen sterben.

Es befinden sich nie alle Erreger in der Wachstumsphase. Dies ist bei der Therapie mit Antibiotika zu berücksichtigen, da es Wirkstoffe gibt, die solche ruhenden Kulturen nicht angreifen. Dazu gehören z. B. Penicilline und Cephalosporine. Solche überlebenden Keime werden als persistierende Erreger bezeichnet. Die Elimination muss das körpereigene Immunsystem übernehmen. Ist dies zu schwach, können Krankheitsrückfälle, Rezidive, die Folge sein (siehe Kap. 3.1.8).

1.1.3 Bakterienformen

Unter dem Mikroskop lassen sich drei verschiedene Formen unterscheiden:

- Kugelförmige Bakterien (Kokken).
- Stäbchenförmige Bakterien.
- Schraubenförmige Bakterien.

Die Anhäufung von neu gebildeten Zellen erfolgt für jedes Bakterium in charakteristischer Art und Weise. Sie können einzeln, in Paaren, in Haufen

Bakterien einer wachsenden Kultur werden durch Entzug ihrer Umgebungsbedingungen am Wachstum gehindert, ohne dass sie absterben. So können z. B. Salmonellen auf Geflügelfleisch auch das Einfrieren überleben. Ihre optimalen Vermehrungsbedingungen wie Temperatur und Sauerstoffgehalt wurden entzogen. Sobald sie diese nach dem Auftauen wieder vorfinden, vermehren sie sich wieder exponentiell.

☞ Bakterien können anhand ihrer charakteristische Form unterschieden werden. Bei dem Hauptverursacher einer Lungenentzündung, den Pneumokokken, sind z. B. immer zwei Bakterien miteinander verbunden, die von einer farblosen Kapsel umgeben sind.



oder Ketten angeordnet sein. Solche Koloniefornen sind ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von Bakterien (siehe Abb. 1.3).

1.1.4 Gram-Färbung

☞ Die Gram-Färbung ist eine Methode zur Differenzierung von Bakterien. Da sie sich in ihrem Aufbau unterscheiden, werden sie unterschiedlich angefärbt. Grampositive Bakterien werden blau, gramnegative hingegen rot.

Um Bakterien unterscheiden zu können, werden sie häufig mit Farbstoffen markiert. Die weltweit bekannteste und am häufigsten angewandte Färbemethode ist die Gram-Färbung. Sie wurde von dem dänischen Arzt und Pharmakologen Hans Christian J. Gram (1853–1923) entwickelt. Dabei wird der unterschiedliche Zellwandaufbau ausgenutzt. Bei der Gram-Färbung werden Bakterien auf einem Objektträger fixiert und z. B. mit Kristallviolett gefärbt. Dadurch färben sich alle Bakterien blau. Anschließend wird mit Iod-Kaliumiodid gebeizt und mit Alkohol entfärbt. Bei der Entfärbung verhalten sich Bakterien unterschiedlich. Die Zellwand der **grampositiven** Bakterien ist dick, weil mehrere Mureinschichten übereinander liegen. Die **gramnegativen** Bakterien haben nur eine oder wenige Mureinschichten, darüber aber eine **äußere Membran**. Diese

Strukturunterschiede bewirken eine unterschiedliche Farbreaktion. Zellwandlose Bakterien wie Mykoplasmen können nicht nach Gram kategorisiert werden. Das Wissen über das Färbeverhalten nach Gram wird bei der Auswahl des Antibiotikums berücksichtigt. Es ist bekannt, ob ein Wirkstoff eher auf grampositive, auf gramnegative oder auf beide Erreger wirkt. Die meisten Antibiotika wirken auf gramnegative und grampositive Bakterien unterschiedlich gut. Die nachfolgenden Tabellen (Tab. 1.1–1.3) berücksichtigen die Einteilung der Bakterien nach Form und Färbung und geben einen Überblick über klinisch relevante Krankheitsbilder.

Tab. 1.1 Gramnegative Bakterien und Beispiele für Krankheitsbilder

Bakterium	Krankheitsbild
Kokken	
<i>Moraxella catharrhalis</i>	Atemwegsinfekte
<i>Neisseria Gonorrhöae</i> (Gonokokken)	Gonorrhö
<i>Neisseria meningitidis</i> (Meningokokken)	Meningitis (Hirnhautentzündung)
Stäbchen	
<i>Bordatella pertussis</i>	Keuchhusten
<i>Campylobacter</i>	Durchfall
<i>Helicobacter pylori</i>	Gastritis, Magengeschwüre
<i>Haemophilus influenzae</i>	Atemwegsinfekte, Meningitis
<i>Gardnarella vaginalis</i>	Aminkolpitis
<i>Legionella pneumophila</i>	Lungenentzündungen
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Krankenhausinfektionen: Harnwegs-, Lungen-, Wundinfektionen, Sepsis
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)*	Harnwegsinfektionen, Meningitis und Enteritis, v. a. bei Säuglingen

Mykoplasmen können Infektionen der unteren Atemwege wie Bronchitis oder Lungenentzündung hervorrufen.

Für bestimmte Krankheitsbilder sind einige Bakterien als Hauptverursacher bekannt. Es gibt verschiedene Gruppen von Antibiotika. Sie wirken unterschiedlich gut auf einen Keim. Es wird dann ein Antibiotikum ausgewählt, welches diesen Erreger abtöten oder hemmen kann.

Von der Vielzahl der bekannten Bakterienarten sind nur wenige für uns Menschen schädlich.

Legionellen sind gramnegative Stäbchen, die sich vor allem intrazellulär anreichern.

Enterobakterien sind Bakterien, die sich im Darm befinden. Einige von ihnen gehören zu unserer normalen Keimflora, andere gelangen von außen in unseren Körper. Beide können schwere Krankheiten auslösen.

Als grobe Faustregel gilt: grampositive Bakterien verursachen Erkrankungen »oberhalb der Gürtellinie«, gramnegative Bakterien hauptsächlich Erkrankungen »unterhalb der Gürtellinie«. Es gibt natürlich auch Ausnahmen. Auch gramnegative Keime können Infekte der Atemwege auslösen.

Tab. 1.1 Gramnegative Bakterien und Beispiele für Krankheitsbilder (Fortsetzung)

Bakterium	Krankheitsbild
<i>Klebsiella pneumoniae</i> *	Lungen-, Harnwegsinfektionen
<i>Proteus</i> spp.*	Harnwegs-, Lungen-, Wundinfektionen
<i>Salmonella typhi</i> *	Typhus
<i>Salmonella enteritidis</i> *	Salmonellenenteritis
<i>Shigella</i> *	Bakterielle Ruhr
<i>Yersinia pestis</i> *	Pest
Schrauben	
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Lyme-Borreliose
<i>Treponema pallidum</i>	Lues, Syphilis

*Enterobakterien

Tab. 1.2 Grampositive Bakterien und dadurch ausgelöste Krankheitsbilder (Beispiele)

Bakterium	Krankheitsbild
Kokken	
<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Enterococcus faecium</i>	Endokarditis, Sepsis, Harnwegsinfektionen
<i>Staphylococcus aureus</i>	Haut-, Atemwegsinfektionen
<i>Streptococcus pyogenes</i> (A-Streptokokken)	Angina, Scharlach, Hautinfektionen
<i>Streptococcus agalactiae</i> (B-Streptokokken)	Neonatale Sepsis, Gynäkolog. Infektionen
<i>Streptococcus pneumoniae</i> (Pneumokokken)	Atemwegsinfektionen

Tab. 1.2 Grampositive Bakterien und dadurch ausgelöste Krankheitsbilder (Fortsetzung)

Bakterium	Krankheitsbild
Stäbchen	
<i>Bacillus anthracis</i>	Milzbrand
<i>Clostridium difficile</i>	Pseudomembranöse Kolitis
<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Diphtherie
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listeriose, Meningitis, Sepsis
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberkulose
<i>Mycobacterium leprae</i>	Lepra
<i>Propionibacterium acnes</i>	Akne

☞ Eine Infektion mit dem Bakterium *Clostridium difficile* kann schwere Durchfälle hervorrufen. Auch Durchfälle, die durch die Einnahme eines Antibiotikums bedingt sind, können durch diesen Keim verursacht werden. Besonders häufig ist diese Komplikation bei einer antibiotischen Therapie im Krankenhaus.

Tab. 1.3 Morphologische Sonderfälle und Beispiele für Krankheitsbilder

Gruppe	Bakterium	Krankheitsbild
Gramnegativ	Chlamydien	Genital-, Lungen-, Augeninfektionen
Keine Gram-Färbung	Mykoplasmen	Lungenentzündungen, Genitalinfektionen
	Rickettsien	Lungenentzündungen

☞ Diese Erreger halten sich überwiegend intrazellulär auf und spielen eine Rolle bei bestimmten Formen der Lungenentzündung und Bronchitis.

1.1.5 Apathogene und pathogene Bakterien

Es sind etwa 6000 Bakterienarten bekannt. Davon sind schätzungsweise nur 200 für den Menschen pathogen, also krankheitserregend. Bakterien gehören zu unserer natürlichen, physiologischen Keimflora. Sie kommen auf der Haut, in der Mundhöhle, im Intestinal- und Urogenitaltrakt sowie in der Vagina in großer Anzahl vor. So besiedeln z. B. Streptokokken und Staphylokokken Haut und Schleimhäute, Lactobazillen den vaginalen Bereich und *E. coli* den Darm.

☞ Unter der physiologischen Bakterienflora versteht man Bakterien, die wir als natürlicher Bestandteil in unserem Körper haben und einen gesunden Menschen normalerweise nicht schädigen. Sie haben sogar schützende Eigenschaften für uns.

Ein Erwachsener hat etwa 700 g Bakterien im Körper und beherbergt mehr als 500 verschiedene Bakterienspezies.

Bei geschwächtem Immunsystem können auch ansonsten harmlose körpereigene Erreger Infektionen auslösen.

Viele Atemwegserkrankungen werden durch Viren hervorgerufen. Diese können den Körper so schwächen, dass sowohl körpereigene als auch Bakterien von außen leichtes Spiel haben.

Der schädigende Einfluss von Bakterien hängt vom Bakterium selbst und vom Gesundheitszustand des Betroffenen ab.

Bakterien haben die Eigenschaft, über verschiedene Mechanismen eine Infektionskrankheit auszulösen oder zu verstärken. Man spricht dann von Pathogenitätsfaktoren.

Standortflora

Der menschliche Körper beherbergt etwa 10^{13} Körperzellen und 10^{14} Bakterienzellen! Allein im Darm leisten über 500 verschiedene Bakterien die Verdauungsarbeit!

Physiologische Bakterien können unter bestimmten Voraussetzungen krankheitsregierend werden. Man bezeichnet sie dann als **fakultativ pathogen**. Dies ist z. B. der Fall, wenn sie ihre ursprüngliche Körperregion verlassen, sich woanders ansiedeln und dort vom Immunsystem schlecht abgewehrt werden können. Auf diese Weise kann es zu Verschleppungen von fakultativ pathogenen Stämmen des Darmkeimes *E.coli* kommen. Im Zuge einer Darmperforation oder Darm-Operation sind Bauchhöhlenentzündungen möglich. Nach Übertritt in die Harnröhre können Harnwegsinfektionen entstehen. Patienten mit einem geschwächten Abwehrsystem durch eine Grunderkrankung oder immunsupprimierende Arzneimittel wie Corticoide oder Zytostatika sind hiervon häufiger betroffen. Zudem kann die normale Keimflora nach vorausgehender Schädigung eine **Superinfektion** hervorrufen. Dies ist bei vielen bakteriellen Atemwegsinfekten (Sinusitis, Otitis media, Bronchitis, Lungenentzündung) der Fall.

Obligat pathogene Keime besitzen per se eine krankmachende Potenz. Sie gehören nicht zur natürlichen Keimflora. Die Pathogenität der einzelnen Bakterien ist sehr unterschiedlich. Das Ausmaß der krankheitsregierenden Aktivität wird mit dem Begriff **Virulenz** umschrieben. Zu den sehr virulenten Bakterien zählen z. B. die Erreger von Tuberkulose, Tetanus, Syphilis, Cholera, Pest und bestimmte Formen der Lungenentzündungen. Für die Entwicklung von Krankheitssymptomen spielen aber auch die individuellen Voraussetzungen des Patienten wie Grunderkrankungen, Alter, Immunstatus eine entscheidende Rolle.

Definition

Pathogenität ist die Fähigkeit von Mikroorganismen, Infektionen hervorzurufen. Virulenz ist das Ausmaß der krankmachenden Eigenschaften von Mikroorganismen.

1.1.6 Pathogenitätsfaktoren

Pathogenitätsfaktoren sind Strukturelemente, Stoffwechselprodukte oder Eigenschaften von Bakterien, die beim Menschen eine Infektionskrankheit hervorrufen können. Je mehr Pathogenitätsfaktoren, desto komplizierter wird der Krankheitsverlauf und umso schwieriger gestaltet sich die Therapie. Pathogenitätsfaktoren sind somit maßgeblich an der Entstehung von Infektionen beteiligt. Sie triggern auf unterschiedliche Art und Weise das Krankheitsgesche-

hen. Neben den schon genannten Zellwand-Oberflächenstrukturen (Kap. 1.1.1) sind außerdem nachfolgende Pathogenitätsfaktoren bekannt.

Intrazelluläre Vermehrung

Die intrazelluläre Vermehrung von Bakterien (Kap. 1.1.2) kann zu einer massiven Beeinträchtigung bis hin zur Zerstörung der Wirtszelle führen. Es gibt zwei Gruppen von intrazellulären Bakterien. **Obligat** intrazelluläre Bakterien können nur im Inneren von Zellen höherer Lebewesen existieren. Die bekanntesten Vertreter sind Chlamydien und Rickettsien. **Fakultativ** intrazelluläre Bakterien können sich hingegen sowohl innerhalb als auch außerhalb von Zellen vermehren. Zu dieser Gruppe gehören z. B. Listerien, Mykoplasmen, Salmonellen sowie die Erreger der Tuberkulose, Lepra, Typhus und der Legionärskrankheit. Auch im Bereich der Atemwege spielen intrazelluläre Erreger eine Rolle: Mykoplasmen und Chlamydien können bestimmte Formen von Lungenentzündungen oder Bronchitiden hervorrufen. Eine Infektion mit *Chlamydia trachomatis* stellt weltweit die häufigste sexuell übertragbare Infektion mit bakterieller Ursache dar.

Toxine

Toxine (griech. toxin: Gift) sind Bakterienprodukte, die den Wirt schädigen. Sie sind meist artspezifisch. **Exotoxine** werden vom lebenden Bakterium aktiv nach außen abgegeben. Chemisch gesehen handelt es sich um komplex zusammengesetzte Proteine, die als **Enzyme** wirken. Sie gelten als **hitzelabil** und werden bei Temperaturen über 60 °C meist abgetötet. Durch Exotoxine entstehen z. B. Krankheiten wie Keuchhusten, Diphtherie, Tetanus und Scharlach. Das Exotoxin des Tetanuserregers, *Clostridium tetani*, zählt zu den stärksten, natürlich vorkommenden Giften. **Enterotoxine** sind Exotoxine, die auf den Darm wirken. Ein bekanntes, auf diese Weise entstehendes Krankheitsbild ist die Cholera.

Enterotoxine

Einige Stämme von *Staphylococcus aureus* produzieren ein Enterotoxin. Es wird über kontaminierte Lebensmittel wie Milch, Eier oder Fleisch übertragen. Nach Aufnahme in den Körper kann es in weniger als zwölf Stunden zu Übelkeit, Erbrechen, Leibschmerzen und Durchfall kommen. Eine Therapie ist oft nicht nötig, da die Erkrankung selbstlimitierend ist.

Endotoxine werden erst beim Zerfall der Bakterien frei. Sie sind natürlicher Bestandteil der äußeren Zellmembran gramnegativer Bakterien. Als Oberflächenmoleküle wirken sie als **Antigen** und spielen daher eine wichtige Rolle bei der Auseinandersetzung des menschlichen Immunsystems mit den Erregern. Chemisch sind sie Lipopolysaccharide und daher aus einem hydrophilen Poly-

Chlamydien weisen alle Strukturmerkmale einer Bakterienzelle auf und färben sich gramnegativ. Da sie keinen eigenen Energiestoffwechsel haben, ist ihr Entwicklungszyklus jedoch von Wirtszellen abhängig. Diese Bakterien können Geschlechtskrankheiten sowie Augen- und Lungenentzündungen verursachen.

Toxine sind bestimmte Eiweiße, die ein Bakterium produzieren kann, um uns Menschen zu schädigen. Man unterscheidet dabei zwischen Exotoxinen und Endotoxinen. Exotoxine werden von Bakterien produziert und freigesetzt. Diese abgesonderten Giftstoffe lösen z. B. Tetanus aus.

Endotoxine sind Bestandteile der äußeren Zellmembran von gramnegativen Bakterien. Sie können schwerwiegende Reaktionen auslösen.

Beim septischen Schock kommt es zu einer lebensbedrohlichen Beeinflussung der Organfunktionen durch das Eindringen von Mikroorganismen sowie der Freisetzung von schädlichen Stoffwechselprodukten.

saccharid- und einem lipophilen Lipidanteil aufgebaut. Sie gelten als **hitzestabil** und sind auch durch Sterilisation nicht abzutöten. Endotoxine werden beim Absterben der Bakterien freigesetzt und entfalten dann ihre toxische Wirkung. Gelangen sie in die Blutbahn, zeigen sie systemische Effekte und regen nahezu alle Immunmechanismen und die Blutgerinnung an. Sie zählen zu den stärksten bekannten **Immunstimuli**. Es kommt zur Freisetzung von Zytokinen und Interleukinen. Dadurch kann es zu schweren Reaktionen wie Fieber, Blutdruckabfall bis zum Kreislaufkollaps oder septischem Schock kommen. Durch die Anregung der Gerinnungskaskade können Mikrothromben folgen.

Endotoxinschock

Im Verlauf einer (meist) parenteralen Antibiotikabehandlung gramnegativer Erreger kann es schlagartig zur Freisetzung großer Endotoxinsmengen kommen. Dies kann sich klinisch in Form eines septischen Schocks zeigen. Dann besteht akute Lebensgefahr!

Typhus abdominalis, der durch bestimmte Salmonellen verursacht wird, ist ein Beispiel für ein endotoxinbedingtes Krankheitsbild.

Bakteriensporen sind sehr widerstandsfähig und können nur durch Sterilisationsverfahren abgetötet werden. Gängige Desinfektionsmittel wie Alkohol reichen nicht aus.

Sporen

Sporen sind Zellformen mit extrem herabgesetztem Stoffwechsel, die sich bei manchen Bakteriengattungen, den Sporenbildnern, aus der teilungsfähigen Normalzelle entwickeln. Sie sind die **Dauer- und Überlebensformen** dieser Bakterienzelle und extrem resistent gegen Kälte, Hitze (hohe Temperaturen, Kochen), Austrocknung oder Feuchtigkeit, Desinfektionsmittel und Chemikalien. Bei der Sporenbildung legt sich eine Kapsel um das genetische Material. Das Zellwasser wird dem Bakterium entzogen, es wird quasi abgepumpt. So kann die Bakteriospore Jahre überleben. Sensoren an der Oberfläche der Sporen registrieren Umgebungsveränderungen wie Wärme oder Feuchtigkeit. Wenn die Lebensbedingungen für Sporen wieder erträglich werden, wie z. B. bei einer Infektion des Menschen, wird die Sporenkapsel gesprengt und es entsteht erneut ein vermehrungsfähiges pathogenes Bakterium. Zwei grampositive Stäbchen sind als Sporenbildner bedeutsam:

- Bazillen als aerobe Sporenbildner.
- Clostridien als anaerobe Sporenbildner.

Bazillen sind eine Gattung verschiedener stäbchenförmiger Bakterien. Eine bekannte Bakterienart ist der Milzbranderreger. Umgangssprachlich werden unter dem Begriff Bazillen verschiedene Krankheitserreger wie Bakterien und Viren zusammengefasst. Das ist eigentlich falsch.

Bazillen als Sporenbildner

Bei dem als Biowaffe eingesetztem Milzbranderreger *Bacillus anthracis* sind die Sporen auch nach über 70 Jahren noch lebensfähig.