

Liehn  
Richter  
Kasakov



# OTA-Lehrbuch

Ausbildung zur  
Operationstechnischen Assistenz

vom  
**DOSV e.V.**  
empfohlen

 Springer

# OTA-Lehrbuch

Margret Liehn  
Heike Richter  
Leonid Kasakov  
(Hrsg.)

# OTA-Lehrbuch

Ausbildung zur Operationstechnischen Assistenz

Mit 341 Abbildungen

*Herausgeber*  
**Margret Liehn**  
Rellingen

**Heike Richter**  
Berlin

**Dr. med. Leonid Kasakov**  
Bundeswehrkrankenhaus Hamburg  
Hamburg

ISBN 978-3-642-41727-6  
DOI 10.1007/978-3-642-41728-3

ISBN 978-3-642-41728-3 (eBook)

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

### **SpringerMedizin**

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

**Produkthaftung:** Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Susanne Moritz, Berlin  
Projektmanagement: Ulrike Niesel, Heidelberg  
Lektorat: Sirka Nitschmann, Werl-Westönnen  
Projektkoordination: Barbara Karg, Heidelberg  
Umschlaggestaltung: deblik Berlin  
Fotonachweis Umschlag: © Margret Liehn  
Herstellung: Crest Premedia Solutions (P) Ltd., Pune, India

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer.com](http://www.springer.com)

## Geleitwort

---

Mit der Herausgabe des OTA-Lehrbuchs, das unter Mitwirkung des Deutschen OTA Schulträger-Verbandes (DOSV) aufgelegt wurde, steht erstmals ein umfassendes Standardwerk zur Ausbildung Operations-Technischer Assistentinnen und Assistenten zur Verfügung.

Der Deutsche OTA Schulträgerverband begrüßt die Initiative des Verlags und dankt allen Autoren, die durch ihre Fachbeiträge dieses Standardwerk erarbeitet haben, das eine seit Jahren bestehende Lücke in den Lernmittel zur Ausbildung der OTAs schließt.

Das Lehrbuch fügt sich nahtlos in die bisher zur Verfügung stehenden Lehrmittel ein und wird den OTA-Schülerinnen und -Schülern während der Ausbildung und danach als Nachschlagwerk dienen.

Mit dem OTA-Lehrbuch wird die Bedeutung des noch relativ jungen Berufsbildes, das sich inzwischen in der Gruppe der Gesundheitsberufe etabliert hat, hervorgehoben und nachhaltig gefördert.

Essen, den 22.01.2014

**Franz K. Lühr**

Vorsitzender



**Deutscher OTA-Schulträger-Verband (DOS) e.V.**

**Verband der Träger von Einrichtungen zur Ausbildung Operationstechnischer Assistentinnen und Assistenten**

## Vorwort

---

Vor Ihnen liegt das erste Lehrbuch für Operationstechnische Assistentinnen und Assistenten, das als Kompaktwerk alle Themenschwerpunkte behandelt, die zur Ausbildung notwendig sind. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Den Schwerpunkt der Darstellung haben wir auf die Bedürfnisse der Auszubildenden abgestimmt, um ihnen eine solide theoretische Basis zu geben. Die Chirurgie ist eine hochentwickelte und spezialisierte Fachrichtung, in der es heute umso wichtiger ist, gut ausgebildetes und mit einem guten Fachwissen ausgestattetes Fachpersonal zu qualifizieren.

OTA finden ihren Einsatz hauptsächlich in den Operationsabteilungen, sie werden aber auch in der Endoskopie, Sterilisation und der Notaufnahme eingesetzt.

Längst sind OTA in den Operationsabteilungen ein wichtiger Bestandteil des OP-Teams und von dort nicht mehr wegzudenken. Um die Aufgaben zu erfüllen, bedarf es jedoch einer fundierten theoretischen Grundlage.

Angelehnt an das Curriculum des Deutschen OTA-Schulträgerverbandes (DOSV) und an die Empfehlung der Deutschen Krankenhausgesellschaft e.V. (DKG) zur Ausbildung und Prüfung von OTA teilen sich die Themen in die Lernbereiche »Kernaufgaben, spezielle Aufgaben, Ausbildungs- und Berufssituation und rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen«. Die erforderlichen Lerneinheiten finden sich in den einzelnen Kapiteln wieder.

Das Lehrbuch ist für die Auszubildenden ein Begleiter durch die dreijährige Ausbildungszeit. Es bereitet nicht nur auf die Prüfungen vor, sondern auch auf die Tätigkeiten als OTA. Ferner ist es auch für die im Beruf stehenden OTA ein gutes Nachschlagewerk.

Unser Dank gilt den Autoren für ihre Bereitschaft, ihr Wissen und Know-how an die Auszubildenden weiterzugeben. Gleichzeitig haben viele Kollegen, die hier nicht alle namentlich genannt werden können, geholfen, dass dieses Buch entstehen konnte und dass die Fotos aufgenommen werden konnten.

Ein besonderer Dank geht, stellvertretend für viele andere Fachärzte an Dr. Jan Cruse, Oberarzt der Handchirurgie am Diakonieklinikum Hamburg und Dr. Marian S. Mackowski, Facharzt für plastische Chirurgie, die immer wieder korrigierend die Manuskripte gegengelesen haben.

Ohne die Unterstützung unserer Lektorin, Frau Sirka Nitschmann, hätte dieses Buch nicht in dieser lesbaren Form entstehen können, deshalb hier ein herzlicher Dank für die unermüdliche Bereitschaft, den Text und die Abbildungen zu bearbeiten. Unser Dank geht ebenfalls an Frau Dr. Ulrike Niesel und Frau Susanne Moritz vom Springer-Verlag, die dieses Buch mit initiierten, den Entstehungsprozess begleiteten und die Fertigstellung überwachten. Ohne die Unterstützung aller genannten Personen läge dieses Buch in der Form nicht vor.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Erlernen dieses schönen und interessanten Berufes.

### Die Herausgeber

Im Frühjahr 2014

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Kernaufgaben der OTAs

1	<b>Hygiene</b> .....	3
	<i>Johan Wiemann, Margret Liehn, Helena Sperlich</i>	
2	<b>Medizinisch-technische Geräte</b> .....	39
	<i>Margret Liehn, Annegret Nietz, Anett Gudat, Conny Fachinger, Alexander von Kajdacsy, Nadin Horn, Roman Fischbach</i>	
3	<b>Patienten fachkundig begleiten und betreuen</b> .....	75
	<i>Margret Liehn</i>	
4	<b>Springertätigkeit</b> .....	81
	<i>Candy Nowotka, Denise Oppermann, Anett Gudat, Sylvia Grüning, Martina Stegers</i>	
5	<b>Maßnahmen in Krisen- und Katastrophensituationen</b> .....	125
	<i>Kurt Fellenz</i>	

## II Spezielle Aufgaben der OTA's im OP

6	<b>Instrumentiertätigkeit</b> .....	141
	<i>Margret Liehn</i>	
7	<b>Allgemein- und Viszeralchirurgie</b> .....	147
	<i>Margret Liehn, Candy Nowotka, Tabea Krause, Nadin Möbius, Maik Jelinski, Sybille Gläß, Denise Oppermann</i>	
8	<b>Orthopädie und Traumatologie</b> .....	211
	<i>Olga Aßmann, Silke Mein, Jens Köpcke</i>	
9	<b>Handchirurgie</b> .....	263
	<i>Gabriele Walura</i>	
10	<b>Gefäß-, Thorax- und Kardiochirurgie</b> .....	275
	<i>Margret Liehn, Nora Kruschke-Ramaswamy</i>	
11	<b>Gynäkologie und Mammachirurgie</b> .....	307
	<i>Ulrike Havemann</i>	
12	<b>Urologie</b> .....	327
	<i>Brigitte Lengersdorf, Annegret Nietz</i>	
13	<b>Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie</b> .....	357
	<i>Margret Liehn</i>	
14	<b>HNO-Heilkunde</b> .....	363
	<i>Brigitte Lengersdorf</i>	

X	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
15	<b>Neurochirurgie</b> .....	381
	<i>Tanja Sadelfeld, Margret Liehn</i>	
16	<b>Augenheilkunde (Ophtalmologie)</b> .....	391
	<i>Brigitte Lengersdorf</i>	
17	<b>Plastische Chirurgie – Ästhetische Chirurgie</b> .....	399
	<i>Birgit von Essen</i>	
18	<b>Kinderchirurgie</b> .....	409
	<i>Ines Stubbe</i>	
19	<b>Transplantationsmedizin</b> .....	427
	<i>Torsten Biel, Ulrike Wirges, Heiner Smit</i>	
<b>III</b>	<b>Spezielle Aufgaben der OTA's außerhalb des OP's</b>	
20	<b>Ambulanz bzw. Notfallaufnahme</b> .....	441
	<i>Robert Buder, Jochen Kircheis, Margret Liehn, Gert Liehn, Martina Stegers</i>	
21	<b>Endoskopie</b> .....	463
	<i>Silvia Maeting, Christine Besser</i>	
22	<b>Zentrale Sterilgutversorgungsabteilung (ZSVA)</b> .....	475
	<i>Klaus Harmel</i>	
23	<b>Anästhesie</b> .....	493
	<i>Gert Liehn</i>	
<b>IV</b>	<b>Ausbildungs- und Berufssituation von OTA's</b>	
24	<b>Kommunizieren, beraten und anleiten</b> .....	513
	<i>Jochen Berentzen</i>	
25	<b>Berufliches Selbstverständnis</b> .....	527
	<i>Heike Richter, Ralf Neiheiser, Olaf Schenk, Judith Schädler, Gert Liehn, Chris Wolf</i>	
26	<b>In Gruppen und Teams zusammenarbeiten</b> .....	549
	<i>Katrin Fromm</i>	
27	<b>Lernen planen, durchführen und evaluieren</b> .....	559
	<i>Heike Richter, Ralf Neiheiser</i>	
<b>V</b>	<b>Rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen</b>	
28	<b>Berufliches Handeln</b> .....	567
	<i>Britta Marquardt, Judith Schädler</i>	
29	<b>Qualitätskriterien</b> .....	581
	<i>Ina Welk</i>	



30	<b>Wirtschaftliche und ökologische Prinzipien</b> .....	593
	<i>Ina Welk, Heike Richter</i>	
31	<b>Gesellschaftlicher Kontext</b> .....	609
	<i>Katja Heide</i>	
32	<b>Fazit</b> .....	621
	<i>Margret Liehn, Heike Richter</i>	
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	625

# Autoren

---

**Aßmann, Olga**

Hamburg

**Besser, Christine**

Drahnisdorf

**Berentzen, Jochen, Dr.**

Osnabrück

**Biel, Torsten**

Essen

**Buder, Robert**

Berlin

**Fachinger, Conny**

Hamburg

**Fellenz, Kurt**

Hamburg

**Fischbach, Roman, Prof. Dr.**

Hamburg

**Fromm, Kathrin**

Lübeck

**Gläß, Sybille**

Pinneberg

**Grüning, Sylvia**

Kiel

**Gudat, Anett**

Hamburg

**Harmel, Klaus**

Osnabrück

**Havemann, Ulrike**

Hamburg

**Heide, Katja**

Berlin

**Horn, Nadin**

Hamburg

**Jelinski, Maik**

Hamburg

**Kasakov, Leonid, Dr.**

Hamburg

**Kircheis, Jochen**

Herzberg

**Köpcke, Jens**

Hamburg

**Krause, Tabea**

Halstenbek

**Krischke-Ramaswamy, Nora**

Hamburg

**Lengersdorf, Brigitte**

Hamburg

**Liehn, Gert, Dr.**

Rellingen

**Liehn, Margret**

Rellingen

**Maeting, Silvia**

Berlin

**Marquardt, Britta**

Berlin

**Mein, Silke**

Hamburg

**Möbius, Nadin**

Pinneberg

**Neiheiser, Ralf**

Berlin

**Nietz, Annegret**

Hamburg

**Nowotka, Candy**

Hamburg

**Oppermann, Denise**

Henstedt-Ulzburg

**Richter, Heike**

Berlin

**Sadelfeld, Tanja**

Hamburg

**Schädler, Judith, Dr.**

Friedrichswalde

**Schenk, Olaf, Prof. Dr.**

Wuppertal

**Smit, Heiner**

Essen

**Sperlich, Helena**

Melle

**Stegers, Martina**

Rösrath

**Stubbe, Ines**

Hamburg

**von Essen, Birgit**

Kiebitzreihe

**von Kajdacsy, Alexander**

Hamburg

**Walura, Gabriele**

Hamburg

**Welk, Ina**

Hamburg

**Wiemann, Johan**

Osnabrück

**Wirges, Ulrike, Dr.**

Essen

**Wolf, Chris**

Straelen

# Kernaufgaben der OTAs

- Kapitel 1**      **Hygiene – 3**  
*Johan Wiemann, Margret Liehn, Helena Sperlich*
- Kapitel 2**      **Medizinisch-technische Geräte – 39**  
*Margret Liehn, Annegret Nietz, Anett Gudat, Conny Fachinger,  
Alexander von Kajdacsy, Nadin Horn, Roman Fischbach*
- Kapitel 3**      **Patienten fachkundig begleiten und betreuen – 75**  
*Margret Liehn*
- Kapitel 4**      **Springertätigkeit – 81**  
*Candy Nowotka, Denise Oppermann, Anett Gudat,  
Sylvia Grüning, Martina Stegers*
- Kapitel 5**      **Maßnahmen in Krisen- und Katastrophensituationen – 125**  
*Kurt Fellenz*

Sie haben sich entschieden, den Beruf der »OTA« (Operationstechnische Assistenten) zu erlernen. Da Sie damit einen vielfältigen, interessanten und anspruchsvollen Beruf gewählt haben, möchten wir Sie während Ihrer Ausbildungszeit mit den Inhalten dieses Buches begleiten. Sie werden sehr viele unterschiedliche Dinge lernen und in Theorie und Praxis miteinander verknüpfen müssen. Gleichgültig, zu welchem Zeitpunkt Ihrer Ausbildung Sie in einer bestimmten operativen Disziplin eingesetzt werden, können Sie hier nachlesen und lernen, was Sie erwartet und was Sie wissen müssen. Sie erhalten zusätzlich viele Verweise und können nachlesen, was für die Pflege des Patienten in der Funktionsabteilung OP wichtig ist, damit es dem gesamten Team gelingt, durch einen reibungslosen Ablauf eine Operation erfolgreich durchzuführen. Gleichzeitig soll dieses Buch mit seinen Inhalten motivieren, sich Hintergrundwissen anzueignen.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

### ■ Kernaufgaben der OTAs

Um diesen Beruf mit Freude und zur Zufriedenheit der Patienten ausüben zu können, bedarf es vieler theoretischer Informationen, deren Inhalte in die praktische Arbeit einfließen müssen. Nur wenn wir diese Informationen berücksichtigen und umsetzen, können wir verstehen, warum wir etwas tun und es fällt leichter, sich an unterschiedliche Verhaltensweisen zu erinnern.

Die Hauptaufgaben der OTA sind die im Operationstrakt anfallenden Tätigkeiten am Patienten, der Umgang mit den Instrumenten und den medizintechnischen Geräten. Während eines operativen Eingriffs sind immer zwei Personen der OP-Gruppe an der Operation beteiligt. Der Mitarbeiter, der sich steril kleidet und die »Instrumentanz« übernimmt (der Instrumentierende oder Instrumentant) und der sog. »Springer«, der alle logistischen und pflegerischen Aufgaben übernimmt. Niemals wird dieser Mitarbeiter sich »springend« bewegen, deshalb ist die Bezeichnung der »unsterilen Saalassistentenz« sicherlich treffender. Im Klinikalltag ist jedoch der Begriff »Springer« üblich, deshalb wird er in diesem Buch ebenfalls angewendet.

# Hygiene

*Johan Wiemann, Margret Liehn, Helena Sperlich*

## **1.1 Allgemeine Hygiene – 4**

- 1.1.1 Bakterien – 5
- 1.1.2 Viren – 10
- 1.1.3 Pilze – 12
- 1.1.4 Parasiten – 15
- 1.1.5 Insekten – 18
- 1.1.6 Prionen – 19
- 1.1.7 Infektionen vermeiden – 19
- 1.1.8 Nosokomiale Infektionen – 22
- 1.1.9 Antibiotika – 23
- 1.1.10 Hygienemanagement – 26

## **1.2 Hygienische Arbeitsweisen – 26**

- 1.2.1 Bauliche Gegebenheiten in Operations-/Funktionsabteilungen aus hygienischer Sicht – 26
- 1.2.2 Sterilzone beachten – 29
- 1.2.3 Bereitstellen, Anbieten und Öffnen von Sterilverpackungen – 30
- 1.2.4 Instrumentier- und Beistelltische richten – 32
- 1.2.5 Anziehen steriler OP-Handschuhe – 32
- 1.2.6 Steriles Ankleiden – 33
- 1.2.7 Assistenz beim Ankleiden von Sterilpersonen – 33
- 1.2.8 Prinzipien der Anordnung von Instrumentarium – 35
- 1.2.9 Materialentsorgung – 36

## **Literatur – 37**

Hygiene (gr.: Hygieinos = gesund) bedeutet in der Definition im Pschyrembel (255. Auflage):

»Vorbeugende Maßnahmen für die Gesunderhaltung der einzelnen Menschen und Völker, um körperliche Erkrankungen und alle geistigen, seelischen und sozialen Störungen fernzuhalten.«

Im Krankenhaus sprechen wir von der »Krankenhaushygiene und im OP im Besonderen von der OP-Hygiene.

In Deutschland ist das Robert-Koch-Institut (RKI) für die Erstellung der Hygiene-Richtlinien zuständig, im Krankenhaus werden diese Richtlinien zugrunde gelegt, wenn der Hygieneplan für die einzelnen Abteilungen erstellt wird.

Beschrieben werden hier Maßnahmen zur Desinfektion und Sterilisation, um antiseptisch und aseptisch zu arbeiten. Deshalb ist es wichtig, die genannten Begriffe zu verstehen.

**Desinfektion** bedeutet, physikalische oder chemische Maßnahmen zu ergreifen, um Krankheitserreger auf der Haut oder auf Gegenständen so weit zu verringern, dass sie keine Krankheiten mehr hervorrufen können.

**Sterilisation** beinhaltet die totale Abtötung aller lebenden Organismen oder zumindest eine totale Inaktivierung. Ein sterilisiertes Instrument soll frei von Mikroorganismen und ihren Zerfallprodukten sein.

**Antiseptisches Arbeiten** bedeutet, krankmachende Keime zu verringern, **aseptische Arbeitsweisen** werden ausschließlich unter sterilen Bedingungen durchgeführt.

Mit all den geforderten Maßnahmen soll u. a. erreicht werden, dass sich weder der Patient noch der Mitarbeiter Infektionen im Krankenhaus zuzieht.

## 1.1 Allgemeine Hygiene

*Johan Wiemann, Margret Liehn*

### Lernziele

- Die Auszubildenden können den Begriff »nosokomiale Infektion« definieren. Sie kennen die Mikroorganismen, die nosokomiale Infektionen verursachen, und können ihre Auswirkungen auf den Organismus erklären. Sie kennen typische Infektionsquellen und Erregerreservoirs für nosokomiale Infektionen in den Funktionsabteilungen und können typische Übertragungswege aufzeigen.
- Die Auszubildenden verstehen die allgemeinen und speziellen Maßnahmen zur Vorbeugung nosokomialer Infektionen in Funktionsabteilungen und richten ihr berufliches Handeln danach aus.

Infektionskrankheiten gab es schon immer. In den Papyri, die das Wissen des alten Ägypten überliefern, finden wir, ebenso wie in der Bibel, Geschichten über Seuchen oder seuchenhaft auftretende Erkrankungen. Auch wenn die Menschen dachten, dass Krankheiten eine Strafe der Götter oder des Gottes waren, gab es auch im Altertum schon Hygieneregeln, wie wir sie in der Bibel oder im Koran nachlesen können.

Hippokrates von Kos (460–377 v. Chr.) ging davon aus, dass Ausdünstungen der Erde, sog. Miasmen, vom Wind verteilt werden und so Krankheiten verbreiten.

Im ersten Jahrhundert n. Chr. gab es Überlegungen, dass Krankheitserreger leben könnten aber erst 1857 fand Louis Pasteur heraus, dass kleinste einzellige Lebewesen für die Gärung und Zersetzung von Eiweißstoffen verantwortlich waren, später wurden diese Einzeller **Mikroben** genannt oder **Bakterien**.

Robert Koch entdeckte 1876 den Erreger der Milzbrand-erkrankung (*Bazillus anthracis*) und 1882 den der Tuberkulose. Beide Wissenschaftler gelten deshalb als Begründer der Bakteriologie, bzw. der Mikrobiologie.

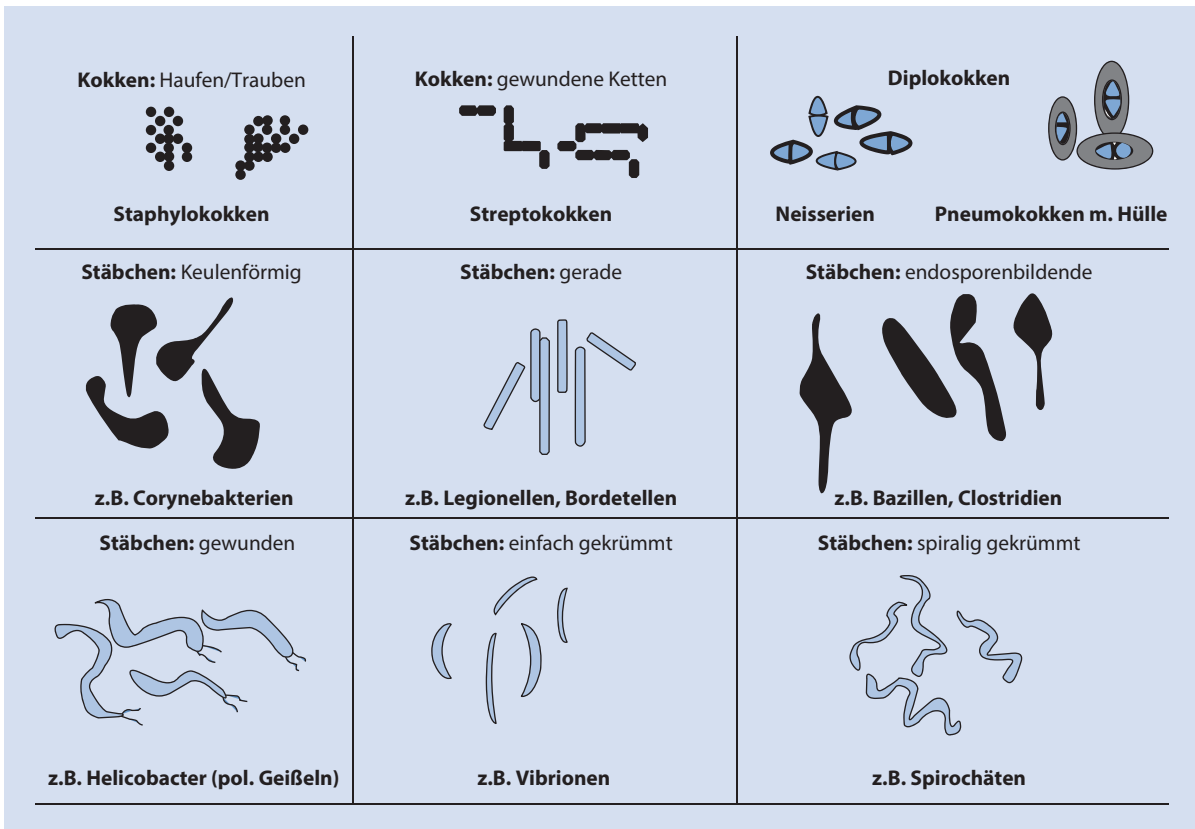
Koch zeigte u. a., wie Erreger erkannt werden können und begann mit Anzüchtungen von Bakterienkulturen in Nährlösung.

Auch die Geschichte der **Antisepetik** (Maßnahmen, um keimarme Bedingungen zu erreichen) und Desinfektion ist mit den Namen einiger bedeutender Forscher des späten 19. und des frühen 20. Jahrhunderts verknüpft.

Louis Pasteur (1822–1895) entdeckte unter dem Mikroskop Erreger der Tollwut und entwickelte die ersten Impfmethode, weil er die Zusammenhänge zwischen Infektionskrankheiten und Mikroorganismen erkannte (s. o.). Max von Pettenkofer (1818–1901) kann als Begründer der Hygieneforschung gesehen werden, weil er die Bedeutung der Wasserversorgung unter hygienischen Bedingungen erkannte. Er sanierte die Trinkwasserleitungen vieler Städte, was zur Reduktion der Cholerafälle führte.

Ignaz Semmelweis (1818–1865) erkannte die Bedeutung der Desinfektion und führte auf seiner geburtshilflichen Abteilung in Wien die Händedesinfektion ein, was zu einer rasanten Verminderung des sog. Kindbettfiebers führte. Joseph Lister (1827–1912) benutzte bei seinen Operationen Phenollösung, das sog. Karbolwasser, um eine Antisepetik des Operationsumfelds zu erreichen.

Damit begann auch die Suche nach Heilmitteln, bei der Namen wie Paul Ehrlich in den Fokus gelangen, der mit der Entwicklung von Salvarsan ein Mittel gegen Syphilis fand. 1928 entdeckte Alexander Flemming das Penicillin und so entwickelte sich die antibiotische Behandlung von bakteriellen Erkrankungen.



▣ **Abb. 1.1** Morphologie der Bakterien. Aus: Schaps (2008) Das Zweite kompakt. Springer, Heidelberg Berlin

## 1.1.1 Bakterien

### Aufbau und Lebensweisen

Bakterien bestehen aus einer einzigen kleinen Zelle (Größe 0,5–5 µm), sie können sich durch Zellteilung vermehren. Untereinander unterscheiden sie sich durch ihre Form (▣ Abb. 1.1). Manche besitzen Fortbewegungsorgane in Peitschenform, Geißeln oder Flagellen genannt, andere besitzen Haftorgane (Pili), die es diesen Erregern ermöglichen, sich an Oberflächen anzuheften.

Die Zellwände sind bei unterschiedlichen Bakterien unterschiedlich dick, dafür verantwortlich ist das Bauelement der Zellwand, das Murein. Diese Dicke bestimmt die Einfärbungsmöglichkeiten, die nach Hans Christian Gram (1853–1928) benannt wurde. Die sog. Gramfärbung mit einem Anilinfarbstoff dient der Darstellung eines Bakteriums im Lichtmikroskop, grampositive Bakterien erscheinen nach der Färbung dunkelblau, gramnegative sehen rot aus (s. u.).

Bakterien gehören in unseren Körper und dienen dort der Verdauung, der Infektabwehr oder sie schützen Schleimhäute, sie sind ein Teil der **Normalflora**. Die Keimdicke ist teilweise beachtlich. Während sich auf der Haut

etwa 5.000 Keime pro Quadratzentimeter befinden, findet man pro Milliliter Speichel etwa 100 Millionen Keime. Die höchste Bakteriendichte herrscht im Dickdarm mit  $10^{12}$ – $10^{15}$  Keimen pro Gramm Darminhalt. Aber es gibt auch Bereiche im Körper, z. B. Harnwege mit Niere, Lungenbläschen, Gehirn und Liquorraum, der Thorax- und Intraperitonealraum sowie Knochen und Gelenke, in denen keine Keime zu finden sind.

Wenn sich Bakterien jedoch unkontrolliert vermehren, können auch die, die in den Körper gehören, zu Krankheitserregern werden, oder wenn sie an einen anderen Ort gelangen, z. B. wenn Kolibakterien aus dem Darm in die Harnwege gelangen.

Es gibt auch einige Erreger die immer Krankheiten verursachen wie Scharlach (bestimmte A-Streptokokkenstämme) oder Typhus (Salmonella typhi), die Grenze zu den apathogenen Mikroorganismen ist nicht scharf zu ziehen.

Bisher sind etwa 1.600 Bakterien bekannt, die zum großen Teil sehr anpassungsfähig an veränderte Umweltbedingungen sind. Einigen können Sporen bilden (z. B. Bacillus, Clostridium), das sind Dauerformen, um



ungünstige Umweltbedingungen zu überleben (z. B. Mangel an Nährstoffen, Trockenheit).

Es gibt Bakterienarten, die nur unter Ausschluss von Sauerstoff leben und sich vermehren können, die **Anaerobier** oder dazu Sauerstoff benötigen, die **Aerobier**. Darüber hinaus sind Arten bekannt, die sowohl aerob als auch anaerob existieren können.

## Bakterienformen

Die äußere Form aller Bakterien lässt sich auf zwei Grundformen zurückführen:

- Kokken oder Kugelbakterien zeigen vielfach eine charakteristische Lagerung als Haufen- oder Traubenkokken, Kettenkokken, Diplokokken und Paaketkokken.
- Stäbchenförmige Bakterien können gleichmäßig dick sein und abgerundete Enden aufweisen, Keulenform (Korynebakterien) oder zugespitzte Enden zeigen (Fusobakterien) oder als pleomorphe Fäden vorliegen.

## Pathogenität und Virulenz

Mit dem Begriff »Pathogenität« wird die Eigenschaft von Mikroorganismen bezeichnet, Krankheit zu erzeugen. Es gibt apathogene, fakultativ pathogene und obligat pathogene Arten von Mikroorganismen. Dabei beinhaltet der Begriff »Virulenz« den Ausprägungsgrad der krankmachenden Eigenschaften.

Typische Pathogenitätsfaktoren sind

- Das Vorhandensein von Pili und Fimbrien:
  - Pili und Fimbrien sind Haftorgane, die es dem Erreger ermöglichen, sich auf Oberflächen anzuhängen. Ein wichtiger Erreger von nosokomialen Infektionen (► Abschn. 1.1.8), der *Escherichia coli*, verfügt über diese Eigenschaft.
- Die Kapselbildung:
  - Die Kapsel dient als »Tarnkappe«, mit dem sich das Bakterium vor den Zellen der körpereigenen Abwehr zunächst »unsichtbar machen«, und sich so ungestört vermehren kann. Ein Beispiel für einen solchen Keim ist der Erreger der Hirnhautentzündung *Neisseria meningitidis*.
- Die Toxinbildung:
  - Bakterielle Toxine verändern die Steuerung der normalen Gewebefunktion um dem Erreger einen Vermehrungsvorteil zu verschaffen.
  - **Endotoxine** (innere Gifte) werden freigesetzt, wenn der Erreger zerfällt. Das muss bei der Therapie einiger Erkrankungen beachtet werden, weil die Keime durch die Antibiotikatherapie absterben, die dadurch freigesetzten Zerfalltoxine dem Patienten jedoch sehr schaden können. So

wirken Bestandteile der äußeren Membran gramnegativer Keime als Endotoxine. Deshalb müssen OP-Instrumente vor der Sterilisation bakterienfrei sein, denn im Rahmen des Sterilisationsprozesses würden sie zwar abgetötet aber ihre Bestandteile könnten beim Patienten Fieberschübe und Schüttelfrost verursachen (Pyrogene).

- **Exotoxine** (äußere Gifte) werden vom Erreger aktiv produziert und abgegeben. Die Wirkung dieser Toxine auf den Organismus kann sehr unterschiedlich sein. So führt das Neurotoxin des Bakteriums *Clostridium tetani* zu einer Lähmung des Nervensystems und das Enterotoxin (ein Gift, das auf den Darm wirkt) des Bakteriums *Staphylococcus aureus* bewirkt einen massiven Brechdurchfall.
- Die intrazelluläre Vermehrung:
  - Zum System der angeborenen Immunabwehr gehören Makrophagen. Diese sog. »Fresszellen« können als fremd erkannte Strukturen (z. B. Bakterien) vertilgen, indem sie sie in das Zellinnere aufnehmen und in einer sog. Vakuole verpacken. Diese Vakuole verschmilzt dann mit einem mit Verdauungsenzymen gefüllten Bläschen (Lysosom), die den abgekapselten Erreger zerstören (Phagozytose). Nicht alle Bakterien gehen bei der Phagozytose durch Makrophagen zugrunde. Der Keim *Legionella pneumophila* z. B. verhindert mit einem Oberflächenprotein auf der Zellwand die Fusion von Vakuole und Lysosom und kann sich so in den Makrophagen vermehren. Legionellen finden sich weltweit in Erd- und Gewässerproben und gelten als Infektionsquelle für den Menschen in Klimaanlage, Kühltürmen und Warmwasserleitungen mit nicht ausreichend erhitztem Wasser (<70 C). So kann dieser Keim auch die Ursache nosokomialer Infektionen (► Abschn. 1.1.8) sein.

## Veränderung bakterieller Gene

Manche Bakterien sind zur Aufnahme, Neukombination und Austausch von genetischem Material fähig, dadurch konnten sie sich ständig wechselnden Gegebenheiten anpassen. Diese Mechanismen können auch die Pathogenität und die Antibiotikaresistenz nachhaltig verändern.

- **Transformation:** Bakterienstämme nehmen freie DNA-Moleküle aus zugrunde gegangenen Bakterienzellen in sich auf, bauen diese in ihr Chromosom ein und gewinnen damit neue Eigenschaften.
- **Transduktion:** Werden Bakterien von Viren befallen, bewirken bestimmte Viren (Bakteriophagen) eine Übertragung von Erbinformationen bei Bakterien.

- **Konjugation:** Manche Bakterien können einen sog. Pilus bilden. Das ist eine kleine Röhre, die als Sexipilus bezeichnet wird. Damit kann genetisches Material weitergegeben werden, z. B. die Möglichkeit der Antibiotikaresistenz.
- **Spontanmutation:** Erbinformationen von Bakterien können sich im Rahmen der Zellteilungen verändern. Diese Veränderungen sind zum größten Teil auf zufällige Fehler bei der Verdoppelung (Replikation) der DNA zurück zu führen.

## Infektion und Kolonisation

Es entsteht eine Infektion, wenn Erreger über eine Eintrittspforte in einen Organismus eindringen können. Das kann über Tröpfchen in der Luft (Husten und Niesen), über Blut oder Blutprodukte (Operationsinstrumente, verunreinigte Spritzen) oder direkten Kontakt (mangelhafte Händehygiene, Sexualverkehr) geschehen. Im Organismus vermehren sich die Krankheitserreger und rufen eine Abwehrreaktion hervor, oft eine Entzündung oder eine Antikörperbildung.

Wenn Mikroorganismen der Normalflora, z. B. durch Veränderungen der Abwehrlage oder durch medizinische Maßnahmen in sterile Bereiche des menschlichen Organismus vordringen, können sie dort Infektionen hervorrufen. Diese Infektion wird dann als endogen (von innen) bezeichnet, im Gegensatz zur exogenen Infektion, die durch von außen kommende, wirtsfremde, Mikroorganismen verursacht wird.

Anders zu betrachten ist die sog. **Kolonisation** (Besiedlung). Krankheitserreger können den Menschen besiedeln ohne dass es zu einer Infektion kommt, weil die Erreger nicht in das Gewebe eindringen. So sind Krankenhausmitarbeiter häufig mit dem Eitererreger *Staphylococcus aureus* besiedelt oder intubierte Patienten mit dem Keim *Pseudomonas aeruginosa* kolonisiert.

Die Mikroorganismen der Normalflora werden insgesamt auch als **residente Flora**, die kolonisierenden Mikroorganismen insgesamt auch als **transiente Flora** bezeichnet.

Um eine Infektion entstehen zu lassen bedarf es immer zwei Faktoren:

- **Exposition:** Kontakt mit dem Erreger,
- **Disposition:** die individuelle Abwehrlage.

Mikroorganismen, die nur bei einer besonderen Abwehrlage, nicht jedoch bei einem gesunden Menschen eine Infektion verursachen, werden als potenziell pathogene Erreger oder auch als **Opportunisten** bezeichnet. In den letzten Jahren nahmen Infektionen bei abwehrgeschwächten Patienten, z. B. Patienten mit Diabetes, Tumorerkrankungen oder HIV durch solche opportunistischen, oft aus der Umwelt stammenden Erreger zu.

## Darstellung, Anzucht und Bestimmung von Bakterien

### Das mikroskopische Präparat

Ein mikroskopisches Präparat wird direkt vom menschlichen Probematerial (z. B. Eiter, Sputum, Liquor), aber auch von Bakterienkolonien hergestellt. Durch Anfärben der Präparate nach Gram können die Bakterien unter dem Mikroskop sichtbar gemacht werden (Gramfärbung, s. o.).

Für einige Bakterienarten wie den Tuberkuloseerreger, gibt es jedoch spezielle Färbemethoden, da die Gramfärbung hier nicht aussagefähig ist (s. u.).

Im klinischen Probematerial lassen sich die typischen Bakterienformen (Stäbchen und Kokken) und deren Anordnung (Haufen, Ketten etc.) feststellen, sodass das Grampräparat bereits eine vorläufige Diagnose ermöglichen kann (z. B. gramnegative Diplokokken im Liquor punktat bei Verdacht auf eitrige Meningitis). So kann eine Behandlung mit einem geeigneten Antibiotikum unverzüglich begonnen werden.

### Anzüchten von Bakterien auf Nährböden

Seit Robert Koch werden klinisch-bakteriologische Untersuchungsmaterialien auf festen, sterilen Nährböden in sog. Petrischalen ausgestrichen. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Bakterien zu sichtbaren Kolonien heranwachsen und nachfolgend durch gezielte Untersuchung identifiziert werden können.

Neben festen Nährböden werden auch flüssige Medien (Bouillon) eingesetzt, die sich zur Anreicherung von Mikroorganismen eignen. Die Bouillon wird bei Keimwachstum trüb und wird anschließend wiederum zur Herstellung von Reinkulturen auf Nährböden ausgestrichen.

### Biochemische Testungen zur Bestimmung der Bakterienart

Nach der Einteilung in gramnegative und grampositive Bakterien werden die unterschiedlichen StoffwechsellLeistungen überprüft, um festzustellen, ob das isolierte Bakterium angebotene Substanzen abbauen kann oder bestimmte Stoffwechselprodukte synthetisiert. Dazu wird Bakterienmaterial einer Einzelkolonie auf verschiedene Nährböden übertragen, denen Stoffe (z. B. bestimmte Arten von Zucker) zugegeben werden. Zur Sichtbarmachung dieser chemischen Vorgänge werden Farbindikatoren eingesetzt. Durch den Umschlag des Indikators ist zu erkennen, ob dieser Stoff abgebaut worden ist, d. h. ob aus Zucker Säure entstanden ist. Durch den Abbau bzw. Nichtabbau entsteht ein bestimmtes Farbmuster, aus dem auf die Art des Erregers geschlossen werden kann, das gab diesen Tests den Namen "bunte Reihen". Zur Bestimmung von Erregergruppen gibt es industriell vorgefertigte Diagnostik-Kits.

### ■ Bestimmung der Empfindlichkeit gegenüber Antibiotika

Bei allen Erregern im Untersuchungsmaterial, denen eine krankmachende Bedeutung beigemessen wird, wird in der Regel die Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Antibiotika geprüft. Eine Möglichkeit bietet hier der sog. »Agardiffusionstest«. Dazu wird Nährbouillon mit dem zu testenden Bakterium auf einem festen Nährboden gleichmäßig ausgestrichen und Antibiotikablättchen auf den Festnährboden aufgebracht. Nach einer Bebrütung für 12 Stunden bei 36°C im Brutschrank kann festgestellt werden, inwieweit das Bakterium in seinem Wachstum durch die Antibiotikablättchen und die daraus ausgetretenen Testantibiotika gehemmt wurde. Ist das Bakterium gegen das Antibiotikum auf einem der Papierblättchen resistent (widerstandsfähig), wächst es an das Blättchen heran. Ist der Keim dagegen empfindlich, kann er nur bis zu einem gewissen Abstand zu dem Papierblättchen wachsen. Es entsteht ein sog. »Hemmhof«. Die Resistenztestung gibt wichtige Hinweise für die Auswahl eines wirksamen Antibiotikums. Zudem gibt die statistische Auswertung der Testergebnisse Auskunft über die Entwicklung und Verbreitung resistenter Bakterien.

### ■ Serologische Bestimmungsmethoden

Mit einem serologischen Test werden Antikörper im Serum und anderen Körperflüssigkeiten (z. B. Liquor) nachgewiesen, die sich gegen einen besonderen Erreger gebildet haben.

Nach einer Infektion dauert es mehrere Tage, bis der Körper eine Antikörperantwort entwickeln kann. Dieser Zeitraum wird als »diagnostisches Fenster« bezeichnet. Bei einer HIV-Infektion beträgt dieses Fenster z. B. zwölf Wochen (ein vorläufiges Ergebnis des Schnelltests liegt aber bereits nach ca. 30 Minuten vor).

Diese Antikörper stellen einen Teil der Antwort des Immunsystems des Körpers auf einen Infektionserreger (Antigen) dar. Mit schon bekannten Antikörpern (Antisera) kann man das unbekannte Antigen (Bakterium, Virus) reagieren lassen. Passen Antikörper und Antigen zusammen, kommt es zu einer Reaktion, die z. B. als Agglutination (Verklumpung) sichtbar gemacht werden kann (Agglutinationstest).

Weitere serologische Bestimmungsmethoden sind der Enzym-Immuntest, englisch Enzyme-Linked immunosorbent Assay (**ELISA**) oder Enzyme-Immuno-Assay (**EIA**) genannt.

### ■ Keimbestimmung durch direkten Nachweis des Bakterienchromosoms

Neben biochemischen und serologischen Methoden spielen molekularbiologische Verfahren eine zunehmende Rolle bei der Diagnostik von Infektionskrankheiten.

Die Polymerase-Kettenreaktion (»polymerase chain reaction«, PCR) kommt insbesondere bei Virusinfektionen zum Einsatz. Bei bakteriellen Infektionen wird die PCR bei ausbleibendem Bakterienwachstum (z. B. bei bereits mit Antibiotika »anbehandelten« Patienten) verwendet. Mit der PCR lassen sich sehr kleine Mengen DNS in kurzer Zeit so oft kopieren, dass sie mit den üblichen Labormethoden untersucht und z. B. die Abfolge ihrer Bausteine festgestellt werden können. Die ständige Verdopplung von bestimmten Proteinen wird von den Polymerasen bewirkt. Theoretisch genügt dafür ein einziges DNS-Molekül. Die PCR ist damit eine der empfindlichsten biologischen Techniken überhaupt.

## Beispiele wichtiger bakterieller Erreger beim Menschen

### ■ Grampositive Kokken

Der *Staphylococcus aureus* ist ein Kugelbakterium, das in traubenartigen Haufen gelagert ist. Weil er in der Kultur meist eine goldgelbe (lat. aureus) Farbe zeigt, bekam er diesen Namen. Er gilt als ein typischer Erreger eitriger Infektionen wie z. B. Nagelbettentzündung, Abszessen und postoperative Wundinfektionen. Der Keim kann aber auch schwere Allgemeininfektionen (Sepsis) und Lungenentzündungen verursachen.

Viele Menschen (ca. 30% der Bevölkerung) sind jedoch »nur« im Nasenvorhof mit *S. aureus* besiedelt (kolonisiert), darunter besonders Krankenhauspersonal (bis zu 90%! ). Auch wenn sie selbst nicht erkranken, können sie jedoch v. a. durch mangelnde Händehygiene den Keim auf Patienten übertragen, wo er krankmachende Eigenschaften hat. So kann eine nosokomiale Infektion entstehen (► Abschn. 1.1.8). *S. aureus* kann auch auf unbelebten Flächen problemlos drei bis sechs Wochen überleben, deshalb kann er jederzeit z. B. mit den Händen aufgenommen und weiterverbreitet werden.

Der *Staphylococcus epidermidis* gehört als weitere Staphylokokkenart zur Normalflora der Haut und ist weniger virulent als der *S. aureus*. Dennoch gilt er gerade im Krankenhaus als Erreger nosokomialer Infektionen, denn er kann durch die Bildung eines Biofilms an Plastikmaterialien (z. B. venöse Katheter, Plastikkomponenten von Gelenkprothesen) anhaften. Diese Biofilmbildung schützt den Keim auch vor dem Zugriff durch Antibiotika, deshalb bleibt bei einer Sepsis oft nur die Entfernung des Plastikmaterials, um therapeutisch eingreifen zu können.

Der Chirurg **Theodor Billroth** sah 1874 erstmalig in Präparaten von Wundeiterungen Erreger, denen er wegen ihrer Ähnlichkeit mit aufgereihten Perlen den Namen »**Streptokokken**« gab.

Streptokokkeninfektionen des Rachens gehören zu den häufigsten Infektionskrankheiten (Angina).

Der Streptokokkus pyogenes (A-Streptokokken) kann außerdem für ca. 60% aller Pyodermien – v. a. Impetigo contagiosa, Erysipel und Phlegmone – verantwortlich gemacht werden. Der Keim wird bevorzugt von Mensch zu Mensch weitergegeben, z. B. durch das Einatmen von erregerhaltigem Aerosol (Tröpfcheninfektion). Auch auf Gegenständen vermögen diese Keime eine Zeitlang zu überleben. A-Streptokokken sind in der Lage, über eine Antigen-Antikörper-Reaktion sog. Nach- oder Folgeerkrankungen wie die akute Glomerulonephritis oder das rheumatische Fieber auszulösen.

**Enterokokken** gehören zur Normalflora des menschlichen Darms. Sie können Infektionen verursachen (z. B. Cholecystitis, Peritonitis, Zystitis), wenn sie in andere Körperregionen gelangen.

#### ■ Gramnegative Kokken

*Neisseria gonorrhoeae* ist der Erreger der Geschlechtskrankheit Gonorrhoe (Tripper), einer auch heute noch weltweit verbreiteten Geschlechtskrankheit. Der Keim stirbt in der Außenwelt schnell ab und wird nahezu ausschließlich durch Geschlechtsverkehr übertragen.

*Neisseria meningitidis* ist ein häufiger Erreger der eitrigen Hirnhautentzündung (Meningitis). Die Übertragung erfolgt durch Tröpfcheninfektion.

#### ■ Grampositive Stäbchen

**Clostridien** sind obligat anaerobe Bakterien und in der Lage, bei ungünstigen Umweltbedingungen Sporen (s. o.) zu bilden. Es gibt etwa 100 Clostridienarten, sie kommen überall in der Umwelt, v. a. im Erdboden, vor. Arten wie *Clostridium perfringens* und *Clostridium difficile* können zur Normalflora des menschlichen Darmes gerechnet werden. Neben diesen beiden können die üblicherweise pathogenen Arten *Clostridium tetani* und *Clostridium botulinum* beim Menschen lebensbedrohliche Erkrankungen verursachen (Tetanus bzw. Botulismus).

Der Tetanuserreger (*Clostridium tetani*) kommt als Spore im Erdboden vor. Gefährdet sind v. a. Menschen mit tiefen verunreinigten Schürf- oder Stichverletzungen oder ausgedehnter Gewebeerstörung. Typisch sind auch Verletzungen durch Holzsplitter, rostige Nägel, Rosendornen, aber auch Kratz-, Schürf- und Bisswunden. Da die Erreger kaum lokale Entzündungszeichen verursachen, können sich die Bakterien im Wundbereich vermehren. Sie bilden durch ihre Vermehrung im Gewebe ein hochwirksames Exotoxin, das zu einer spastischen Lähmung der motorischen Muskulatur führt. Nach wie vor ist eine Tetanusinfektion extrem schwer zu therapieren (Relaxation, Narkose, parenterale Ernährung), deshalb wird immer wieder auf die unverzichtbare vorbeugende Grundimmunisierung (Tetanusschutzimpfung) gedrängt (► Kap. 19).

*Clostridium botulinum* verursacht eine Lebensmittelvergiftung, meist nach Aufnahme mangelhaft konservierter Speisen (Konservendosen, Einweckgläser). Das hitzestabile Botulinumtoxin ist das stärkste bakterielle Gift und führt zu einer schlaffen Lähmung der Muskulatur, wobei die Schluckmuskulatur und die Augenmuskulatur zuerst betroffen sind. Nur eine frühzeitige Gabe von Antiserum (passive Impfung) kann die Ausbreitung des Gifts bis zu den motorischen Endplatten verhindern. (Letalität 25–70%).

Bei den **Bazillusarten** handelt es sich um aerobe Sporenbildner. Nur zwei Spezies dieser Gruppe sind für den Menschen ein Krankheitserreger. Der *Bazillus cereus* verursacht Wund- und Lebensmittelinfektionen. Der *Bazillus anthracis* kommt natürlicherweise im Erdboden vor und gilt als Milzbranderreger. Die Milzbrandkrankung wurde bei obduzierten Schafen und Rindern entdeckt. Die Milz war stark entzündlich vergrößert und wies eine dunkle Farbe auf (Anthrax = Kohle).

Der **Gasbrand**, hervorgerufen durch *Clostridium perfringens*, kann exogen oder endogen entstehen.

- Endogener Gasbrand: Gefährdet sind Patienten mit perforierendem Kolonkarzinom, nach Bauchoperationen sowie Patienten mit Diabetes mellitus mit Durchblutungsstörungen der Füße.
- Exogener Gasbrand: Risiken sind tiefe, erdverschmutzte Wunden, Nekrosen, Muskelwunden und Schussverletzungen.

Nach einer kurzen Inkubationszeit (5–48 Std) kommt es u. a. durch Gasbildung ( $\text{CO}_2$ ) im Muskelgewebe zu massiven Spannungsschmerzen, es entstehen Knistergeräusche wie das »Knirschen von Schnee« und ein rasch voranschreitender Gewebeerfall. Wichtig ist eine schnelle chirurgische Therapie mit großzügiger Wundtoilette und Öffnung des Infektionsgebiets, um mehr Sauerstoff zuzuführen (Anaerobier werden durch Sauerstoff in der Vermehrung gestört!) Wenn erforderlich, muss eine Amputation durchgeführt werden. Unterstützend erfolgt eine hochdosierte Antibiotikatherapie.

Dennoch sterben auch bei adäquater Therapie viele Patienten innerhalb weniger Stunden.

Insgesamt handelt es sich aber um ein in Deutschland sehr seltenes Krankheitsbild. Aktualität besitzen die Milzbranderreger jedoch aus militärischen Gründen (»Biowaffe«).

#### ■ Gramnegative Stäbchen

Auch diese Gruppe umfasst zahlreiche Gattungen. Drei wichtige Vertreter, auch in Bezug auf nosokomiale Infektionen sind:

- *Escherichia coli*: Dieser Keim gehört zur Normalflora des Dickdarms. Gelangt er aus dem Darm z. B. durch

fäkale Verunreinigungen in andere Körperregionen, so kann er Infektionen verursachen. Er gilt als häufigster Erreger von Harnwegsinfektionen (endogen und exogen).

- *Klebsiella pneumoniae*: Dieser Keim gehört ebenfalls zur Dickdarmflora des Menschen. Es kann sich durch Bildung einer Schleimkapsel vor einer raschen Zerstörung durch körpereigene Abwehrzellen schützen und kann Entzündungen der Gallen- und der Harnblase sowie Wundinfektionen verursachen.
- *Pseudomonas aeruginosa*: Dieser Wasserkeim ist sowohl in natürlichen Feuchtzonen (Oberflächenwasser, Boden) als auch in Nassbereichen von z. B. Krankenhäusern (Befeuchtungssysteme, Leitungswasser, Abflüsse) weit verbreitet.

#### ■ Nicht durch Gramfärbung nachweisbare Erreger

Der häufigste Erreger von Tuberkuloseinfektionen beim Menschen ist das *Mycobacterium tuberculosis*. Zur mikroskopischen Darstellung wird eine Spezialfärbung (Ziehl-Neelsen-Färbung) benötigt; die so gefärbten Stäbchen lassen sich dann nicht einmal durch die Anwendung von Säure entfärben (säurefeste Stäbchen).

Die Tuberkulose ist weltweit verbreitet und gehört neben HIV/AIDS und Malaria zu den häufigsten Infektionskrankheiten.

Menschen, die an einer offenen Lungentuberkulose erkrankt sind, können die Infektion weitergeben. Von einer offenen (infektiösen) Lungentuberkulose sprechen wir, wenn der Krankheitsherd Anschluss an die Luftwege hat und so die infektiösen Erreger durch Husten an die Umwelt abgegeben und von anderen aufgenommen werden können.

Die Zeit zwischen der Infektion mit dem Erreger und einer Erkrankung, die sog. **Inkubationszeit**, beträgt ca. 6–8 Wochen. Trotzdem kann es nach Jahrzehnten noch zu einer Infektion kommen, wenn das Immunsystem geschwächt ist.

Tuberkulose wird mit einer Kombination von Medikamenten behandelt. Sofort nach der Diagnosestellung müssen Erkrankte isoliert und therapiert werden. Tbc ist gemäß IfSG §6 Abs. 1 eine meldepflichtige Erkrankung.

Obwohl die Erkrankung seltener geworden ist, stellt sie insbesondere für Beschäftigte im Gesundheitsdienst ein Risiko dar. Deshalb wird bei Mitarbeitern im Krankenhaus der sog. Tuberkulintest durchgeführt. Nach der Mendel-Mantoux-Methode wird ein Bestandteil des abgetöteten Erregers, das Tuberkulin, in kleinsten Mengen in die Haut gespritzt. Eine Schwellung mit Rötung um die Injektionsstelle weist auf eine Infektion oder eine durchgeführte Impfung hin. Ein negatives Tuberkulostestergebnis schließt eine Erkrankung jedoch nicht aus.

Seit einiger Zeit gibt es ein anderes Testverfahren, das in einer Blutprobe einen immunologischen Stoff nachweisen kann, der auf eine Infektion mit Tbc-Erregern hinweist.

Aber auch die Röntgendiagnostik wird immer noch diagnostisch und therapeutisch sinnvoll eingesetzt.

## 1.1.2 Viren

### Aufbau und Formen

Im **Aufbau** unterscheiden sich Viren von anderen Krankheitserregern durch eine Reihe von Eigenschaften:

- sie besitzen keinen eigenen Stoffwechsel,
- sie können sich nicht eigenständig vermehren,
- sie haben keine Zellstruktur, sondern bestehen aus einer Nukleinsäure als Träger der genetischen Information (entweder DNA oder RNA), aus einer als Kapsid bezeichneten Ummantelung aus Proteinen (unbehüllte Viren) und ggfs. aus einer äußeren Hülle, die von einer Lipiddoppelschicht gebildet wird (behüllte Viren).

Viren sind mit einem Durchmesser von 18 nm bis zu Quaderformen vom  $250 \times 350$  nm deutlich kleiner als Bakterien und im Lichtmikroskop (Auflösungsvermögen ca. 300 nm) in der Regel nicht sichtbar.

Weil sie keinen eigenen Stoffwechsel haben, benutzen sie zur **Vermehrung** ihre Wirtszelle. Sie heften sich an deren Zellwand (Adsorption), dringen in die Zelle ein (Penetration) und legen das genetische Material frei (Uncoating). Die Erbsubstanz des Virus wird in die Wirtszelle eingebaut, das Virus vermehrt sich in der Zelle und kann in dem Körper freigesetzt werden.

Bei der Freisetzung stirbt die Wirtszelle in der Regel ab oder entartet bei Tumoviren zur Krebszelle.

Außerhalb der Wirtszelle existiert das Virus als infektiöses Viruspartikel (Virion) ohne Stoffwechselaktivität. Die Stabilität der Virionen in der Umwelt weist große Unterschiede auf und kann zwischen wenigen Stunden und mehreren Wochen liegen.

Allgemein sind **behüllte Viren** empfindlicher gegenüber Umwelteinflüssen (Austrocknung, UV-Strahlung, Wärme, Desinfektionsmittel) als **unbehüllte Viren**.

Das (unbehüllte) Hepatitis-B-Virus kann jedoch selbst im angetrockneten Zustand über eine Woche ansteckend bleiben. Das (behüllte) HI-Virus kann ebenfalls außerhalb des Körpers tagelang infektiös bleiben. Für den Berufsalltag der Mitarbeiter im Krankenhaus ist das aber nicht relevant, denn es besteht nur eine Ansteckungsgefahr, wenn das Virus in einer Körperflüssigkeit übertragen wird (z. B.



in wiederverwendeten Injektionsspritzen bei Drogenabhängigen).

Das (behüllte) Hepatitis-C-Virus bleibt bei Raumtemperatur noch ca. 28 Tage ansteckend, bei 4°C sogar noch länger. Es überlebt nicht nur in Blutserum, sondern auch auf sauberen, glatten Oberflächen aus Plastik, Stahl oder auf Handschuhen, da manche Desinfektionsmittel hier kein Wirkungsspektrum zeigen.

**! Das (unbehüllte) Norovirus bleibt auf unbelebten Oberflächen bis zu 12 Tage ansteckungsfähig.**

Der unterschiedlichen Widerstandsfähigkeit behüllter und unbehüllter Viren wird bei der Bewertung chemischer Desinfektionsverfahren Rechnung getragen.

Der Begriff »Viruzid« umfasst ein Wirkungsspektrum gegenüber unbehüllten und behüllten Viren, während mit dem Begriff »begrenzt viruzid« nur eine Wirkung gegenüber behüllten Viren gemeint ist.

Eine Einbettung von Viren in Körperflüssigkeiten (z. B. angetrocknetes Blut) oder andere Substanzen (z. B. Lebensmittel) führt allgemein zu einer erheblichen Verlängerung der Dauer der Infektiosität.

## Infektionsverlauf und Therapie

**Virusinfektionen** können unterschiedliche **Verläufe** aufweisen. Es gibt akute Verlaufsformen, bei denen der Erreger komplett aus dem Körper eliminiert wird, wobei eine Immunität zurückbleibt (z. B. Masern, Hepatitis A). Akute Infektionen können in chronische Infektionen mit langfristigen Organschäden übergehen (z. B. Hepatitis C). Schließlich gibt es Infektionen, bei denen auf eine akute Phase eine symptomfreie Phase folgt, die aber unter bestimmten Bedingungen (vorübergehende Schwächung des Immunsystems) wieder aufflackern können. Klassisches Beispiel ist hier das Varizella-Zoster-Virus mit Windpocken als Ersterkrankung und Gürtelrose als Folgeerkrankung.

Bei der **Diagnostik** viraler Infektionen kommen in der Regel indirekte Verfahren (z. B. ELISA) zur Anwendung (s. o.). Zur weiteren Abklärung und zur Typisierung des Virus wird die PCR benötigt.

Zur spezifischen **Therapie** von Virusinfektionen steht inzwischen eine Reihe von antiviralen Chemotherapeutika zur Verfügung. Bekanntere Wirkstoffe sind der Neuramidasehemmstoff Oseltamavir, der gegen Influenzaviren wirksam ist und der Wirkstoff Aciclovir, der bei bestimmten Herpes-Virus-Infektionen angewendet werden kann.

**➤ Antibiotika sind bei Virusinfektionen nicht wirksam, weil sie sich gegen Strukturen und Stoffwechselvorgänge richten, die bei Bakterien, nicht aber bei Viren vorkommen.**

## Infektionsgefährdung von Beschäftigten im Gesundheitswesen

### ▪ Hepatitis

Hepatitis-B-Viren (HBV) und Hepatitis-C-Viren (HCV) können über Schleimhäute oder Hautverletzungen in den Blutkreislauf gelangen und auf diesem Wege zu ihrem Zielorgan, der Leber, gelangen. Durch den Befall der Leberzellen kommt es zu Funktionsstörungen, u. a. zur Abgabe von Bilirubin in das Blut, was zum typischen Bild des Ikterus (Gelbsucht) führt. Durch die Zerstörung der Leberzellen gelangen Leberenzyme in das Blut, was durch eine Erhöhung der Transaminasen festgestellt werden kann. Die Inkubationszeit liegt bei Hepatitis B zwischen 25 und 160 Tagen. Typische Symptome einer akuten Hepatitis sind Abgeschlagenheit, Appetitlosigkeit, Übelkeit und Erbrechen, später dann Ikterus mit Verfärbung der Skleren und der Haut, dunkel gefärbtem Urin und hellem Stuhl. In seltenen Fällen kommt es zu einem meist tödlich endenden Leberversagen. 60–70% der akuten HBV-Infektionen verlaufen jedoch ohne klinische Symptome und hinterlassen eine Immunität. Nur 5–10% der Verläufe münden in einer chronischen Hepatitis mit Leberzirrhose oder Leberzellkarzinom als Endstadium.

Die **Hepatitis B** ist – trotz der seit Jahren verfügbaren Schutzimpfung – wie die Tuberkulose, Hepatitis A und C eine wichtige **berufsbedingte Infektionskrankheit im Gesundheitswesen**. Genaue Angaben zur Gesamtzahl der jährlich berufsbedingt erworbenen Hepatitis-B-Erkrankungen liegen nicht vor.

Bei der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienste und Wohlfahrtspflege (BGW), bei der etwa 40% der im medizinischen Bereich Beschäftigten versichert sind, wurden in den vergangenen Jahren jährlich etwa 100 Verdachtsmeldungen berufsbedingter Hepatitis-B-Erkrankungen bearbeitet.

**Medizinisches Personal** muss bei der Behandlung und Pflege aller Patienten die empfohlenen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer Virusübertragung treffen. Zum eigenen Schutz und dem Schutz anderer werden die Hygieneregeln beachtet, wie sie zur Verhütung einer HIV- oder HBV-Infektion empfohlen werden und im Hygieneplan der Klinik nachgelesen werden können. Bei Kontakt zu Körperflüssigkeiten müssen Schutzhandschuhe getragen werden, Mundschutz und Schutzbrille sind zu benutzen, wenn Tröpfchen (Aerosole) entstehen können. Scharfe oder spitze Gegenstände, die mit Blut oder anderen Körperflüssigkeiten in Berührung gekommen sind, müssen sicher entsorgt werden.

Zur **Prophylaxe der HBV** steht ein gentechnisch hergestellter Totimpfstoff zur Verfügung, der in Deutschland von der ständigen Impfkommission beim RKI (STIKO) empfohlen wird.

Insbesondere bei Personen mit erhöhtem Hepatitisrisiko muss der Antikörpertiter nach spätestens 10 Jahren überprüft werden. Personen ohne Impfschutz (Ungeimpfte und sog. Non-Responder) müssen nach Nadelstichverletzung mit einem Immunglobulinpräparat passiv immunisiert werden.

#### ■ HIV/Aids

**Humane Immundefizienzviren (HIV)** sind Ursache der Immunschwächekrankheit Aids (»acquired immunodeficiency syndrome«, erworbenes Immundefektsyndrom). Der Nachweis der HIV-Infektion ist gemäß §7 Abs. 3 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) direkt an das Robert-Koch-Institut meldepflichtig, der Name des Betroffenen wird jedoch nicht mit angegeben.

Die Übertragung erfolgt durch ungeschützten Geschlechtsverkehr mit infizierten Personen, durch gemeinsame Benutzung von Injektionsnadeln unter infizierten Drogenabhängigen, im Gesundheitswesen auch durch Stich- oder Schnittverletzungen.

Das Krankheitsbild Aids mit seinen zahlreichen Infektionen manifestiert sich in der Regel erst nach einer langen Inkubationszeit von ungefähr 10 Jahren.

Wohl kaum eine andere Infektionskrankheit hat zu einer so rasanten Entwicklung von Antiinfektiva beigetragen wie die HIV-Infektion. Die Therapie wird als **hoch aktive antiretrovirale Therapie** (HAART) bezeichnet. Die Therapie kann die Symptomatik der Aids-Erkrankung hinauszögern und lindern, jedoch kann sie die Viren nicht vollständig aus dem Körper entfernen.

► **Bei der Behandlung von HIV-Infizierten und Aids-Patienten ist die Beachtung anerkannter Regeln der Hygiene unerlässlich. Da häufig die HIV-Infektion eines Patienten nicht bekannt ist, müssen vorbeugende Schutzmaßnahmen immer angewendet werden. Bei allen Tätigkeiten, bei denen ein Kontakt mit virushaltigen Körperflüssigkeiten (Blut, Sekrete) möglich ist, müssen Schutzhandschuhe getragen werden. Wo blutkontaminierte Aerosole entstehen können, sind ein mehrlagiger Mund-Nasen-Schutz und eine Schutzbrille zu benutzen. Alle scharfen oder spitzen Gegenstände, die mit Blut oder Körperflüssigkeiten verunreinigt sein können, müssen ohne Gefährdung Dritter sicher entsorgt werden.**

Zur **Prophylaxe des HCV und des HIV** muss allein auf diese **Schutz- und Hygienemaßnahmen** verwiesen werden. Eine aktive Immunisierung steht nicht zur Verfügung!

Entsprechende Hinweise sind z. B. in der »Richtlinie über ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes« und »Hygienische

Maßnahmen zur Verhütung der Übertragung von HIV im Krankenhaus« enthalten.

### 1.1.3 Pilze

#### Aufbau und Einteilung

Pilze sind viel höher organisiert und komplexer als Bakterien; so besitzen sie einen richtigen Zellkern, d. h. sie gehören zu den Eukaryonten, wie auch Pflanzen, Tiere und der Mensch.

Pilze sind extrem an Umweltbedingungen anpassungsfähig. Die Pilzzelle ist von einer fetthaltigen Membran und einer dicken, starren Wand aus Kohlenhydraten und Eiweißen umgeben.

In Prinzip bilden Pilze zwei Grundformen aus: die Hypho und die Spore.

- Die **Hypho** ist ein einzelner Pilzfaden, von denen manche sich zu einem geflochtenen Gebilde vereinigen, das dann als Myzel bezeichnet wird.
- Der Begriff »**Spore**« hat bei den Pilzen zwei Bedeutungen:
  - Die Tochterzellen, die sich bei den Hefepilzen durch Sprossbildung aus der Mutterzelle entwickeln und
  - die Dauerformen, die auch bei widrigen äußeren Umständen überleben (diese Sporen sind aber gegenüber Umwelteinflüssen viel weniger resistent als Bakteriensporen, sie werden bereits bei Temperaturen unter 100°C vernichtet).

Die exakte botanische Einteilung der etwa 1.000.000 bekannten Pilze ist sehr kompliziert (■ Abb. 1.2).

Von Medizinern werden die Pilze aus praktischen Gründen in drei Gruppen eingeteilt:

- Die Dermatophyten (Hautpilze), welche die Haut, Haare und Nägel befallen (z. B. Trichophyton),
- die Hefe- oder Sprosspilze (z. B. Candida) und
- die Schimmelpilze (z. B. Aspergillus).

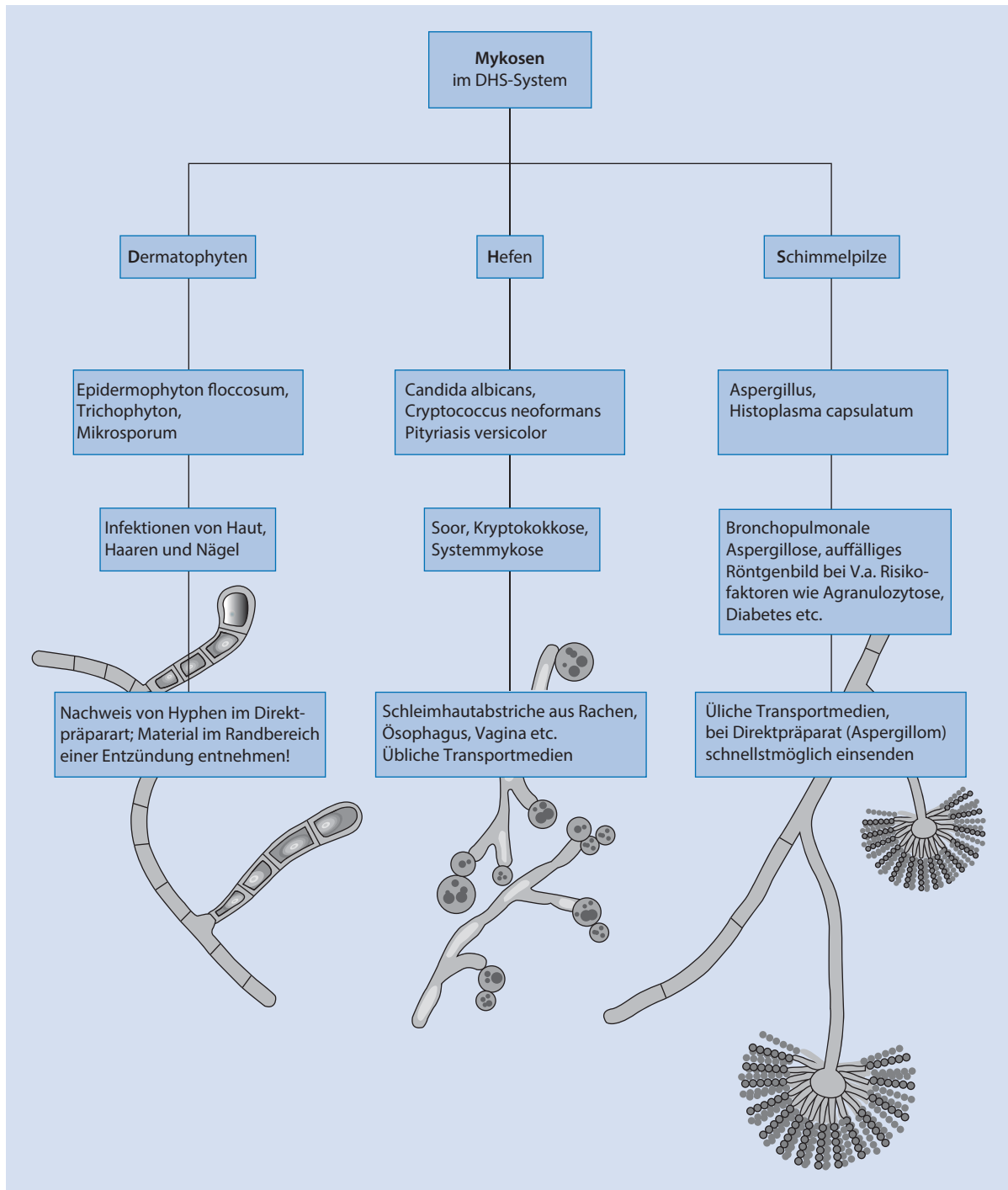
#### Gesundheitsschäden durch Pilze

Pilze können beim Menschen verschiedene Gesundheitsschäden hervorrufen.

**Allergische Reaktionen** wie z. B. Asthma, Heuschnupfen oder Konjunktivitis, werden durch Pilzantigene verursacht.

**Intoxikation**, bekannt sind die Vergiftungen z. B. mit dem Knollenblätterpilz, Nahrungsmittelvergiftungen aufgrund von Mutterkorn im Getreide und Mehl. Sie sorgten in früheren Zeiten für verheerende Epidemien.

**Infektion:** Pilze sind wenig aggressiv; sie warten auf eine günstige Gelegenheit, wenn der Körper abwehrgeschwächt ist. Nahezu alle Organe können von Pilzen befallen werden.



■ **Abb. 1.2** Mindmap: Übersicht der Pilze. Aus: Schaps (2008) Das Zweite kompakt. Springer, Heidelberg Berlin

## Spezielle Mykologie

### ■ Dermatophyten (Hautpilze)

Dermatophyten sind auf der Haut und den Hautanhangsgebilden zu finden, weil sie sich auf Keratin spezialisiert haben. Keratin ist hauptsächlich in den abgestorbenen,

verhornten Hautschichten und in Nägeln und Haaren zu finden. Nur bei einer ausgeprägten Abwehrschwäche kann eine Ausbreitung im Körper erfolgen. Die Infektionsquelle ist entweder die Erde (geophile Pilze), ein Tier (zoo-phile Pilze) oder ein Mensch (anthropophile Pilze). Pilze



können durch den direkten Kontakt aber auch indirekt durch kontaminierte Gegenstände (Kämme), Flächen (Schwimmbad) und Utensilien (Handtücher) übertragen werden.

Je nach Lokalisation des Pilzbefalls sprechen Dermatologen von einer *Tinea capitis* (Kopf), *Tinea corporis* (Körperstamm), *Tinea pedis* (Fuß) etc. Der Fußpilz ist eine der häufigsten Volkskrankheiten und zeigt sich als Infektion der Zwischenzehnräume und als Nagelmykose.

Die Therapie der Dermatomykosen ist oft langwierig und erfordert vom Patienten viel Disziplin und Mitarbeit. Oft wird eine Kombination von Methoden und Medikamenten eingesetzt. Zunächst kann eine mechanische Abtragung der stark befallenen Teile die Pilzmasse reduzieren und den Zutritt der Medikamente erleichtern. Die antimykotischen Mittel können dann lokal aufgetragen werden. Nach systemischer Gabe werden sie durch den Blutkreislauf an den Infektionsherd herangetragen. Oft ist beides notwendig.

#### ■ Hefepilze

In der Natur gibt es viele, sehr verschiedene Hefepilze; dem Menschen gefährlich werden allerdings nur wenige. Die wichtigste Rolle spielt hier der *Candida albicans*.

Bei gesunden Menschen sind Hefepilze in geringer Zahl auf der Haut, auf den Schleimhäuten und v. a. im Darm, eine Kolonisation mit *Candida* ist normal.

Nur wenn z. B. nach einer Antibiotikatherapie die bakterielle »Konkurrenz« verschwunden ist, können diese Pilze sich massiv vermehren. Hefepilze können auch von außen, z. B. durch medizinisches Personal oder über Lebensmittel übertragen werden.

Eine Besiedlung der Haut mit Hefepilzen hat an sich keinen Krankheitswert. Wenn aber die Haut und Schleimhaut geschädigt sind, z. B. durch Verbrennungen, Bestrahlung oder Zytostatika, bei Diabetes oder durch feuchte Kammern können einige Pilze diese Barriere überwinden, in den Körper eindringen und lokal eine Entzündung auslösen. Auf der Haut und den Schleimhäuten sind sie durch einen dichten weißlichen »Pilz-Rasen« auf einem entzündeten Untergrund zu diagnostizieren. Dies wird als Soor bezeichnet.

In der weiblichen Scheide drängen die Laktobazillen die Pilze zurück; ist jedoch die normale Scheidenflora gestört, kommt es zur massiven Vermehrung und zu einem entzündlichen Reiz, der sich als *Fluor vaginalis* (entzündlicher Ausfluss) bemerkbar macht (wobei hier auch bestimmte Bakterien, z. B. *Gardnerella*, und Protozoen, z. B. *Trichomonas*, beteiligt sind).

Wenn sich die Infektabwehr erholt, geht auch die Pilzinfektion zurück. Die Therapie erfolgt mit Antimykotika.

#### ■ *Cryptococcus neoformans*

Von den vielen Kryptokokkusarten ist nur der *Cryptococcus neoformans* für den Menschen gefährlich. Die Pilze leben auf Pflanzen; wenn Vögel die Samen fressen, gelangen die Pilze in den Vogelkot, wo sie sich vermehren können. Wenn z. B. Taubenkot eintrocknet, können die Pilze mit Staub übertragen werden. Gelingt es der Abwehr nicht, die Infektion der Lunge zu beenden, so kann eine Infektion des ZNS (zentrales Nervensystem) erfolgen.

#### ■ Schimmelpilze

Wichtigster Vertreter des für Menschen gefährlichen Schimmelpilzes ist der *Aspergillus fumigatus*. Schimmelpilze kommen in unserer Umwelt reichlich vor. Sie produzieren Gifte (Mykotoxine) und lösen Allergien aus. Die aerogene Übertragung steht bei den Schimmelpilzen im Vordergrund. Bei beatmeten Patienten kann eine geschädigte Bronchialschleimhaut mit Schimmelpilzen besiedelt sein. Von dort dringen dann die Pilze tief ins Gewebe ein. Sie können im Körper streuen und verschiedene Organe wie Lunge, Leber und Hirn befallen. Die Infektionen mit Schimmelpilzen sind klinisch nicht sehr charakteristisch und werden häufig erst spät erkannt. Die bildgebenden Verfahren wie Röntgen, CT und Ultraschall können wichtige Hinweise geben.

Während in der Bakteriologie der Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit eine entscheidende Rolle zukommt, ist die Bestimmung der Antimykotikawirksamkeit noch nicht endgültig etabliert. Mit einer gewissen Treffsicherheit kann die Wirksamkeit der Antimykotika vorhergesagt werden. Die Zahl der wirksamen Antimykotika nimmt stetig zu, dennoch ist selten eine komplette Heilung, sondern nur eine Linderung zu erreichen. Der unterstützenden Begleittherapie kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Die Abwehrschwäche muss ausgeglichen werden und ggf. auch eine chirurgische Entlastung erfolgen. Die Prognose ist trotzdem mäßig.

#### Diagnostik bei Pilzinfektionen

Der typische Geruch von Pilzen ist schon mit einer empfindlichen Nase zu bemerken. So können z. B. Hunde speziell auf diesen Geruch abgerichtet werden. Entscheidend für die exakte Diagnose ist die Pilzkultur. Im Vergleich zu den Bakterien wachsen und vermehren sich Pilze jedoch langsam.

Die exakte Typisierung erfolgt bei Sprosspilzen meist durch Mikromorphologie oder durch Biochemie, wofür kommerzielle Kits zur Verfügung stehen. Insgesamt ist diese Typisierung recht zuverlässig.

Die Beurteilung von Schimmelpilzkulturen ist schwierig, da diese sich oftmals nur ganz wenig voneinander unterscheiden.

## Therapie bei Pilzinfektionen

Im Verhältnis der großen Zahl an Antibiotika, ist die Zahl der Antimykotika gering. Jedes Antimykotikum wirkt gegen ein definiertes Spektrum von Pilzen. Die Heilungsraten von lokalen und besonders von systemischen Mykosen sind jedoch noch sehr gering.

## Prävention von Pilzinfektionen

Weil die Pilzmedikamente für die Behandlung von fortgeschrittenen Infektionen nur bedingt tauglich sind, kommt der Prävention eine umso größere Bedeutung zu.

Da Pilze in der Umwelt überall vorhanden sind und viele Pilzarten über die Luft verbreitet werden, müssen Menschen mit einem herabgesetzten Immunsystem besonders abgeschirmt werden. Hochrisikopatienten müssen in Räumen mit RLT-Anlagen (► Abschn. 2.1) untergebracht werden. Da auch an den Fasern von Straßenkleidung sehr viele Pilzsporen hängen, muss auf die Disziplin bezüglich der Handhabung von Bereichskleidung besonders viel Wert gelegt werden.

Topfblumen sind in Krankenzimmern nicht erlaubt, da die Blumenerde als Nährboden der Pilze gilt. Eine trockene Staubentfernung (Tuch oder Besen) würde Staub- und Pilzsporen aufwirbeln.

Pilze in der Patientenumgebung werden durch eine Flächendesinfektion mit DGHM (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie)-gelisteten Desinfektionsmitteln sicher und dauerhaft entfernt.

Der Gehalt an Mykotoxinen ist bei den meisten Nahrungsmitteln unbekannt. Angaben über Analysen fehlen auf den meisten Lebensmittelverpackungen.

Verschimmelte Nahrung sollten gemieden werden, es genügt nicht, sichtbar befallene Areale zu entfernen. Da die löslichen Stoffe in feuchten Nahrungsmitteln gut diffundieren, gelangen sie schnell vom Ort der Entstehung über weite Distanzen in entfernte Zonen. In trocknen Produkten ist die Ausbreitung erschwert.

Die Exposition gegen Schimmelpilze ist kaum ganz zu unterbinden. Um allergische Reaktionen zu vermeiden muss daher zumindest eine quantitative Reduktion angestrebt werden. Eine ausreichende Belüftung von Innenräumen ist hierbei besonders wichtig.

### 1.1.4 Parasiten

Parasiten sind kleine Tierchen, die auf Kosten eines anderen Lebewesens existieren. Die durch sie verursachten Erkrankungen nennt man **Parasitosen**. In den Formenkreis der Parasiten gehören Einzeller (Protozoen) und Vielzeller, zu den Vielzellern gehören Helminthen (Würmer) und Arthropoden (Gliederfüßer).

Parasitenerkrankungen weisen eine Reihe von Besonderheiten auf, die sie von bakteriellen Infektionen unterscheiden. Parasiten sind vermehrt in Entwicklungsländern sowie in tropischen und subtropischen Regionen anzutreffen. Sind sie in den menschlichen Organismus gelangt, durchlaufen sie dort einen komplizierten Entwicklungszyklus.

## Übertragung von Parasiten

Die Übertragung erfolgt bei den meisten Parasitenarten indirekt durch Überträger, z. B. über bestimmte blutsaugende Mücken bei Malaria, über kontaminiertes Wasser oder kontaminierte Nahrungsmittel. Einige Parasiten, insbesondere mehrere Wurmartarten, benötigen **Zwischenwirte** zur Übertragung, das sind Lebewesen, in denen sich Zwischenstadien der Parasiten entwickeln.

Als **Endwirte** werden die Lebewesen bezeichnet, in denen sich die erwachsenen, fortpflanzungsfähigen Parasiten ausbilden. Bei manchen Würmern werden vom Endwirt Eier ausgeschieden, die erst nach einem mehrwöchigen Aufenthalt in der freien Natur und unter bestimmten Bedingungen infektiös werden.

Weil die Parasitenerkrankungen in der Regel nicht direkt von Mensch zu Mensch übertragen werden, sind sie auch nicht ansteckend. Patienten mit Wurmbefall oder mit Malaria brauchen deshalb nicht isoliert zu werden. Das Risiko seuchenhafter Ausbreitung von Parasitenerkrankungen ist längst nicht so hoch wie bei Erkrankungen durch Bakterien und Viren, die durch Schmierkontakte oder Tröpfcheninfektion direkt von Mensch zu Mensch übertragen werden.

## Protozoen

### ■ Malaria

Malaria (»mal aria«, schlechte Luft) ist weltweit verbreitet und kann durch vier verschiedene Plasmodiumarten hervorgerufen werden. Die Übertragung erfolgt über die weibliche Anophelesmücke, die Erreger entwickeln sich dann im Wirtsorganismus.

Bis zum Auftreten der Plasmodien im Blut vergeht etwa eine Woche. Die klassischen Malariasymptome sind Schüttelfrost, kurz anhaltendes Fieber bis 41°C, Kopf- und Gliederschmerzen, Hepatosplenomegalie mit Ikterus und Anämie. Unmittelbare Todesursachen sind Pneumonie, Schock oder Hirnschädigung.

Die Diagnostik erfolgt durch den Nachweis von Malariaparasiten im Blut.

Das benötigte Malariamittel muss auf den Erregertyp ausgerichtet sein, bestenfalls ist das Resistenzspektrum bekannt. Deshalb ist für die medikamentöse Malariaphylaxe die genaue Kenntnis der gegenwärtigen Resistenzlage im Reisegebiet notwendig.

Da eine 100%ig wirksame medikamentöse Prophylaxe nicht möglich ist, ist die wichtigste Vorsorge die Verhütung eines Moskitostichs (Kleidung, Insektenschutzmittel, Moskitonetze).

### ■ Toxoplasmose

Der Erreger der Toxoplasmose ist ebenfalls eine Protozoe und heißt *Toxoplasma gondii*. Die Toxoplasmose ist weit verbreitet. In den meisten Fällen handelt es sich um eine lebenslange latente Infektion ohne klinische Bedeutung. Bedeutsam wird sie erst, wenn die Infektion während einer Schwangerschaft in den Organismus gelangt oder wenn eine Immunschwäche besteht. Als ausscheidende Infektionsquelle gilt die Katze.

Die Erreger werden überwiegend indirekt übertragen, z. B. über verschmutztes Fallobst, ungenügend gereinigte Erdbeeren oder sonstige Schmutzkontaminationen mit kontaminierter Erde. Da auch andere Tiere (Schweine, Rinder) die Oozysten (Eiartiges Stadium der Protozoe) der Toxoplasmen mit der Nahrung aufnehmen, gelangen während des Vermehrungszyklus die Parasiten in die glatte Muskulatur und können da ein Leben lang verbleiben. Der Verzehr von ungenügend erhitzten Fleisch- und Wurstwaren ist deshalb ein bedeutsamer Infektionsweg!

Die Infektion bleibt in aller Regel unbemerkt. In der quergestreiften Muskulatur, im Herzmuskel oder – wahrscheinlich am häufigsten – im Gehirn kommt es zu einem kleinen, meist lebenslang fortbestehenden Absiedlungsherd mit Toxoplasmen. Selten kommt es bei Beginn der Infektion zu einer meist milden Erkrankung (Lymphknotenschwellung).

Gelangen die Oozysten allerdings erstmalig (d. h. bei noch fehlender Immunität) während einer Schwangerschaft in den Organismus, können sie auf das Kind übergehen und zu angeborener Toxoplasmose führen. Bei 50% aller Schwangeren, die sich infizieren (0,2–0,8% aller Schwangerschaften), kommt es zur Infektion des Fötus. Bei voller Ausprägung stellt die angeborene Toxoplasmose ein sehr schweres Krankheitsbild dar. Es bestehen intrazerebrale Verkalkungen, Hydrozephalus, Netzhautentzündung, Taubheit, geistige Retardierung. Die Untersuchung auf Immunität gegen Toxoplasmen ist Bestandteil der Schwangerenvorsorgeuntersuchungen. Ist die Schwangere zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung nicht immun, werden während der weiteren Schwangerschaft regelmäßig Kontrolluntersuchungen durchgeführt.

Eine Infektion bzw. Durchseuchung mit *Toxoplasma gondii* kann nur serologisch nachgewiesen werden.

Die latenten Toxoplasmoseinfektionen werden bei Menschen mit einem gesunden Immunsystem niemals behandelt, da die Behandlung die intakte lebenslange Immunität stören würde. Die frische Toxoplasmoseinfek-

tion wird lediglich in der Schwangerschaft medikamentös behandelt. Da eine angeborene Toxoplasmose hierdurch sicher und gefahrlos verhindert werden kann, gilt eine frische Toxoplasmoseinfektion während der Schwangerschaft nicht als medizinische Indikation für einen Schwangerschaftsabbruch.

### Helminthen (Würmer)

Viele Wurmarten schädigen ihren Wirt in den meisten Fällen nicht, sondern lassen sich nur von ihm ernähren.

Obwohl grundsätzlich jede Wurmart beim Menschen zu Komplikationen führen kann, besitzen nur einige wenige eine klinische Bedeutung, weil sie häufig zu ernststen Komplikationen führen.

### ■ Spulwurmbefall (*Ascaris lumbricoides*)

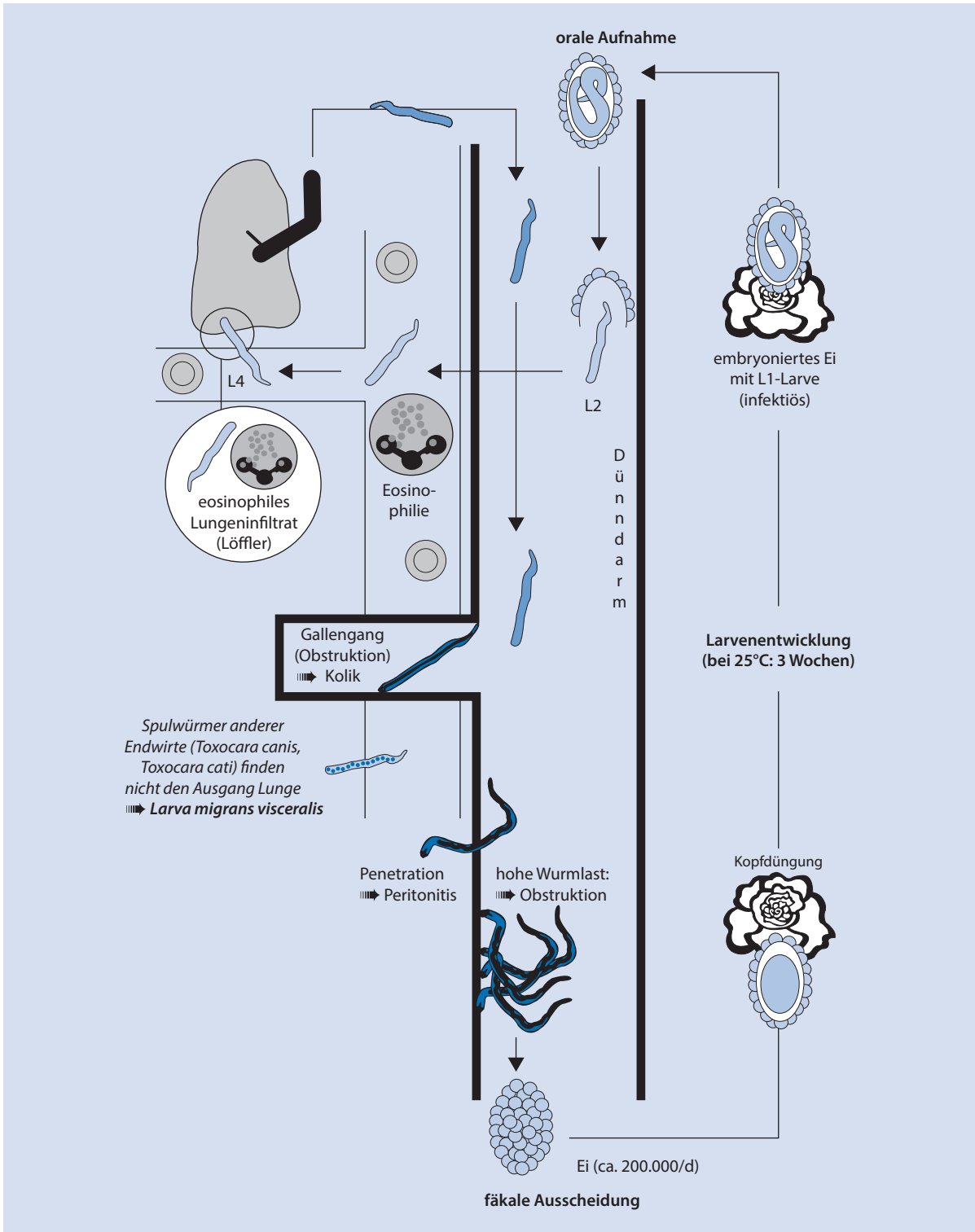
Die Spulwürmer sind weltweit die häufigsten Parasiten. Weibliche Spulwürmer erreichen eine Länge von 40 cm, männliche werden bis zu 25 cm groß. Die Übertragung erfolgt durch pflanzliche Nahrung, v. a. durch Gemüse, das mit ausgereiften Wurmeiern aus menschlichen Fäkalien kontaminiert ist (z. B. durch Düngung); die Eier halten sich in der freien Natur sehr lange. Nach Aufnahme schlüpfen im oberen Darmtrakt die jungen Larven, durchbohren die Darmwand und wandern über die Pfortader, Leber und Blutkreislauf in die Lunge, wo sie mehrere Tage lang weiter heranreifen (■ Abb. 1.3). Anschließend wandern sie über die oberen Luftwege, den Rachen und die Speiseröhre wieder in den Magen-Darm-Trakt. Dort entwickeln sie sich zu erwachsenen Würmern und paaren sich. Die Weibchen legen einige Zeit nach der Paarung Eier ab, die mit dem Stuhl ins Freie gelangen. Im Ei entwickeln sich die Larven und werden so infektiös.

Durch den Ferntourismus werden hin und wieder Spulwürmer auch bei uns gesehen (Spontanabgang aus dem Anus oder Wurmerbrechen), unser Abwassersystem schützt uns hier im Westen vor einer Ausbreitung.

Meist ist der Befall mit Spulwürmern asymptomatisch. Krankheitsbilder, die bei massivem Wurmbefall oder durch Wurmwanderung entstehen können sind Darmverschluss und Stauungsikterus (Einwanderung in den Gallengang). Diese Komplikationen machen eine chirurgische Intervention notwendig. Ein komplikationsloser Spulwurmbefall kann medikamentös behandelt werden. Wurmbefall wird durch Erregernachweis im Stuhl diagnostiziert.

### ■ Echinokokkosen

Wir unterscheiden den Hundebandwurm und den Fuchsbandwurm (*Echinococcus granulosus* und *Echinococcus multilocularis*). Hat das jeweilige Tier Fleisch gefressen, das Finnen (ein Larvenstadium des Wurms) enthielt, pro-



■ **Abb. 1.3** *Ascaris lumbricoides*: Pathogenese der Askariasis. Aus: Schaps (2008) Das Zweite kompakt. Springer, Heidelberg Berlin

duzieren diese Eier, die mit dem Kot ausgeschieden werden. Wurden diese Eier vom Menschen aufgenommen, löst sich die Eihülle im Magen auf und die sog. »Sechshakenlarven« schlüpfen aus. Nachdem sie die Darmwand durchbohrt haben, gelangen sie über die Pfortader in die Leber. Die Hydatide des *E. granulosus* wächst verdrängend, die des *E. multilocularis* besteht aus vielen sich vermehrenden Blasen. Von der Leber aus können Hydatiden in den großen Kreislauf gelangen und in nahezu allen Organen (z. B. Lunge, Gehirn, Nieren) auftreten. Die Erkrankungen sind meldepflichtig.

Die Symptome sind uncharakteristisch und treten oft erst Jahre nach der Infektion auf.

Ziel der operativen Therapie ist es, unter Vermeidung intraoperativer Streuung, die Skolizes abzutöten und zumindest die Keimschicht vollständig zu entfernen (► Kap. 7).

### Anthropoden (Ektoparasiten)

Anthropoden sind nicht nur bedeutende Überträger von Parasiten und anderen Krankheitserregern, sondern treten auch selbst als Parasiten auf. Da sie von außen parasitieren, werden durch sie hervorgerufene Krankheitsbilder meistens in der Dermatologie behandelt. Häufig ist die Stichreaktion mit Juckreiz verbunden. Bei einigen Arten allerdings wird der Stich nicht bemerkt – so z. B. der Stich von Zecken oder auch von Anophelesmücken.

Bei einigen Arten, wie z. B. den Läusen und der Krätze, ist eine direkte Übertragbarkeit von Mensch zu Mensch von Bedeutung.

## 1.1.5 Insekten

### Läuse, (Wanzen, Mücken, Fliegen)

Bei den **Läusen** unterscheiden wir Kopflaus, Kleiderlaus und Scham- oder Filzlaus. Sie sind 1–4 mm groß und dadurch mit dem bloßen Auge erkennbar.

Kopfläuse treten auch bei uns häufiger auf, v. a. in Betreuungseinrichtungen für Kinder. Kleiderläuse dagegen sind zuletzt im 2. Weltkrieg verbreitet gewesen und hatten als wichtigster Überträger des Fleckfiebers (eine gefährliche Rickettsiose) eine große Bedeutung.

Schamläuse sind weltweit verbreitet und werden fast nur beim Geschlechtsverkehr übertragen.

Bei einem Befall mit Kopfläusen besteht in der Regel ein lästiger Juckreiz. Ein Kopflausbefall ist leicht an den sog. Nissen (Eiern) zu erkennen, die im Gegensatz zu Kopfhautschuppen fest am Haar haften. Die Läuse selbst befinden sich häufig an den Haarschäften über der Kopfhaut.

Die Behandlung erfolgt mit Präparaten auf der Basis von Pyrethrum, Permethrin oder Lindan. Nissen werden

zusätzlich mit verdünntem Essig und einem Nissenkamm entfernt. Engere Kontaktpersonen sollten stets mitbehandelt werden (Schulklassen, Spielkameraden).

Beim Kleiderlausbefall befinden sich die Nissen in der Kleidung, meist in Bereichen von Stoffnähten und Falten. Ein häufiger Kleiderwechsel und das Auskochen, heißes Bügeln bzw. die »Entwesung« der befallenen Kleidung sind umgehend erforderlich.

Beim Befall mit der Schamlaus befinden sich die Nissen im Bereich der Schambehaarung, mitunter jedoch auch in der Achselbehaarung sowie an den Augenbrauen. Durch Rasieren der betroffenen Bereiche oder eine örtliche Behandlung mit den entsprechenden Präparaten ist die Behandlung relativ einfach. Der Lausbefall in Gemeinschaftseinrichtungen ist nach dem IfSG durch den Leiter der Einrichtung meldepflichtig.

### Spinnentiere (Milben, Zecken)

#### ■ Skabies (Krätze)

Erreger der Skabies ist eine Milbe, der *Sarcoptes scabiei*. Im Gegensatz zu anderen Ektoparasiten verbleiben die Erreger in der Haut, bilden dort Gangsysteme und führen zu einem bunten Bild verschieden aussehender, stark juckender Hautreaktionen. Die Übertragung erfolgt durch engen Hautkontakt (besonders beim Geschlechtsverkehr), gelegentlich auch durch Kleidung bzw. Bettwäsche. Typische Lokalisationen sind die weibliche Brust, äußere Geschlechtsorgane, äußere Handkanten und Achselhöhlen.

Die Therapie erfolgt mit Medikamenten wie Lindan, Permethrin, Croamiton, Benzylbenzoat, es besteht eine Meldepflicht in Gemeinschaftseinrichtungen.

#### ■ Zecken

Nach einem Zeckenbiss kann es um die Bissstelle herum zu einer Schwellung und Rötung kommen.

Die Zecke sollte mechanisch mit einer Zeckenpinzette entfernt werden. Dazu wird sie gefasst und langsam unter drehenden Bewegungen herausgezogen. Zecken sind Überträger einiger Krankheitserreger.

Die **Frühsommermenigoenzephalitis** (FSME-Virus) wird von Zecken auf den Menschen übertragen. Da die dafür verantwortlichen Viren sich in den Speicheldrüsen der Zecke vermehren, können sie schon innerhalb weniger Minuten nach dem Zeckenstich in den Menschen injiziert werden.

Der Erregernachweis erfolgt mittels PCR aus dem Blut oder Liquor. Da nach der Infektion eine kausale Therapie nicht möglich ist, spielt die Impfung in besonderen geografischen Gebieten eine Rolle. Die sog. postexpositionelle Prophylaxe (PEP) ist nur sinnvoll, wenn sie innerhalb der ersten 48 Stunden nach einem Zeckenbiss appliziert wurde.



Erreger der **Lyme-Borreliose** sind verschiedene Spezies des Bakteriums *Borrelia*. Auch diese Bakterien und damit die Erkrankung können von Zecken auf den Menschen übertragen werden.

Die klinische Symptomatik der Lyme-Borreliose zeigt häufig Symptome an der Haut, Gelenken, Nervensystem und Herz. Eine Therapie mit Tetracyclinen ist in der Frühphase am erfolgreichsten.

### 1.1.6 Prionen

Prionen sind infektiöse Eiweißpartikel (»proteinacious infectious particles«), die beim Menschen und bei Säugtieren in ihrer physiologischen Form (PrPc = zelluläres Prionenprotein) v. a. im Nervensystem in geringer Konzentration auch in anderen Organen, vorkommen und sich durch Veränderung ihrer Struktur (Fehlfaltung; PrPSc) in unlösliche Komplexe (Plaques) umwandeln können. PrPSc kann im Sinne einer Kettenreaktion die Fehlfaltung von PrPc in Gang setzen und damit Erkrankungen des zentralen Nervensystems verursachen. Über die Funktion(en) des natürlichen (zellulären) Prionoproteins gibt es keine gesicherten Erkenntnisse.

Normalerweise ist PrPc in der Zellmembran, etwa von Nervenzellen, verankert und zirkuliert zwischen Zelloberfläche und dem Zellinneren. Fehlfaltete Moleküle können nicht abgebaut werden, reichern sich deshalb im Gewebe an und führen zur Zerstörung der betroffenen Zellen. Es ist nicht bekannt, welche Faktoren zu einer Umwandlung des zellulären Prionoproteins in ein infektiöses Prionprotein führen. Prionenerkrankungen sind übertragbar und werden als transmissible, spongiforme Enzephalopathien (TSE, schwammartige Gehirnbereiche) zusammengefasst; sie kommen bei Mensch und Tier vor.

Wichtigste Prionenerkrankung des Menschen ist die **Creutzfeldt-Jakob-Krankheit** (CJK), bei Tieren sind die Traberkrankheit der Schafe (Scrapie) und v. a. der Rinderwahnsinn (bovine spongiforme Enzephalopathie, BSE) von Bedeutung. Im Gegensatz zu Scrapie ist die BSE auf den Menschen übertragbar.

Die Häufigkeit von CJK liegt weltweit bei etwa einem Fall unter einer Million Menschen. Der Erkrankungsgipfel liegt bei 70 Jahren, wichtigste klinische Zeichen sind Bewegungsstörungen (Ataxie), Halluzinationen, Verwirrtheit bis zur Demenz und völlige Antriebslosigkeit.

Durch Aufnahme von PrPSc-haltigem Material ist die CJK von Mensch zu Mensch übertragbar. Ursachen waren in der Vergangenheit kontaminierte Hormonpräparate und Hirnhauttransplantate. Die Übertragung kann aber auch durch chirurgische Instrumente oder durch Transplantate (Hornhaut) von infizierten Spendern erfolgen. Als Risikogewebe im Sinne einer nosokomialen Übertra-

gung sind v. a. das ZNS und das Auge, im Falle der vCJK (Varianten der CJK) auch das lymphatische Gewebe anzusehen. Eine direkte Übertragung von Mensch zu Mensch, etwa im Rahmen sozialer Kontakte oder bei pflegerischen Maßnahmen gilt als ausgeschlossen.

### 1.1.7 Infektionen vermeiden

Die Inaktivierung von Krankheitserregern ist ein bedeutender Anteil der Tätigkeit im Gesundheitswesen, um Mitarbeiter und Patienten nicht zusätzlich zu schädigen.

Dazu benötigen wir geeignete physikalische und chemische Maßnahmen zur Desinfektion, um eine Verbreitung von Infektionserregern einzudämmen.

Unter dem Begriff prophylaktischer (vorbeugender) bzw. therapeutischer **Antiseptik** (anti = gegen, sepsis = Fäulnis) werden Maßnahmen zur Abtötung, Inaktivierung oder Hemmung von Mikroorganismen oder Viren am oder im lebenden Gewebe zusammengefasst.

Als **Desinfektion** (des = gegen, inficere = Infektion) bezeichnen wir eine gezielte Verminderung bestimmter Mikroorganismen durch physikalische oder chemische Prozesse, damit sie keine Infektionen mehr verursachen können, mit dem Ziel, eine Infektionskette zu unterbrechen. Eine Waschung mit Wasser und Seife kann dieses Ziel nicht erreichen!

Der Desinfektionsprozess kann manuell oder maschinell durchgeführt werden, danach hat sich die Anzahl vermehrungsfähiger Mikroorganismen an dem desinfizierten Gegenstand oder der Haut verringert, keimfrei ist das Areal nicht!

Desinfektionsmittel, die am menschlichen Körper angewendet werden, wie Haut-, Schleimhaut- und Händedesinfektionsmittel, dürfen nur benutzt werden, wenn sie durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zugelassen wurden.

Desinfektionsmittel, die der Desinfektion von Medizinprodukten oder deren Zubehör nutzen, werden über das Medizinproduktegesetz (► Abschn. 2.1) erfasst.

Flächendesinfektionsmittel, die nicht zur Anwendung am menschlichen Körper oder für Medizinprodukte bestimmt sind, unterliegen den Regelungen des Chemikaliengesetzes und werden durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BauA) freigegeben.

Gemein ist allen Desinfektionsmitteln, dass sie die Zahl der pathogenen (krankmachenden) Mikroorganismen soweit verringern, wie es die Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie e.V. (DGHM) und die Euro-Norm festgelegt haben.

Das angewendete Desinfektionsmittel muss gut verträglich sein, wenn es auf menschlichem Gewebe benötigt