

ISABEL HAIDER-STRUTZ

.....

Hygiene und Infektionslehre

Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten

.....

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

facultas 

The logo for 'facultas' consists of a series of vertical bars of varying heights, arranged in a pattern that resembles a stylized staircase or a bar chart.

Isabel Haider-Strutz
Hygiene und Infektionslehre

Isabel Haider-Strutz

Hygiene und Infektionslehre

Bakterien, Viren,
Pilze und Parasiten

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

facultas

Dr.ⁱⁿ Isabel Haider-Strutz

Medizinstudium in Graz, Ausbildung zur Ärztin für Allgemeinmedizin an der Klinik Favoriten und am Campus Ottakring in Wien. Langjährige Lehrtätigkeit an der Schule für allgemeine Gesundheits- und Krankenpflege an der Klinik Favoriten, FH-Lektorin an der FH Campus Wien.

Eine geschlechtergerechte Schreibweise wird in diesem Buch vorwiegend durch die abwechselnde Verwendung der weiblichen und männlichen Form erzielt. Es sind dabei stets alle Geschlechter gemeint.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Alle Informationen und Angaben in diesem Buch sind von der Autorin mit größter Sorgfalt gesammelt, bearbeitet und überprüft worden. Da inhaltliche und sachliche Fehler dennoch nicht ausgeschlossen werden können, erklären Autorin und Verlag, dass alle Angaben im Sinne der Produkthaftung ohne Garantie erfolgen und dass Verlag sowie Autorin keinerlei Verantwortung und Haftung für inhaltliche und sachliche Fehler übernehmen.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und der Verbreitung sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

2. Auflage 2022

Copyright © 2014 Facultas Verlags- und Buchhandels AG
facultas Verlag, 1050 Wien, Österreich

Umschlagbild: © BlackJack3D, istockphoto.com

Satz: Florian Spielauer, Wien

Abbildungen: Marianne Pataki

Lektorat: Laura Hödl, Wien

Druck: Facultas Verlags- und Buchhandels AG

Printed in Austria

ISBN [978-3-7089-2252-2](#)

e-ISBN 978-3-99111-604-2

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Infektionslehre und Abwehrreaktionen des Menschlichen Organismus

2 Grundlagen zur Infektionslehre

2.1 Wichtige Begriffe und statistische Größen

2.2 Übertragungswege von Infektionskrankheiten

3 Das Immunsystem

3.1 Grundlagen des Immunsystems

3.2 Erste Abwehrschranke: physikalische und chemische Abwehrmechanismen

3.3 Angeborene unspezifische Abwehr/Immunität

3.3.1 Zelluläre unspezifische Abwehr

3.3.2 Humorale unspezifische Abwehr

3.4 Erworbene spezifische Abwehr/Immunität

3.4.1 Zelluläre spezifische Immunität

3.4.2 Humorale spezifische Immunität

4 Schutzimpfungen

4.1 Arten von Impfungen

4.2 Aktive Immunisierung

4.2.1 Lebendimpfstoffe

4.2.2 Totimpfstoffe

4.2.3 Richtlinien zur Verabreichung von Impfstoffen

4.2.4 Österreichischer Impfkalendar

4.3 Passive Immunisierung

4.4 Bedeutende Namen in der Geschichte der Impfungen und Hygiene

5 Erregernachweis-Methoden

5.1 Direkter Erregernachweis

- 5.1.1 Mikroskopischer Erregernachweis
- 5.1.2 Antigennachweis
- 5.1.3 Molekularbiologische Diagnostik
- 5.1.4 Kultureller Nachweis

5.2 Indirekter Erregernachweis

- 5.2.1 Serologischer Erregernachweis

6 Meldepflichtige Erkrankungen

7 Infektion des menschlichen Organismus und ihre Folgen

7.1 Lokale Zeichen der Entzündung

- 7.1.1 Ablauf der lokalen Entzündungsreaktion

7.2 Systemische Entzündungsreaktionen

- 7.2.1 Folgen der systemischen Ausbreitung von Erregern
- 7.2.2 Allgemeine unspezifische Entzündungsreaktionen

Allgemeine und spezielle Mikrobiologie und Parasitologie

8 Allgemeine Bakteriologie

8.1 Aufbau und Klassifikation von Bakterien

8.2 Stoffwechselformen von Bakterien

8.3 Sauerstoffempfindlichkeit

8.4 Oberflächendifferenzierung

8.5 Bakterienformen

8.6 Verlauf bakterieller Entzündungen

8.7 Therapie bakterieller Infektionskrankheiten

8.8 Resistenzentwicklung gegen Antibiotika

9 Bakterien - Kokken

9.1 Grampositive Kokken

9.1.1 Staphylokokken

9.1.2 Streptokokken

9.2 Gramnegative Kokken - Neisseria

9.2.1 Neisseria meningitidis - Meningokokken

9.2.2 Neisseria gonorrhoeae - Gonokokken

9.2.3 Moraxella

10 Bakterien - Stäbchenbakterien

10.1 Grampositive Stäbchen

10.1.1 Corynebakterium diphtheriae

10.1.2 Listerien

10.1.3 Aktinomycceten

10.1.4 Laktobacillen

10.1.5 Clostridien

10.1.6 Bacillus anthracis

10.1.7 Mykobakterien

10.2 Gramnegative Stäbchen

10.2.1 Bordetella pertussis

10.2.2 Legionella

10.2.3 Haemophilus

10.2.4 Yersinien

10.2.5 Francisella tularensis

10.2.6 Pseudomonas aeruginosa

10.2.7 Salmonellen

10.2.8 Escherichia coli - E. coli

10.2.9 Shigellen

10.2.10 Vibrio cholerae

10.2.11 Nicht-Cholera-Vibrionen

10.2.12 Campylobacter jejuni

10.2.13 Helicobacter pylori

10.3 Schraubenförmige Bakterien - Spirochäten

10.3.1 Borrelien

10.3.2 Treponema pallidum

10.4 Bakterienähnliche Erreger - Intrazellulär wachsende Bakterien

10.4.1 Chlamydien

10.4.2 Mykoplasmen

11 Virologie

11.1 Allgemeines über Viren

11.2 Aufbau von Viren

11.3 Vorgänge in der Wirtszelle

11.4 Übertragungswege viraler Infektionen

11.5 Nachweis von Virusinfektionen

11.5.1 Elektronenmikroskopischer Nachweis

11.5.2 Kultureller Nachweis von Viren

11.5.3 Polymerase Chain Reaction (PCR) – Polymerase-Kettenreaktion

11.5.4 Immunfluoreszenz

11.5.5 Serologischer Antikörperrnachweis

11.6 Therapie von Virusinfektionen

11.7 Systematik der Viren

12 Bekapselte DNA-Viren (mit Hülle)

12.1 Hepatitis-B-Virus

12.2 Hepatitis-D-Virus

12.3 Humane Herpesviren (HHV)

12.3.1 Herpes-simplex-Viren (HHV 1, HHV 2)

12.3.2 Varicella-Zoster-Virus (HHV3, VZV)

12.3.3 Epstein-Barr-Virus (HHV4, EBV)

12.3.4 Cytomegalie-Virus (HHV5)

12.3.5 Humanes Herpesvirus 6 und 7

12.4 Poxvirus

13 DNA-Viren ohne Hülle

13.1 Adenovirus

13.2 Humane Papillomaviren

13.3 Parvovirus B 19

14 RNA-Viren mit Hülle

14.1 FSME-Virus

14.2 Gelbfiebervirus

14.3 Dengue-Virus

14.4 Zika-Virus

14.5 West-Nil-Virus

14.6 Hepatitis-C-Virus (HCV)

14.7 Humanes Immundefizienz-Virus (HIV)

14.8 Rötelnvirus

14.9 Hantavirus

14.10 Coronavirus

14.10.1 SARS-Coronavirus 1

14.10.2 MERS-Coronavirus

14.10.3 SARS-Coronavirus 2

14.11 Ebolavirus und Marburgvirus

14.12 Influenzaviren

14.13 Parainfluenzavirus

14.14 Masernvirus

14.15 Mumpsvirus

14.16 Respiratorisches Synzytial-Virus (RSV)

14.17 Tollwutvirus

15 RNA-Viren ohne Hülle

15.1 Norovirus

15.2 Rotavirus

15.3 Enteroviren

15.3.1 Coxsackievirus

15.3.2 ECHO-Viren

15.3.3 Poliovirus

15.3.4 Rhinoviren

15.4 Hepatitis-A-Virus

16 Prionen

17 Pilze

17.1 Hautpilze (Dermatophyten)

17.2 Sprosspilze, Hefepilze

17.2.1 Candida albicans

17.2.2 Cryptococcus neoformans

17.3 Schimmelpilze

- 17.3.1 Aspergillus fumigatus
- 17.3.2 Aspergillus flavus
- 17.3.3 Exkurs: Pneumocystis carinii (jiroveci)

18 Parasiten

18.1 Einzellige Parasiten

- 18.1.1 Giardia duodenalis (Lambliia duodenalis)
- 18.1.2 Trichomonaden
- 18.1.3 Entamoeba histolytica
- 18.1.4 Toxoplasma gondii
- 18.1.5 Plasmodien

18.2 Mehrzellige Parasiten

- 18.2.1 Krätzmilbe (Skabies)
- 18.2.2 Saugwürmer
- 18.2.3 Bandwürmer (Cestoden)
- 18.2.4 Rundwürmer (Nematoden)
- 18.2.5 Madenwürmer (Oxyuren)

Anhang:

Übersicht über bakterielle und virale Erkrankungen

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

Die Mikrobiologie ist die Lehre von Kleinstorganismen, die nicht mit freiem Auge sichtbar sind. Bei Eindringen in den menschlichen Körper können sie Infektionskrankheiten und auch Folgeerkrankungen auslösen. Zu diesen Krankheitserregern zählen unterschiedliche Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze, Protozoen und mit Einschränkungen die Viren, die keine vollständige Zellstruktur besitzen und daher nicht die Kriterien eines Lebewesens erfüllen.

In diesem Buch werden auch die Prionen behandelt, bei denen es sich nicht um Erreger, sondern um überaus widerstandsfähige pathogene Eiweißmoleküle handelt, die einerseits im Körper selbst entstehen können, aber auch übertragbar sind.

In den folgenden Kapiteln sollen die wichtigsten belebten Krankheitsorganismen, ihre Reaktionen, die sie im menschlichen Körper hervorrufen können, ihre unterschiedlichen Nachweismethoden und die Schutzmechanismen, über die der Organismus gegen sie verfügt, besprochen werden.

Von großem Interesse sind aber auch Makroorganismen wie menschenpathogene Parasiten, die großen Krankheitswert besitzen und deshalb, obwohl sie natürlich nicht Teil der Mikrobiologie sind, in diesem Buch abgehandelt werden.

An den Anfang des Buches wurde neben einigen wichtigen Grundlagen das Kapitel „Das Immunsystem“ (siehe [Kap. 3](#)) gestellt. Um die Vorgänge im Körper zu verstehen, die durch das Eindringen von Krankheitserregern in den Organismus ausgelöst werden, muss zuerst das Immunsystem des Menschen mit all seinen unterschiedlichen Ebenen erfasst werden. Es ist deshalb empfehlenswert, dieses Kapitel nicht zu überblättern und es der Lektüre der eigentlichen Erregerlehre voranzustellen.

Nach allgemeinen Fakten zu den unterschiedlichen Erregergruppen werden die einzelnen Erreger nach einem systematischen Schema behandelt, wobei auf Übertragungswege, die wichtigsten Krankheitsbilder, Inkubationszeit, Nachweismethoden, etwaige Möglichkeiten der Prophylaxe und auf Therapiemöglichkeiten eingegangen wird.

In Tabellen werden die Erreger zudem übersichtlich geordnet dargestellt.

Besonders gekennzeichnete Merksätze sollen auf wichtige Fakten hinweisen.

Infektionslehre und Abwehrreaktionen des Menschlichen Organismus

2 Grundlagen zur Infektionslehre

2.1 Wichtige Begriffe und statistische Größen

Zu Beginn der Lektüre sollen einige immer wiederkehrende wichtige Begriffe, die mit der Übertragung, der Ausbreitung und der Bekämpfung von Infektionserkrankungen im Zusammenhang stehen, erläutert werden.

Infektion: Eindringen des Erregers in den Organismus und dessen Vermehrung

Infektionskrankheit: eine durch einen Erreger hervorgerufene Erkrankung

Latente Infektion: eine Infektion, bei der der Organismus nicht erkrankt, den Erreger aber auch nicht besiegt – Virulenz des Erregers und Resistenz des befallenen Organismus halten sich die Waage

Manifeste Infektion: eine Infektion, bei der der Organismus erkrankt – die Virulenz des Erregers überwiegt die Resistenz des betroffenen Organismus

Inapparente Infektion: eine Infektion, bei der der Organismus den Erreger, ohne zu erkranken, besiegt – die Resistenz des Organismus überwiegt die Virulenz des Erregers

Stille Feiung: die Bildung von Antikörpern, die durch Kontakt des Organismus mit einem Erreger ausgelöst wurde, ohne dass es zu Symptomen gekommen ist

Endogene Infektion: bei herabgesetzter Immunabwehr oder wenn harmlose körpereigene Erreger ihre natürliche Umgebung verlassen, können auch die Bakterien der Haut- oder der Darmflora Ursache von Infektionen werden

Exogene Infektion: Infektion durch Erreger, die von außen in den Körper eingedrungen sind

Superinfektion: Infektion durch einen zweiten Erreger, die unmittelbar nach einer Erstinfektion auftritt (Beispiel: Haemophilus influenzae Bronchitis nach einer durch Influenzaviren hervorgerufenen Grippe)

Mischinfektion: zeitgleiche Infektion durch unterschiedliche Erreger

Inkubationszeit: die Zeitspanne, die zwischen dem Zeitpunkt der Infektion und dem Auftreten der ersten Symptome liegt

Erregerreservoir: eine ökologische Nische, wie z. B. menschliche, tierische und pflanzliche Organismen oder Biotope (Erde, Gewässer ...), in der sich Krankheitserreger sammeln und vermehren und von der neue Infektionen ausgehen können

Morbidity: Anzahl der Erkrankten pro Bevölkerungskollektiv (meist 100.000 Einwohner und Einwohnerinnen)

Mortality: Anzahl der an einer Krankheit Verstorbenen pro Bevölkerungskollektiv (meist 100.000 Einwohner und Einwohnerinnen)

Letality: die Anzahl der Verstorbenen im Verhältnis zu den an einer Krankheit Erkrankten

Virulenz: Aggressivität eines Erregers, Ansteckungsfähigkeit

Resistenz: Widerstandskraft des Organismus gegen schädigende Einflüsse

Kolonisation: Besiedelung der Haut und Schleimhäute mit Mikroorganismen, die keine oder nur geringe Pathogenität aufweisen (körpereigene Flora, Normalflora); bei intakter Haut und Schleimhaut und bei intakter Abwehrlage geht von diesen Erregern keine Gefahr aus

Kommensalismus: das Zusammenleben unterschiedlicher Organismen, bei dem ein Organismus einen Nutzen daraus zieht, ohne den anderen zu schädigen; der Nutznießer wird als „Kommensale“ bezeichnet, der andere als „Wirt“

Parasitismus: bei dieser Form des Zusammenlebens unterschiedlicher Organismen profitiert der „Parasit“ zu Lasten des „Wirts“; er schädigt ihn

Antigen: Substanzen, meistens Proteine, seltener Kohlenhydrate oder Lipide, an die sich Antikörper binden; Antigene werden vom Körper (als fremd) erkannt und sein Immunsystem kann darauf reagieren

Antikörper: Proteine, die von Plasmazellen gebildet werden und sich an Antigene binden; sie sind die Träger der spezifischen humoralen Abwehr

Immunglobuline: Summe aller Antikörper, sie werden von den Plasmazellen gebildet

Lyse: bedeutet „Auflösen“, in der Mikrobiologie Auflösen von Erregern

Chemotaxis: Anlocken von Abwehrzellen an den Ort der Entzündung durch das Ausschütten von Botenstoffen

Opsonierung (Opsonisierung): „Schmackhaftmachen“ oder Markieren von Mikroorganismen durch Antikörper zum

Zwecke der Phagozytose durch Fresszellen

Endotoxine: schädliche Substanzen (Gifte) in der Zellwand gramnegativer Bakterien, die bei Zerfall frei werden; sie können einen Endotoxinschock auslösen, wenn es durch Antibiotikabehandlung zu einem massiven Absterben von Bakterien kommt

Exotoxine: Gifte, die von lebenden Erregern produziert und freigesetzt werden; sie sind bei vielen Erregern die eigentliche pathogene Komponente (Tetanus, Botulismus)

2.2 Übertragungswege von Infektionskrankheiten

Erreger können auf unterschiedlichen Wegen in den menschlichen Organismus eindringen, um dort ihre pathogene Wirkung zu entfalten. Die Erreger können durch direkten Kontakt (Kontaktinfektion) und über Medien wie Luft oder Wasser von Mensch/Tier zum Menschen oder über Vektoren wie Läuse, Flöhe, Milben oder Zecken übertragen werden. Erreger können aber auch von der natürlichen Flora des Menschen stammen, man spricht dann von einer endogenen Infektion.

Formen der Übertragung

- ▶ **Aerogene Infektion/Tröpfcheninfektion/Aerosole:** Übertragung „über die Luft“; die Erreger gelangen durch Niesen, Husten oder sogar Sprechen in die Atemwege anderer Menschen. Aerosole sind Gemische aus sehr kleinen Partikeln in der Atemluft; durch die Kleinheit der erregerhaltigen Tröpfchen schweben diese sehr lange in der Luft, was die Ansteckungsgefahr besonders in Innenräumen erhöht.

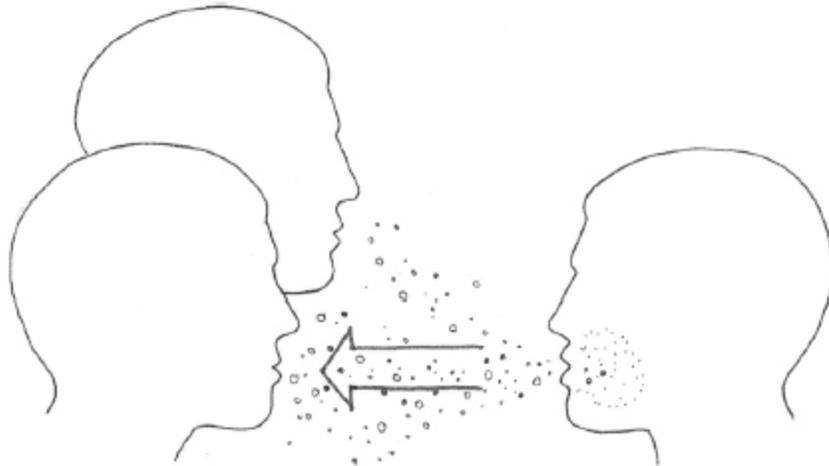


Abbildung 1: Tröpfcheninfektion

- ▶ **Schmierinfektion:** Durch Schmierinfektion können Erreger aus dem Stuhl, aber auch Keime aus Eiter oder anderen Körpersekreten andere Menschen infizieren.

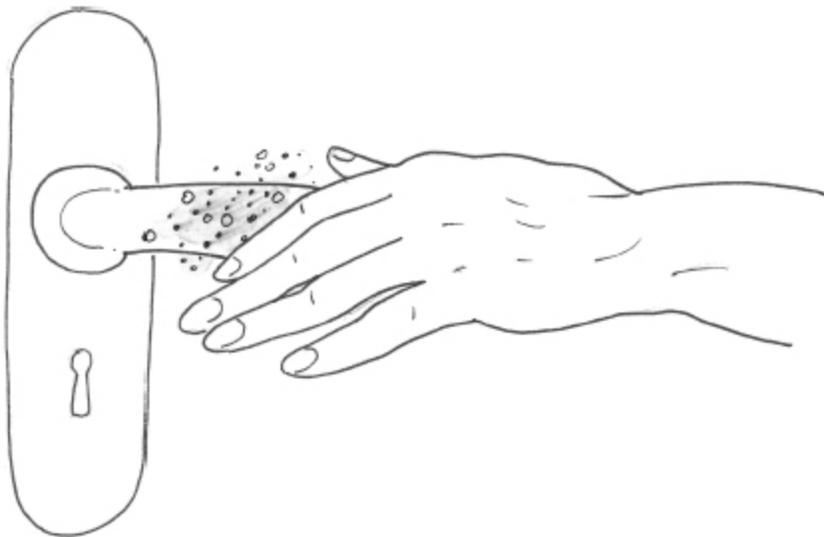


Abbildung 2: Schmierinfektion

- ▶ **Fäkal-orale Infektion:** Die Erreger werden durch mit Stuhl verschmutzte Hände oder Gegenstände übertragen und über den Mund aufgenommen.
- ▶ **Sexuelle Infektion:** Viele Erreger werden über Schleimhäute beim Geschlechtsverkehr übertragen. Auf

diesem Weg werden nicht nur die typischen Geschlechtskrankheiten wie Lues oder Tripper verbreitet, sondern auch andere Krankheiten, wie etwa die Hepatitis B oder Feuchtwarzen. Man spricht von STDs, den „sexually transmitted diseases“, also den sexuell übertragbaren Erkrankungen.

- ▶ **Parenterale Infektion:** Erreger können über kontaminierte Nadeln oder chirurgische Instrumente direkt in das Blut des Menschen übertragen werden. Diese Übertragungswege spielen vor allem im Drogenmilieu und bei Verletzungen durch gebrauchte Nadeln im Krankenhaus eine große Rolle (parenteral bedeutet wörtlich „am Darm vorbei“).

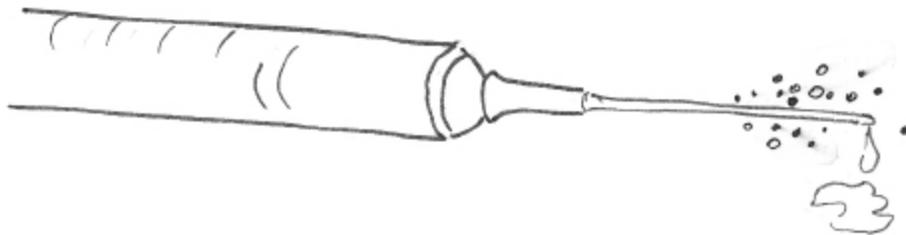


Abbildung 3: Parenterale Infektion

- ▶ **Diaplazentare/vertikale Infektion:** Einige Erreger können die Plazentaschranke überwinden und Infektionen des ungeborenen Kindes hervorrufen, was zu schweren Erkrankungen und Entwicklungsstörungen führen kann.
- ▶ **Zoonosen:** Übertragung von Infektionskrankheiten zwischen Menschen und Tieren.

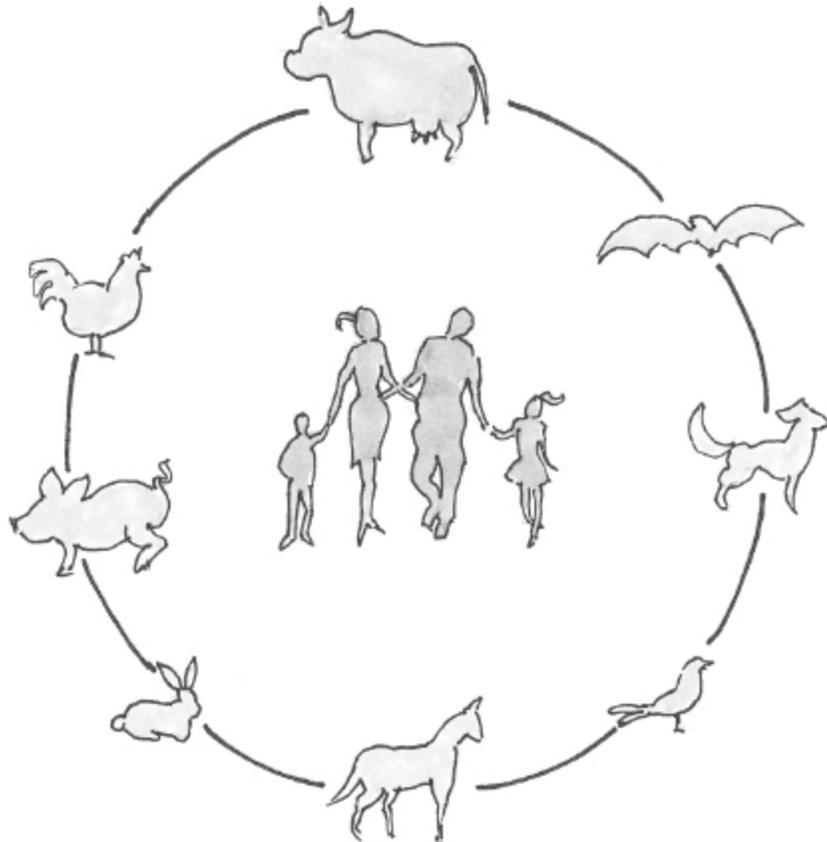


Abbildung 4: Zoonose

- ▶ **Opportunistische Infektion:** Infektion durch fakultativ pathogene Erreger.
- ▶ **Übertragung durch Vektoren:** Vektoren sind lebende Organismen, die Krankheitserreger von einem Organismus (Mensch oder Tier) auf einen anderen Menschen oder ein Tier übertragen. Der Vektor selbst erkrankt dabei nicht. Zahlreiche Spinnentiere und Insekten können Krankheitserreger durch Biss oder Stich, einige Säugetiere durch Speichel oder Ausscheidungsprodukte wie Urin oder Stuhl, an andere Lebewesen weitergeben. Im Folgenden sind neben einigen wichtigen Vektoren und den Krankheiten, die sie übertragen, auch häufige Hautparasiten (Ektoparasiten) erwähnt.

- ▶ **Zecken** sind Spinnentiere, welche durch ihren Speichel beim Stich eines Menschen sowohl das FSME-Virus als auch Borrelien übertragen können. In unseren Breiten ist vor allem die Schildzecke (gemeiner Holzbock) heimisch.
- ▶ **Stechmücken** übertragen, wie vom Namen leicht abzuleiten ist, Krankheitserreger über Stiche, die vornehmlich von weiblichen Stechmücken ausgeführt werden. So überträgt die *Anophelesmücke* die Malaria, verschiedene *Aedesarten* (*Aedes aegypti* - Gelbfiebermücke, Tigermücke) sind die Überträger des Gelbfieber- und des Dengue-Virus. Zahlreiche Mückenarten, auch die in Mitteleuropa beheimatete gemeine Stechmücke, sind an der Übertragung des West-Nil-Fiebers beteiligt, Tse-Tse-Fliegen übertragen Trypanosomen, welche in Afrika die Schlafkrankheit verursachen.
- ▶ **Flöhe** befallen viele Säugetiere und auch den Menschen. Nicht alle sind Vektoren von Infektionskrankheiten, bei allen ist der Biss jedoch Quelle von juckenden Hauteffloreszenzen, die auch zu lokalen Entzündungsreaktionen führen können. Einige Nagetierflöhe, wie der Rattenfloh, übertragen auch durchaus schwere Erkrankungen wie die Pest.
- ▶ **Läuse und Wanzen** sind ebenfalls blutsaugende Insekten, übertragen aber in der Regel keine Krankheitserreger. Wanzenbisse zeichnen sich meist durch eine kettenförmige Anordnung juckender Quaddeln aus, Läuse verursachen juckende Stiche am Kopf (Kopflaus); im Genitalbereich und an anderen behaarten Körperstellen (Achsel, Nabelgegend) siedeln sich Filzläuse an, Kleiderläuse können den ganzen Körper betreffen.
- ▶ **Grabmilben** leben in der menschlichen Epidermis und verursachen hartnäckige, hoch infektiöse

Hautausschläge. Sie sind die Erreger der Skabies (Krätze) und gehören ebenfalls den Spinnentieren an.

- ▶ Unter den Nagetieren ist in unseren Breiten vor allem die Rötelmaus hervorzuheben, die über ihre Exkremente das Hantavirus ausscheidet, das beim Menschen ein hämorrhagisches Fieber mit Nierenversagen hervorrufen kann.

3 Das Immunsystem

3.1 Grundlagen des Immunsystems

Der menschliche Organismus besitzt ein ausgeklügeltes Abwehrsystem, um Mikroorganismen wie Bakterien, Viren, Pilzen und einzelligen Parasiten, aber auch mehrzelligen Parasiten wie Würmern oder Egel n entgegenzutreten zu können. Ein Teil unseres Immunsystems erlernt erst im Laufe des Lebens, Abwehrstoffe gegen eingedrungene Erreger zu bilden; ein anderer Teil schützt uns schon im Mutterleib und in den ersten Wochen nach der Geburt. Angeborene oder erworbene Immundefizite lassen alltägliche Erreger, die für Gesunde kein Erkrankungs-potenzial besitzen, oft zu einer lebensbedrohlichen Gefahr werden.

Das menschliche Immunsystem besteht aus unterschiedlichen Ebenen, die hintereinandergeschaltet sind und sich durch komplexe Mechanismen gegenseitig beeinflussen. So unterscheiden wir eine **erste physikalische Abwehrschranke**, eine **angeborene unspezifische Abwehr** und eine **erworbene, spezifische Abwehr**. Die Begriffe Abwehr(system) und Immun(system) werden synonym verwendet.

Eine intakte **erste Abwehrschranke** kann einen Erreger am Eindringen in den menschlichen Organismus hindern und so von vornherein eine Infektion unmöglich machen. Wird diese Schranke aber durchbrochen – sei es, weil sie auf die eine oder andere Art „durchlässig“ geworden ist oder

wegen der hohen krankmachenden Kompetenz eines Erregers - werden in der Folge zwei hintereinandergeschaltete und dennoch interferierende Abwehrsysteme, die **angeborene** und die **erworbene Immunität**, aktiv. Beide Arten besitzen sowohl einen **zellulären** als auch einen humoralen (stofflichen) Anteil.



Abbildung 5: Grundlagen der spezifischen und der unspezifischen Abwehr

3.2 Erste Abwehrrschranke: physikalische und chemische Abwehrmechanismen

Alle äußeren und inneren Oberflächen des menschlichen Körpers werden von einer mehr oder weniger robusten Epithelschicht nach außen abgeschlossen, die unterschiedlichste Sekrete und Enzyme zum Schutz des Organismus absondert. Die äußere Haut verfügt über

mehrschichtig übereinander angeordnete Plattenepithellagen, deren oberste Schicht zusätzlich noch verhornt ist. Zusammen mit dem sogenannten Säureschutzmantel, der aus Sekreten von Talg- und Schweißdrüsen besteht, bildet dieses mehrschichtig verhornte Plattenepithel eine zuverlässige mechanische Barriere gegen das Eindringen von Erregern.

Innere Oberflächen des Verdauungstraktes und der Atemwege sind mit unverhornten hochprismatischen Epithelien ausgekleidet, die nicht die gleichen mechanischen Voraussetzungen bieten wie die äußere Haut. Im Magen erzeugt jedoch die Sekretion von Salzsäure aus den Belegzellen ein Milieu, das die mit der Nahrung aufgenommenen Krankheitserreger weitgehend abtötet; außerdem schützt die physiologische Darmflora vor unerwünschtem Bakterienwachstum. Zusätzlich befördern wellenförmige Bewegungen, die sogenannte Peristaltik, den mit reichlich Fäulnisbakterien versetzten Speisebrei stetig in Richtung Darmausgang. Die durch diesen Vorgang kurz gehaltenen Kontaktzeiten mit der Verdauungsschleimhaut mindern die Infektionsgefahr.

In den Atemwegen transportieren die Flimmerhärchen Schleim, eingeatmete Erreger und Fremdkörper in den Rachen, bevor sie in tiefere Lungenabschnitte gelangen können; so werden Schadstoffe in der Regel verschluckt und in der Folge verdaut.

Als Normalflora werden Bakterien bezeichnet, die physiologisch sowohl auf der Haut als auch auf den Schleimhäuten vorkommen. Diese für Immunkompetente apathogenen Keime verhindern durch Konkurrenz um Nährstoffe die Besiedlung dieser Häute mit pathogenen Erregern. Zur Normalflora werden die Döderleinflora in der Vagina und die physiologischen Darmbakterien (Laktobazillen) gezählt. Werden diese Kulturen etwa durch

häufige Antibiotikaeinnahme zerstört, droht die Ausbreitung von potenziell krankmachenden Keimen (Clostridium difficile).

Enzyme, die mit Sekreten ausgeschieden werden, wie die Lysozyme in der Tränenflüssigkeit und Defensine in Epithelzellen, greifen Erreger wiederum direkt an und schützen so den Organismus vor deren Eindringen.

3.3 Angeborene unspezifische Abwehr/Immunität

Die angeborene Abwehr schützt von Anfang an unspezifisch, das heißt nicht selektiv, sondern gegen alle Erreger gleichermaßen. Dieser Anteil des Immunsystems reagiert auch schnell bei Erstkontakt ohne die Bildung von Antikörpern auf jeden (mikrobiellen) Erreger, der in den menschlichen Organismus eingedrungen ist. Wir unterscheiden eine zelluläre und eine humorale bzw. stoffliche Komponente. Zu erwähnen ist, dass das unspezifische Abwehrsystem keine Gedächtnisfunktion besitzt.

3.3.1 Zelluläre unspezifische Abwehr

Die Träger der zellulären angeborenen Immunität sind die neutrophilen, die eosinophilen und die basophilen Granulozyten sowie die Monozyten, die natürlichen Killerzellen und die dendritischen Zellen. Unter ihnen findet man Fresszellen (Phagozyten) und Zellen, die durch Substanzen direkt toxisch auf Eindringlinge wirken oder Entzündungsreaktionen in Gang bringen.

3.3.1.1 Granulozyten

Die polymorphe Zellgruppe der Granulozyten trägt ihren Namen wegen des Vorhandenseins kleiner Körnchen (Granula) in ihrem Zytoplasma, aus denen verschiedene Substanzen freigesetzt werden können, die der Verteidigung gegen Eindringlinge dienen. Die Granulozyten entwickeln sich aus der myeloischen Knochenmarksstammzelle des roten Knochenmarks, sie unterscheiden sich in der Färbbarkeit ihrer Granula und natürlich in ihren Funktionen. Es werden die neutrophilen, die eosinopholen und die basophilen Granulozyten unterschieden.

Neutrophile Granulozyten haben nur blass anfärbbare Granula in ihrem Zytoplasma, die Enzyme zum Abbau von Bakterien enthalten. Neutrophile sind Mikrophagen, das heißt, sie phagozytieren kleine Partikel wie eben Bakterien und „verpacken“ sie in Vakuolen, die mit den Granula verschmelzen, wodurch die Erreger durch die dort enthaltenen Enzyme verdaut werden. Die phagozytierten Bakterien bilden gemeinsam mit nekrotischem Gewebe und den bei diesem Vorgang zugrunde gegangenen Granulozyten den Eiter. Sie sind demnach die typischen Zellen bakterieller Infektionen, sie sind **Eiterbildner**.

Eosinophile Granulozyten imponieren durch ihre großen, leuchtend rot färbbaren Granula, die Toxine zur Abwehr von Parasiten enthalten. Sie greifen eingedrungene Parasiten direkt an und schädigen diese. Zusätzlich sind sie bei allergischen Reaktionen im Blut erhöht (Eosinophilie), sie haben auch geringe phagozytäre Eigenschaften.

Basophile Granulozyten unterscheiden sich im gefärbten Blutaussstrich durch ihre blauen Granula, die Histamin und Heparin enthalten. Histamin wirkt gefäßerweiternd und Heparin hemmt die Blutgerinnung, wodurch es zu den typischen Symptomen der Gefäßerweiterung und der Ödembildung bei allergischen Reaktionen vom Soforttyp, wie dem anaphylaktischen Schock, kommt.

3.3.1.2 Monozyten

Die Monozyten sind die größten Abwehrzellen und entstammen ebenfalls der myeloischen Reihe des roten Knochenmarks. Sie sind nur wenige Tage im peripheren Blut anzutreffen, da sie in verschiedene Gewebe auswandern und dort als ortsansässige Makrophagen ihrer Abwehrfunktion nachkommen. So kommen sie etwa in den Lebersinusoiden als Kupffer'sche Sternzellen und in der Lunge als Alveolarmakrophagen vor. Sie phagozytieren auch Antigene, die sie dann als antigenpräsentierende Zellen dem spezifischen Abwehrsystem zuführen.

3.3.1.3 Natürliche Killerzellen

Sie entstammen der lymphatischen Knochenmarkszelle. NK erkennen mit Viren befallene Zellen und bösartig veränderte Körperzellen und leiten die Apoptose dieser Zellen ein.

3.3.1.4 Dendritische Zellen

Dendritische Zellen phagozytieren fremde Antigene und präsentieren diese den Lymphozyten, wodurch eine spezifische Immunreaktion eingeleitet wird. Gemeinsam mit den Monozyten zählt man sie zu den „antigenpräsentierenden Zellen“, die ein wesentliches Verbindungsglied zwischen unspezifischer und spezifischer Immunität darstellen.

3.3.2 Humorale unspezifische Abwehr

Die Funktion der humoralen unspezifischen Immunität unterliegt verschiedenen stofflichen Komponenten in den Körperflüssigkeiten. Sie wirken neben ihrer direkten Abwehrtätigkeit auch modulierend auf andere Schienen der spezifischen und der unspezifischen Abwehr ein. Zur humoralen unspezifischen Abwehr zählen das

Komplementsystem, die Lysozyme, die Zytokine, die Interleukine und die Interferone.

Das **Komplementsystem** besteht aus einer Reihe von Proteinen im Plasma, die bei Immunreaktionen kaskadenartig aktiviert werden, wodurch verschiedene Reaktionen wie die Opsonierung (das Schmackhaftmachen von Erregern für Abwehrzellen), die Phagozytose, die Lyse (das Auflösen) von Erregern und die Chemotaxis (das Anlocken von Abwehrzellen an den Entzündungsort) ausgelöst werden. Es greift auch modulierend in das spezifische Abwehrsystem ein.

Akute-Phase-Proteine, wie das C-reaktive Protein (CRP), können bei Entzündungsreaktionen im Blut ansteigen, aber auch absinken. Sie aktivieren das Komplementsystem und bewirken die Opsonierung von Erregern. Das CRP wird als Marker im Verlauf systemischer bakterieller Entzündungen herangezogen.

Interleukine sind Proteine, die in unterschiedlichen Zellen der Immunabwehr gebildet werden. Sie können die Teilung, Ausreifung und Differenzierung von Leukozyten bewirken und die zellgebundene Abwehr modulieren.

Interferone werden von virusbefallenen Zellen gebildet, mit dem Ziel, noch gesunde, nicht befallene Zellen vor dem Virus zu schützen.

3.4 Erworbene spezifische Abwehr/Immunität

Wie das angeborene Abwehrsystem verfügt auch das erworbene Immunsystem über eine zelluläre und eine humorale Komponente. Die beiden Abwehrsysteme unterscheiden sich aber insofern voneinander, als sich die