



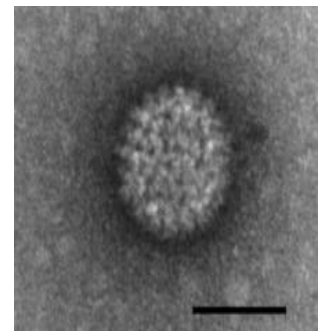
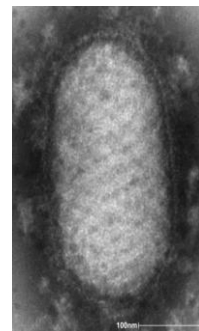
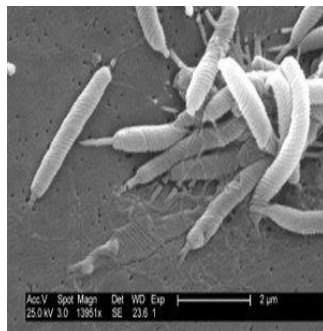
Atenschutz Lexikon



Mikroorganismen

Einteilung, Beschreibung, Wirkungsweisen

Autorin: Dr. Catrin Bleul, Labor für Mikrobiologie und Hygien Hoyerswerda



Bilderquellen: Dr. C. Bleul, W. Gabler, Wikipedia, angegebenen Quellen

unterstützt von **Dräger**

1. Grundlagen der Mikrobiologie und Mikroorganismen

1.1. Geschichte der Mikrobiologie

Mikroorganismen wurden aufgrund ihrer geringen Größe erst 1676 entdeckt von Antonie van Leeuwenhoek und Robert Hook. Beide konstruierten und bauten Mikroskope und erkannten die Mikroorganismen bei den Test an ihren Geräten .

Aber die Anwendung der Mikroorganismen erfolgte schon bedeutend länger, z.B. bei den folgenden Prozessen:

- die Haltbarmachung leicht verderblicher Lebensmittel durch Ansäuerung mittels Milchsäurebakterien, z. B. Sauerkraut
- Herstellung von Dauerwürsten wie Salami und von Käse
- alkoholische Gärung von Fruchtsaft.

Weitere bekannte Forscher, die großen Einfluss auf die Mikrobiologie hatten, waren

- **Louis Pasteur**, der herausfand, dass Mikroorganismen durch Hitze zerstört werden können und sich so Gärungsprozesse bei Lebensmitteln abbrechen lassen. Damit entwickelte er das Verfahrens der Pasteurisierung durch Erhitzen von in Gläsern befindlichen Nahrungsmitteln auf 60–85 °C. Darüber hinaus entwickelte er die bis dahin gültige Theorie von der Urzeugung, die von einer spontanen Entstehung der Mikroorganismen ausging
- **Robert Koch**, der erste, der systematisch nach Mikroorganismen suchte und dabei 1882 den Erreger der Tuberkulose fand. Dafür erhielt er später den Nobelpreis. Er entwickelte feste Nährmedien zur Kultivierung von Mikroorganismen und setzte zunächst Kartoffelscheiben, später Gelatine, ein, um flüssige Nährmedien zu verfestigen. Er führte schließlich den Agar als Mittel zur Verfestigung von Nährmedien ein.

Heute zählen folgende Teilgebiete zur Mikrobiologie:

- Bakteriologie → Bakterien
- Mykologie → Pilze
- Protozoologie → Einzeller
- Phykologie → Algen
- Virologie → Viren = eigentlich keine Mikroorganismen, sonder Eiweißbausteine

1.2. Begriff und Bedeutung der Mikroorganismen

Unter einem Mikroorganismus versteht man jeden Organismus, der kleiner ist, als die Auflösungsgrenze des Auges, also weniger als 1mm lang ist. Darunter zählen z.B. Bakterien, Archebakterien (Archea), Blaualgen (heute richtiger Name: Cyanobakterien) und Einzeller sowie einige Algen und Pilze.

Sehr viele Mikroorganismen sind Erreger von Infektionskrankheiten. Die bezeichnet man als pathogene Mikroorganismen. Das können sein Bakterien, Parasiten, Pilze und parasitisch lebende Würmer.

Auch Viren und Prionen verursachen bekanntermaßen Krankheiten. Sie zählen jedoch nicht zu den Mikroorganismen.

Die Bedeutung der Mikroorganismen in der modernen Welt ist im Wachsen (Bild 1). Ihre Oft werden sie schon als nachwachsende Rohstoffe bezeichnet.



Bild 1: Bedeutung von Mikroorganismen in Landwirtschaft, bei Krankheiten, bei Lebensmitteln, für die Energiegewinnung / Umwelt und in der Biotechnologie

Weiterführende Erläuterungen enthält Abschnitt 3.

1.3 Hygiene

1.3.1 Begriff Hygiene

Hygiene ist als eine relativ junge Wissenschaft (siehe Punkt 1) ein Teilgebiet der Medizin. Sie wurden vor allem von Pasteur, von Pettenkofer und Koch begründet

Die Hygiene beschäftigt sich mit der gewohnheitsmäßigen Umgebung des Menschen und

- dient vorbeugend der Gesunderhaltung
- dient der Verhütung von Krankheiten sowie der Abwehr schädlicher Einflüsse
- bewirkt die Erhaltung des Wohlbefindens und der Gesundheit.

Die Hygiene umfasst die Teilgebiete:

- Hygiene der Ernährung und der Nahrung
- Umwelthygiene
- Hygiene zur Verhütung von Infektionen

Merke: Hygienemaßnahmen sind wichtig

- um die Übertragung und Ausbreitung von Bakterien im täglichen Leben, besonders aber in Krankenhäusern und anderen sensiblen Bereichen zu verhindern
- Hygiene beginnt beim Händewaschen, so können Bakterienübertragungen vermieden werden

Merke: Hygienemaßnahmen sollten immer ausgewogen sein

- exzessives Waschen kann ein Ungleichgewicht der normalen Mikroflora auf der Haut verursachen. Dadurch trocknet die Haut aus und wird spröde. Das vergrößert die Anfälligkeit für Infektionen
- Hygiene beginnt bereits morgens nach dem Aufstehen... und endet nicht vor dem zu Bett gehen.

1.3.2 Hygieneanforderungen

Grundanforderung der Hygiene ist der Schutz vor Erregern. Die können Krankheiten verursachen. Der Schutz vor Ihnen ist also eine Grundanforderung der Hygiene. Sie lässt sich umsetzen durch:

- geeignete Schutzkleidung
- fachlich richtige Reinigung und Desinfektion
- Sterilisation

Voraussetzungen für das Erreichen hygienischer Anforderungen sind:

- Wissen um und über den Erreger
- Wissen um die Ausbreitung und um Ausbreitungswege
- Wissen, was gegen die Ausbreitung zu tun ist
- sich bewusst sein, dass es sich um Infektionen – infektiöses Material – handelt
- Wissen, wie man mit infektiösem Material umgeht

2 Biologie

2.1 Biologie als Kennzeichen des Lebens

Biologie ist die Lehre von den Lebewesen, von den Eigenschaften der Lebewesen, die die belebte von der unbelebten Materie unterscheiden. Zu den Kennzeichen des Lebens zählen:

- organische Moleküle
- zelluläre Strukturen
- Stoff- und Energiewechsel
- Vermehrung durch Zellteilung
- Wachstum
- Fortpflanzung und Entwicklung (Evolution)
- Reizbarkeit und Kommunikation

Solche Kennzeichen weisen sehr viele Erdbewohner aus. Man spricht deshalb auch von der Artenvielfalt, die auf unserem Planeten herrscht.



Bild 2: Artenvielfalt (Quelle: R. Amann, MPI für marine Mikrobiologie, Bremen)

2.2 Begriff Zelle

Zellen wurden das erste Mal von Robert Hooke (1635 - 1705) in Kork, England entdeckt.

Merke: Zellen sind die kleinsten Einheiten des Lebens

Schwann und Schleiden postulieren 1838, dass alle Organismen aus Zellen bestehen. Das wurde später bestätigt. Die Wissenschaft und Lehre von den Zellen der Lebewesen wird Zellbiologie bzw. Cytologie genannt.

Heute ist bekannt, dass Zellen ein strukturell abgegrenztes, selbstständiges und selbsterhaltendes System sind. Zellen können Nährstoffe aufnehmen und die sowie deren Energie mit Hilfe des Stoffwechsels für sich nutzen.

Manche Organismen, z. B. die Bakterien, bestehen nur aus einer einzigen Zelle. Vielzeller sind Organismen, bei denen mehrere Zellen zu einem funktionellen Verband, das Gewebe, verbunden sind. So besteht der Mensch z. B. aus hunderten verschiedenen Zell- und Gewebetypen, z. B. Sinneszellen und Bindegewebe. In den Geweben teilen sich die Zellen in die Gewebefunktion und sind meist allein nicht überlebensfähig.

2.3 Zellformen

2.3.1 Zellformen

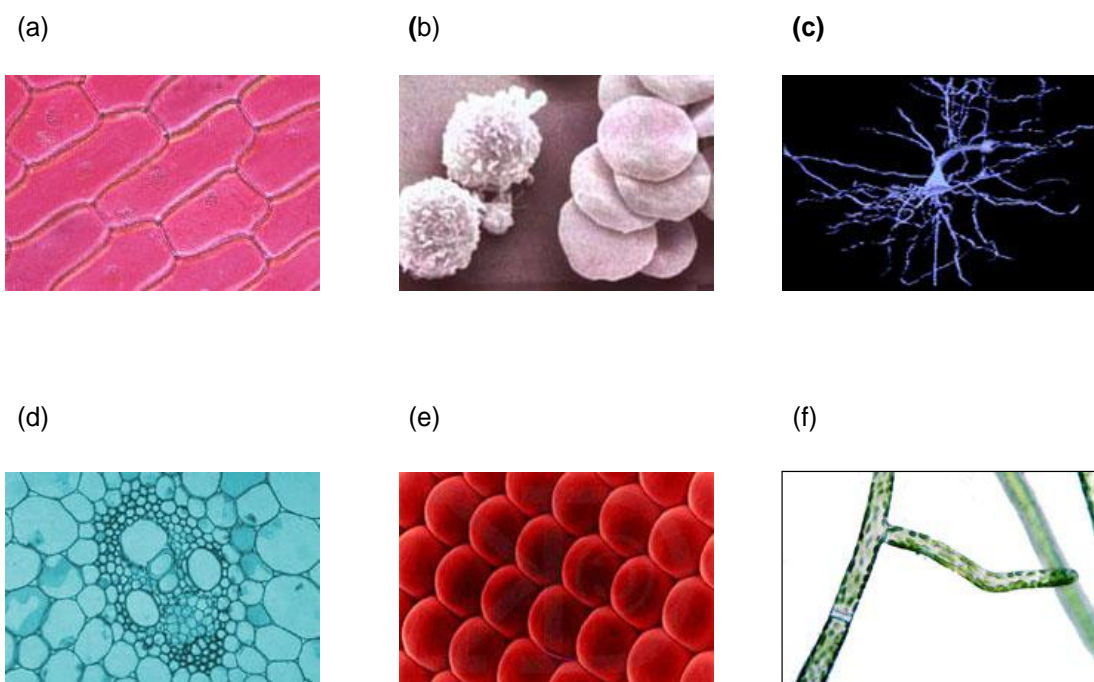


Bild 2: Zellformen

- (a) Zwiebelhautzellen
- (b) weiße/ rote Blutzellen
- (c) Nervenzelle
- (d) Zellen eines Sproßquerschnitt
- (e) Sehzellen eines Insektenauges
- (f) Zellen einer Grünalge

2.3.2 einzellige Organismen

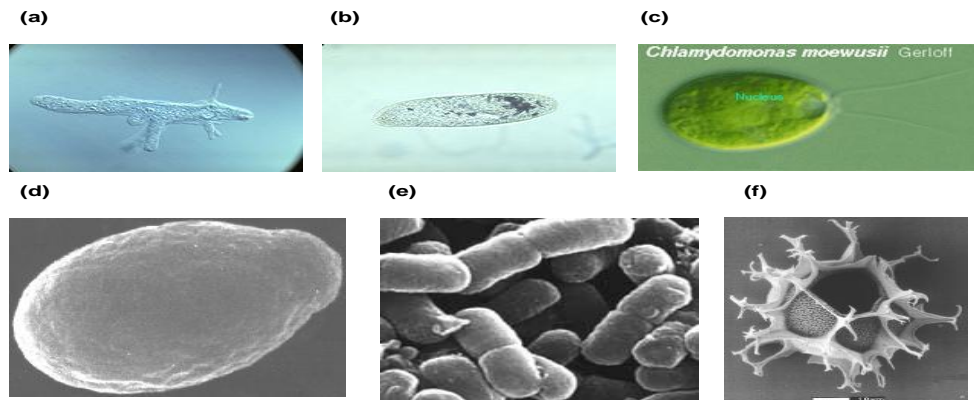


Bild 3: Einzellige Organismen

- (a) Amöbe
- (b) Paramecium
- (c) Grünalge
- (d) Pilze
- (e) Bakterien
- (f) Dinoflagellanten

2.3.3 vielzellige Organismen

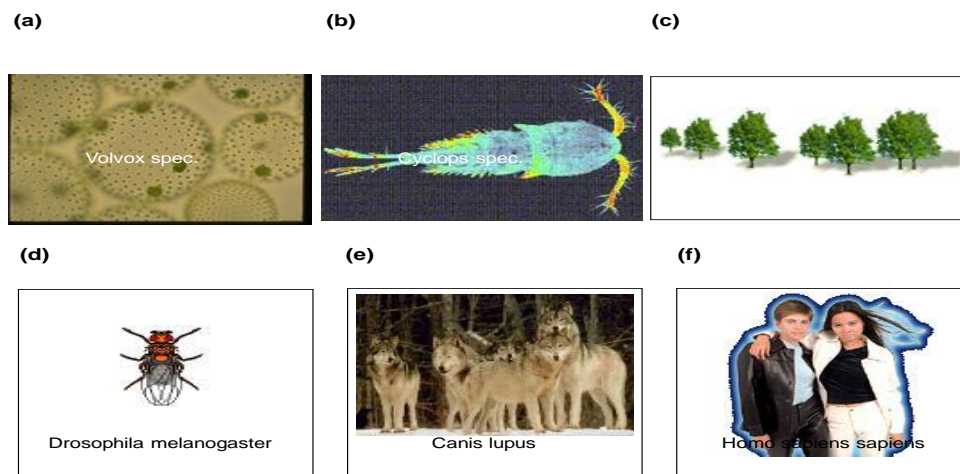


Bild 4: vielzellige Organismen

- (a) Algen
- (b) Wasserflöhe
- (c) Laubbäume
- (d) Insekten
- (e) Säugetiere
- (f) Mensch

2.4 Der Mensch als "Ökosystem"

Wenn ein Außerirdischer auf unsere Erde kommen würde und einen Menschen vorfindet, würde er ihn so beschreiben:

Ein Mensch besteht aus

- 100 000 000 000 000 Bakterien (10^{14})
- 1000 verschiedenen Spinnentieren
- 1 Mensch (10^{13} Körperzellen)
- 70 Amöben und manchmal bis zu 500 Madenwürmern

Wussten Sie:

- dass ein 0,000 000 000 000 01 Gramm schweres Bakterium einen 100 000 Gramm schweren Menschen ins Jenseits befördern kann?
- dass der menschliche Körper aus insgesamt 100 Billionen Zellen besteht, von denen 90 andere Organismen, vor allem Bakterien, sind?
- dass auf ca. 2 m² Hautoberfläche so viele Mikroben wie Menschen auf unserem Planeten leben?
- 6 Milliarden Mikroorganismen im und auf dem menschlichen Körper leben? Ohne die wären wir arm dran.

Nur ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen unseren unsichtbaren Besiedlern und unserem Körper ergibt jenen Zustand, den wir Gesundheit nennen.

Jeder Mensch besitzt eine physiologische Hautflora (Normalflora) Das ist die Gesamtheit der Kommensalen, also der Mikroorganismen in bestimmten Mikrobiotopen des Menschen. Darüber sollte man folgende Fakten kennen:

- Kommensalen dienen der ständigen Stimulation des Immunsystems. Sie wirken daher positiv und sind als sogenannte Platzhalter zu verstehen. Sie besitzen Kolonisationsresistenz gegenüber anderen Keimen.
- am häufigsten sind Bakterien, die in bunte Vielfalt vorkommen
- sie können bei abwehrgeschwächten Menschen Infektionen hervorrufen
- es muss ein Gleichgewicht vorhanden sein zwischen den vorkommenden Spezies, ihrer Anzahl (und möglichen Pathogenität) und der Infektabwehr des Menschen

Die Normalflora spielt eine große Rolle in der Erhaltung der Gesundheit und der Gewährleistung normaler Funktionen des Menschen, z.B. bei der Funktion des Darmes. Sie verhindern dort die Besiedlung mit pathogenen Mikroorganismen.

Einige Bakterien produzieren Vitamine, bauen Nährstoffen ab und erleichtern deren Aufnahme in den menschlichen Organismus, z.B. bei Aufspaltung von Disacchariden zu Monosacchariden.

Tabelle 1: Keimbesiedlung beim gesunden Menschen, eingeteilt in Körperregionen mit Keimzahlen und vorherrschender Flora		
Körperregion	Keimzahlen	vorherrschende Flora
Haut, äußerer Gehörgang äußere Nasenhöhlen	ca. 10 ³ /cm ² bis 10 ⁶ /cm ²	koagulase-negative Staphylokokken, Micrococcus, Corynebacterium, Propionibacterium acnes, Acinetobacter, Staphylococcus aureus
Mundhöhle	bis 10 ⁹ /ml Speichel (obligate Anaerobier überwiegen um das 10-100-fache)	vergrünende Streptokokken, Neisserien, Moraxella, Laktobazillen, gel. Enterobacteriaceae, Enterokokken, Pseudomonaden, Sproßpilze, artenreiche anaerobe Flora
Magen	variabel meist <10/ml	Mundhöhlenflora und exogene Mikroorganismen
Dünndarm Duodenum Jejunum	bis 10 ³ /ml ca. 10 ⁵ /ml ca. 10 ⁸ -10 ⁹ /m	wie Ösophagus und Magen, retrograde Besiedlung möglich, Laktobazillen, Streptokokken, Enterobacteriaceae, Bacteroides spp., Bifidobakterien, Enterokokken
Dickdarm	bis 10 ¹² /g	Bacteroides, Fusobakterien, E. coli, Enterobacteriaceae, Enterokokken, Veillonellen, Laktobazillen, Clostridium, Staphylokokken, Pseudomonaden, Sproßpilze, Protozoen

Mikroorganismen lassen sich nur mit dem Mikroskop erkennen.

Wenn man beispielsweise aus dem Weltraum auf die Erde schaut, kann man keine Menschen darauf erkennen. Genauso verhält es sich mit den Bakterien auf unserer Haut, wenn wir mit bloßem Auge hinschauen.

3 Bakteriologie

3.1 Aktueller Kenntnisstand über Bakterien

Bakterien sind sehr kleine Lebewesen mit einer Größe zwischen 0,5 und 5 µm (Mikrometer). Bakterien besitzen einen eigenständigen Stoffwechsel (Metabolismus), aber keinem echten Zellkern. Die Gruppe der Bakterien umfasst etwa 12 000 verschiedene Arten, wobei viele noch gar nicht erkannt sind und fast täglich neue entdeckt werden.

Bakterien kommen in kugeligen, stäbchenförmigen und schraubig gekrümmten Formen vor. Manche sind unter Zuhilfenahme von Geißeln beweglich. Zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktionen sind sie auf Feuchtigkeit und organische Substanzen angewiesen

Bakterien kommen heute praktisch in der gesamten Umwelt vor. Sie

- bilden beim gesunden Menschen die Darmflora und besiedeln praktisch alle Körperoberflächen,
- sind meist keine Krankheitserreger, können aber unter bestimmten Voraussetzungen gesundheitsschädlich oder gefährlich werden,
- können schwere Erkrankungen des menschlichen Organismus verursachen und/oder übertragen sind z.B. Tuberkulose, Cholera, Tetanus (Wundstarrkrampf), Pest und Diphtherie.

Tabelle 1: Verschiedene Gärungen und zugehörige Bakterien.

Verschiedene Gärungen:

Keine Atmungskette, Substrat-Phosphorylierung, charakteristische Endprodukte

Homofermentative Milchsäure-Gärung	<i>Streptococcus thermophilus</i>
Heterofermentative Milchsäure-Gärung	<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Gemische Säure-Gärung	<i>Escherichia coli</i>
Buttersäure/ Butanol-Aceton-Gärung	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
Propionsäure-Gärung	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Alkoholische Gärung	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Vergärung von Aminosäuren	<i>Clostridium botulinum</i>

Tabelle 2: Biotechnologisch wichtige Actinomyceten, coryneforme und Gram-positivie Bakterien und ihr Nutzen für den Menschen

Species	Wirkung/Eigenschaft/Produkt
<i>Micromonospora</i> sp.	Gentamycin
<i>Streptomyces griseus</i>	Proteasen, Amylesen
<i>Micrococcus aurantiacus</i>	Starter für Milchsäurebildung in Rohwurst
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Starter Schweizer Käse, Proteasebildung
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	Sauerkraut, saure Gurken, Silage
<i>Leuostoc mesenteroides</i>	Dextranbildner
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Sauerkraut, saure Gurken, Silage
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Yoghurt, Sauermilchprodukte
<i>Lactobacillus brevis</i>	Sauerteig, Rohwurstaroma
<i>Bacillus subtilis</i>	Enzyme, Bacitracin
<i>Bacillus polymyxa</i>	Butandiol, Polymyxin
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Insektizide
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Aceton, Butanol, Vitamin B ₁₂ , Amylase
<i>Clostridium thermoaceticum</i>	Essigsäure

3.2 Vorkommen und Verbreitung der Mikroorganismen

Mikroorganismen kommen praktisch in allen irdischen Bereichen vor. Wissenschaftler bezeichnen sie als ubiquitär (überall). Selbst unter den extremen Bedingungen des Weltraumes bleiben verschiedene Arten überlebensfähig. Bakterien benötigen keinen Wirt zum Wachstum. Ihre Lebensräume sind

- Erdboden
- Süß- und Salzwasser
- Luft
- in Symbiosen mit anderen Lebewesen
- in extremen Lebensräumen wie z. B. im Bereich von Heißwasserquellen im Tiefseebereich.
- Bereichen mit absolut saurer Umgeben oder in Bereichen von Laugen, z. B. :

Tabelle 4: Vorkommen von Mikroorganismen in sauren und alkalischen Bereichen		
pH-Wert	Medium	Mikroorganismen
1	Vulkanische Quellen	Thermoplasma, Sulfolobus
2	Grubenwässer Citronensäure	Thiobacillus Aspergillus
3	Speiseessig	Acetobacter
4	Sauerkraut	Milchsäurebakterien
5	Käse, Sauerteig	Milchsäurebakterien
7	Wasser	sehr viele Mikroorganismen
9	alkalische Böden Stallmist	Nitrosomonas, Nitrobacter Harnstoff-spaltende Bakterien
10	fermentierte Indigoblätter	Bacillus alcalophilus

Es gibt sogar Mikroorganismen, die ohne molekularen Sauerstoff O_2 existieren können. Dem entsprechend teilt man sie ein in obligat anaerob, fakultativ anaerob und obligat aerob eingeteilt:

- Aerob (sauerstoffbedürftig), z. B. viele Bakterien, Pflanzen, Tiere, Mensch
- Anaerob (Leben nur ohne Sauerstoff möglich, O_2 wirkt toxisch), z. B. Clostridium

Merke:

aerobe Bakterien: benötigen Sauerstoff zum Leben
 anerobe Bakterien: leben ausschließlich in Abwesenheit von Sauerstoff
 fakultativ: Bakterien: leben gelegentlich mit Sauerstoff

Bakterien sind in nahezu jedem Temperaturbereich zu finden.

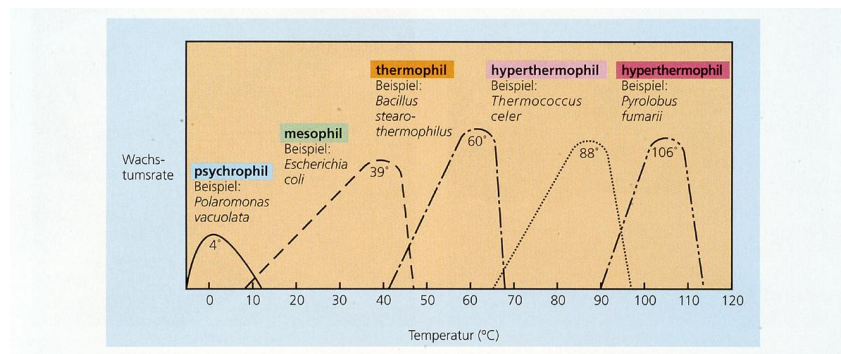


Bild 6: Verhältnis von Temperatur zu Wachstumsgeschwindigkeit eines typischen Psychrophilen, eines typischen Mesophilen, eines typischen Thermophilen und zwei verschiedener Hyperthermophiler. Die Temperaturoptima dieser Mikroorganismen sind in der Grafik

Beispiele besonders extremer Lebensbedingungen sind:

Tabelle 5: Beispiele extremophiler Bakterien		
Mikroorganismen	Physikalischer Messwert der Umgebung	
Pyrococcus furiosus	>100°C	100-500 Bar
Bakterium MT41	2-4°C	300-700 Bar
Thermoplasma acidophilum	pH 1-2	59°C
Picrophilus oshimae	pH 0-0,5	60°C
Bacillus alcalophilus	pH >10	
Deinococcus radiodurans	1000-fach höhere Strahlungsdichte radioaktiver Strahlung	

3.3 Wachstum und Vermehrung

3.3.1 Bakterien vermehren sich durch Zweiteilung

Die Zellteilung bei den Bakterien läuft entsprechend Bild 6 folgendermaßen ab:

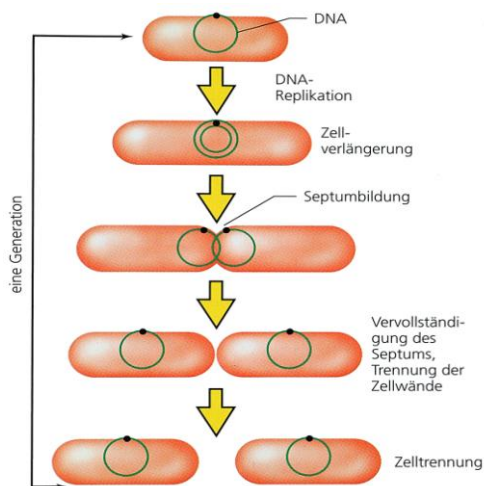
- identische Verdopplung der Erbsubstanz DNA
- Trennung der DNA

- Aufbau einer Zellwand zwischen beiden DNA-Strukturen
- Abschluss der Teilung nach vollständiger Ausformung der Zellwände

Optimale Bedingungen für die Zellteilung der meisten Bakterien sind etwa 30 -35° C, ausreichend Feuchtigkeit und das Vorhandensein organischer Stoffe. Organischer Stoffe werden von Bakterien zersetzt und werden dabei von den Bakterien als Energieträger für die Lebensprozesse Stoffwechsel und Zellteilung genutzt.

Merke:

Bei optimalen Bedingungen können sich Bakterien etwa alle 20 Minuten teilen und ihre Anzahl dabei verdoppeln.



KbE
= Kolonie bildende Einheit
= sichtbare Kultur

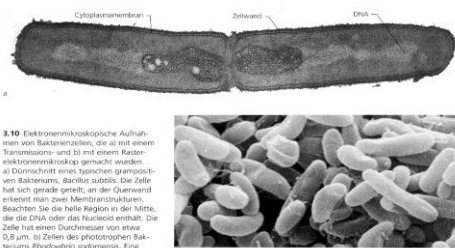


Bild 7: Zellteilung eines Bakteriums durch Zweiteilung

Verdopplungszeiten von Bakterien zwischen wenigen Minuten und vielen Stunden:



E. coli teilt sich nach 20 min
So werden aus 1 Bakterium
in 8 h
16.777.216 Bakterien

Bild 8: Vermehrung von E. coli innerhalb von 8 Stunden

3.3.2 Prokaryoten und Eukaryoten

Wir unterscheiden in der Biologie generell Prokaryoten und Eukaryoten

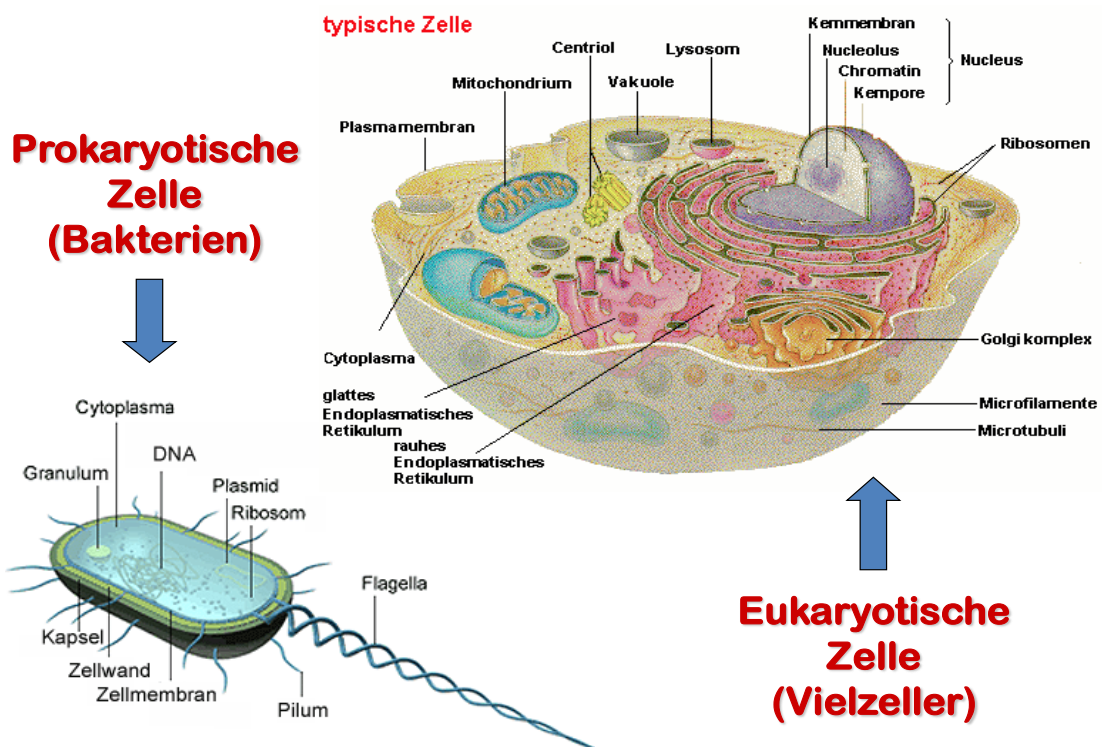


Bild 9: Vergleich zwischen einer pro- und einer eukaryotischen Zelle

Prokaryoten:

- sind zelluläre Lebewesen, die keinen Zellkern besitzen
- die DNA befindet sich frei im Zytoplasma.
- enthalten keine Histonproteine, wie bei höheren Eukaryoten
- besitzen keine Vakuolen und kein endoplasmatisches Retikulum
- Größe von Prokaryoten liegt zwischen 0,2 und 700 μm

Eukaryoten:

- werden als Lebewesen mit Zellkern bezeichnet
- haben einen Durchmesser von 10-30 μm
- Besonderheit liegt in der Proteinbiosynthese; sind in der Lage, mittels derselben DNA-Information unterschiedliche Proteine herzustellen
- Struktur und Form wird Ihnen durch das Cytoskelett verliehen

Merke: Bakterien sind Prokaryoten.

Bakterien sind von einer Cytoplasmamembran umhüllt.. Sie besitzen keinen echten Zellkern, sondern sog. Kernäquivalent, d.h. DNA liegt frei im Cytoplasma. Je nach Ernährungstyp unterscheidet man autotroph und heterotroph. Für ihr Wachstum benötigen sie spezielle Wachstumsfaktoren. Dazu zählen:

- Kohlenstoffquelle (Kohlenhydrate wie Glucose)
- Stickstoffquelle (Pepton aus Hefeextrakt)
- Supplemente (Vitamine und Spurenelemente)

3.4 Aufbau einer Bakterienzelle

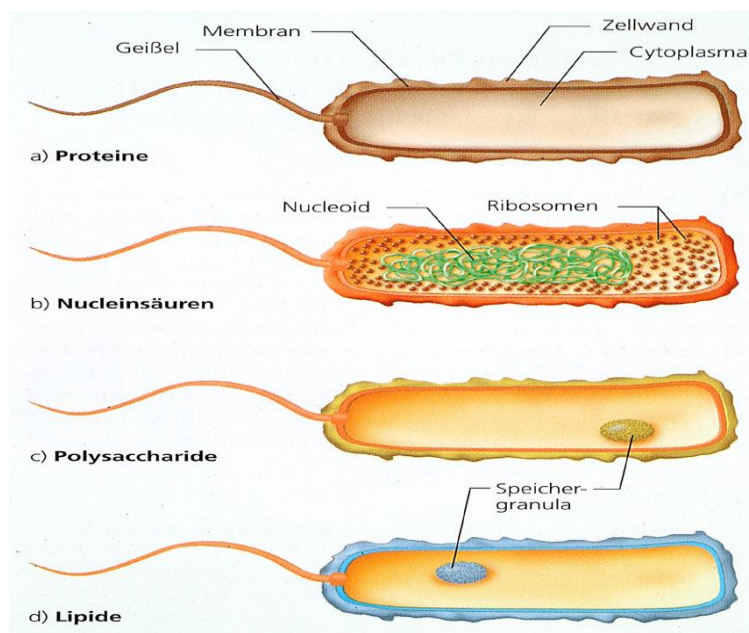


Bild 10: Aufbau einer Bakterienzelle; (a) in den Proteinen, (b) in den Nucleinsäuren, (c) in den Polysacchariden, (d) in den Lipiden

3.5 Beschreibung der Bakterie

3.5.1 wichtige physiologisch-biochemische Merkmale

Zu den wichtigsten physiologisch-biochemischen Merkmalen zählen:

- Verhältnis zum Sauerstoff : aerob, anaerob, unter beiden Bedingungen
- Energiegewinnung: durch Atmung, Gärung, Photosynthese
- Temperatur- oder pH-Abhängigkeit
- verwertbare Nährstoffe (Kohlehydrate)
- symbiotische oder parasitische Beziehungen
- Zelleinschlüsse, Pigmentierung
- serologische Differenzierung (Oberflächenantigene, Proteine)
- Antibiotika-Empfindlichkeit

Merke: Bakterien können Kohlehydrate anaerob oder aerob abbauen .

Bakterien besitzen folgende molekularbiologische Merkmale.

- Basenzusammensetzung der DNA (mol % GC)
- DNA-Hybridisierung
- Sequenz der 16S rRNA

3.5.2 Atmung und Gärung

Im Gegensatz zur aerobe Lebensweise leben Anaerobier ohne Sauerstoff. Sie gewinnen ihre Energie durch Gärung der Kohlehydrate.

Es gibt auch aerotolerante Organismen, die sowohl atmen als auch gären können

Anaerobier sind also Bakterien, die nur unter Sauerstoffabschluss Kolonien bilden können.

Für sie wirkt Sauerstoff toxisch. Gekennzeichnet sind sie, indem

- das Enzym Peroxiddismutase fehlt oder nur geringfügig gebildet wird
- sie Sauerstoffradikale nur ungenügend neutralisieren können
- auf Haut oder in Kultur „synergistisch -symbiotische“ Verhältnisse mit Aerobiern entstehen können.

Fakultative Anaerobier wachsen auch unter Vorhandensein von Sauerstoff.

Anaerobier unterscheidet man in folgende 3 Gruppen:

- Anaerobier
die ausschließlich in der Umwelt überleben, z. B. Sporenbildner: Clostridium botulinum - exogene Infektion
- Anaerobier
die in der Umwelt und in Mensch und Tier überleben, z. B. Sporenbildner: Clostridium tetani, C. perfringens - meist exogene Infektion
- Anaerobier
die nur in Mensch und Tier überleben, z. B. nicht sporenbildende Anaerobier: Haut- und Schleimhautflora (Darm): Bacteroides spp., Fusobacterium spp., Peptococcus spp., Propionibacterium acnes. Sie können endogene Infektionen oder exogene Infektion z. B. durch durch Bissverletzungen verursachen.

3.6 Nachweis von Mikroorganismen

3.6.1 Möglichkeiten des Nachweises von Mikroorganismen

Mikroorganismen lassen sich mittels 4 Verfahren nachweisen:

- Mikroskopie
- biochemische Identifizierung
- serologische Identifizierung
- Molekularbiologie.

● **Nachweis durch Mikroskopie**

Heute stehen viele Arten an Mikroskopen zur Verfügung. Zu den klassischen Arten zählt das Lichtmikroskop. Es bildet die zu vergrößernden Objekte, z. B. Mikroorganismen, durch eine Reihe von Linsen hindurch als Bild ab. Darüber hinaus gibt es noch Mikroskope, die auf anderen physikalischen Prinzipien beruhen, z. B. auf ein Abrastern des Objektes.

Merke:

Die Mikroskopie ermöglicht die Identifizierung nach der äußeren Gestalt der Mikroorganismen.

Um die Mikroorganismen unter dem Mikroskop sichtbar zu machen und zu differenzieren, müssen sie angefärbt werden (z.B. nach Gram). Dabei hängen die Färbeargebnisse vom Aufbau der bakteriellen Zellwand ab. Mit Ausnahme der Mykoplasmen besitzen Bakterien eine Zellwand, die ihnen die äußere Gestalt verleiht. Der Hauptbestandteil der Bakterienzellwand ist das Murein, auch Peptidoglykan. Murein besteht aus einem speziellem Zucker, das Polysaccharid.

Bakterien werden entsprechend des Vorhandenseins einer Mureinschicht in **Gram-positiv** und **Gram-negativ** eingeteilt.

Merke:

Gram-positiv bedeutet, die Bakterien haben eine dicke Mureinschicht
Gram-negativ bedeutet, die Bakterien haben eine dünne Mureinschicht und eine zusätzlich aufgelagerte äußere Membran

Die Gram-Färbung ist die erste wichtige Färbemethode zur Differenzierung von Bakterien in mikrobiologischen Labors.

Merke: Die Zellwand verleiht den Bakterien ihre äußere Gestalt.

Nach der Gestalt der Bakterien (Morphologie) unterteilt man sie in Kokken, Stäbchen, Spirillen und Spirochaeten.

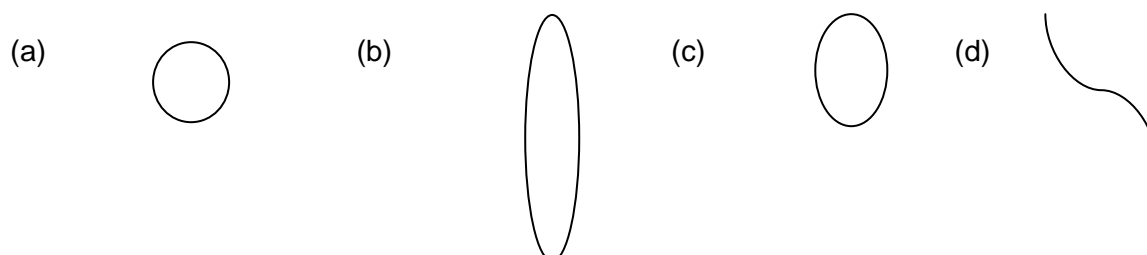


Bild 11: Verschiedene Bakterienformen; (a) Kokken, (b) Stäbchen, (c) Spirillen, (d) Spirochaeten

Auch Geißeln, die manche Bakterien und andere Einzeller besitzen, dienen der Einteilung und der Zuordnung in ihrer Art.

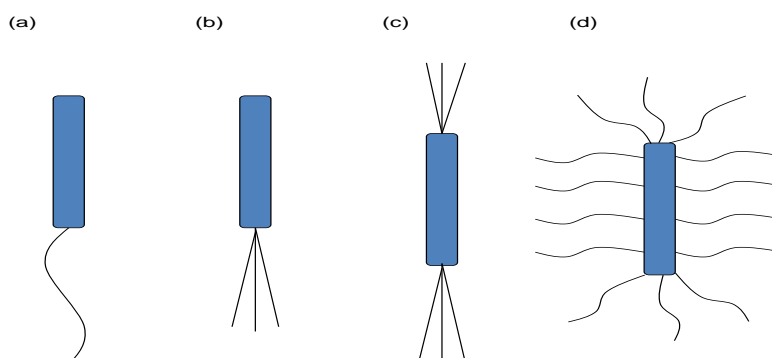


Bild 12: Anordnung der Geißeln; (a) monopolar monotrich, (b) monopolar lophotrich, (c) bipolar lophotrich (amphitrich), (d) peritrich

- **Nachweis durch biochemische Identifizierung**

siehe Merkblatt [Desinfektionsnachweis mittels Abklatschproben](#)

- **Nachweis durch serologische Identifizierung**

Mit Hilfe der Serologie lassen sich Mikroorganismen durch spezifische Nachweise von Antigenen und Antikörpern, z. B. Krankheitserreger, nachweisen.

- **Nachweis durch molekularbiologische Identifizierung**

Man kann Bakterien „leicht“ anzüchten, wenn die Stoffwechselleistungen bekannt sind. Jedes Bakterium benötigt einen speziellen Nährboden, auf dem es wachsen kann.

Eine zunehmende Resistenzentwicklung ist durch den falschen und vorbeugenden Einsatz von Antibiotika, insbesondere durch die Anwendung von Breitbandantibiotika zu beobachten.

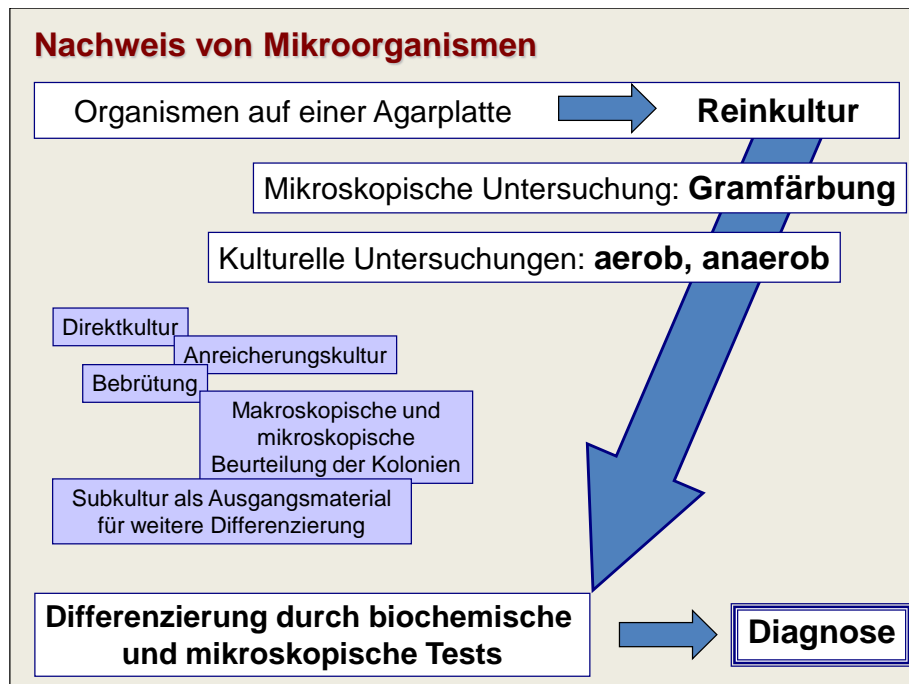


Bild 13: Nachweis von Mikroorganismen über die Reinkultur bis hin zur Diagnose angegeben.

3.7 Risikogruppen (nach Biostoffverordnung)

Bakterien werden in drei Risikogruppen eingeteilt, je nach Gefährlichkeit für den Menschen und dessen Umwelt.

Risikogruppe 1

Biologische Arbeitsstoffe, bei denen unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen

Risikogruppe 2

- Biologische Arbeitsstoffe, die eine Erkrankung beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können.
- Verbreitung des Stoffes in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich
- wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich

Risikogruppe 3

- Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Erkrankung beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können.
- Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen
- wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich

Risikogruppe 4

- Biologische Arbeitsstoffe, die eine schwere Erkrankung beim Menschen hervorrufen können und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können.
- Gefahr der Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß
- wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise nicht möglich

3.8 Beispiel: Der Erreger *Staphylococcus aureus* (MRSA)

Begriff MRSA

MRSA heißt Methicillin-resistenter *Staphylococcus aureus*. MRSA kommt bei vielen Menschen (20% ständig, bis zu 60% zeitweise) im Nasen/Rachen-Raum vor, ohne dass diese Menschen krank sind. Sie werden als kolonisiert bezeichnet. diese Menschen stellen **kein** Risiko für ihre Mitmenschen dar.

Allerdings sind Menschen im Krankenhaus liegend oft empfindlicher für Infektionen. Dann kann *Staphylococcus aureus* aus ihrer eigenen Nase oder von anderen Menschen zu einer Infektion führen, z.B. in einer chirurgischen Wunde. Normalerweise kann man diese Infektion mit Antibiotika behandeln. Allerdings gibt es zunehmend Bakterien, die nicht auf bestimmte Antibiotika (z.B. Penicillin) ansprechen. Sind sie resistent. Wenn *Staphylococcus aureus* nicht auf Methicillin (Oxacillin) anspricht, spricht man von einem Methicillin-resistentem *Staphylococcus aureus* oder MRSA, oder auch ORSA oder Multi-resistenter *Staphylococcus aureus*.

MRSA-Bakterien sind häufig gegen viele Antibiotika unempfindlich, so dass die Behandlung schwierig sein kann. Das Risiko, durch sie krank zu werden, ist allerdings nicht größer als bei einem normalen *Staphylococcus aureus*

Risikofaktoren für eine Infektion mit MRSA

Grundsätzlich ist jeder gefährdet von MRSA infiziert zu werden, auch gesunde immunstarke Personen. Am meisten befällt der Keim aber immunschwachen Personen, z. B. ältere Menschen, Kranke und Kinder die Kontakt zu einem MRSA Träger haben, aber auch Personen

- bei längerem Aufenthalt in einem Krankenhaus
- bei längere Antibiotikatherapie
- bei Benutzung von Katheter
- während der Dialyse
- bei offenen Wunden und Weichteilinfektionen
- bei beruflicher Kontakt zu Tieren wie Schweinemast

Wer einmal an MRSA erkrankt war, hat ein höheres Neuinfektionsrisiko

4 Mykologie

4.1 Grundlagen

Neben Bakterien gehören viele Pilze zu den Mikroorganismen. Sie teilt man ein in Dermatophyten, Hefen, Schimmelpilze und dimorphe Pilze. Dermatophyten befallen nur den Menschen und Tiere. Hefen und Schimmelpilze befallen Menschen und Tiere, können sich aber leicht in der Umwelt vermehren

Pilze verursachen Krankheiten.

Tabelle 6: pilzverursachte Krankheiten		
Krankheit	Erreger	Infektionsübertragung
Nagelpilz	Dermatophyten	direkter Kontakt, z. B. Hände geben
Befall der Schleimhäute	Candida (Hefe)	indirekter Kontakt, z. b. Schmierinfektion
Pneumonien	Aspergillen	Inhalation
Mykotoxikose	Stoffwechselprodukt	Lebensmittel
Allergien	Schimmelpilze	Inhalation

Merke

Schimmelpilze und Hefen können z.B. durch die Klimaanlage in das Gebäude gelangen und Infektionen hervorrufen

Potentiell humanpathogene Schimmelpilze sind

- *Aspergillus* sp. Gießkannenschimmel
- *Penicillium* sp. Pinselschimmel
- *Mucor* sp. Köpfchenschimmel
- Schwärzepilze auf Pflanzen (*Alternaria*, *Cladosporium*)



Abbildung 14: *Aspergillus niger*, kann Kopfschmerzen und Allergien auslösen, ist Toxinbildner

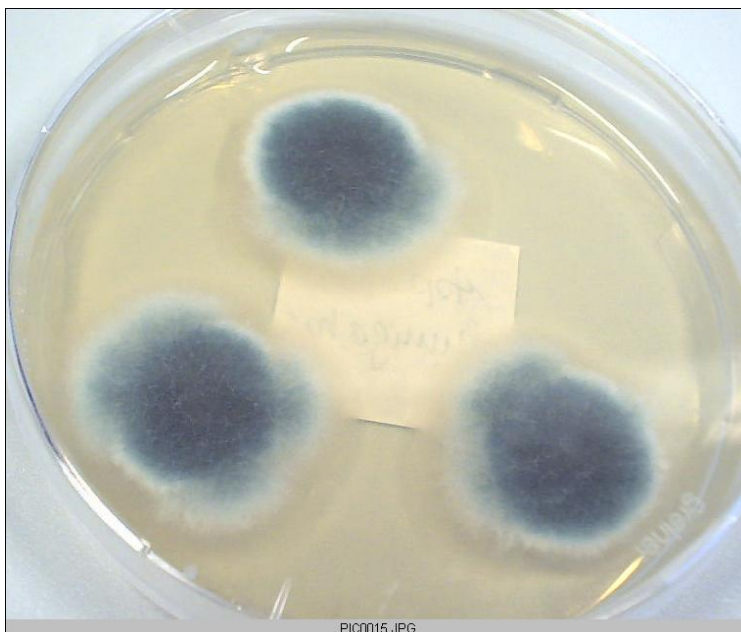


Abbildung 15: *Aspergillus fumigatus*, kann Kopfschmerzen und Allergien auslösen, ist Toxinbildner

4.2 Wachstumsbedingungen

Pilze sind Überlebenskünstler. Für sie reicht eine beliebige Form von Kohlenstoff als Nahrungsgrundlage, z.B. Tapete, Fußboden. Sie bevorzugen leicht saurer pH-Wert, etwa pH 4,5 bis 6,5, Temperatur: 0 bis + 40 °C. Pilze bevorzugen Raumtemperatur. Wasser ist unbedingt erforderlich, optimal ist 80 bis 85 % Luftfeuchtigkeit

Merke:

Schimmelpilze verbreiten sich durch ihre Sporen. Diese besitzen eine enorme Lebensdauer, die bis zu Millionen von Jahre dauern kann.

Feuchtigkeit und Schimmelbildung:

Schimmelpilze benötigen zum Wachstum eine relative Luftfeuchte von 65 bis 85% und eine Substratfeuchte von 15 bis 18 %. Deshalb besiedeln Pilze in Innenräumen vorwiegend Keller, Bäder, Fensternischen, Klimaanlage, Luftbefeuchter, Topfpflanzen und Lebensmittel. Sie besitzen eine Vielzahl potenter Enzyme und können so feuchte Wände, Tapeten und Holz als Nährstoffquelle verwenden. Pilze wachsen in sehr weitem Temperaturbereich und finden vor allem in feuchten Innenräumen geeignete Lebensbedingungen vor

Spezielle Streuherde für Schimmelpilze

Eine der häufigsten Verbreitungsquellen für Schimmelpilze sind Klimaanlage, vor allem in Verbindung mit Luftbefeuchtung. Hier treten auch in Bezug auf bakterielle Infektionen immer wieder Probleme auf. Im häuslichen Bereich kommen sie vor allem hier vor

- Biomüll, verdorbene Lebensmittel → tagelang gelagerter Biomüll oder Kleinkomposter auf Balkonen geben konstant beträchtliche Mengen Pilzsporen an Umgebungsluft ab
- Erde von Zimmerpflanzen (besonders auf Fensterbänken über der Heizung).



Abbildung 16: Wachstum von Schimmelpilzen auf einer Agarplatte.

4.3 Gesundheitliche Relevanz luftgetragener Schimmelpilze

Sporen von Schimmelpilzen kommen frei als Bioaerosol oder gebunden an Staubpartikel vor. Von dort gelangen sie durch Einatmen in den Atemtrakt des Menschen. Die Atemwege sind die wichtigsten Eintrittspforten für potentiell schädliche Organismen. Als Abwehrstrategie verfügt der Mensch deshalb in diesem Bereich wirkungsvolle Selbstreinigungsmechanismen, z. B. Flimmerhaarbesatz und Schleim bzw. Sekret.

Bei Überbelastung oder Vorschädigung des Systems, z.B. durch Rauchen, können diese Mechanismen jedoch beeinträchtigt werden oder gar versagen. Schimmelpilze können, wie andere biologische Verunreinigungen der Innenraumluft auch, zu verschiedenen Erkrankungen führen. Dazu zählen vor allem:

Allergien

- Allergene: Tierhaare, Hausstaubmilben und Schimmelpilze
- Allergien an den Schleimhäuten der Augen und des Atemtraktes
- Asthma ist die Hauptmanifestation von Schimmelpilzallergien, da Pilzsporen mit einem Durchmesser $< 10 \mu\text{m}$ direkt in den Bereich der Bronchiolen gelangen
- Allergien gegen Pilze in Innenräumen lösen typischerweise ganzjährig Symptome aus.

Toxische Reaktionen

Einige Schimmelpilze können Gifte, sog. Mycotoxine, bilden und abgeben.

- Mycotoxine können lokal zu Reizungen an den Schleimhäuten der Atemwege führen
- inhalierte Mycotoxine können nach Übergang in den Blutkreislauf auch toxische Effekte auf die verschiedensten Organe entfalten
- Schimmelpilze produzieren eine Reihe flüchtiger organischer Verbindungen → einige für den typisch "erdigen" bis "muffigen" Schimmelpilzgeruch verantwortlich
- Sie sind komplexe Mischungen aus Alkoholen, Ketonen, Terpenen und aromatischen Verbindungen und Ursachen für unspezifische Beschwerden wie Kopfschmerzen und Schleimhautreizungen

Infektionen

Bei abwehrgeschwächten Personen können an sich harmlose Schimmelpilze durch Besiedlung schwere Infektionen (Mykosen) hervorrufen.

- nur sehr wenige Schimmelpilze können bei Körpertemperatur wachsen und die Nährstoffe des Körpers in parasitischer Weise nutzen → sind fakultativ pathogenen Schimmelpilze, z.B. *Aspergillus fumigatus* und Vertreter der Köpfchenschimmel (Mucorales)
- Schimmelpilzmykosen setzen eine deutliche Verminderung der Immunabwehr voraus, z.B. durch Immunsuppression nach Organtransplantation, zytostatische Behandlung von Tumoren, chronische Lungenerkrankungen, Diabetes, AIDS

4.4 Wachstum und Verbreitung

- Dermatophyten - Hautpilze - wachsen besonders bei Körpertemperatur
- Hefen werden besonders durch Schmierinfektionen übertragen
- Schimmel über gebildete Sporen → vereinfachte Verbreitung
- Hefen, Schimmel und Dermatophyten werden in vier Risikogruppen eingeteilt
- zusätzlich erfolgt die Einteilung der Hefen und Schimmel nach TRBA 460 → Aufführung aller gesundheitsschädlichen Hefen und Schimmelpilze → Bewertung möglich (von 1+ bis 4+)

5 Virologie:

5.1 Geschichte der Viren

Merke

Viren sind Gifte bzw. eine giftige Ausscheidungen und die Ursache vieler Infektionskrankheiten.

Viren wurden früher als Ausdruck für krankheitserregende Agenzien gebraucht, über die damals wenig bekannt war.

Louis Pasteur

postulierte, dass Bakterien gleich Viren sind, was sich aber später als falsch herausstellte. So wurde bei der Entdeckung des Tabak-Mosaik-Virus (TMV), das war das erste entdeckte Virus, klar, dass ein Virus noch viel kleiner als die damals bekannten Bakterien sind.

Martinus Beijerinck

erkannte 1899, dass der Erreger der Tabak-Mosaik-Erkrankung ein Keim ist, der einer neuen Klasse zuzuordnen ist, der Klasse, die wir heute Viren nennen

1915 entdeckte man Bakterienviren, die Bacteriophagen. Das sind Viren, die Bakterien als Wirte nutzen

1953 wurde TMV als erstes Virus gereinigt und kristallisiert

5.2 Allgemeine Eigenschaften von Viren

Viren können in 2 Stadien vorliegen:

- **intrazellulär:** obligat
- **extrazellulär:** im extrazellulären Zustand ist ein Viruspartikel (Virion) inaktiv, d.h. führt keine Atmung oder Biosynthesefunktionen durch

Größe und Stoffwechsel

Viren sind kleiner als Bakterien, nämlich 0,02 bis 0,3 μm , das sind 20 bis 300 Nanometer Millionstel Millimeter. Viren sind nur unter im Elektronenmikroskop sichtbar. Die Größe der kleinsten Bakterien entspricht jenen der größten Viren. Der Größenunterschied der kleinsten Viren und der größten Bakterien ist größer als jener zwischen dem kleinsten Säugetier, der Etruskischen Zwergspitzmaus, und einem Afrikanischen Elefanten.

Viren betreiben keinen Stoffwechsel, d.h. sind auf Wirt angewiesen. Sie können sich außerhalb lebender Zellen nicht vermehren und besitzen keinen eigenen, unabhängigen Stoffwechsel (Metabolismus).

Merke

Ein Virus ist kein lebender Organismus, sondern ein winziges, nicht zelluläres Partikel, das jedoch über eine organisierte Struktur verfügt.

Viren bestehen aus einem oder mehreren viralen Nucleinsäuremolekülen, die von einer Proteinhülle (Capsid) umgeben sind. Eine Proteinkapsel umschließt die Erbsubstanz. Ihre Anteile sind »artspezifisch«.

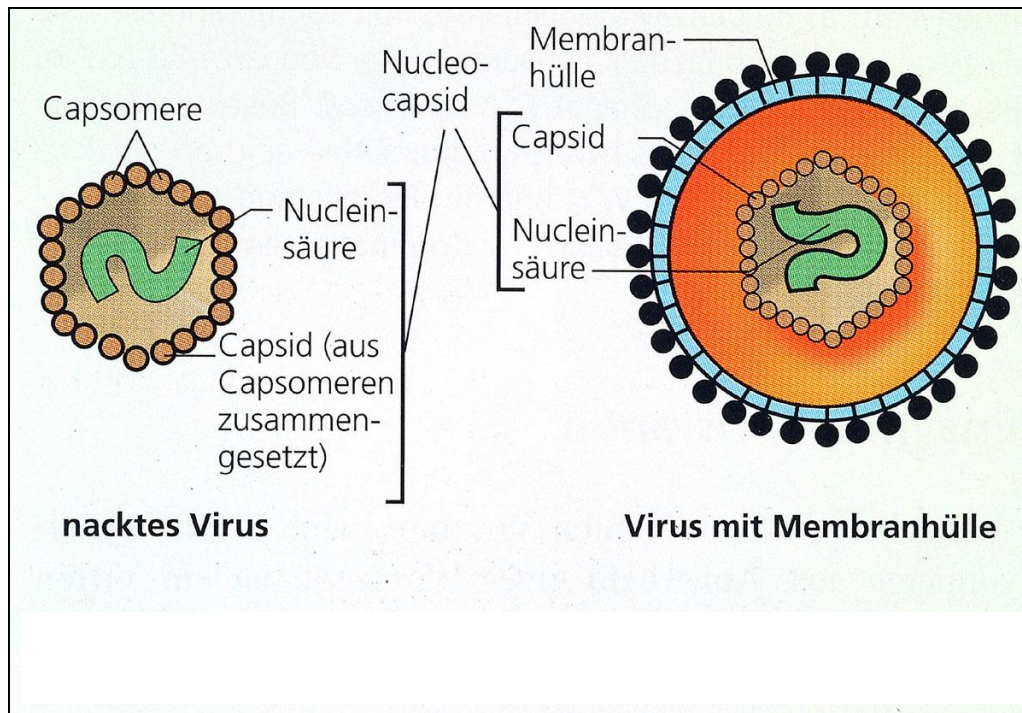


Abbildung 17: Aufbau eines Virus; Vergleich eines nackten mit einem komplexen Virus, zwei grundlegende Typen von Viruspartikeln

Vermehrung

Viren können zur Fortpflanzung und Vermehrung benötigte Energie nicht selbst bereitstellen, da sie über keinen eigenen Stoffwechsel verfügen. Sie können auch nicht erforderliche Baustoffe selbst synthetisieren. Sie können sich nicht selbstständig vermehren, sondern sind auf Wirtsorganismen angewiesen.

Merke:

Der Wirt ist eine Zelle, die durch einen Virus infiziert werden kann, und in der sich der Virus replizieren kann.

Wirtszellen gehen bei dieser, ihnen aufgezwungenen Hilfeleistung meist zugrunde. Viren als Erreger von Krankheiten verursachen beispielsweise Grippe, spinale Kinderlähmung, Malaria oder auch die Immunschwäche AIDS

Merke

Viren sind keine echten Lebewesen, da die Kennzeichen des Lebens nicht erfüllt werden.

Eine Anzucht von Viren auf Nährböden nicht möglich, z.B. Influenzavirus benötigt Brutei, Hepatitis C-Virus benötigt Leberzellen. Als Wirte eignen sich

- Bakterien bei Verwendung von Reinkulturen
- Zellkulturen
- Organkulturen.

Allgemeine Merkmale der viralen Reproduktion

Der Virus muss eine lebende Wirtszelle dazu bringen, alle notwendigen Komponenten zur Synthese von Viruspartikeln herzustellen. Diese Komponenten müssen zusammengebaut werden und neue Viren müssen aus der Zelle entkommen und neue Zellen infizieren

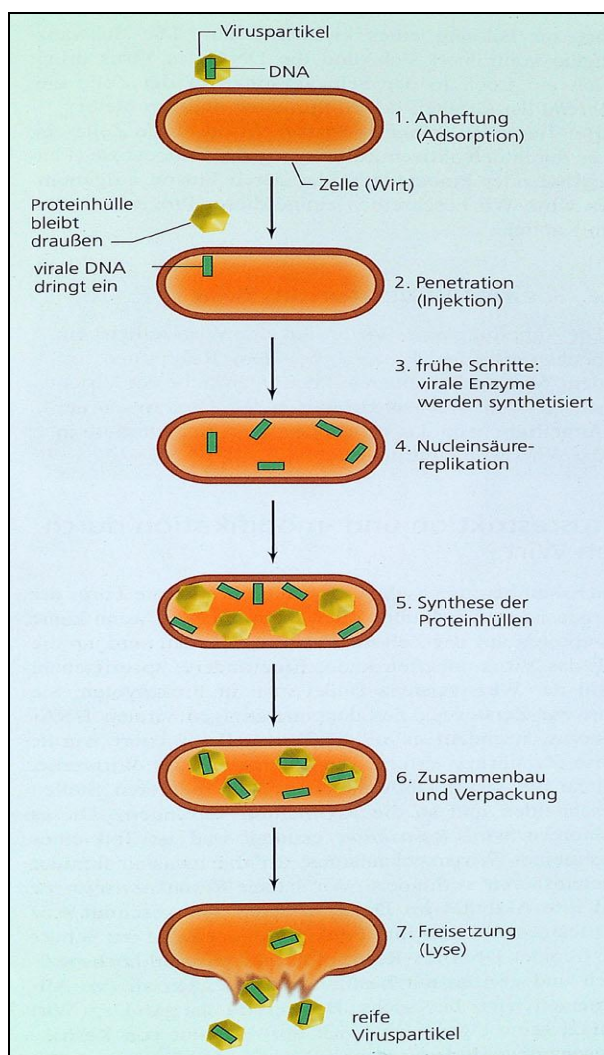


Abbildung 1: Virale Reproduktion von der Anheftung an der Wirtszelle bis zur Freisetzung der reifen Viruspartikel

5.3 Quantifizierung von Viren

Viren sind zu klein für lichtmikroskopisches Zählen. Sie müssen elektronenmikroskopisch sichtbar und zählbar. Das ist allerdings zu aufwendig für Routineuntersuchungen. Deshalb quantifiziert man die Viren, indem die Auswirkung auf den befallenen Wirt gemessen werden, indirekt durch die Angabe der infizierten und lysierten bzw. veränderten Zellen. Die Angabe erfolgt als Plaque-bildende Einheiten pro ml (Titer)

5.4 Beispiel Norovirus

Beschreibung

Noroviren sind hoch ansteckend und überleben auch auf Lebensmitteln und an Gegenständen.

Merke

Gegen den Norovirus kann man mittels Hygiene vorbeugen.

beginnt beim stetigen Händewaschen, geht über das Abkochen von Wäsche und Geschirr, bis hin zum eingeschränkten Kontakt mit anderen Menschen. Der Norovirus ist sehr langlebig und übersteht auch kalte und hohe Temperaturen auf Türklinken, Essen, Spielzeug und vielem mehr.

Desinfektionsmittel und gründliche Reinigung sind die wichtigsten Waffen gegen Norovirus.

Inkubationszeit

Die Inkubationszeit nach der Infektion durch einen anderen Menschen beträgt ungefähr einen halben bis zwei Tage, die Dauer der Krankheit 1 bis 3 Tage. Meist heilt sie ohne Folgen aus

Symptome

Bekannte Symptome zeigen sich in einer heftigen Gastroenteritis durch schlagartigen Durchfall und heftiges Erbrechen. Die Jahreszeit mit hohem Ausbruchsrisiko liegt vorwiegend in den Wintermonaten, ähnlich wie ein grippaler Infekt.

Die Zahl der Neuerkrankungen steigt gegenüber dem Sommer schnell um das 200-fache an, Ausbrüche in Gemeinschaftseinrichtungen häufen sich.

Für 2012 erwartete das Robert-Koch-Institut (RKI) in Berlin rund eine Million Norovirus-erkrankungen –100 Mal mehr als noch 2001.

Vor einem Jahrzehnt kannten das Norovirus nur Infektionsmediziner. Heute sorgt diese Virus aus der Familie der Calici-Viren regelmäßig für Schlagzeilen. Weltweit erkranken jährlich rund 300 Millionen Menschen an diesem Magen-Darm-Infekt .

6 Parasitologie:

6.1 Allgemeine Eigenschaften von Parasiten

Merke

Parasiten sind Organismen, die sich dauerhaft oder vorübergehend in einem Wirt aufhalten, von ihm Nahrung beziehen, sich weiter entwickeln, fortpflanzen und den Wirt schädigen.

Parasiten leben auf Kosten eines anderen Lebewesens. Man unterscheidet zwischen

- Protozoen (Einzellern)
- Würmern und Insekten
- Spinnentieren

Sie alle können den Menschen befallen, z. B.

- Trypanosomen (*Trypanosoma brucei*) → zu denen gehören die Erreger der Schlafkrankheit
- Amöben, die schleimige und blutige Durchfälle auslösen
- Bandwürmer

Parasiten teilt man ein in Ektoparasiten und Endoparasiten

- Ektoparasiten leben außerhalb der Wirtszelle
- Endoparasiten leben in der Wirtszelle

Parasiten können als Larven (Zwischenstadium) oder als geschlüpfte Larven (Würmer) Parasiten werden in Cestoden, Nematoden und Trematoden unterschieden, z.B. *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana* u.a. unterschieden. Die Übertragungswege der Parasiten sind verschieden, z.B. durch fäkale Verunreinigung und/oder Schmierinfektion

6.2 Protozoen

Protozoen gehören ebenfalls zum den Parasiten. Sie sind einzellige Lebewesen und werden u.a. in Ciliaten, Flagellaten und Rhizopoden unterteilt. Beispiele sind: *Balantidium coli*, *Trichomonas vaginalis*, *Trypanosoma brucei*, *Plasmodium malariae*.

Protozoen werde übertragen durch

- durch Sandmücke
- Raubwanze
- Blut im allgemeinem

Zwischenwirte spielen eine entscheidende Rolle. Ohne diese können sich einige Protozoen nicht vermehren.

6.3 Beispiel *Trypanosoma brucei*

Trypanosoma brucei ist auch bekannt als Chagas Krankheit. Diese Keime sind für die Übertragung auf den Menschen auf Raubwanze angewiesen. Es lebt im Darm der Raubwanze und wird mit deren Kot ausgeschieden. Von dort gelangt auf die Schleimhäute des Menschen, der damit infiziert ist. Im Menschen dringt *Trypanosoma brucei* in die Wirtszellen ein oder bleibt frei beweglich im Blutstrom. Danach kommt es zur Umwandlung von epimastigoter Form in trypomastigote oder amastigote Form. Die Vermehrung der Amastigoten erfolgt im Zytoplasma der Wirtszelle. Nach erneuter Umwandlung in trypomastigote Form und Zerstörung der Wirtszelle gelangen diese Keime in die Blutbahn und überfallen nach dem Transport im Blut weitere Zellen. Die Übertragung von *T. brucei* auf andere Raubwanze durch Aufsaugen von infiziertem Blut. Dort wandeln sich die Keime erneut in eine epimastigote Form um und werden wieder über den Kot der Wanze auf den Menschen übertragen.

Quellen:

Blech, Jörg:
Leben auf dem Menschen / Jörg Blech. – , rororo Science, Hamburg: Rowohlt Taschenbuch GmbH, 2010

Cypionka, Heribert:
Von der Einfalt der Wissenschaft und der Vielfalt der Mikroben

Cypionka, Heribert:
Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM); Universität Oldenburg; R. Amann, MPI für marine Mikrobiologie, Bremen. - www.icbm.de/pmbio

Czichos, Joachim:
What´s so funny about Microbiology? / Joachim Czichos. – Science Tech Publishers, Inc. Madison, Wisconsin USA, 1989

Gabler, Wolfgang:
Desinfektion im Atemschutz, Weka, Kitzingen, 2003

Gabler, Wolfgang:
CSA-Gerätewart, Weka, Augsburg und Kitzingen, 2004

Gabler, Wolfgang
Kreislauf in der Atemschutzwerkstatt, Vortragsscript "Florian 2009"

Madigan, Michael T.:
[Brock biology of microorganisms <dt.>] Mikrobiologie / Michael T. Madigan; John M. Martinko; Jack Parker. Begr. von Thomas D. Brock. – Berlin: Spektrum, Akad. Verl., 2000

<http://www.mrsa.bb Braun.de/>

<http://www.mrsa-net.org/>

<http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/>

<http://www.onmeda.de/>

<http://www.noro-virus.seuchen-info.de/>

<http://www.norovirus24.de/>

<http://www.nlga.niedersachsen.de/>

<http://www.sueddeutsche.de/>

http://mikrobiologia.sote.hu/eload/deu/2011-2012-1/Bevez_N_kozos_FOK_2012.pdf

Bildnachweis:

Die Bilder dieses Beitrages wurden von der Autorin den genannten Quellen entnommen oder von deren Autoren zur Verfügung gestellt. Die Bilderläuterungen, z. B. Bezeichnungen einzelner Bestandteile der Darstellungen, wurden bei Bedarf von Ihr ins Deutsche übersetzt.