

Umweltmikrobiologie

npikall

18.03.2025

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	2
1.1 Mikroorganismen (MO)	2
1.1.1 Definition und Hintergrund	2
1.1.2 Evolution	3
1.2 Vorkommen und Bedeutung	3
1.2.1 Umwelt und Biosphäre	3
1.2.2 Gesundheitliche Aspekte	3
1.2.3 Biotechnologie	4
1.2.4 MO-freie Umgebungen	4
1.3 Wissenschaftliche Pioniere	5
1.3.1 Leuwenhoek, Koch und Pasteur	5
1.3.2 Beijerinck und Winogradsky	5
1.3.3 Avery MacCarty, Mullis, Woese	5
2 Gesundheit	5
2.1 Grundlagen der Interaktion	5
2.1.1 Symbiose	5
2.1.2 Pathogenität	6
2.2 Krankheitserreger	6
2.2.1 Definition	6
2.2.2 Herkunft und Übertragung	6
2.3 Bedeutung umweltassoziierter Infektionen am Bsp. Wasser	6
2.3.1 Relevanz	6
2.3.2 WHO Rahmen	6
2.3.3 Arten der Gefährdung	6
2.3.4 Analyse der mikrobiologisch hygienischen Qualität	6
2.3.5 Vorgabe der Qualitätsziele	6
2.4 Vergleich chemischer und mikrobiologischer Gefährdungen	6
3 Kometabolismus, Abbau und Transformation	6
3.1 Abbau & Transformation	6
3.2 Wachstum und Wachstumskinetik	7
3.3 Temperaturabhängigkeit biologischer Prozesse	7
3.4 CSB und Redfield Stöchiometrie	7
3.5 Zellertrag/Yield	7
4 Altfragen	7

1 Einführung

1.1 Mikroorganismen (MO)

1.1.1 Definition und Hintergrund

MO sind mit $< 150\mu\text{m}$ definiert. Sie sind im Mikro-/Nanometer Bereich angesiedelt.

Mikrobiologie Analyse der dominanten Lebensform am Planeten

Mikroben dominante Biomassen und Prozesse

Prokaryoten Kein Zellkern, keine Membranen (Bakterien, Archaeen)

Eukaryoten Zellkern, Membranen (Pilze, Algen, Protozoen)

Biomoleküle RNA, DNA, Proteine, Lipide

Mikrokosmos:

- syntrophe Interaktionen (bedeutet „nähren“)
- Zell-Zell Interaktionen
- Zell-Umwelt Interaktionen
- häufig Biofilmstrukturen
- großes Oberflächen-Volumen Verhältnis

Die Natur kultiviert „Mischkulturen“ und nicht „Reinkulturen“. Mikrobielle Gemeinschaften beeinflussen das tägliche Leben, bsp. das intestinale Mikrobiom ist für die Verdauung essentiell.

Reinkulturen werden im Labor erzeugt, und haben eine große Bedeutung für:

- experimentelle Arbeit
- Model Organismen
- Biotechnologie und Fermentation
- Diagnostische Arbeit

Es ist ein großer Aufwand reinkulturen zu erhalten.

Charakteristika des mikrobiellen Lebens:

1. Metabolismus
2. Wachstum
3. Evolution

Weitere Eigenschaften sind:

- Kommunikation
- Mobilität
- Differenzierung
- genetischer Austausch

Abiotische vs. biotische Kompartments:

Die 5 generellen Merkmale des Lebens:

- **Form/Organisation** spezifische Organisation anhand von Biomolekülen und definierte Grenzen (Aussen/Innen)
- **Metabolismus** definierter Energie- and Massefluss
- **Produktivität** Wachstum- and Reproduktion
- **Erregbarkeit** Reaktion gegenüber Umweltreizen
- **Evolution** Veränderung in Raum und Zeit

Sind Viren Organismen? → Nein

- Größe im Nanometerbereich
- **kein** Metabolismus
- benötigen Wirtszelle für Replikation

Effekte von Viren auf Wirtszelle:

- lytische Infektion: Zerstörung der Wirtszelle
- persistierende Infektion: Wirtszelle bleibt erhalten

- latente Infektion: Virusgenom wird in Wirtszelle integriert
- Transformation: Wirtszelle wird durch Virusgenom verändert (Tumorzelle)

Baltimore Classification (virale Genome):

Grafik aus dem Skript

1.1.2 Evolution

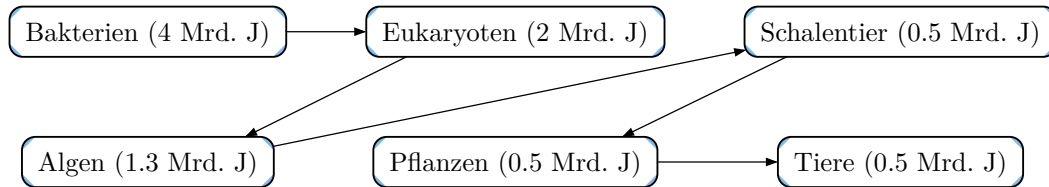


Abb. 1: Mikroorganismen besiedeln die Erde seit fast 4 Mrd. Jahren

Mikrobiota in der Umwelt:

- Flüsse, Seen, Quellen
- Grundwasser, Boden, Sedimente
- Luft, Ozeane, ...

Metabolische Möglichkeiten der Energiekonservierung:

- anerobe
- mikroaerophil
- aerob

Energiequellen:

- Licht
- organische Stoffe
- anorganische Stoffe

1.2 Vorkommen und Bedeutung

1.2.1 Umwelt und Biosphäre

Mikrobielle Zellzahlen in den Top 5 Habitaten:

- Tiefseeuntergrund $4 \cdot 10^{29}$
- Boden $3 \cdot 10^{29}$
- Tiefer continentaler Untergrund $3 \cdot 10^{29}$
- Ozeane $1 \cdot 10^{29}$
- Oberer Ozeanische Sedimente $5 \cdot 10^{28}$

Biofilm Vorkommen:

- an Grenzflächen im Meer
- in Eukaryoten
- in Grundwasserleitern und Abwasserreinigungsanlagen

1.2.2 Gesundheitliche Aspekte

Die Top 3 Todesursachen um 1900 waren noch Infektionskrankheiten. Heute sind es Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Hauptübertragungswege:

- Person zu Person (Tröpfcheninfektion)
- Vehikel basierend (Wasser, Nahrung)
- Vektor basierend (Insekten)

Die Übertragungswege beim Vehikel Wasser können sowohl **zoonotisch** (vom Tier) als auch **anthropotisch** (vom Mensch) sein. Die Infektionen können durch Wassersicherheits Management minimiert werden.

Endemisch ständig in eine Endemiegebiet vorhanden

Epidemisch zeitlich und räumlich begrenztes massenhaftes Auftreten

Pandemisch weltweit Auftetende Epidemie

Wichtige Infektionskrankheiten:

- verursacht durch Bakterien
- verursacht durch Viren
- verursacht durch Protisten
- verursacht durch Pilze

Humanes Mikrobiom (positive Effekte):

- unterstütz bei Verdauung
- Synthese von Vitaminen und anderen Nährstoffen
- Art des Darmmikrobioms → direkte gesundheitliche Auswirkung

1.2.3 Biotechnologie

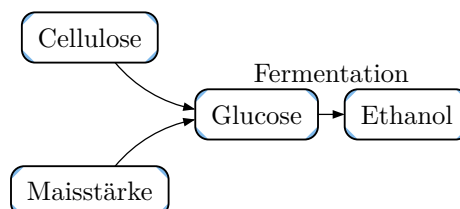
MO haben in fast allen Bereichen von Industrie und Gewerbe eine Bedeutung. **Negativ:**

- Wachstum in fast allen Kompartimenten mit Wasser (Korrosion, Fowling)

Positiv:

- relative *low-cost* Produktion mit MO (Enzyme, chemische Rohstoffe, ...)
- Biotechnologie (Medikamente, Insulin, ...)
- Umweltbiotechnologie → Umweltschutz (Abwasserreinigung, ...)

Beispiel Ethanolherzeugung:



1.2.4 MO-freie Umgebungen

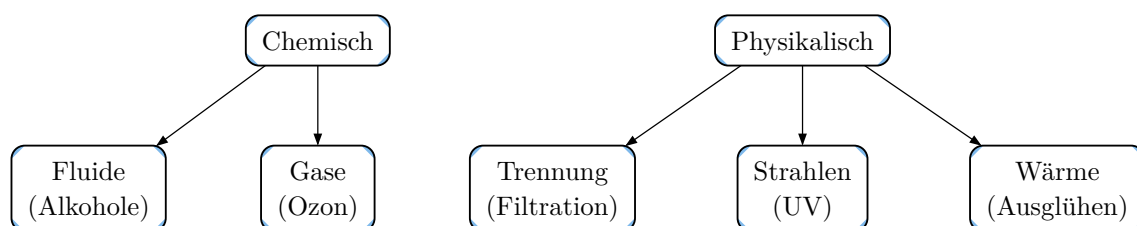
Sterile Kompartimente in der Umwelt sind die Ausnahme!

- sterile Körperkompartimente
- heiße Kompartimente
- künstlich sterile Kompartimente

Trinkwasser ist nicht steril. Wassereigene Mikrobiota gehören zum natureigenen Bestandteil.

In der Praxis ist eine ausreichende Sterilität gegeben, wenn die Kontaminationswahrscheinlichkeit ausreichend gering ist (unter 10^{-6} liegt).

Es gibt viele verschiedene Methoden zur Desinfektion bzw. Sterilisation von Oberflächen und Materialien.



1.3 Wissenschaftliche Pioniere

1.3.1 Leuwenhoek, Koch und Pasteur

- Robert Hooke (1664) benutzte ein Mikroskop
- Van Leuwenhoek (1684) benutzte ein Mikroskop

→ Optische Mikroskope nur bis zu einer Auflösung von 0.1µm oder 100 nm

Meilensteine in der Kultivierung und Reinkultur von MO.

Louis Pasteur:

- Bedeutung der Sterilisation
- Fermentation
- pasteurisieren
- Impfstoffentwicklung

Pasteur widerlegt 1868 *Theorie der spontanen Erzeugung*, wonach Leben aus unbelebter Materie entstehen kann, mit seinem **Schwanenhalsflaschen** Experiment.

Moderne Impfstoffplattformen:

- *whole Pathogen* (attenuated, inactivated)
- *viral vectors* (replicating, non-replicating)
- *Subunit* (protein subunit; polysaccharide/conjugate; toxoid; virus-like particles)
- *Nucleic Acids* (RNA, DNA)

Keimtheorie von Infektionskrankheiten:

- 1847 Ignaz Semmelweis (Hygiene, Händewaschen, Prävention von Infektionen)
- 1867 Lister und Pasteur (aseptische Techniken, Hinweis MO könnten Infektionen verursachen)
- 1878 Robert Koch (beweist MO verursachen Infektionen)

Koch's Postulate:

1. Pathogen präsent in jedem Krankheitsfall
2. Pathogen muss in Reinkultur wachsen
3. Zellen der Reinkultur lösen Krankheit in gesundem Tier aus
4. Pathogen muss isoliert werden und gezeigt werden, dass gleich mit ursprünglichen Pathogen ist.

1.3.2 Beijerinck und Winogradsky

Martinus Beijerinck (1851-1931) wendete erstmals die Anreicherungskultur an.

→ hoch selektive Wachstumsmedien

→ hoch selektive Bebrütung

Sergeij Winogradsky (1856-1953) isolierte erfolgreich Bakterien die N₂- und S-Kreislauf beteiligt sind.

1.3.3 Avery MacCarty, Mullis, Woese

DNA als Basis der Vererbung. Avery McCarty → S_{DNA} kann auch Transformation durchführen und tötet ebenfalls Mäuse (siehe Folien).

Kary Mullis und Michale Smith gelten als Entwickler der PCR (Polymerasekettenreaktion) zur Amplifikation diagnostischer DNA-Fragmente zum Nachweis und Analyse von MO aus der Umwelt und Klinik.

2 Gesundheit

2.1 Grundlagen der Interaktion

2.1.1 Symbiose

Eine Symbiose kann sowohl positiv, negativ sowie eine unmessbare Wirkung auf Symbionten haben. Zudem können die Auswirkungen zeitlich und räumlich variieren.

- *Mutualism* (wechselseitige Beziehung, trennung kaum möglich)
- *Cooperation* (wechselseitige Beziehung, jedoch nicht zwingend)
- *Commensalism* (nur einer hat einen Nutzen, anderer wird nicht geschädigt)
- *Predation* (Raubtier greift Beute als Nahrungsquelle an.)
- *Parasitism* (Parasit profitiert von Wirt und Wirt wird geschädigt)
- *Amensalism* (Unidirektionale Beeinträchtigung)
- *Competition* (Kampf um selbe Resource)

2.1.2 Pathogenität

Es gibt verschiedene Auffassungen der Pathogenität.

- MO speziell um Mensch zu Schaden
- MO versuchen Gleichgewicht herzustellen. Bei Ungleichgewicht kommt es zur Krankheit
- Mensch ist ein zufälliger Wirt des MO

Wahrscheinlich sind situationsbedingt alle richtig. Schließlich ist der Ausgang der Infektion abhängig von der Virulenz des MO, von den Abwehrkräften des Wirts und von der Anzahl der krankmachenden MO.

2.2 Krankheitserreger

2.2.1 Definition

2.2.2 Herkunft und Übertragung

2.3 Bedeutung umweltassoziierter Infektionen am Bsp. Wasser

2.3.1 Relevanz

2.3.2 WHO Rahmen

2.3.3 Arten der Gefährdung

2.3.4 Analyse der mikrobiologisch hygienischen Qualität

2.3.5 Vorgabe der Qualitätsziele

2.4 Vergleich chemischer und mikrobiologischer Gefährdungen

3 Kometabolismus, Abbau und Transformation

3.1 Abbau & Transformation

Abbau ist ein Prozess bei dem org. Chemikalien biologisch und deren Enzyme zersetzt werden. Im Idealfall Abbau bis zur Mineralisierung (anorg. Stoffe). Abbau kann auch in stabilen Transformationsprodukten stehen bleiben. Es gibt drei Stufen:

- Umwandlung in ATP (Adenosintriphosphat)
- Citratzyklus zur Bildung zentraler Intermediate unter ATP Verbrauch
- Ausscheidung Stoffwechselprodukte

Weiters unterscheidet man zwischen folgenden Abbaubarkeiten:

- Bio. leicht abbaubar
- Bio. schwer abbaubar
- Persistente Stoffe / refraktäre Stoffe

Ein Metabolit ist zwischen Substrat (Ausgang) und Produkt (Ende), also ein Intermediat. Diese müssen in Folgereaktionen eintreten können und haben eine begrenzte Halbwertszeit. Ein Sekun-

därmetabolit ist meistens nicht essentiell für Organismen und wird oft als Stoffwechselprodukt ausgeschieden. Transformationsprodukte

Durch Synergismus, also dem Teilabbau von Stoffen durch viele MO, werden gemeinschaftlich Kontaminanten mineralisiert. Bei der Kometabolisierung wird der Abbau von Kontaminanten durch Zugabe von Nährstoffen oder Substraten ermöglicht. Der Kontaminant reagiert dann sozusagen mit.

3.2 Wachstum und Wachstumskinetik

3.3 Temperaturabhängigkeit biologischer Prozesse

3.4 CSB und Redfield Stöchiometrie

3.5 Zellertrag/Yield

Yield bezeichnet die Biomasseausbeute bezogen auf das verbrauchte Substrat. missing

4 Altfragen

? Frage 1

Was ist die Bedeutung von Phosphor in der Umweltmikrobiologie?

Phosphor ist wichtigstes wachstumslimitierendes Substrat. Es spielt eine zentrale Rolle beim Energiestoffwechsel (ATP) und ist Bestandteil der DNA und der Zellmembran. Phosphat (PO_4^{3-}) ist dabei die relevanteste Form.

? Frage 2

Beschreiben Sie den aeroben Abbau von aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Metabolisierung in 3 Stufen, wobei das Grundmuster des aeroben Abbaus bei monocyclischen Aromaten, Phenolen und Carbonsäuren und des letzten Ringes beim Abbau von PAK gleich ist.

1. Benzolring, unter Verbrauch von Sauerstoff in Brenzkatechin, umgewandelt, das zwei benachbarte Hydroxylgruppen enthält.
2. Ring des Brenzkatechins wird unter Verbrauch von Sauerstoff zwischen den beiden Hydroxylgruppen oder zwischen einer OH-Gruppe und einem C-Atom gespalten.
3. Die offenkettigen Verbindungen werden weiter in Säuren und Aldehyde gespalten, die in den Stoffwechsel eingeschleust werden.

? Frage 3

Was ist die Definition für *Hazard* laut WHO?

Biologische, chemische, physikalische oder radiologische Agenzien, die das Potenzial haben Schaden zu verursachen. (WHO 2006)

? Frage 4

Beschreiben Sie die Mechanismen der mikrobiellen Korrosion von Stahl.

MISSING

? Frage 5

Welche sind die drei Hauptübertragungswege von Infektionserkrankungen?

- Person zu Person (direkt, indirekt, airborne)
- Vehikel basierend (waterborne, foodborne, airborne, soilborne)
- Vektor basierend (arthropods/insects)

? Frage 6

Was ist μ_{\max} und K_s in der Wachstumskinetik?

K_s ist die Sättigungskonstante, Nährstoffkonzentration bei $\mu = 0.5 \cdot \mu_{\max}$ [mg /l]

μ_{\max} ist die maximale Wachstumsrate (Zunahme der Zellzahl/-masse pro Zeiteinheit)

$$\mu = \mu_{\max} \frac{S}{S + K_{S_{\max}}}$$

? Frage 7

Beschreiben Sie die Unterschiede zwischen kontinuierlicher Fermentation und Belebungsbecken?

Kontinuierliche Fermentation: Ein vollständig durchmisches Becken, dem kontinuierlich Abwasser (Nährlösung) zufließt. Dort wachsen MO die das zugeführte Substrat verbrauchen und das System wieder verlassen. Gleichgewichtszustand, d.h. Konzentration im Ablauf bleibt gleich. Ist qR (Wachstumsrate der MO) größer als μ_{\max} dann werden MO ausgewaschen. Bei $0 < qR < \mu_{\max}$ ist das System selbstregulierend.

Belebungsbecken: Beim Belebungsbecken wird qR und μ_{\max} entkoppelt, damit das Volumen des Beckens und die erforderliche Verweilzeit klein gehalten werden. Dies geschieht durch eine Rückführung der MO aus dem Ablauf einer kont. Fermentation in den belüfteten Reaktor. In der Praxis erfolgt das durch Abtrennung der Biomasse im Nachklärbecken oder auch Membranfiltration.

? Frage 8

Charakterisieren Sie die Grün Alge.

Grünalge: (450 Gattungen, >7500 Arten)

- größte Gruppe innerhalb der Algen
- Einzellig, auch koloniebildende Formen
- Lebensweise autotroph (z.T. parasitär auf Landpflanzen)
- Reservestoffe: Stärke gespeichert in Pyrenoiden
- Beweglichkeit: manche Arten 1-2 Flagellen
- Zellwand: innere Lage Zellulose, äußere Lage Pektin
- Habitat: Süßwasser, einige marin, terrestrisch in feuchter Umgebung
- Fortpflanzung: asexuell und sexuell

? Frage 9

Beschreiben Sie die Unterschiede zwischen Katabolismus und Anabolismus.

Katabolismus: Abbau von Stoffwechselprodukten von komplexen zu einfachen Molekülen. Energiefreisetzende (exergone) Stoffumsetzungen. Dient zur Energiegewinnung, Lieferung von Baustoffen und der Entgiftung.

Anabolismus: Ist die Gesamtheit der energieverbrauchenden (endergonen) Stoffumsetzungen und gleichzeitig der aufbauenden Stoffwechselreaktionen.

? Frage 10

Erklären Sie Viroid, defekte Viren und Prionen.

Viroide: kurzer, zu einem Ring geschlossener RNA Einzelstrang (250-400 Basen). Freie DNA, keine Proteine oder Lipide. Replikation in Pflanzenzellen.

defekte Viren: Nicht im Besitz aller Gene für einen vollständigen Infektionszyklus. Benötigen Helfervirus. Konkurrenz um Replikationsapparat, Hüllproteine und Capsidproteine.

Prionen: Infektiöse Proteine (falsch gefaltet). Verursachen spongiforme Enzephalopathien. Beispiel: Creutzfeld-Jakob, BSE, Scrapie. Unempfindlich gegenüber UV- und Gammastrahlen, Hitze und Desinfektionsmittel.