

**1) Wie würden Sie vorgehen, wenn Sie in einer zu untersuchenden Kultur *Pseudomonas spec.* identifizieren sollen?
Beschreiben Sie, welche Merkmale, Eigenschaften, Kulturbedingungen, Tests etc. Sie im Kurs zur Identifikation nutzen können.**

Tests:

- 1) Gram- → Gramfärbung / KOH-Test
- 2) Stäbchen → Mikroskopieren
- 3) Oxidative Glucoseverwertung → Oxidase Positiv → Oxidase Test
- 4) andere Stoffwechselprodukte → Oxi/Fermtube

Merkmale:

- Proteobakterien
- Entner-Doudoroff-Weg
- Chemoorganotroph
- Gerade oder leicht gekrümmte Stäbchen
- Polare Geißeln
- Einige sind pathogen
- Teilw. Antibiotika-resistent
- Therapie ist schwierig.

Kulturbedingungen:

- pH 7

2) Erklären Sie den Unterschied zwischen Lebend- und Gesamtkeimzahl. Beschreiben Sie die verschiedenen Methoden zur Bestimmung von Bakterienzahl und Bakterienmasse.

Gesamtkeimzahl: lebende + tote Mikroorganismen

Lebendkeimzahl: nur vermehrungsfähige, kulturbildende Mikroorganismen

Bestimmung Bakterienmasse:

Direkt:

- Wägung Frischmasse
- Wägung Trockenmasse
- Bestimmung des Gesamt-N-Gehaltes (Kjeldahl)
- Bestimmung des Gesamt-C-Gehaltes (van Slyke-Folch)
- Bestimmung Proteingehalt (Lowry oder Folin-Ciocalteu)

Indirekt:

- Trübungsmessung (OD = Optische Dichte) (Turbidimetrie)
- Streulichtmessung (Nephelometrie)
- Messung von Stoffwechselgrößen z.B.
 - O₂-Aufnahme
 - CO₂-Produktion
 - Enzymaktivitäten

Bestimmung Zellzahl

Gesamtzellzahl:

- Zählkammer (nach Neubauer oder Thoma)
- Membranfiltermethode: Mikroskopische Zählung nach Färbung

- Elektrische Zählgeräte z.B. Coulter-Counter

Lebendzellzahl:

- Koch'sches Plattengussverfahren
- Membranfiltermethode: Zählung der Kolonien nach Auflegen des Filters auf Agar.

3) Wie gehen Sie vor, wenn Sie Stärke-abbauende, aerobe Sporenbildner anreichern wollen? Wie heißen die Bakterien, die in diese Gruppe gehören? Wie wiesen Sie den Stärkeabbau auf einfache Weise nach? Wie heißen die anaeroben Stärke-abbauenden Sporenbildner?

- Probe besorgen, in/ auf der sich wahrscheinlich gesuchte Bakterien befinden
→ Gartenerde
- Stärke als C-Quelle → Kartoffelstückchen
- ~ 15 min in Dampftopf erhitzen (aerob) → Abtöten der vegetativen Formen → Selektieren der Sporenbildner
- Aerob bebrüten

=> Bacillus spec. z.B. Bacillus subtilis

Nachweis Stärkeabbau:

- Agar mit Stärke wird angeimpft
- Nach 3 Tagen
- Reststärkenachweis mit Lugol-Lösung
- Pos: Streifen um Ausstrich bleibt ungefärbt
- Neg: alles wird gefärbt

Anaerobe, Stärke-abbauende Sporenbildner

=> Clostridien z.B. Clostridium botulinum

4) Was versteht man unter einer statischen Kultur und wie verläuft die Entwicklung der Bakterien in diesem System (Wachstumskurve mit Erläuterung der verschiedenen Phasen)?

Statische Kultur → nach Ansatz keine Zugabe von Nährstoffen (Batch-Kultur) im Gegensatz zu z.B. Fermenter

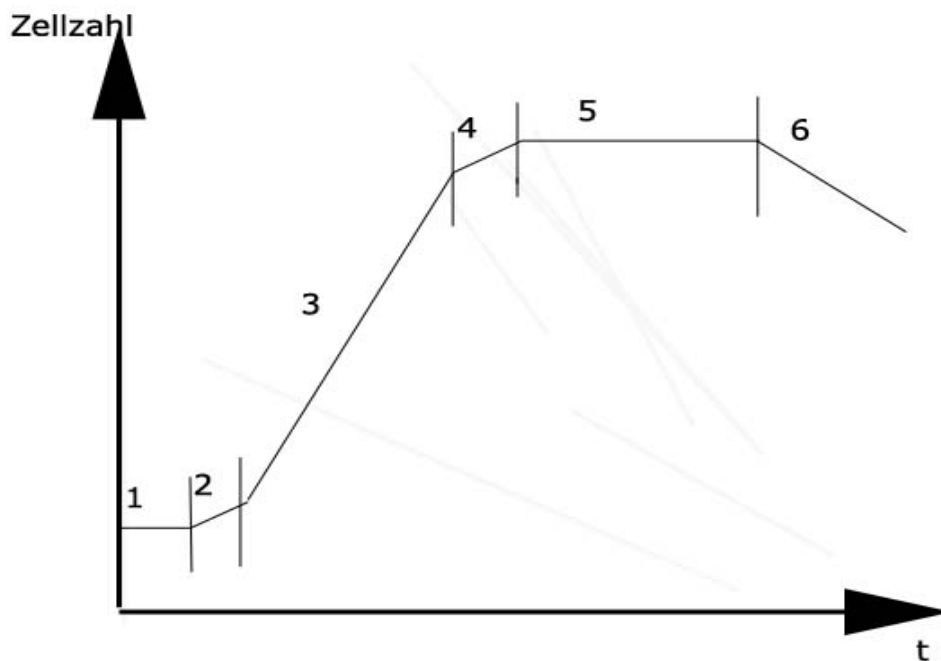
Phasen:

1. Lag-Phase
2. Anlauf-Phase
3. Log-Phase (oder exponentielle Phase)
4. Verzögerungs-Phase
5. Stationäre Phase
6. Absterbe-Phase

Erläuterung:

1. In der Lag-Phase erfolgt die Umstellung auf die neuen Lebensbedingungen wie z.B. andere Temperatur, andere Substrate... (Induktion von Enzymen)
2. In der Anlauf-Phase erfolgen die ersten Zellteilungen, die Zellen teilen sich jedoch noch nicht in regelmäßigen Zeitabständen.
3. Nun erfolgt exponentielles Wachstum, bei dem die Zellen die angebotenen Nährstoffe und die gegebenen physikalischen Bedingungen optimal nutzen.

4. Das Substrat oder ein anderer Faktor limitieren das Wachstum allmählich. Nicht mehr alle Zellen teilen sich regelmäßig.
5. In der stationären Phase kommt es nahezu zur Einstellung der Teilungen. Ein oder mehrere Faktoren verhindern weiteres Wachstum z.B. O₂-Knappheit, Kohlenstoffquelle oder anderer Nährstoff ist verbraucht, Anhäufung eines hemmenden Stoffwechselprodukts, pH-Wert aus dem Toleranzbereich des Organismus bewegt.
6. Zellen sterben z.B. aufgrund von O₂-Mangel ab. Es erfolgen keine weiteren Teilungen. Sowohl Zellzahl als auch OD nehmen ab, da tote Zellen wenig Licht adsorbieren. Fehlende Energie durch Verbrauch der Energiequelle oder Anwesenheit eines toxischen Stoffwechselprodukts, Induktion lytischer Enzyme.



5) Erläutern Sie die Wachstumsparameter μ und t_d . Berechnen Sie unter Angabe der entsprechenden Formeln die beiden Parameter für eine Bakterienkultur, die sich innerhalb von 2 Stunden von einer OD = 0,3 auf eine OD = 0,6 vermehrt hat ($\log e = 0,43429$)

Definition μ : Wachstumsrate, gibt die Zahl der Verdopplungen der Zellmasse pro Zeiteinheit [h^{-1}] an

Definition t_d : Verdopplungszeit, ist Zeitintervall für die Verdopplung der Zellmasse [h]. In exponentieller Phase wird $t_d = g$ (Generationszeit).

Berechnung μ :

Formel: $\ln Y - \ln Y_0 / t - t_0 = \mu$

$$\ln 0,6 - \ln 0,3 / 2 \text{ h} = 0,3465$$

$$\text{Oder } \log 0,6 - \log 0,3 / \log e (t - t_0) = 0,3465$$

$$= \log 0,6 - \log 0,3 / 0,4343 * 2 = \underline{0,3465 [h^{-1}]}$$

Berechnung t_d :

Formel: $t_d = \ln 2 / \mu$

$$t_d = \ln 2 / 0,3465$$

$$t_d = \underline{2,000 \text{ [h}^{-1}\text{]}}$$

6) Wie würden Sie eine Vitamin-Lösung sterilisieren? Nennen Sie die verschiedenen Sterilisationsverfahren und ihre Anwendungsbereiche.

Vitamin-Lösung sterilisieren:

→ Membranfiltermethode → nicht erhitzen

Membranfilter

- Porengröße 0,2 - 0,45 μm
- Lösungen, die nicht erhitzt werden dürfen z.B. Vitamine, Glucose; Gase

Heißluftsterilisation

- 180° C, trocken, 30 min
- Anwendung: temperaturbeständige Glasgefäße, Metallteile

Autoklavieren

- 121°C, 20 min, feucht → gesättigter Dampf
- Anwendung: viele Nährlösungen, Reagenzgläser, Geräte, die 121° aber nicht 180° aushalten

Tyndallisation (fraktionierte Sterilisation)

- 100°, 30 min, nach einigen Stunden erneut
- Anwendung: selten, alte Sterilisationsmethode (19.Jhd.)

Keimtötende Stoffe oder Strahlung

- Ethylenoxid, UV-Strahlung
- Anwendung: Kunststoff-Einwegmaterial

7) Welche Stickstoff-fixierenden Mikroorganismen kennen Sie? Wie werden sie unterteilt? Mit welchem Enzymkomplex wird die Fixierung des Stickstoffs durchgeführt? Nennen Sie charakteristische Eigenschaften und Komponenten dieses Komplexes.

Stickstoff-Fixierer

=>	Azotobacter	
	Rhizobium	
	Anabaena	aerob
	Rhodospseudomonas	
	Clostridium	anaerob

Rhizobium u.a. leben symbiontisch mit Pflanzen. Azotobacter, Clostridium u.a. sind freilebend.

Enzymkomplex → Nitrogenase

Eigenschaften: O_2 empfindlich (irreversible Hemmung)

Sehr energieaufwendig

Komponenten: Nitrogenase-Reduktase

Nitrogenase

8) Wie ist der Stoffwechsel der nitrifizierenden Bakterien charakterisiert? Welche Vertreter dieser physiologischen Bakteriengruppe kennen Sie? Skizzieren Sie die chemischen Reaktionen der Nitrifikation.

Nitrifizierer:

- | | | |
|------------------------------|--|---|
| • Nitrosomonas(europaea) | | |
| • Nitrosococcus | | $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ Ammoniumoxidierer |
| • Nitrobacter (winogradskyi) | | |
| • Nitrocystis | | $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ Nitritoxidierer |

Stoffwechselkennzeichen:

- Aerob
- Geringer Energiegewinn (nur Reaktion 2 +3)
- Meist obligat chemolithotroph \rightarrow keine org. Substrate als Energiequelle
- Neutral bis leicht alkalischer pH (pH 7-8)

chemische Reaktionen:

- | | | |
|--|--|-------------------|
| 1) $\text{NH}_4^+ + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} + \text{H}^+$ | | |
| | | Ammoniumoxidierer |
| 2) $\text{NH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ | | |
| 3) $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ | | Nitritoxidierer |

9) Bei der Trinkwasseruntersuchung wird zur quantitativen Erfassung coliformer Keime eine Titerbestimmung durchgeführt. Was versteht man in diesem Fall unter „Titer“ (Definition)? Wie können Sie E.coli identifizieren? Warum hat der Nachweis von E.coli für die Beurteilung der Trinkwasserqualität große Bedeutung?

Titer Definition: Titer einer Bakterienart ist das kleinste Volumen (in ml) einer Wasserprobe, das in DEV-Lactose-Bouillon gerade noch Wachstum dieser Bakterienart zeigt.
[Coliforme bilden hierbei bei 37°C durch Lactosevergärung Säure und Gas \rightarrow erkennbar an pH-Indikator + Durham-Röhrchen]

E.coli Identifizierung:

- Nachweis: 100 ml sterile doppelt-konzentrierte DEV-Lactose-Bouillon + 100 ml Wasserprobe + Bromkresolpurpur (pH-Indikator); 48 h bebrüten \rightarrow E.coli: Farbumschlag von lila nach gelb
- sonstige Identifizierung:
 - Gram negativ \rightarrow Gramfärbung
 - Stäbchen (Mikroskop)
 - Peritriche Begeißelung (Geißelfärbung)
 - Glatt-glänzende, glattrandige Kolonien
 - Verwertung von Glucose, Lactose, Galactose, Mannose
 - Oxidase negativ
 - Katalase positiv

Bedeutung E.coli im Trinkwasser:

E.coli ist ein Indikatorbakterium für fäkale Verunreinigung des Wassers. Wenn E.coli enthalten ist, ist davon auszugehen, dass auch andere Bakterien z.B. Salmonellen enthalten sein können.

10) Ein Patient erhält zur Bekämpfung einer bakteriellen Infektion Streptomycin. Wie und warum werden die Bakterien betroffen, warum wird der Patient durch die Streptomycin-Wirkung nicht betroffen? Nennen Sie weitere Antibiotika und beschreiben Sie ihre Wirkungsweise.

Streptomycin-Wirkung auf Bakterium:

- Hemmt den Vorgang der Verknüpfung der AS
- Angriffspunkt 70 S Ribosomen
- Falsche Ablesung des genetischen Codes
- Hemmt Initiation der Translation

Streptomycin-Wirkung auf Mensch:

- Da Menschen keine 70 S sondern wie bei Eukaryoten üblich 80 S Ribosomen besitzen, findet eine gezielte Wirkung auf Bakterien statt.

Weitere Antibiotika und Wirkung:

- Penicillin, Vancomycin Hemmung Zellwandsynthese: Verhindert Vernetzung bei der Mureinsynthese durch Bindung an Enzym bzw. Vorstufe
- Rifamycin Hemmung der Transkription
- Chloramphenicol Hemmung der Proteinsynthese: Verhindert den Einbau von AS bei der Translation
- Tetracyclin Hemmung der Proteinsynthese: Verhindert die AS-Verknüpfung durch Peptid-Transferase
- Erythromycin Beeinträchtigt Funktion der 50 S-Untereinheiten der Ribosomen

11) Damit die Milch, die Sie im Supermarkt kaufen können, nicht „sauer“ wird, erfolgt eine spezielle Behandlung. Wie heißt diese Behandlung und was wird dabei durchgeführt. Warum wird unbehandelte Milch „sauer“? Beschreiben Sie, was bei diesem Vorgang abläuft. Was ist der Säuregrad der Milch?

Pasteurisieren:

- 74°C, 20 sec, Dampf → Kurzzeiterhitzung
 - 85°C, 2-5 sec, Dampf → Hoherhitzung
- Teilentkeimung empfindlicher Lebensmittel

Säuregrad der Milch:

Gehalt von Milch- und anderen Säuren = SH-Wert (Soxhlet-Henkel) ist die ml-Anzahl an 0,25 M NaOH, die zur Neutralisation von 100 ml Milch benötigt werden. Frischmilch SH-Wert 7 (= pH 6,6)

„Sauer“ werden:

Grund: Herstellung von Milchsäure durch Lactose-verwertende Bakterien

Ablauf: Durch ständigen Abbau des natürlich Lactosegehalts in Milch von ca. 4% und die Umsetzung in Milchsäure sinkt der pH-Wert. Dieser wiederum fällt das Milcheiweiß aus – hauptsächlich Casein: die Milch gerinnt (z.B. Lactobacillus lactis).

Die Milchkühe stehen heute meist im Stall statt auf der Weide und fressen Kraftfutter statt Gras. Damit hat sich auch ihre Bakterienflora verändert: Die heutigen Milchverderber bilden meist Essig- oder Propionsäure und andere Stoffwechselprodukte, die die Milch ungenießbar machen (z.B. Clostridium butyricum)

12) Welche Angaben befinden sich auf den Objektiven der im Kurs verwendeten Lichtmikroskope und was haben sie für eine Bedeutung?

z.B. Objektiv **PH2**
Vergrößerung **45 / 0,65** Appertur
Tubuslänge **160 / 0,17** Dicke der Gläschen

13) Wie gehen Sie vor, um a) aerobe Stickstoff-fixierende Bakterien, b) Cyanobakterien und c) schwefelfreie Purpurbakterien anzureichern? Geben Sie Charakteristika der Nährmedien und die selektiven Kulturbedingungen an.

a) aerobe N-Fixierer

- Probe: obere Schicht Gartenerde
- kein gebundener N in Nährmedium
- aerobe Kultivierung
- Mannit als C-Quelle

b) Cyanobakterien

- Probe: Oberflächen-Teichwasser
- Belichtung mit Kaltton
- Aerobe Kultivierung
- Mineralische Medium

c) Schwefelfreie Purpurbakterien

- Probe: Tiefenwasser aus Teich
- Belichtung mit Warmton
- Anaerobe Kultivierung
- Malat als C-Quelle

14) Warum werden Gram-negative Bakterien negativ gefärbt und Gram-positive Bakterien positiv gefärbt? Erläutern Sie kurz den Ablauf der Gram-Färbung und begründen Sie das unterschiedliche Färbeverhalten der beiden Bakteriengruppen. Zu welcher Gram-Gruppe gehören die Pseudomonaden und wie sind sie nach der Gram-Färbung gefärbt?

Ablauf Gram-Färbung:

- Bakterien hitzefixieren auf Objektträger
- Färbung mit basischem Farbstoff Kristallviolett
- Behandlung mit Jodlösung
- → Bildung wasserunlöslicher Lacke
- Differenzierung mit Alkohol (Auswaschen)
- Gegenfärbung mit Kontrastfarbstoff Fuchsin

Unterschied Gram+ /Gram-:

Verschiedene Zellwände:

- Gram+: Mehrschichtiger Mureinsacculus (ca. 30 Schichten), enthält Teichon- und Teichuronsäuren, keine äußere Membran
- Gram -: Einschichtiger Mureinsacculus aus Peptidoglycan und äußere Membran mit Lipopolysacchariden verknüpft durch Lipoproteine

→ Farblack wird in dicker Peptidoglycanschicht der Gram+ zurückgehalten

Begründung des Färbeverhaltens:

- Der gebildete Farblack ist wohl zu groß, durch die Zwischenräume der gram+ Zellwand zu passen. Diese Bakterien mit mehrschichtiger Zellwand werden zudem durch den Alkohol stark dehydratisiert und damit die Maschen des Mureinnetzes verkleinert und halten den Farbstoff zurück. Sie bleiben blau gefärbt.
- Einschichtige Zellwände mit umgebender äußerer Membran werden nur schwach dehydratisiert und halten den Farbstoff nicht in der Zelle zurück, zumal die Ethanolbehandlung die äußere Membran von der Zelloberfläche ablöst.
- Bei der Gegenfärbung nehmen die bereits gefärbten grampositiven Zellen keine weitere Farbe auf und erscheinen daher weiterhin blau. Die Gramnegativen nehmen jedoch Fuchsin oder Safranin auf und erscheinen danach rot.

Pseudomonaden: Gram negativ, Blaufärbung durch Alkohol entfärbt, nach Gegenfärbung mit Fuchsin rot

15) Bei welcher im Kurs häufiger bearbeiteten Bakteriengruppe kann die sog. Gemischte Säuregärung ablaufen? Welche Reaktionen laufen bei der gemischten Säuregärung ab, welche Zwischen- und Endprodukte könne dabei auftreten und wie kann man diese nachweisen.

Wer?: Enterobacteriaceae z.B. E.coli, Enterobacter aerogenes, Proteus vulgaris

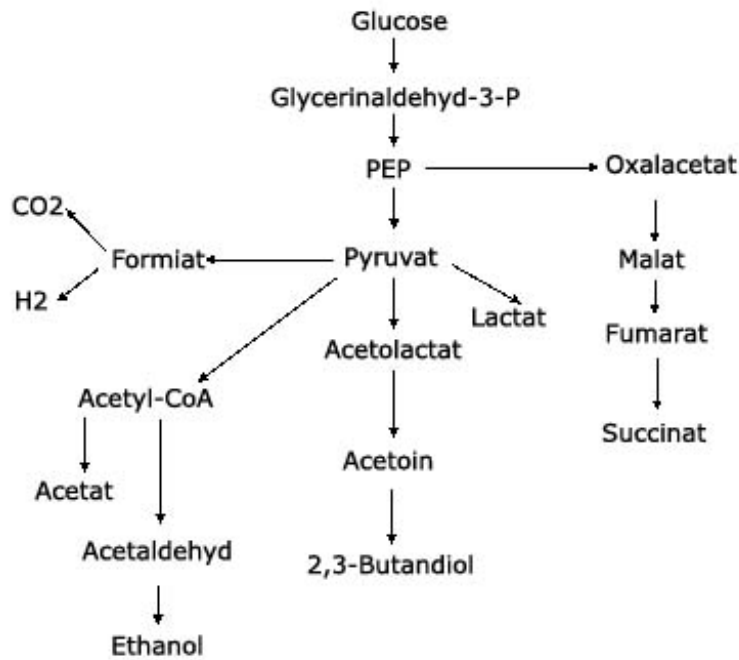
Endprodukte: Da gemischte Säuregärung auch Ameisensäuregärung

- → Formiat
- Lactat
- Acetat
- CO₂
- H₂
- Ethanol
- Succinat

Enterobacter aerogenes kann statt Succinat 2,3 Butandiol und Acetoin bilden.

Zwischenprodukte:

- Formiat → H₂ + CO₂
- Acetyl-CoA
- Acetaldehyd
- Acetolactat
- Oxalacetat
- Malat
- Fumerat



Nachweise der Endprodukte:

Acetoin-Nachweis: Voges-Proskauer-Reaktion

H₂-Nachweis: Gasbildung, Knallgas-Reaktion

CO₂-Nachweis: Gasbildung; Niederschlag in Kalkwasser

Ethanol-Nachweis: Alkohol-Dehydrogenase + NAD → Messung NADH -Zunahme

Lactat-Nachweis:

16) Nennen Sie die verschiedenen Resistenzmechanismen von Mikroorganismen gegen Antibiotika. Wie kann man die Wirkung eines Antibiotikums qualitativ und quantitativ bestimmen? [Nennen Sie einige bekannte Antibiotika und beschreiben Sie ihre Wirkungsweise. S. Frage 10]

Resistenzmechanismen:

- Inaktivierung durch Enzyme
- Zielort des AB wird durch Mutation/ Modifikation verändert
- Aktiver Abtransport des AB aus der Zelle (Multidrug-Resistance-Transporter)

Qualitative Nachweise:

- Antibioqram → Welches AB hilft gegen MO am besten?
- Agarausstrichtest → Gegen welche MO hilft AB?
- Agardiffusionstest → Bakterienrasen + verschiedene AB oder AB-Konzentrationen

Quantitative Nachweise:

- Bestimmung der MHK (Minimale Hemmstoffkonzentration) = MIC
- Bestimmung der MBK (Minimale Bakterizide Konzentration) = MBC
- → In welcher Menge muss AB zugegeben werden? Verdünnungsreihe mit verschiedenen Konzentrationen des AB

17) Was müssen Sie bei der Herstellung eines sterilen RÄH-Mediums beachten?
[Nennen Sie die verschiedenen Sterilisationsverfahren und ihre Anwendungsbereiche. S. Frage 6]

Herstellung RÄH-Medium:

- Getrennt Autoklavieren des Phosphatpuffers, da sonst Phosphat ausfällt
- Vitaminlösung und Spurenelementlösung sterilfiltrieren und nach Autoklavieren zusetzen, da diese nicht hitzebeständig

18) Mit welchen Methoden können Sie Wachstum und Vermehrung einer Bakterienkultur verfolgen? Nennen Sie charakteristische Besonderheiten sowie Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden.

(einzelne Methoden s. Frage 2)

Messung der Zellzahl (Messungsgrundlage sind einzelne Zellen)

- Nachteile: hohe statistische Fehlerrate durch Auszählen, außer elektronisch; aufwendig
- Vorteile: Bei verschiedenen Bakteriengrößen genauer

Messung der Zellmasse (Messungsgrundlage ist die Gesamtmasse vieler Zellen)

- Nachteile: Annahme gleich großer Bakterien; unzuverlässiger außerhalb der exponentiellen Wachstumsphase
- Vorteile: OD-Messung schnell, unkompliziert, billig

Messung der Stoffwechselprodukte/-Edukte (Messungsgrundlage sind –umgesetzte- Substrate)

- Nachteile: Ungenauigkeit durch „Verluste“ bei Umsetzung; genaue Vorgänge des Stoffwechsels müssen bekannt sein
- Vorteile: möglicherweise einfache, schnelle, günstige Messung z.B. % Zuckergehalt mit Refraktometer

19) Wie heißt der Wirkstoff des Knoblauchs und gegen welche Bakterien zeigt er seine bakteriostatische Wirkung besonders? Was heißt bakteriostatisch?

Wirkstoff des Knoblauchs → Allicin

- Allicin-Bildung durch Zerkleinerung des Knoblauchs → führt Alliin und Alliinase zusammen → Bildung von Allicin

Wirkt gegen: E.coli oder Bacillus subtilis: Auswertung erst nach Klausur!!!

- Antibakterieller Wirkstoff mit breitem Wirkungsspektrum; blockiert Cystein-Proteinasen und Alkohol-DH → verhindert Eindringen ins Gewebe und schädigt Stoffwechsel unspezifisch bei Krankheitserregern

Bakteriostatisch:

- Temporäre Wirkung
- Nicht zellabtötend
- Nach Entfernen des Wirkstoffs Wirkung aufgehoben → reversible Hemmung

20) Wie können Sie nachweisen, ob ein Bakterienstamm begeißelt ist? Bezeichnen Sie die verschiedenen Begeißelungstypen, nennen Sie Beispiele!

Nachweis Begeißelung:

- Selten im Mikroskop
- Elektronenmikroskop
- Geißelfärbung nach Leifson (Tannin-Chromsäure-Fuchsin Beizfärbung)
 - *Durchführung:*
 - In H₂O resuspendierte Bakterien auf Objektträger
 - Lufttrocknen
 - Überschichten mit Tannin-Chromsäure-Lösung, 5 min beizen
 - Mit Aqua dest. abspülen
 - 5 min mit Carbofuchsin färben
 - Abspülen, trocken

Begeißelungstypen:

		z.B.
Atrich	Keine Geißeln	Spirochaeten
Peritrich	Viele auf gesamter Oberfläche	Bacillus subtilis, E. coli, Proteus vulgaris
Polytrich	Mehr als eine Geißel	s. Mono/Bipolar polytrich
Monotrich	Eine Geißel	Bdellovibrio
Monopolar polytrich	Ein Bündel an einem Zellpol	Pseudomonas fluorescens
Bipolar polytrich = amphitrich	Je ein Bündel an beiden Polen	Rhodospirillum rubrum

21) Wie kommen die Löcher in den Emmentaler Käse?

a) Durch Propionsäurebakterien, bei Decarboxylierung von Pyruvat zu Acetat, Freisetzung von CO₂ mit ATP Gewinn

b) Durch Propionsäurebakterien, bei Decarboxylierung von Pyruvat zu Propionat, Freisetzung von CO₂

Antwort: B) Propionsäurebakterien bilden nur Propionat, kein Acetat

Literatur:

Munk, K.; Grundstudium Biologie: Mikrobiologie; Spektrum Verlag
 Bast, Eckhard; Mikrobiologische Methoden; 2. Auflage; Spektrum Verlag
 Schlegel, Hans; Allgemeine Mikrobiologie; 7. Auflage; Thieme Verlag
 Drews, G., Mikrobiologisches Praktikum; 3. Auflage; Springer Verlag
 Schön, G.; Bakterien; C.H. Beck