2. Ebene

von **C** (1. Ebene, Nummer 7 „Der Streit“, S. 124)

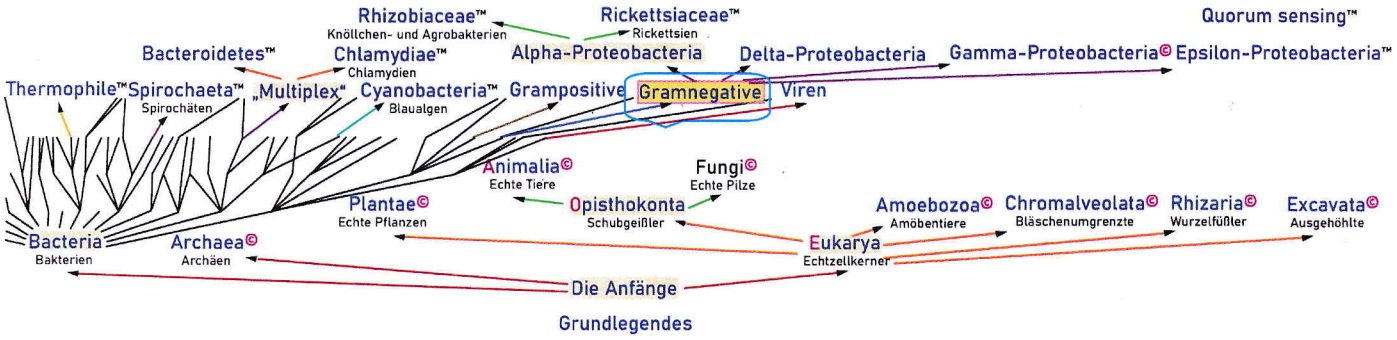
CF

Gramnegative: Gramnegative

Stammbaumartige Anordnung;
hier wird jeweils nur ein Ast dargestellt.
An jedem Buchstaben zweigen
jedoch ein bis mehrere ab:
A → J: siehe dafür separate Blätter

2 F (A,B,C,D,E, ,G): Gramnegative (Gramnegative, S. 216)
1 C (,D,E): Bakterien (Bacteria, S. 101) →

Ebene/ Farbe	1.	2.																			


Rhizobiaceae™
Knöllchen- und Agrobakterien
Rickettsiaceae™
Rickettsien
Quorum sensing™
Bacteroidetes™
Chlamydiae™
Chlamydien
Alpha-Proteobacteria
Delta-Proteobacteria
Gamma-Proteobacteria©
Epsilon-Proteobacteria™
Thermophile™
Spirochaeta™
Spirochäten
„Multiplex"
Cyanobacteria™
Blaualgen
Grampositive
Gramnegative
Viren
Animalia©
Echte Tiere
Fungi©
Echte Pilze
Plantae©
Echte Pflanzen
Opisthokonta
Schubgeißler
Amoebozoa©
Amöbentiere
Chromalveolata©
Bläschenumgrenzte
Rhizaria©
Wurzelfüßler
Excavata©
Ausgehöhlte
Bacteria
Bakterien
Archaea©
Archäen
Eukarya
Echtzellkerner
Die Anfänge
Grundlegendes

1 C 7 Der Streit, S. 124 →

1 C 2 F

1 → 2 F 2: *Alleskönner, S. 218*

Gramnegative

1 Purpurn, doch bald farblos

Zu Urzeiten, nach Verlust der dickmächtigen Wand Mureins[1]
Und Schutz mit des Lipids[2] äußerer Hülle
Waren Differenzierung und Vielfalt kaum Grenzen gesetzt.
Solche Bionten[3] gelten auch heute als der dünnwandigen Sippen Grund.

Purpurbakterien[4] schützen ihr Fotosynthesepigment[5]
Durch umhüllende, rote Substanzen.
Durchdringen aufgrund lebensstrategischen Wandels
Auch ultraviolettlichtdurchflutete, von vielen gemiedene Orte.
Erreichen uferbegleitende Schichten organischen Schlicks,
Auch lebensraumfreundlichen, porendurchzogenen, sandigen Grus[6].
Nehmen fernab energieliefernden Lichts organische Nahrung,
Manche verlieren die fotosynthetische Kraft.

Diversifizieren sich über die Zeit, trennen sich auf in genetische Linien,
Werden dem griechischen Alphabet nach benannt:
Die wichtigsten nennen sich Alpha- und Beta-Proteobakterien,
Die Gamma-, Delta- und Epsilon-Sippen steh'n ihnen nah. –

Alpha-Proteobakterien sind mitunter ein naschend' Geschlecht,
Entwenden andern Bionten nahrhaften Zucker,
Nehmen ihn schnell und genüsslich zu sich
Und freu'n sich der kostbaren Beute.

Rhizobium[7] und Agrobacterium[8]
Bleiben zunächst noch zufrieden im Boden,
Warten voll Spannung auf süße,
Ununterbrochen fließende Quellen.

Doch Mita[9] kann es kaum noch erwarten
An diese Quellen zu kommen,
Legt sich voll Hoffnung an vermeintliche Partner –
Doch diese versteh'n keinen Spaß.

---

[1] Murein: Zellwand fast aller Bakterien, in der kettenförmig verbundene Zuckermoleküle, an denen Ammoniumgruppen ($-NH_2$) hängen und diese wieder mit verschiedenen Molekülen verknüpft sind. Diese Ketten sind noch durch kurze Folgen von Aminosäuren verbunden und ergeben so einen sehr stabilen Sack um die Zelle (Abbildung unter „Bacteria 1 Steckbrief")

[2] Äußere Lipiddoppelmembran: eine zusätzliche Lipiddoppelmembran, die gramnegative Bakterien umgibt, Grampositiven fehlt sie

[3] Bionten: Allgemeine Bezeichnung für Lebewesen
[4] Purpurbakterien: Darunter werden heute alle obligat oder fakultativ phototroph lebenden Proteobakterien zusammengefasst, bilden deshalb keine monophyletische Gruppe sondern enthalten Vertreter aus den Klassen der Alpha-, Beta- und Gamma-Proteobacteria. (Wikipedia)
[5] Bakterienchlorophyll: „Bakteriengrün", bestehend aus Porphyrinringsystem mit angehängter Kohlenstoffkette. Es unterscheidet sich vom „Blattgrün" durch bestimmte Seitenmoleküle am Porphyrinringsystem (Abbildung unter: „Grundlegendes: 13 Der Clou" und unter „Grundlegendes, 14 Optimierung")
[6] Grus: zerbröckeltes, körniges Gestein
[7] Rhizobium: Rhizobium-Arten bilden eine endosymbiotische stickstofffixierende Assoziation mit Wurzeln von hauptsächlich Hülsenfrüchtlern (Fabaceae – Fabales - ZyFaRoFaCu-Verwandtschaft – Rosanae – Rosidae – Superrosidae – …)
[8] Agrobacterium: Agrobakterien-Arten sind Bodenbakterien und besitzen von Natur aus die Fähigkeit, Teile ihres Genoms auf Pflanzenzellen zu übertragen; sie können mancherlei Pflanzen besiedeln.
[9] Mita: Kunstname für hypothetischen Vorfahr; endete als Mitochondrium

Eingestellt am 6. April 2024

2 F 1 Purpurn, doch bald farblos, S. 216 →

1 C 2 F

2 → 2 F 3: *Ionenfresser, S. 221*

Gramnegative

2 Alleskönner

Nichts Organisches ist vor Bakterien sicher!
Fast nichts. Nur vor Lignin[1] müssen sie anscheinend passen:
Um über Kohlenstoffbindungen mehrfach verknüpfte Phenole[2] zu knacken,
Fehlen nicht nur Enzyme, auch die nötige Energie.

Ob Zucker in voller Diversität[3],
Pectine[4], Hemicellulosen[5], Cellulose[6],
Glycogen[7], Stärke[8] oder Chitin[9]:
Alles zerlegen sie ohne zu zögern für eignen Verbrauch.

Proteine[10] in lockerer Form,
Zu Kollagen[11] oder Horn[12] beständig verknüpft,
Liegen schutzlos vor ihnen.
Manch eine Arbeit braucht aber einige Zeit.

Auch von Menschen bereitgestellte Substanzen,
Ob Erdöl, an Küsten gespült,
Kämpfen mit Spezialisten sie nieder.
Zur Not akquirieren sie Gene von anderen Arten,
Vermehren sich prompt,
Verschwinden nur scheinbar wieder, wenn die Arbeit getan.

Tote Massen, lebende Wesen,
Sind für Bakterien kein Problem.
Wenn vorteilhaft, wird Zusammenarbeit
Zu gegenseitigem Nutzen probiert.

Fehlt ihnen Organik,
Senden sie Chlorophyllbesitzer ans Licht
Für Energie- und Zuckergewinn,
Produzieren O_2 oder Schwefel dabei.

Viele sind zahm, kaum aggressiv,
Leben von abgeschiedenen Schleimen,
Von Exsudaten der Haut,
Wühlen im Abfall, zerlegen noch Reste,
Recyceln fast alles,
Was noch Energie und Baustoff enthält.

Ob Seinesgleichen, Tiere, Pflanzen, Pilz oder Mensch,
Ist ihnen vollkommen einerlei.
Manche lieben ausgesuchte Opfer jedoch,
Werden Menschen und Tieren zur Qual.

Verschwindend erweist sich der Krankheitserreger Zahl
Im Vergleich zu Tausenden harmlosen
Für Ökosystemfunktionen essenzielle Vertreter.
Der Mensch aber fühlt sich durch diese nicht wenig bedroht,
Hebt diese, verständlich, besonders hervor,
Richtet das Augenmerk fast ausschließlich auf sie. –

Und wenn du denkst,
Es wäre als Mensch dein Recht,
Verschont von diesen Biestern zu bleiben,
So denk daran,
Kein Leben wär möglich ohne Mikroben.
Und – auch du bist Ergebnis der Evolution.

Freilich, nur du hast Wissen und Macht,
Sich des Leids zu erwehren.
Dein Verstand hat es geschafft,
Mittel dagegen zu finden, Wege dagegen zu klären.

Wenn du als Gottes Geschöpf dich nun siehst,
Als Ziel des Jahrhundertemilliarden geltenden Plans
Und glaubst, etwas Besseres in der Natur zu sein,
So doch nur durch seine Liebe zu dir.

Du zweifelst und glaubst seiner Liebe nicht,
Weil Mikroben und Krankheit dich plagen?
So bedenke deinen eigenen Ursprung
Und die Freiheit, die Gott den Geschöpfen verlieh!

---

[1] Lignin: Eine äußerst stabile und resistente, aus vielen phenolischen Verbindungen zusammengesetzte, daher braune Raumnetzstruktur; eine Substanz, die nur bei Tracheophyta (Stelenpflanzen i.w.S.) vorkommt.
[2] Phenolische Verbindungen: Moleküle aus einem aromatischen Ring (Ring aus sechs Kohlenstoffatomen, mit konjugierten Doppelbindungen, d.h. abwechselnde Doppel- und Einfachbindungen knüpfen die Kohlenstoffatome aneinander) und daran hängenden Seitengruppen; wovon zumindest eine davon eine [–OH]-Gruppe oder eine modifizierte, z. B. [$–OCH_3$]-Gruppe, ist.
[3] Zucker: Kohlenstoffverbindungen mit einem doppelbindigen Sauerstoff [–C=O], wenn in offener Form dargestellt, oder als Ringform mit einem einfachgebundenen Sauerstoff im Ring, und einer oder mehreren [–OH]-Gruppen; Summenformel meist [$C_n(H_2O)_n$]
[4] Pectine: Pflanzliche Polysaccharide, die im Wesentlichen aus α-1,4-glycosidisch verknüpften Galacturonsäuren bestehen
[5] Hemicellulose: Gemische von Polysacchariden in veränderlicher Zusammensetzung, meist aus Pentosen (C5-Zuckern, wie Xylose und Arabinose), die nicht zu höheren Strukturen, wie sie bei Cellulose auftreten, zusammengefasst sind.
[6] Cellulose: Unverzweigte Ketten aus Glucose in β-1,4-Verknüpfung; wobei der 6C-Zucker Glucose in Ring-Form geschrieben, das **C1** der Aldehydgruppe ist [$CH_2OHCHOH$**C**$HOHCHOHCHOH$**C**HO], davon aus gerechnet ist der vierte Kohlenstoff das **C4** ist. In Ringform geschrieben weist die OH-Gruppe des **C1** nach oben, wie auch die frei gebliebene CH_2OH-Gruppe. Die OH-Gruppen wechseln von 1 bis 4 die Stellung: **C1** nach oben, C2 nach unten, C3 noch oben, **C4** nach unten, an C5 hängt die nach oben stehende CH_2OH-Gruppe. (Abbildung unter „Actinorhiza, 1 Eintritt“)
[7] Glycogen: Ein hochverzweigtes Polysaccharid aus meist α-1,4 verknüpfter Glucose (mitunter α-1,6 am freien [$–CH_2OH$] des Glucoserings); Speicherprodukt von Tieren, Pilzen und Bakterien; (Abbildung unter „Lactobacillales, 3 Vielfältiger Einsatz“)
[8] Stärke: Gemisch aus Amylose und Amylopectin; Speicherpolysaccharid der Pflanzen
[9] Chitin: Polymer aus N-Acetyl-Glucosamin, entstanden aus 1,4-β-Glucosen, an deren C2 eine [$–NHCOCH_3$]-Gruppe hängt; anders ausgedrückt, an deren C2 eine [$–NH_2$]-Gruppe, eine Aminogruppe, hängt, bei der ein Wasserstoffatom durch ein Acetat [$CH_3COO–$] ersetzt ist. Zellwandpolysaccharid der Fungi (Echte Pilze) und der Arthropoda (Gliederfüßer)

[10] Proteine: Aus Aminosäuren aufgebaute, komplexe Moleküle. Die [–NH_2]-Gruppe einer Aminosäure wird mit der Hydroxylgruppe [–OH] der Säurefunktion [–COOH] unter Wasserabspaltung verknüpft, dabei entsteht eine charakteristische Abfolge von Atomen: $[–C–N–C–C–N–]_n$, wobei das unmittelbar dem [N] benachbarte [C] einen doppelbindigen Sauerstoff [–C=O] trägt

[11] Kollagen: Heterogene Gruppe von Proteinen; der wichtigste Faserbestandteil von Sehnen, Knorpel Blutgefäßen und Zähnen; bildet eine linksgängige Schraube, wobei jeweils drei dieser Schrauben in einer rechtsgängigen Superschraube arrangiert sind, dem eigentlichen Kollagen; diese Trippelschraube wird durch Wasserstoffbrücken zwischen den einzelnen Strängen stabilisiert. Nur bei Animalia (Echten Tieren) vorkommend.

[12] Horn: Substanz, die aus abgestorbenen, mit Keratin gefüllten Zellen besteht

Eingestellt am 6. April 2024

2 F 2 Alleskönner, S. 218 →

1 C 2 F

3 → 2 F 4: *Millionen, S. 223*

Gramnegative

3 Ionenfresser

Kein Stickstoffmangel existiert für sie,
Jede Form kommt ihnen recht:
Ob organisch gebunden, Nitrat[1], Nitrit[2],
Als Lachgas[3] oder Monoxid[4].
Lieben am meisten aber Ammonium[5],
Zur Not molekularen Stickstoff[6] der Luft.

Schwefel[7] oxidieren[8] und reduzieren[9] sie hin und her,
Ob molekular, als Disulfid[10], Sulfid[11], Sulfat[12], Sulfit[13];
Irgendein Bakterium zeigt sich glücklich damit,
In Aminosäuren[14] gebunden ist er Favorit.

Nehmen Phosphat[15], gebunden, oder in Wasser gelöst,
Oder aus Steinen geholt,
Oft mit Eisen[16], Bor[17], Mangan[18] und Calcium[19] zugleich.
Natrium[20] und Kalium[21] finden sie beinahe überall.

In Säuren[22], in alkalischen Wässern[23],
Bei Hitze, Kälte, auch unter Druck,
In Schwefelwasserstoffgasen[24], in sauerstoffhaltiger Luft,
In tiefster Finsternis, bei hellscheinendem Licht,
Auf freien Flächen, tief in festem Substrat versenkt:
Kein Ort, der nicht von ihnen bewohnt.

---

[1] Nitrat: [NO_3^-]
[2] Nitrit: [NO_2^-]
[3] Lachgas: [N_2O]
[4] Stickstoffmonoxid: [NO]
[5] Ammonium (eigentlich Ammoniumion) [NH_4^+]: Ammoniak [NH_3] mit drei Wasserstoffatomen, wird mit einem weiteren Wasserstoffatom versehen und bekommt dadurch eine positive Ladung
[6] Molekularer Stickstoff: N_2
[7] Molekularer Schwefel: S_2
[8] Oxidieren: Ein Atom oder Ion mit Sauerstoff verbinden; allgemeiner: eines Atoms oder Ions Entzug von Elektronen
[9] Reduzieren: Sauerstoff von einem Atom oder Ion entfernen; allgemeiner: einem Atom oder Ion Elektronen zuführen
[10] Disulfide: Chemische Verbindungen, die zwei aneinander gebundene Schwefelatome enthalten
[11] Sulfide: besitzen ein doppelt negativ geladenes Schwefelion; [S^{2-}]
[12] Sulfate [SO_4^{2-}]: Eine maximal oxidierte Schwefelverbindung mit vier Atomen Sauerstoff; liegt als zweifach negativ geladenes Ion vor
[13] Sulfite: Verbindungen mit [SO_3^{2-}] als Anion

[14] Aminosäuren: Organische Säuren mit einer Amino-[$-NH_2$] Seitengruppe. Biologisch bedeutend sind hauptsächlich jene Aminosäuren, die an dem der Säuregruppe benachbarten Kohlenstoffatom diese Gruppe besitzen
[15] Phosphat, [PO_4^{3-}]: als Ion vorliegend oder an andere Atome oder Moleküle gebundene Phosphorsäure [H_3PO_4 entspricht $O{=}P(-OH)_3$]
[16] Eisen: wird meist als Fe^{2+}, kaum als Fe^{3+} aufgenommen
[17] Bor: Wird als Borsäure [H_3BO_3] aus Gestein freigesetzt; aufgenommen wird es als [$B(OH)_3$]
[18] Mangan: Gelangt als Mn^{2+} bei Silikatverwitterung in die Bodenlösung und wird als solches aufgenommen
[19] Calcium: wird als Ca^{2+} frei und aufgenommen
[20] Natrium: Na^+; wird als solches aufgenommen
[21] Kalium: K^+; wird als solches aufgenommen
[22] Saures Wasser: pH niedriger als 7 (meist deutlich niedriger)
[23] Alkalisches, basisches Wasser: pH höher als 7 (meist deutlich höher)
[24] Schwefelwasserstoff: [H_2S]

Eingestellt am 6. April 2024

2 F 3 Ionenfresser, S. 221 →
1 C 2 F
4 →
3 A *Alpha-Proteobacteria, S. 226*
3 B *Epsilon-Proteobacteria, S. 253*
3 C *Gamma-Proteobacteria, S. 256*
3 C *Delta-Proteobacteria, S. 292*

Gramnegative

4 Millionen

Winzig an Größe, arm an Vielfalt der Form,
– Nur als Coccen[1], Stäbchen[2] oder Spirillen[3],
Manchmal auch undefinierbarer Gestalt –
Zeigen dem Lichtmikroskop schnell sie Grenzen auf.
Zappelphilipps und schwimmende Punkte,
Verraten als geißelgetriebene Schwimmer sich.

Physiologische Eigenschaften helfen zu differenzieren:
Ob anaerob[4], ob mit Sauerstoff glücklich[5],
Foto-[6], litho[7]- oder heterotroph[8],
Ob Stickstofffixierer[9] oder Denitrifizierer[10],
Parasiten[11], Saprobe[12] oder Symbionten[13],
War vormals Taxonomen entscheidend für ihr System.

Vier- oder fünftausend Arten,
Sind der Wissenschaft heute per Namen bekannt;
Wegen fehlender, leicht zu fassender Charakteristika,
Ein Bruchteil nur der wahren Diversität.

Sechzehn-S-RNA[14]-Bezirke des Ringchromosoms,
– Bezeichnendes Gen aller Bacteria –
Extrahiert aus Böden, Meeren, Tümpeln und Därmen,
Von Blättern, Wurzeln, Häuten und Haar,
Zeigen mehrtausendfach Differenzen
In Menge und Ordnung von G[15], C[16], T[17] und A[18].

Ein geringer Prozentsatz nur ähnelt Sequenzen bereits bekannter Arten,
Selbst untereinander weichen sie mehr voneinander ab
Als bekannte, von Mikrobiologen[19] gültig beschriebene Arten:
Deuten so auf viele verborgene Spezies hin.

Schwer lässt sich deswegen die Artenzahl schätzen.
Doch drei Prozent als Gesamtsequenzdifferenz,
Für eigenständige Arten gesetzt,
Zeigt ungeahnte Diversität.

Kein direkter Nachweis noch ist dafür möglich,
Denn, lebend in hochspezialisierten Nischen[20]
Bezüglich Sauerstoff, Nährsubstrat, Mikrobengemeinschaft und Temperatur,
Widersetzen bislang die meisten sich jeder Kultur.

Kaum ein halbes Prozent,
So lässt aus heutigen Daten sich schließen,
Ist der Menschheit bis dato bekannt:
Statt derzeit fünftausend, wohl fast eine Million. –

Wüsstest du, wie viele Bakterien dich hegend besiedeln,
– Hunderttausend der Mikrobionten pro Quadratmillimeter Haut,
Zusammengewürfelt aus Tausenden Arten,
Ebenso viele in Mund und Darm:
Neunzig Prozent aller Zellen in und auf deinem Körper gehören Prokaryoten an –
So erkenntest du selbst dich als abwechslungsreiches Ökosystem.

Die meisten gehören Gramnegativen, Proteobakterien, an,
– Jene austrocknender Haut
Brauchen besonderen Schutz, sind positiv nach Gram[21] –
Evolvieren ganz im Geheimen:
Unerkannt vom menschlichen Auge,
Bricht sich die Gilde[22] mehrtausendfach Bahn.

---

[1] Coccen (Bakterien): Rundliche bis ellipsoide Formen
[2] Stäbchenförmig (Bakterien): Abgerundet zylindrisch, deutlich länger als breit
[3] Spirillenförmig: Starr korkenzieherartig gedreht
[4] Aerob: sauerstoffhaltig; Aerobier leben nur unter sauerstoffreichen Bedingungen
[5] Anaerob: sauerstofffrei; Anaerobier leben nur unter sauerstofffreien Bedingungen
[6] Fotoautotroph: Hierbei wird Licht als Energiequelle benutzt. Die Organismen sind zusätzlich in der Lage, ihre energiehaltigen, komplexen Kohlenstoffverbindungen eigenständig aus CO_2-Molekülen zu gewinnen. Sie werden damit für ihre Ernährung unabhängig von fremden organischen Substanzen
[7] Lithoautotroph: Zur Kohlenstoffernährung wird Kohlendioxid verwendet, die nötige Energie stammt aus Mineralien von Gesteinen; meist als Chemoautotrophie bezeichnet
[8] Heterotroph: Darunter werden alle Organismen subsumiert, die für ihr Leben auf bereits vorhandene organische Substanzen angewiesen sind
[9] Stickstofffixierer: Bakterien, die in der Lage sind, aus dem inerten, molekularen Luftstickstoff den von Organismen verwendbaren Ammomiumstickstoff zu gewinnen
[10] Denitrifizierer: Unter Denitrifikation versteht man die Umwandlung des im Nitrat [NO_3^-] gebundenen Stickstoffs zu molekularem Stickstoff [N_2] durch Bakterien, die danach als Denitrifizierer bezeichnet werden. Der Vorgang dient den Bakterien zur Energiegewinnung
[11] Parasiten: Organismen die auf Kosten anderer lebender Organismen leben
[12] Saprobe, Saprotrophe: Organismen, die von totem Material anderer Organsimen leben
[13] Symbionten: Organismen, die wechselseitig zu beiderseitigem Vorteil sich nehmen; auch als wechselseitige Parasiten verstehbar
[14] 16S RNA: rRNA, die zusammen mit Proteinen die kleine Untereinheit der Bakterienribosomen bildet; dieses Gen des Chromosoms wird nach seinen Basenfolgen für Verwandtschaftsvergleiche analysiert
[15] G: Abkürzung für die Nucleobase Guanin (Buchstabencode der DNA und RNA); (Abbildung unter „Grundlegendes, 5 Unterseeisch“)
[16] C: Abkürzung für die Nucleobase Cytosin (Buchstabencode der DNA und RNA); (Abbildung unter „Grundlegendes, 5 Unterseeisch“)
[17] T: Abkürzung für die Nucleobase Thymin (Buchstabencode der DNA); (Abbildung unter „Grundlegendes, 5 Unterseeisch“)
[18] A: Abkürzung für die Nucleobase Adenin (Buchstabencode der DNA und RNA)
[19] Mikrobiologen: Biologen, die sich mit Mikroorganismen beschäftigen
[20] Nischen (ökologische): Meist begrenzte Gebiete mit ziemlich einheitlichen Lebensbedingungen; durch spezifische abiotische und biotische Faktoren bestimmt

[21] Gram-Färbung: Eine Methode, Bakterien anzufärben, die der dänische Arzt Hans Christian Gram entwickelt hatte, um Bakterien nach Farbreaktionen einzuteilen. Dabei werden die Bakterien zunächst mit Kristallviolett und Jod angefärbt und anschließend mit Ethanol ausgewaschen und nochmals mit Safranin oder Fuchsin gefärbt. Gram-positive Bakterien sind danach purpur gefärbt, Gram-negative pinkfarben.
[22] Gilde: Eine Gruppe von Arten, die auf ähnliche Weise vergleichbare Ressourcen nutzt und zwar ungeachtet ihres Verwandtschaftsgrades

Eingestellt am 6. April 2924