

Proteobakterien

β-Subgruppe

I. Comamonadaceae u. a.

Pseudomonas-ähnliche Bakterien, ursprünglich Homologie-Gruppe III der Pseudomonaden

Comamonas:  lophotriche Begeißelung

C. testosteroni

C. acidovorans

C. terrigena

Acidovorax (1A): pflanzenpathogen

Xylophilus (1A): pflanzenpathogen, gelb (Oxidase - !)

Hydrogenophaga (4A): H₂-Oxidierer

Variovorax (1A): H₂-Oxidierer, fak. autotroph, gelb

Rubrivorax

Burkholderia (1992): Pseudomonas-ähnliche Bakterien, ursprünglich Homologie-Gruppe II

B. cepacia

B. mallei

B. pseudomallei

B. caryophylli

B. gladioli

B. plantarii

B. glumae

B. thailandensis

tierpathogen f. Pferde (Zoonose)

pflanzenpathogen,
z. T. fluoresz. Pigmente

Ralstonia (1995): von Burkholderia abgegrenzt (Homologie-Gruppe II)

R. solanacearum: pflanzenpathogen

R. pickettii

R. eutrophus: H₂-Oxidierer (ursprüngl. zu Alcaligenes)

R. sp. B18

Zoogloea (1A): Stäbchen polar begeißelt, aerob, auch Denitrifikation, u. a. Benzoat- und Kresolverwertung (m-Spaltung), bildet gelatineartige Schleimschichten um Zellen, so daß baum- oder fingerförmige Gebilde entstehen; in Flüssigmedien: Flocken und Filme, in Abwasser häufig

Telluria

II. Weitere Oxidase-positive Gattungen

Alcaligenes: Saprophytisch im Boden u. Wasser, z. T. auch klin. Material (opportun. pathogen), Kohlenhydrate selten verwertet, peritrich begeißelt

A. faecalis

Bordetella: abhängig v. organ. S u. organ. N, peritrich begeißelt oder unbeweglich

B. pertussis: Erreger des Keuchhustens

Ochrobactrum: in klinischem Material, peritrich begeißelt

Oligella: im Genitaltrakt, wahrscheinl. apathogen, peritrich begeißelt

Taylorella: Saprophyten der externen Genitalien v. Pferden (z. T. pathogen) capnophil, unbeweglich

Achromobacter: unklare systematische Stellung, wahrscheinl. β-Gruppe, Gattung in letzter Aufl. des Bergeys Manual nicht mehr geführt

- Chromobacterium:** fakultativ anaerob, violette Kolonien, Trehalose +
C. violaceum
- Janthinobacterium:** keine Gärung, violette Kolonien, Trehalose -
- Vogesella:** blaue Farbstoffe
V. indigofera (urspr. zu Pseudomonas).
- Thauera:** Stäbchen, oxydat. Stoffw., aber oft anaerobe Atmung (Nitrat, Sulfat, Fe); Oxidase-positiv, versch. Begeißelung (peritrich/monotrich/ohne); effiziente Aromatenabbauer, können ebenso wie vereinzelte Anoxyphotobacteria, z. B. Rhodopseudomonas palustris, Aromaten auch anaerob (!) abbauen (anaerober Primärangriff), verwandt mit Rhodocyclus (Anoxyphotobacteria). CoQ8
T. aromatica
T. selenatis (Selen-Atmung möglich)
T. linaloolentis
T. terpenica
- Azoarcus:** verwandt mit Thauera, oxydat. Stoffw., z. T. anaerobe Atmung (z. B. Denitrifikation), Aromatenabbau auch anaerob.
A. tolulyticus
A. toluclasticus
A. toluvorans
A. evansii
A. anaerobius
A. indigens

III. Scheidenumhüllte Bakterien

- Sphaerotilus:** Zellen in Heteropolysacch.-Scheide, z. T. auch freie Zellen (ohne Scheide), dann mit subpolarer Geißel, können sich erneut anheften und Scheide bilden; aerob (aber wenig O₂ genügt), in org. belasteten Gewässern.
S. natans: „Abwasser-Pilz“; bildet fellartige Beläge in verschmutztem Abwasser od. in schnell fließenden Gewässern; Indikator für Wassergüte; negative Folgen in Wasserwirtschaft: a) Zuwachsen v. Tropfkörpern b) Blähschlamm-Bildung c) Absterben v. Fischeiern d) „grauer Star“ der Fische e) in Kiemen von Wassertieren (z. T. Absterben, Entzug d. Fischnahrung)
- Leptothrix:** Zellen in eiseninkrustierten Scheiden
L. ochracea: „Ockerbakterien“, bilden ockerfarbene Sedimente in eisenhaltigen Gewässern
- Crenothrix:** Zellen in Scheiden
C. polyspora: „Brunnenfaden“, macht Wasser ungenießbar

weitere scheidenbildende Bakterien (nicht zur β-Gruppe gehörend)

- Herpetosiphon: zu grünen schwefelfreien Bakterien
Thioploca: zu gleitenden Bakterien
Thiothrix: zu gleitenden Bakterien
Lyngbya: zu Cyanobakterien

IV. Spirillum

- Spirillum (4A):** Spiralförmige Zellen mit starrer Zellwand (Gegensatz zu Spirochaeten) an den Enden bipolar lophotrich begeißelt, bis

60 µm groß, microaerophil, Katalase -, keine Kohlenhydrate als C-Quelle, in stagnierendem Süßwasser.
S. volutans

V. Neisseriaceae

gramnegativ, aber schwer zu entfärben, i. d. R. Oxidase +/Katalase +;

		Oxidase	Katalase
Neisseria (14A):	gramnegative Kokken, auf Schleimhäuten v. Säugern, z. T. gelbl. Pigmente, aerob N. gonorrhoeae N. meningitidis	+	+(i. d. R.)
Kingella (3A):	Kurzstäbchen, nur 1 µm lang, im menschl. Respirationstrakt, aerob	+	-
Allysiella (1A):	Ketten oder kurze Filamente; wird z. T. auch zu gleitenden Bakterien gerechnet; i. d. Mundhöhle u. im Verd.-trakt v. Mensch u. Tier, z. T. pathogen, aerob	?	?
Eikenella (1A):	Stäbchen, unbewegl., fak. anaerob, i. Verd.-trakt d. Menschen, opportun. pathogen; Hämin u. Cholesterin fördert Wachstum (sonst sehr langsam)	+	-

VI. Schwefeloxydierende Bakterien

Thiobacillus (4A)

oft obligat chemolithoautotroph, oxidiert S-Verb. (aerob): $H_2S/S^0/Thiosulfat \rightarrow H_2SO_4$
nicht acidophil, oft NO_3 -Red. unter anox. Beding. (1 Art sogar Denitrifikation)

	obligat chemolith.	fak. chemolith.	NO_3 -Red.	Carboxysomen
T. thioparus (Typ)	+		+	+
T. denitrificans	+		+	-
T. aquaesulis		+	+	?
T. plumbophilus	?	?	?	?

Thiomonas (4A)

fak. chemolithoautotroph, i. d. R. mixotrophes W., ox. S-Verb. u./o. org. Verb.
selten acidophil, verwandt mit Comamonas

- T. intermedius
- T. perometabolis
- T. thermosulfatus
- T. cuprinus (acidophil)

Proteobakterien

γ -Subgruppe

I. Pseudomonas und Verwandte

Pseudomonas

Stäbchen, polar (mono- oder lophotrich) begeißelt, Oxidase + (i. d. R.), oft PHB/PHA Speicherung, entspricht der ursprüngl. Homologie-Gruppe I der Pseudomonaden.

1960: uneinheitl. Gattung mit 60 Arten

heute: reduziert auf 11 Arten unter Ausgliederung zahlr. neuer Gattungen

hohe Leistungsfähigkeit beim Abbau verschiedenster Substrate (Zucker, Alkane, Aromaten, Herbizide, Detergentien); z. T. Besitz degradativer Plasmide (stammspezifisch); Glucose nicht immer verwertet (falls Glucose +: keine normale Glykolyse mit FDP-Weg, sond. andere Abbauege); bilden z. T. wasserlösliche Farbstoffe (u. a. Phenazin-Derivate), die ins Medium abgegeben werden (z. B. Pyoverdin [= Fluoreszein], Pyocyanin, Pyorubin, Chlororaphin), seltener auch zellgebundene Farbstoffe (z. B. Carotinoide), die nur die Kolonien färben; z. T. pflanzenpathogen, selten humanpathogen

- P. aeruginosa*: saprophytisch im Boden und Wasser, fakultativ humanpathogen: Erreger des „blaugrünen Wundeiters“, Entzündungserreger bei Mischinfektionen od. bei Harnwegsinfektionen („Katheterschüttelfrost“), Sepsis kann lebensgefährlich werden, da gegen viele Antibiotika natürlicherweise unempfindlich (nur Polymyxin, Gramicidin u. wenige andere), Hospitalismus-Problemkeim; einige Stämme pflanzenpathogen (Zwiebel, Tomate); wächst auf Benzin und Dieselkraftstoff (bes. Alkane); bildet neben Pyoverdin (fluoreszier. Farbstoff) Pyocyanin (blaugrüner Farbstoff, typ. f. *P. aeruginosa*) u. selten Pyorubin (einzelne Stämme), Gelatine +, Denitrifizierung +
- P. fluorescens*: saprophytisch, weit verbreitet, bildet nur Pyoverdin, 5 Biovare unterscheidbar (alle Gelatinase +, aber nur 3 Denitrifikation +, Biovar 4 bildet zusätzlich blauen nicht-diffusiblen Farbstoff); Aromaten-Abbau, z. T. Verderbnis von Lebensmitteln (Fisch, Milch, Lager-Eier)
- P. putida*: saprophytisch, weit verbreitet, Pyoverdin +, Aromaten-Abbau, Lebensmittel-Verderbnis, selten pflanzenpathogen, Gelatinase-, Denitrifikation -
- P. aureofaciens*: Pyoverdin +, wurde z. T. als eigene Art in Frage gestellt (dann in Art *P. chlororaphis* integriert)
- P. chlororaphis*: Pyoverdin +, daneben grüne od. orangefarbene nicht-diffusible Pigmente gebildet (z. B. Chlororaphin-Kristalle um Kolonien), saprophytisch
- P. syringae*: Pyoverdin +, Oxidase - (Ausnahme), pflanzenpathogenes Bakterium mit zahlreichen Pathovaren (pv.) und verschiedensten Wirtspflanzen, z. B. Bakterienbrand des Steinobstes (pv. *morsprunorum*); auch Tabak, Bohne, Hafer, Reis u. versch. Zierpflanzen werden befallen; feuchte Wärme begünstigt Infektion; durch Vögel und Insekten übertragen; bildet (stammspezifisch) versch. Toxine (tox. f. Pflanzen): Tabtoxin, Phaseolotoxin u. a., z. T. auch Pflanzenhormone (IES)
- P. cichorii*: Pyoverdin +, Oxidase +, pflanzenpathogen (Endivien)

- P. stutzeri: Pyoverdin -, (gehört damit im Gegensatz zu den vorherigen Pseudomonas-Arten zu den „nicht-fluoreszierenden Pseudomonaden“, ebenso wie nachfolgende Arten); Stärke-Hydrolyse, saprophytisch
- P. mendocina: Pyoverdin -, gelb/orangefarbenes nicht-diffusibles Pigment, Glucose +
- P. alcaligenes: Pyoverdin -, z. T. gelb/orangefarbenes nicht-diffusibles Pigment, Glucose -
- P. pseudoalcaligenes: Pyoverdin -, auch keine and. Pigment, Glucose -, selten pfl.-pathogen

Xanthomonas (8A)

aerobe Stäbchen, polar monotrich begeißelt, Oxidase - (z. T. schwach +), keine PHB-Speicherung, keine Nitratreduktion

bilden gelbe Farbstoffe: Xanthomonadine (bromierte Aryl-Polyene);

nur pflanzenpathogene Arten in dieser Gattung, meist Gefäßbakteriosen: Schleime (→ Welke durch „Vivotoxin“) und hydrolyt. Enzyme (→ Gewebsauflösung durch „Pathotoxin“) als Pathogenitätsfaktoren gebildet, Übertragung durch Insekten oder über Samen bzw. Zwiebeln, z. T. auch Überdauerung im Boden (max. 3 bis 4 Jahre), abhängig von Wuchsstoffen (Met, Glu, Nicotinsäure).

- X. campestris: gutes W. auf NAg; Schleimbildung (z. T. techn. genutzt), weltweite Verbreitung; sehr viele Pathovaren (125), oft nur durch Pflanzentests unterscheidbar: z. B.
- pv. campestris: Schwarzadrigkeit des Kohls (bis 80 % Ernteverluste)
- pv. juglandis: Bakterieller Walnußbrand
- pv. translucens: Schwarzspelzigkeit des Weizens

Übrige X.-Arten: schlechtes W. auf NAg (erst nach 10 d sichtbare Kolonien)

Xylella (1A): unbewegl., farblos, Oxidase -, pflanzenpathogen (Xylen)

Frateuria (1A): polar begeißelt, Oxidase -, z. T. gelb-orange Kol. (je nach Agar) mit Pflanzen assoziiert, leicht acidophil

Stenotrophomonas (1A):

S. maltophilia: früher zu Pseudomonas bzw. Xanthomonas gehörend; polar multitrich begeißelt, Nitratreduktion + (zu NO₂⁻); nicht pflanzenpathogen, sond. opportun. pathogen f. Menschen, bildet keine Xanthomonadine; Methionin-Bedarf

Alteromonas (12A): polar begeißelt, Meerwasser

Marinomonas (2A): polar begeißelt, Meerwasser, Aromaten verwertet

Oceanospirillum (9A): marine Spirillen, z. T. auch Stäbchen (2A), Na⁺-Bedarf

II. Halomonas und Verwandte

Halomonas (3A): Stäbchen, weiß/gelb, aerob, halotolerant (0-20 % NaCl), marine Biotope

Deleya (6A): Stäbchen, aerob, halotolerant, Na⁺-Bedarf, marine Standorte/Salzböden

III. Methylotrophe

nur z. T. zur γ-Gruppe gehörend; diese bereits in α-Gruppe mit abgehandelt

IV. Gleitende Bakterien

nur z. T. zur γ -Gruppe gehörend; diese bereits bei Cytophaga-Zweig mit abgehandelt

V. Chromatiaceae (Schwefelhaltige Purpurbakterien)

bereits bei anderen Anoxyphotobacteria der α -Gruppe behandelt. Verwandt mit diesen Bakterien, aber nicht phototroph ist die folgende Gattung.

Achromatium

rel. große Bakterien (15 - 100 μm), oxydieren reduzierte S-Verbindungen zu SO_4^{2-} (chemolithoautotroph, chemolithoheterotroph oder chemoorganoheterotroph), speichern intrazellulär Schwefel (als Granula), bisher keine Laborkultivierung möglich, weit verbreitet in Seen und Brackwasser, möglicherweise existiert eine Vielzahl v. Arten (u. Gattungen?) dieser Organismen.

A. volutans: (bis 30 μm lang), vorwiegend in Meerwasser

A. oxaliferum: (bis 100 μm lang), bildet als einzig bekanntes Bakterium intrazellulär Ca-Carbonat-Kristalle (z. T. bis 70 % des Zellvolumens, Bedeutung unklar).

VI. Schwefeloxydierende Bakterien

Acidithiobacillus

extrem acidophil (W. bei $\text{pH} < 3,0$, $\text{pH} 0$ noch stoffwechselaktiv, kein W. bei $\text{pH} 7,0$), obligat chemolithoautotroph, CoQ8, neben H_2S oder Schwefel auch Ox. v. Fe^{2+} u. a. reduz. Metallionen (z. T. auch H_2), weit verbreitet an Grenzzonen aerob (O_2) - anaerob (H_2S), produziert H_2SO_4 (aus H_2S auch S°)

A. thiooxidans

A. ferrooxidans

A. albertis

A. caldus

Bedeutung von extrem Acidophilen:

(neben Acidithiobacillus-Arten sind auch die Archaea-Gattungen Sulfolobus und Acidianus extrem acidophil)

- Entalkalisierung von Böden: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 \rightarrow$ Auswaschung
- Korrosion v. Eisen in Bergwerken, bes. wenn sulfidische Erze vorliegen $\rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ -Bildung \rightarrow Korrosion
- Laugung (engl.: leaching) v. Metall- und Erzlagerstätten, die kaum noch abbauwürdig sind (bei Cu: 30 % der Weltproduktion mit Hilfe von Bakterien)

a) unlösl. Metallsulfide $\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$ lösl. Metallsulfat (Cu, Zn, Uran)

b) $\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{Ox.}} \text{Fe}^{3+} \rightarrow$ Bewegung im Erz (andere Metalle gehen in Lösung)

Thiomicrospira (γ ?)

Spiralförmige Zellen, obligat chemolithoautotroph (aerobe S-Ox.), selten Denitrifikation (1 Art, dann microaerophil)

T. pelophila

VII. Gramnegative Kokken und Kurzstäbchen

Die meisten Kokken unter den Bakterien sind grampositiv, nur wenige Gattungen (mit insges. 17 A) gramnegativ:

- Moraxella (6A):** Kurzstäbchen, unbegeißelt, Oxidase +, Katalase +, überwiegend aerob, parasitisch für Mensch u. a. Warmblüter
- Branhamella (4A):** Kokken, z. T. zur Gattung *Moraxella* gestellt (als Subgenus)
- Psychrobacter (1A):** Kokken bis Kurzstäbchen, Oxidase +, Katalase +, psychrotroph (5 °C), mit Fischen assoziiert
- Acinetobacter (6A):** Kokken bis Kurzstäbchen, Oxidase -, Katalase +, aerob, Boden und Wasser, z. T. Alkanverwertung

VIII. Enterobacteriaceae

Allgemeine Merkmale:

Gramnegative, fakultativ anaerobe Stäbchen, chemoorganotroph, peritrich begeißelt (seltener unbegeißelt), Oxidase negativ, Katalase positiv, neben Gärungen (z.B. Ameisensäure - G.) auch versch. Formen der anaeroben Atmung, z.B. i.d.R. diss. Nitratammonifikation (oft Nitritakkumulat.)

Verbreitung:

weltweit, in Böden, Wasser, Früchten, Blüten und im Darm (lat.: enteron) von Tieren (Würmer, Insekten, Säuger) und Menschen

Phylogenie:

γ-Gruppe der Proteobakterien

Gattungen:

Escherichia (5A)

IMViC-Test = Indol, Methylrot, Voges-Proskauer, Citrat : + + - -, neben Glucose auch Lactose vergärend, Standardkeim der Mikrobiologie, einer der bestuntersuchten Organismen in der Biologie, anspruchslos, schnell wachsend (Gen. zeit: 20 min), im Darm meist harmloser Kommensale, seltener auch pathogen (Plasmide); genutzt als Fäkalanzeiger bei Trinkwasseruntersuchungen („Coli-Titer“): nicht mehr als 5 Zellen pro Liter Wasser erlaubt, Nachweis auf Differenzier-Medien wie z.B. Endo-Agar

Escherichia coli: im Enddarm von Warmblütern

Escherichia blattae: im Darm von Schaben

Shigella (4A)

IMViC: variabel, +, -, -; unbeweglich (!)

Erreger der bakteriellen Ruhr (Ruhr daneben auch durch Amöben), Schmutz- und Schmierinfektionen meist über Faeces, enge Verwandtschaft mit *Escherichia*, Arten physiologisch kaum zu differenzieren (nur serologisch).

Shigella dysenteriae

Salmonella (2A)

IMViC: - + - +, im Gegensatz zu *Escherichia*: H₂S-Bildung

meist auch Lactose negativ, Erreger von Typhus, Paratyphus und Enteritis („TPE-Keime“), einer der bedeutendsten Krankheitskeime

Salmonella choleraesuis: untergliedert in 6 Unterarten, die sich wiederum in insgesamt mehr als 2000 Serotypen differenzieren lassen (Kauffmann-White-Schema berücksichtigt somatische = O-Antigene, Kapsel = Vi-Antigene und Geißel = H-Antigene); auch Typisierung mit Phagen (= Lysotypie) möglich.

Wegen der großen Bedeutung einzelner Serovare (Serotypen) werden diese als Ausnahme z.T. mit Artnamen in binärer Nomenklatur bezeichnet: z.B. *Salmonella typhi*, *S. paratyphi* oder *S. typhimurium*

Salmonella bongori: extrem selten, nur 10 Serovare

Klebsiella (4A)

unbeweglich, mit dicker Kapsel, von Natur aus hohe Antibiotika-Resistenz

Klebsiella pneumoniae: Erreger einer schweren (seltenen) Form einer Lungenentzündung: „FRIEDLÄNDER-Pneumonie“ (unbehandelt zu 90 % letal) auch verschiedene Mischinfektionen, 3 Unterarten

Enterobacter (12A)

i.d.R. peritrich begeißelt, z.T. opportunistisch pathogen, Fäulnis-Keime

Enterobacter cloacae

Serratia (14A)

weit verbreitet in Boden und Wasser, selten opportunist. pathogen

Serratia marcescens: bildet roten zellgebundenen Farbstoff Prodigiosin

Proteus (4A)

stark beweglich, schwärmen auf halbfesten Oberflächen (hauchartiges, baumringförmiges Überziehen der ganzen Agaroberfläche).

Saprophyt. und Fäulniserreger (H₂S-Bildung), bei Massenentwicklung Lebensmittelvergiftung möglich, z.T. Sekundärinfektionen von Wunden

Proteus vulgaris

Yersinia (11A)

bei 37 °C unbeweglich, bei 30 °C z.T. peritrich begeißelt, weitverbreitet, apathogen bis stark pathogen

Yersinia pestis: Erreger der Pest, endemisch in Nagetieren Zentralasiens, übertragbar durch Flöhe auf den Menschen (Stiche → Beulenpest), weitere Übertragung v. Mensch zu Mensch über Tröpfcheninfektion (Lungenpest)

Erwinia (17A)

assoziiert mit Pflanzen, epiphytisch, saprophytisch oder pflanzenpathogen, selten auch bei Tieren (diese Stämme früher als *Enterobacter agglomerans* bezeichnet)

Erwinia carotovora: Erreger der Naßfäule der Kartoffel, Pektinasen und Cellulasen lösen Mittellamellen des Pfl.-gewebes auf → Fäulnis und Nekrosen

Weitere Gattungen der Enterobacteriaceae

Arsenophonus

Budvicia

Buttiauxella

Cedecea

Citrobacter opportunist. pathogen

Edwardsiella

Ewingella

Hafnia

Kluyvera

Leclercia

Leminorella

Moellerella

Morganella

Obesumbacterium Bierinfektionen

Pantoea weitverbreitet, opportunist. pathogen

Pragia apathogen, Wasser, Darm

Providencia

Rahnella apathogen

Tatumella selten opp. pathogen

Xenorhabdus im Darm von insektenpathogenen Nematoden

Yokenella mit Insekten und Säugern assoziiert (apathogen?)

IX. Vibrionaceae

Allgemeine Merkmale:

Gramnegative gerade oder gebogene (kommaförmige) Stäbchen, chemoorganotroph, fak. anaerob, meist Oxidase positiv, polare Begeißelung, z.T. unbeweglich, Wasserkeime od. im Verdauungstrakt von Tieren, selten pathogen (Mensch, Fische), γ -Gruppe der Proteobakterien

Vibrio (35A)

Geißel(n) mit Scheide (entspricht der outer CM), 20 - 30 nm dick, i.d.R. abhängig von Na⁺-Ionen, oft im Meer- und Brackwasser

Vibrio cholerae: Erreger der Cholera (1883 durch R. Koch entdeckt)

Vibrio parahaemolyticus: Lebensmittelvergiftung (Fisch)

Vibrio fischeri: lumineszierende Bakterien (Lichtaussendung) im Meer und auf Fischen

Photobacterium (3A)

normale Geißeln, abhängig von Na⁺, Meerwasser-Bewohner, 2 Arten mit Biolumineszenz (z.T. als Symbionten in Leuchtorganen von Tiefsee-Fischen)

Photobacterium phosphoreum

Weitere Gattungen

Aeromonas saprophyt. oder parasit. in Kaltblütern (Schnecken, Frösche, Fische)

Enhydrobacter

(Plesiomonas)

Litonella

Shewanella

X. Pasteurellaceae

Allgemeine Merkmale:

Gramnegative kokkoide bis gerade Stäbchen, z.T. pleomorph, chemoorganotroph, fak. anaerob, meist Oxidase positiv, unbeweglich, i.d.R. organ. N-Quellen erforderlich, γ -Gruppe der Proteobakterien

Pasteurella (19A)

saprophyt. oder parasitisch auf Schleimhäuten v. Säugern und Vögeln

Pasteurella multocida: tierpathogen, breites Wirtsspektrum, oft letal

Haemophilus (15A)

obligate Parasiten von Mensch und vielen Tieren, Wachstumsfaktoren erforderlich:

1. Protoporphyrin/Protohäm (= X-Faktor, Blutbestandteil)

2. NAD bzw. NADP (= V-Faktor),

wachsen auf un-supplementierten Medien nur in der Nähe anderer Bakterien, die diese Stoffe ausscheiden: „Ammenphänomen“

Haemophilus influenzae: Sekundärinfektionen bei Virus-Grippe (Nase, Ohr, Lunge, Gehirn), ohne Chemotherapie bei Kindern zu 85 - 97 % letal, deshalb bei Kindern bei Grippe oft Penicillin verordnet.

Haemophilus ducreyi: Erreger des weichen Schankers (Geschlechtskrankheit)

Actinobacillus (11A)

Wechsel von runden und stäbchenförmigen Zellen („Morse-Code“), Saprophytisch oder parasitisch in Säugern und Vögeln

Proteobakterien

δ- Subgruppe

I. Myxobakterien (Myxococcaceae)

bereits kurz behandelt bei gleitenden Bakterien des Cytophaga-Zweigs
gleitende Bewegung, Fruchtkörper
von makroskopischer Größe gebildet (oft lebhaft gelb bis rot gefärbt), Myxosporen

Myxococcus
Chondromyces
Cystobacter
Nannocystis
Sorangeium
Stigmatella

II. Dissimilatorische Schwefel- oder Sulfatreduzierer (Desulfurizierer)

Allgemeine Merkmale:

Sulfat- oder Schwefel als terminaler e-Akzeptor einer anaeroben Atmung; H₂S als Endprodukt, in Alternative zur Nitratatmung als Sulfatatmung bezeichnet, obligate Anaerobier, gramnegativ, Zucker als C-Quelle selten.

1. Schwefelreduzierende Bakterien

Desulfuromonas [^]

Acetat und org. Säuren als Haupt-C-Quelle, halophil, syntrophes Wachstum mit phototrophen Bakterien, die extrazellulär Schwefel ablagern (Regeneration des H₂S für phototrophe B. solange Acetat vorh.), rosarote Kolonien, γ/ε-Gruppe der Proteobakterien.
Desulfuromonas acetoxidans

Desulfurella

moderat thermophil (55 °C), weißgraue Kolonien

Desweiteren gibt es extrem thermophile S-reduzierende Archaeobakterien (*Sulfolobus ambivalens*, *Acidianus infernus* u. a.); auch einzelne Arten der folgenden Gattungen können elementaren S als e-Akzeptor nutzen: *Desulfovibrio* (s. u.), *Desulfomicrobium*, *Wolinella succinogenes*, *Alteromonas putrefaciens*, *Pseudomonas mendocina*.

2. Sulfatreduzierende Bakterien

a) org. Substrate unvollst. zu Acetat oxidiert: außer SO₄²⁻, z. T. auch S reduziert

Desulfovibrio *

In Süß- und Meerwasser in anaeroben Bereichen, gebildetes H₂S reagiert mit Fe²⁺ zu Eisensulfid (Schwarzfärbung von Sedimenten oder Eisenrohren in feuchten Böden), anaerobe Korrosion von Eisen:

1. Schritt: Oberflächenoxidation $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + 1e^{-}$,

2. Schritt: $2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$, da H₂ v. Bakterien laufend als e-Donator verbraucht wird, erfolgt eine weitere Fe-Oxidation (Korrosion) → schwarze „stinkende“ Rohre in Böden mit Staunässe (anaerob).

Desulfovibrio desulfuricans

Weitere Gattungen

Desulfobulbus [▲]

Desulfomicrobium *

Desulfomonas

b) org. Substrate vollst. zu CO₂ oxidiert; nur SO₄²⁻ reduziert

Desulfobacter [▲]

Desulfobacterium

Desulfococcus [▲]

Desulfomonile [▲]

D. tiedjei: kann neben Sulfat (anaerob) meta-chlorierte aromatische Substrate als Elektronenakzeptor nutzen: aus 3-Chlorbenzoat (+2e⁻) entsteht Benzoat + Cl⁻ (3-Chlorbenzoat-Dehalogenase/reduktive Dehalogenierung)

Desulfonema

gleitende B.

Desulfosarcina [▲]

*: Diese Gattungen stehen der Campylobacter-Linie (ε-Gruppe) näher als den anderen Desulfurizierern [▲] (δ-Subgruppe)

Desulfacinum

Desulfohalobium *

c) weitere Sulfatreduzierer

Thermodesulfobacterium

gramnegative thermophile Desulfurizierer, extra Phylum der Eubakterien

Desulfotomaculum

endosporenbildende grampositive Desulfurizierer, Phylum: grampositive Bakterien

sulfatreduzierende thermophile Archaeobakterien

z. B. Archaeoglobus

III. Bdellovibrionen

Bdellovibrio

an anderen gramnegativen Bakterien schmarotzende, kleine vibrioähnliche Bakterien, nach Anheftung Eindringen in periplasmatischen Raum der Wirtszelle.

Vampiriovibrio

IV. Weitere Gattungen des δ-Zweigs

Pelobacter (5A)

Stäbchen in anoxischen marinen Biotopen, auch Süßwasserschamm
nutzen nicht-konventionelle Substrate: Pyrogallol, Butandiol, Acetoin, Lactat

Proteobakterien

ε- Subgruppe

Campylobacter (13A)

leicht s-förmige Bakterien, bipolar begeißelt, microaerophil, CO₂-Bedarf (10 %), keine Verwertung von Kohlenhydraten, Fumaratatmung z. T. mit H₂ als H-Donator; im Verdauungstrakt v. Säugern, z. T. pathogen (bei Tieren Aborte)

C. fetus:

C. fetus ssp. fetus: Aborte Schafe, selten Rind

C. fetus ssp. venerealis: Aborte Rind

C. jejuni:

C. jejuni ssp. jejuni: Abort Schafe ?

C. jejuni ssp. doylei: Abort Schafe ?

C. sputorum: pathogen f. Schweine

Beim Menschen verursachen C. fetus und C. jejuni Fieber und Enteritis (z. T. durch rohe Milch übertragen), C. sputorum kommt beim Menschen in Zahnfleischtaschen vor.

Thiovulum

runde bis ovale Zellen, petrich begeißelt, Schwefel-Inclusionen, microaerophil, Katalase -, keine Reinkulturen.

Helicobacter

spiralförmige Bakterien, bipolar lophotrich begeißelt, microaerophil

H. pylori: Erreger einer Typ B-Gastritis (Korrelation mit Magenkrebs), auch im Magen v. Primaten.

Wolinella

Anaerobe Stäbchen in Abwasser oder im Darm v. Mensch u. Tieren (bes. Rind), Verwertung von Peptiden (keine KH) durch anaerobe Atmung (Fumaratatmung), verursachen z. T. Abszesse und Zahnfleischentzündungen.

Dehalospirillum

D. multivorans: Bakterien können in Gegenwart v. H₂ C-Cl-Bindungen in C-H-Bindungen überführen (reduktive Dehalogenierung), z. B. wird im Falle des Lösungsmittels Tetrachlorethen dieses Substrat als e-Akzeptor genutzt (Cl⁻ wird frei).