

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

Diversität der Prokaryoten & Bakteriophagen

Prof. Dr. Christian G. Gliesche
AG Mikrobielle Ökologie
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Kloster / Insel Hiddensee





(Aufnahme: © 2000, Dr. S. Dahlke, Institut für Ökologie, Kloster / Insel Hiddensee)

Inseln Rügen & Hiddensee



(Aufnahme: © 2000, Dr. S. Dahlke, Institut für Ökologie, Kloster / Insel Hiddensee)

Institut für Ökologie
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald



(Aufnahme: © 2000, Dr. S. Dahlke, Institut für Ökologie, Kloster / Insel Hiddensee)

Ostseite der Insel Hiddensee



(Aufnahme: © 2004, Kathrin Bünger, Institut für Ökologie der EMAU Greifswald, Insel Hiddensee)

Weststrand bei Sturm am 18. November 2004



Fragestellungen der mikrobiellen Ökologie

(1) Wer macht (2) was, (3) wie,
(4) wo, (5) wann & (6) mit wem ?

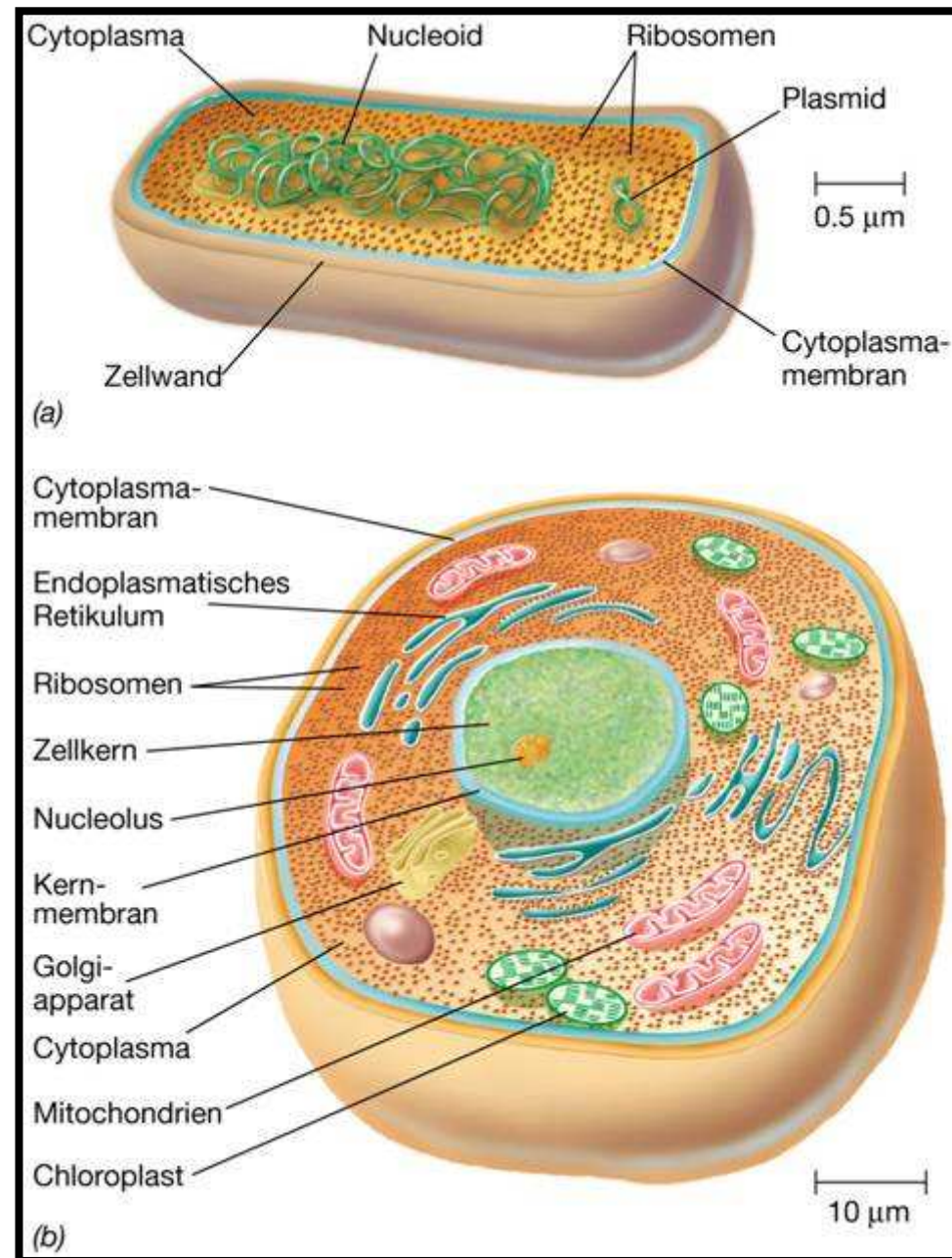
(verändert nach: Nehr Korn, A. 1996. Mikrobielle Diversität: von der Bestandsaufnahme zur Funktionsanalyse, pp. 166-171: p.170. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Perspektiven der Wasserforschung; Senatskommission für Wasserforschung; Mitteilung 14. DFG; VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim)



(Aufnahmen © 2002 Dr. Jürgen Meyercordt, Institut für Ökologie, EMAU Greifswald)

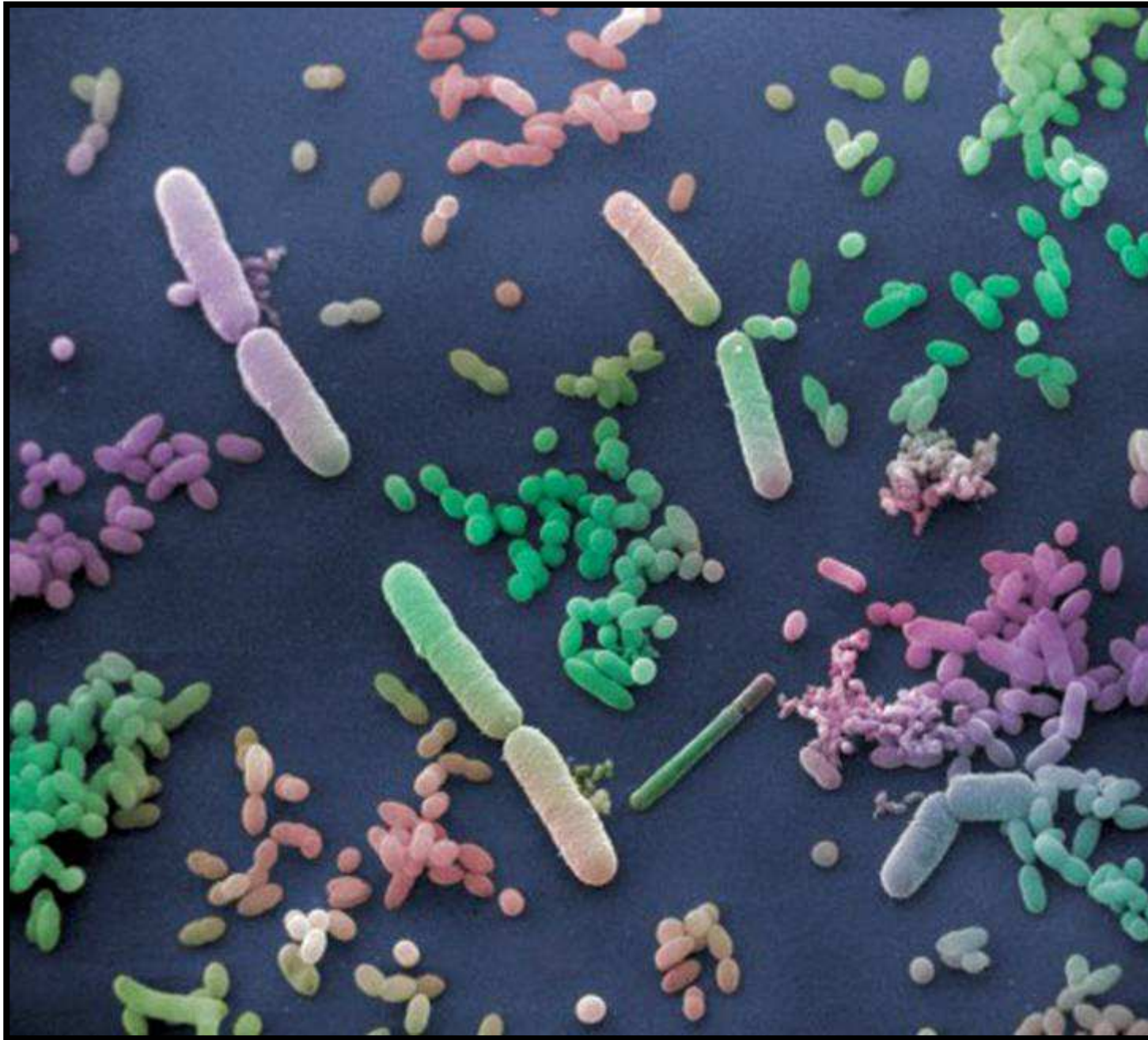
Sandiges Sediment, Vitter Bodden
(Rügensche Boddengewässer)

Prokaryoten & Bakteriophagen



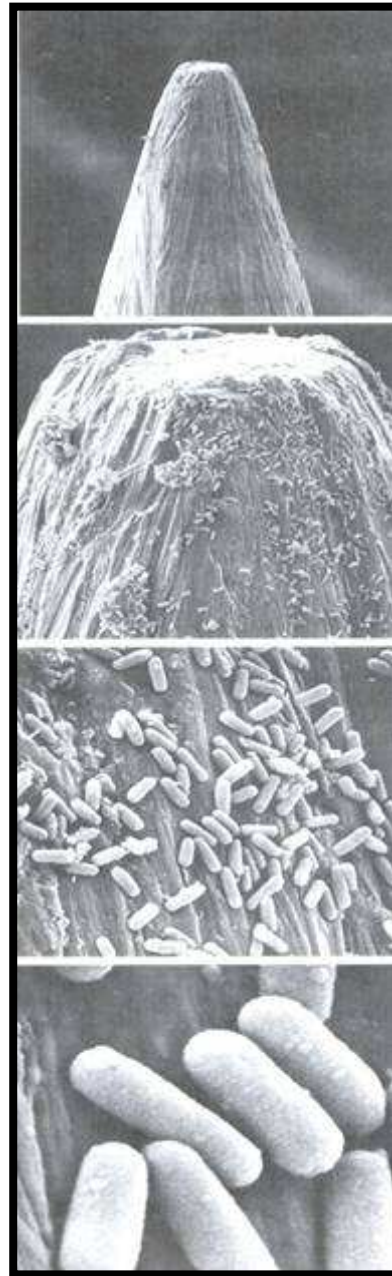
(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 8: Abb. 1.13. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

Vergleich pro- & eukaryotischen Zelle



(Quelle: © <http://www.therozone.com/TherOzone%20Information/bacteria2.jpg>; 06.02.2009)

Bakterien im Wasser einer Munddusche



(Quelle: © <http://www.marietta.edu/~spilats/biol202/microdwnlds.html>; 11.05.2005)

Bakterien auf einer Bleistiftspitze

Klein aber große
Wirkung



Massive Ablagerungen der Bändereisenerze (durch **anox**ygene & **oxy**ygene Phototrophe)

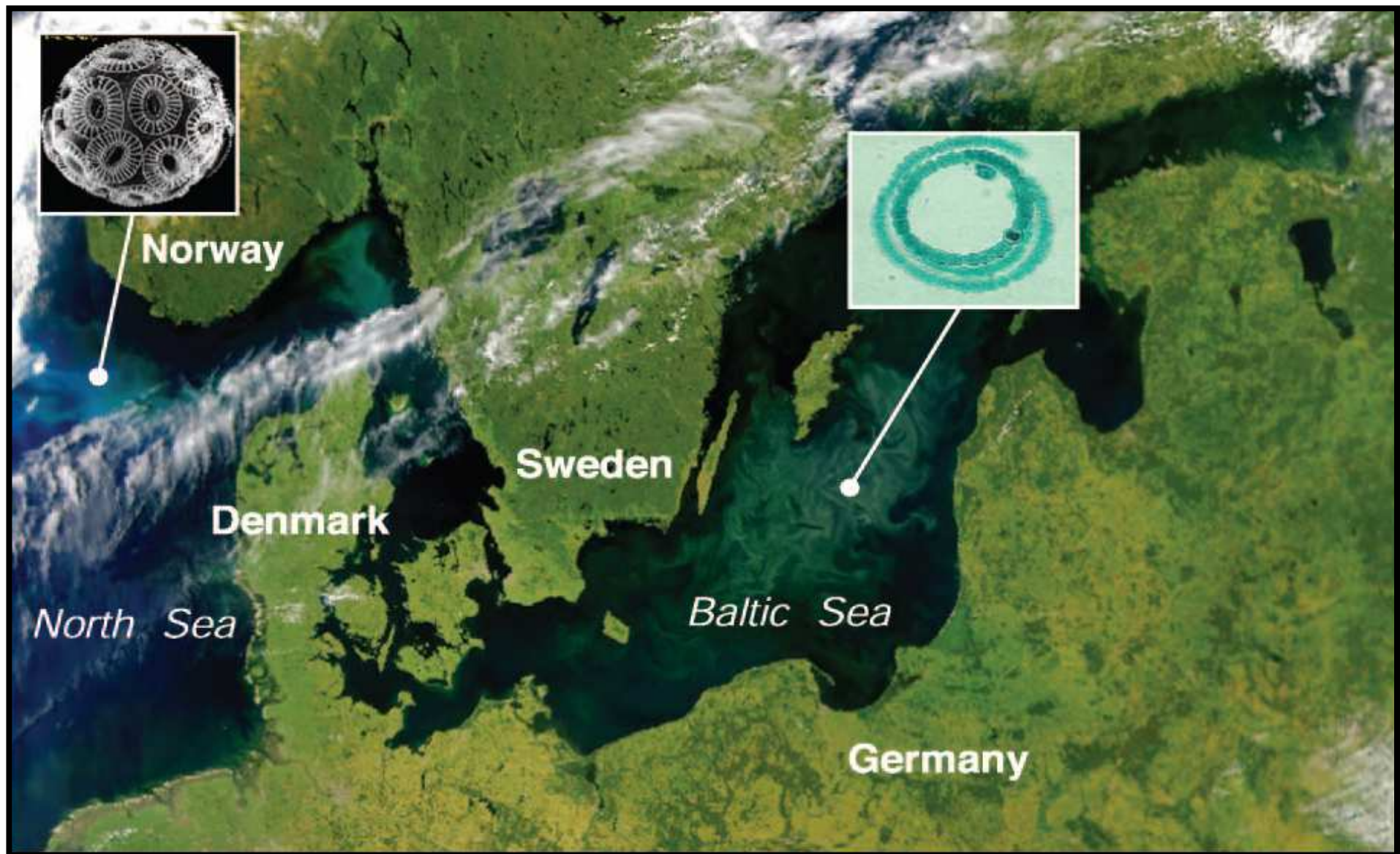
3,8 bis 2,0 GY

(nach: Fenchel, T., G.M. King & T.H. Blackburn. 1998. Bacterial Biogeochemistry. The Ecophysiology of Mineral Cycling, p. 274. Academic Press, San Diego)



(Quelle: http://www.nordcee.dk/uploads/images/Full_size/AustraliaBIF.JPG; 16.02.2009)

Bändereisenerze (Banded Iron Formations = Bifs)



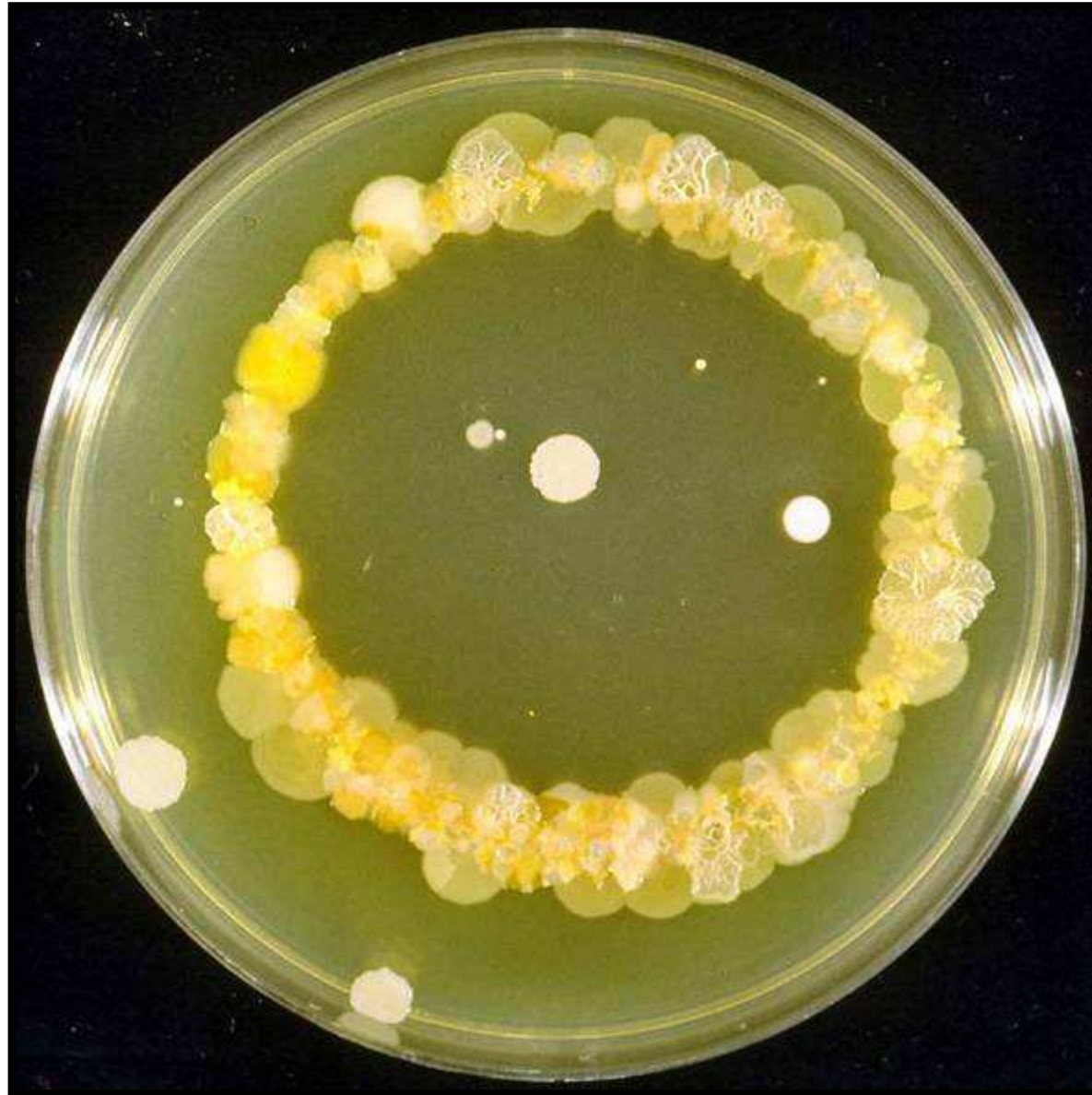
(Quelle: © <http://www.asm.org/ASM/files/ccLibraryFiles/FILENAME/000000001488/znw00405000179.pdf>; 13.02.2008)

Algenblüte (Coccolithophoriden) in der Nordsee
& Cyanobakterienblüte (Nodularia) in der Ostsee
(Satellitenaufnahme, 23.3.1999)



(Bild: © Uwe Steinbrich; Quelle: <http://www.phytodoc.de/news/details/neues-zum-essverhalten-der-deutschen-zu-viel-limonade-zu-wenig-folsaeure/>; 01.04.2009)

Alkohol desinfiziert ?



(Bild: © Steinbüchel, A. & F.B. Oppermann-Sanio. 2003. Mikrobiologisches Praktikum. Springer Verlag, Berlin; Quelle: Begleit-CD: 3.2 Anreicherung, Isolierung und Charakterisierung von Mikroorganismen: Versuch 3: Anreicherung von Luftkeimen: Zusätzliche Abbildungen)

**Abdruck eines gespülten Bierglases auf
Komplexmediumplatte**



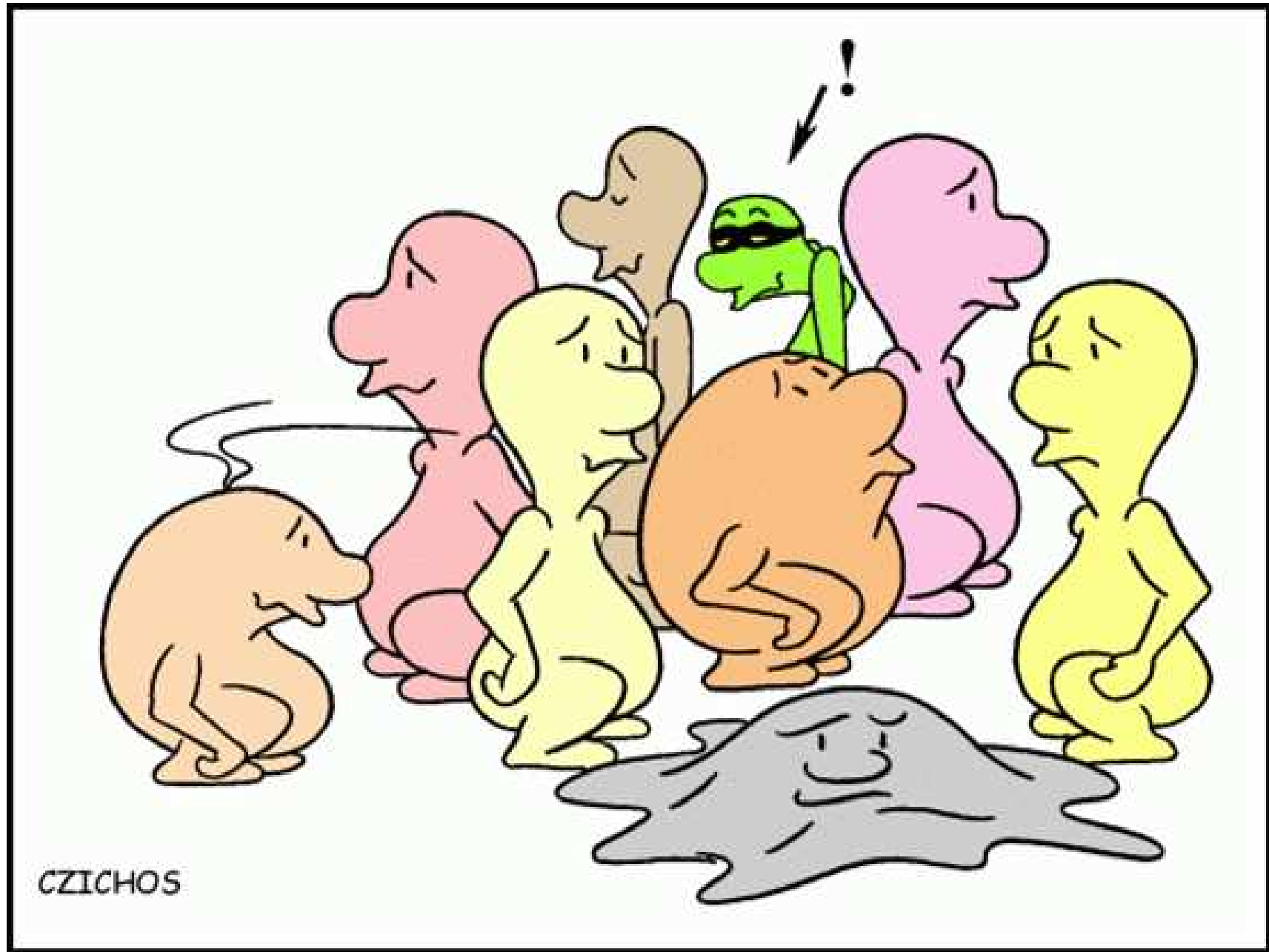
(Quelle: © <http://gott-welt.de/wp-content/uploads/2007/12/papst.jpg>; 01.04.2009)

Auch sein Glas ist nicht steril



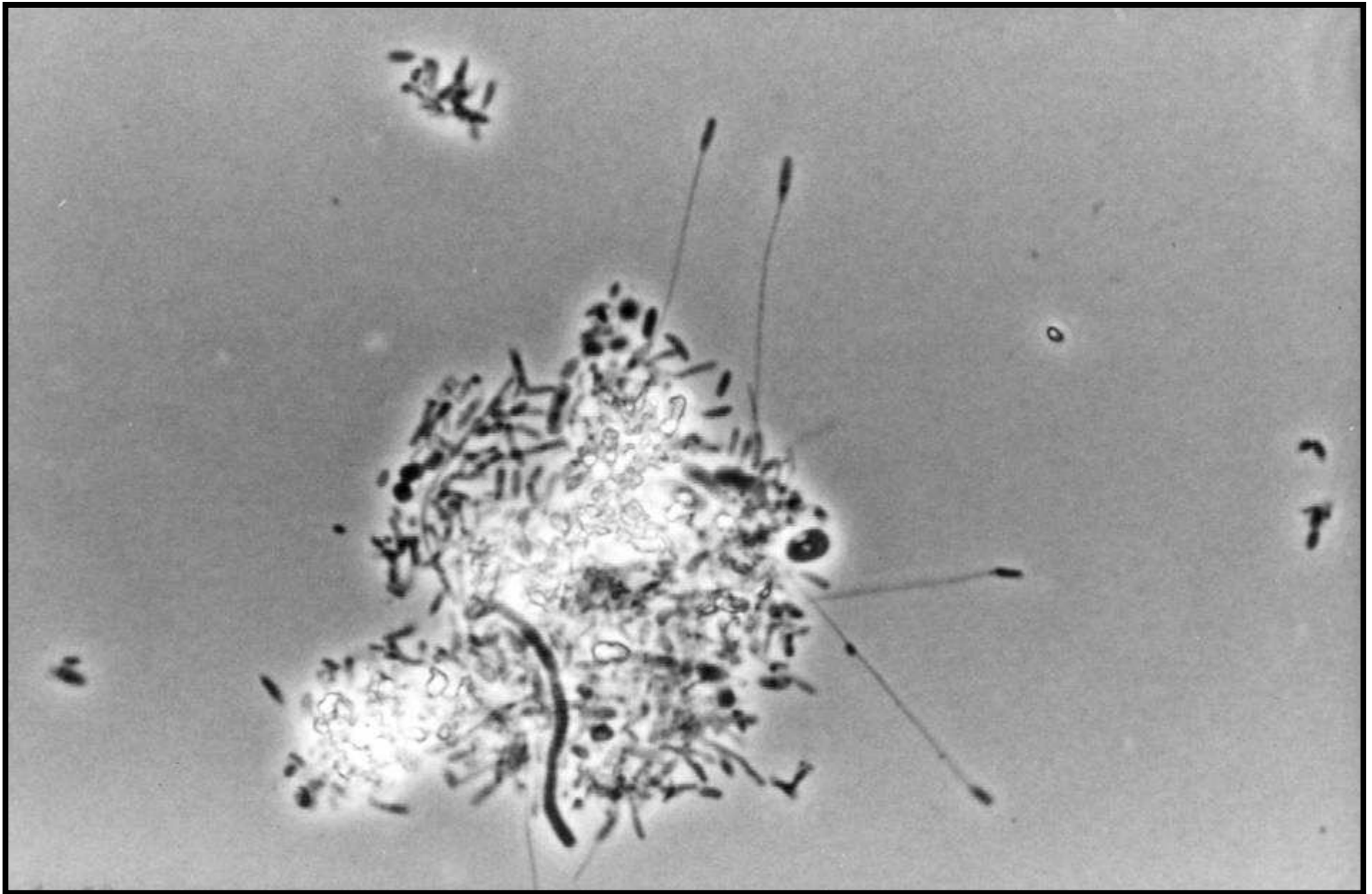
(Abbildung: © Tortora, G.J., B.R. Funke, & C.L. Case. 2004, Microbiology An Introduction, 8th ed., Fig. 14.6a & 8. Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin Cummings, Redwood City, Cal., USA; Herkunft: http://www.edison.edu/course_material/ppt/Ch14_Lect.ppt; 12.03.2005)

Übertragung pathogener Mikroorganismen



(Bild: © 2005 Joachim Czichos; Quelle: <http://www.joachim-czichos.de/BioCadeWo/biocadewo.html>; 08.04.2005)

Die meisten Bakterien, aber nicht alle sind harmlos



(Aufnahmen: © 1991 Dr. Christian Gliesche, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, CAU Kiel)

Belebtschlammflocke (Kläranlage Plön)



Körperzellen des Menschen

ca. 10^{13} Zellen

= ca. 10 Billionen

(verändert nach: Tortora, G. J., B. R. Funke, & C. L. Case. 1992. Microbiology, 4th ed., p.369. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California)



(Quelle: © http://www.bund-mecklenburg-vorpommern.de/startseite/ueber_uns/landesvorstand/; 20.10.2010)

Prof. Dr. Mathias Grünwald
(Hochschule Neubrandenburg)



Normalflora des Menschen

10^{14} Bakterienzellen

= ca. **100 Billionen**

(verändert nach: Tortora, G. J., B. R. Funke, & C. L. Case. 1992. Microbiology, 4th ed., p.369. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California)



(Aufnahme: © 2002 Dr. Marion Köster, Institut für Ökologie, EMAU Greifswald)

Mundschleimhautzelle bewachsen mit **Bakterien**


$$10^{14} - 10^{13} = 9 \times 10^{13}$$

= 90.000.000.000.000 Bakterienzellen



**90 Billionen mehr
Bakterienzellen als Körperzellen**

(verändert nach: Tortora, G. J., B. R. Funke, & C. L. Case. 1992. Microbiology, 4th ed., p.369. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California)



(Quelle: © <http://www.sciencephoto.com/search/search.html>; 24.01.2006)

Bakterien auf der Zunge



Geschätzte Weltbevölkerung

ca. $6,92 \times 10^9$ Menschen

= 6.920.000.000

(Quelle: <http://www.dsw-online.de/wbuhr.html>; 03.11.2010)



wallpaper@mygeo.info | copyright <http://earthobservatory.nasa.gov>

(Quelle: © http://www.mygeo.info/wallpaper/globe_east_1024.jpg; 12.04.2007)



(Aufnahme: © 1990 G. Jacobsen, Institut für die
Pädagogik der Naturwissenschaften an der CAU Kiel)

$6,9 \times 10^9$ Zellen von *Bacillus subtilis* (Flüssigkultur)



Geschätzte Gesamtzahl prokaryotischer Zellen auf der Erde

4 bis 6×10^{30} Zellen

= 5.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

= ca. 5 Quintillionen

(verändert nach: Whitman, W. B. et al. 1998. Prokaryotes: The unseen majority. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95:6578-6583)



wallpaper@mygeo.info | copyright <http://earthobservatory.nasa.gov>

(Quelle: © http://www.mygeo.info/wallpaper/globe_east_1024.jpg; 12.04.2007)



Mikrobielle Produktionsrate

$1,7 \times 10^{30}$ Zellen a^{-1}

= ca. 2 Quintillionen

(verändert nach: Whitman, W. B. *et al.* 1998. Prokaryotes: The unseen majority. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95:6578-6583)



(Bild: © Bob Morris; Quelle: http://www.mbl.edu/news/press_releases/images/morrisbacteria_pba.jpg; 31.03.2009)

Mikrobielle Lebensgemeinschaft im Meerwasser



Verteilung der Prokaryonten auf der Erde

Wasser	2 bis 3 %
Boden	4 bis 7 %
Sedimente	90 bis 95 %

(verändert nach: Whitman, W. B. et al. 1998. Prokaryotes: The unseen majority. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95:6578-6583)



(Aufnahme: © Dr. M. Köster, Institut für Ökologie, EMAU Greifswald, 2002)

Bakterien im Sediment des Vitter Bodden
(Station: Ziegelort)



(Aufnahme: © 2000 Dr. Ingolf Stodian, Institut für Ökologie der EMAU Greifswald, Insel Hiddensee)

Grundwasserleiter I (Wankendorf)



(Bild: © Tim Eglinton, Woods Hole Oceanographic Institution; Quelle:
<http://www.whoi.edu/oceanus/viewImage.do?id=36316&aid=18371>; 01.04.2009)

Marines Sediment

Minima & Maxima mikrobiellen Lebens

Parameter	Schwankungsbereite
Wasseraktivität (a_w)	1,0 bis 0,6
Temperatur (T)	-17 bis 121°C
pH	0,06 bis 12,0
Salzkonzentration	0 bis 5 M
Druck	1 bis 120 MPa
Standardredox- potenzial (E^0')	-0,52 bis + 1,36 V

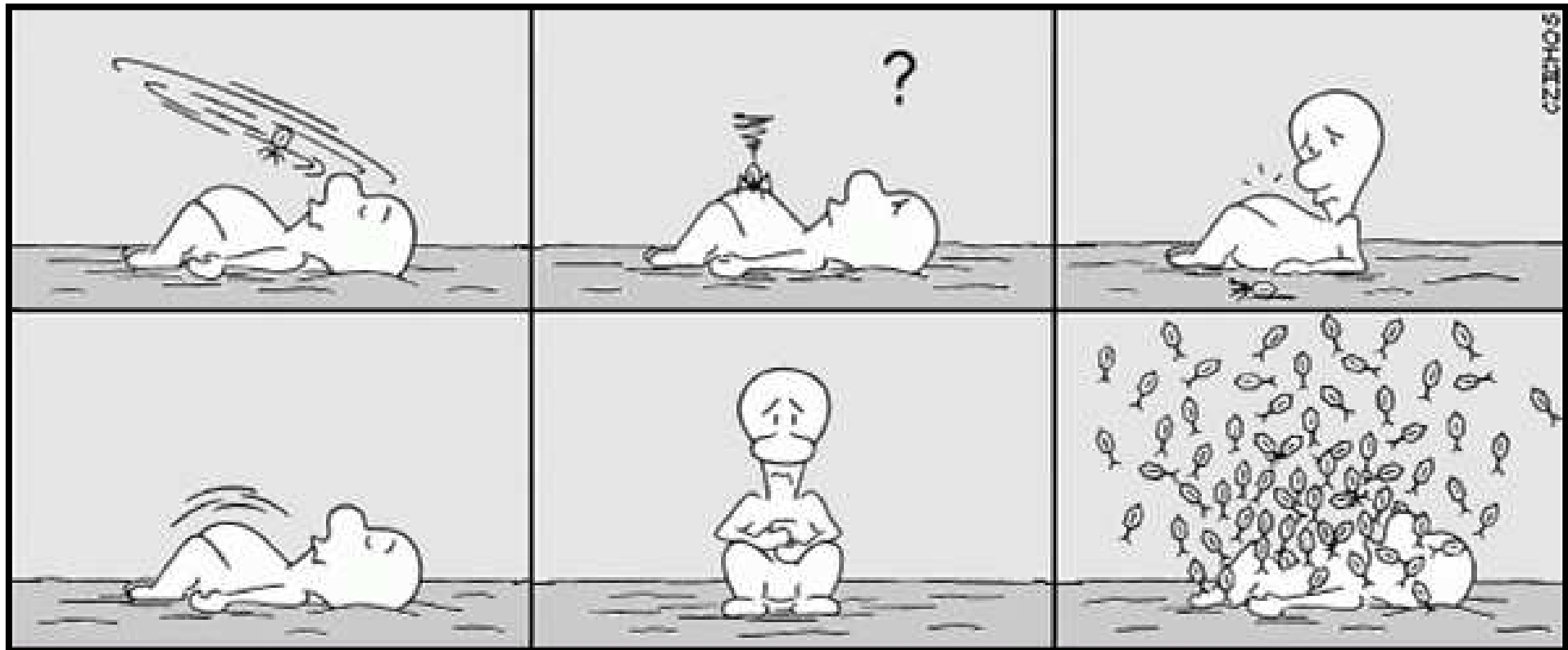
Räumliche Verbreitungsgrenzen mikrobiellen Lebens

Lebensraum	Verbreitungsgrenze
Höhe (Atmosphäre)	30.000 m
Tiefe (kontinental)	2.770 m
Tiefe (Meeresboden)	850 m
Tiefe (Meerwasser)	11.033 m



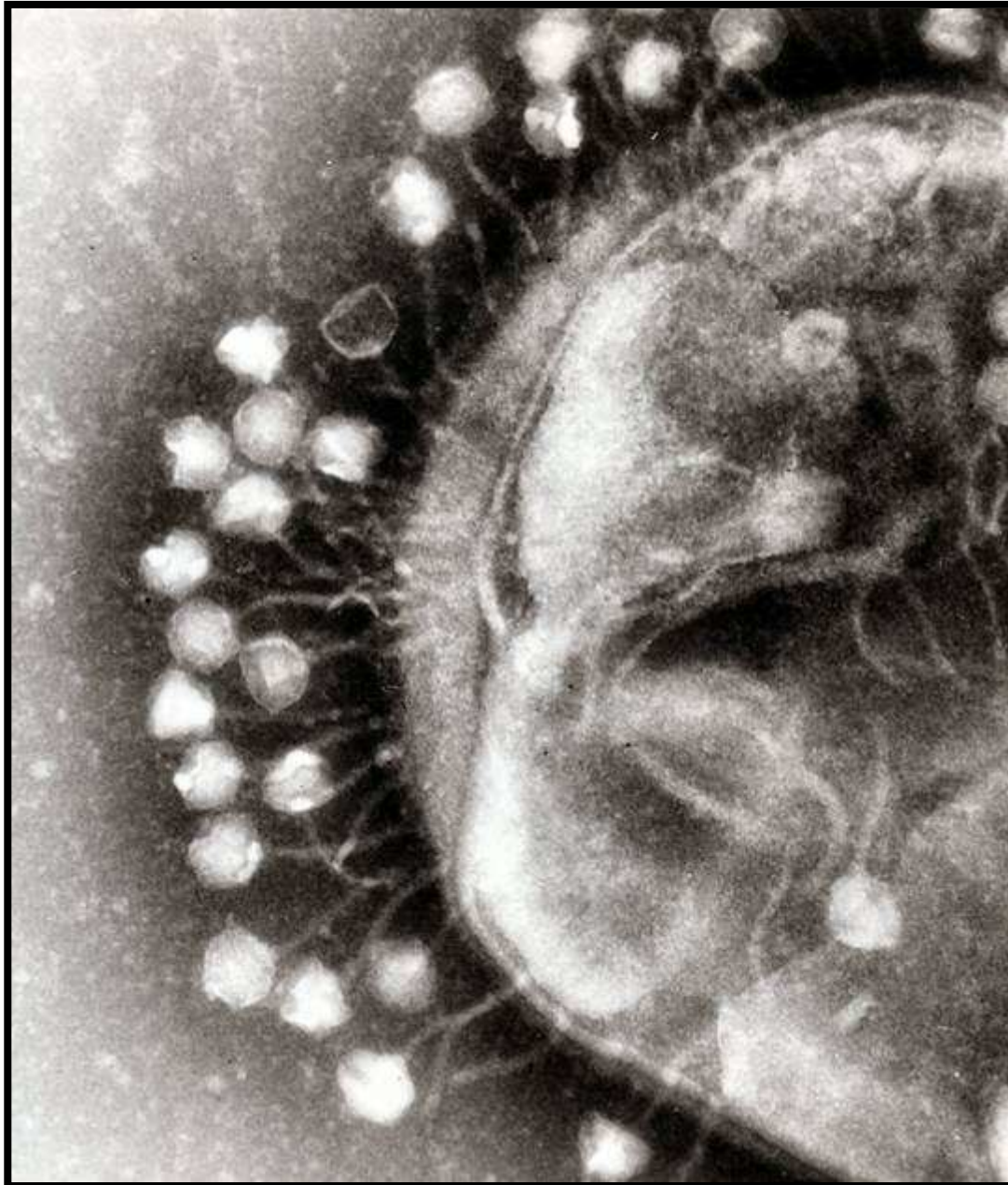
(Bild: © 2010 Mike Smith; Quelle: <http://www.coroflot.com/msmith81/portfolio1/2>; 03.11.2010)

Bakteriophage **T4** (*Escherichia coli*)



(Bild: © 2010 Joachim Czichos; Quelle: <http://www.joachim-czichos.de/CadeWo/cadewo.html>; 27.10.2010)

Bakteriophagen-Vermehrung



(Bild: © Graham Colm; Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Phage.jpg>; 20.08.2010)

Anheftung eines Bakteriophagen an die Wirtszelle

Häufigste Lebensform der Erde

Bakteriophagen

Geschätzt: 10^{30} bis 10^{32}



(Bild: © Dilla Goodness; Quelle: <http://www.blogadilla.com/wp-content/uploads/2008/02/giant-microbes.jpg>; 31.03.2009)

Who is who

Differenzierung von Bakterien durch

(1) Phänotyp

- 1920 bis 1980 (ausschließlich)

(2) Spezifische Gene (z.B. 16S rDNA)

- 1980 bis heute
- Reinkulturen & Umwelt-DNA

(3) Genom / Metagenom

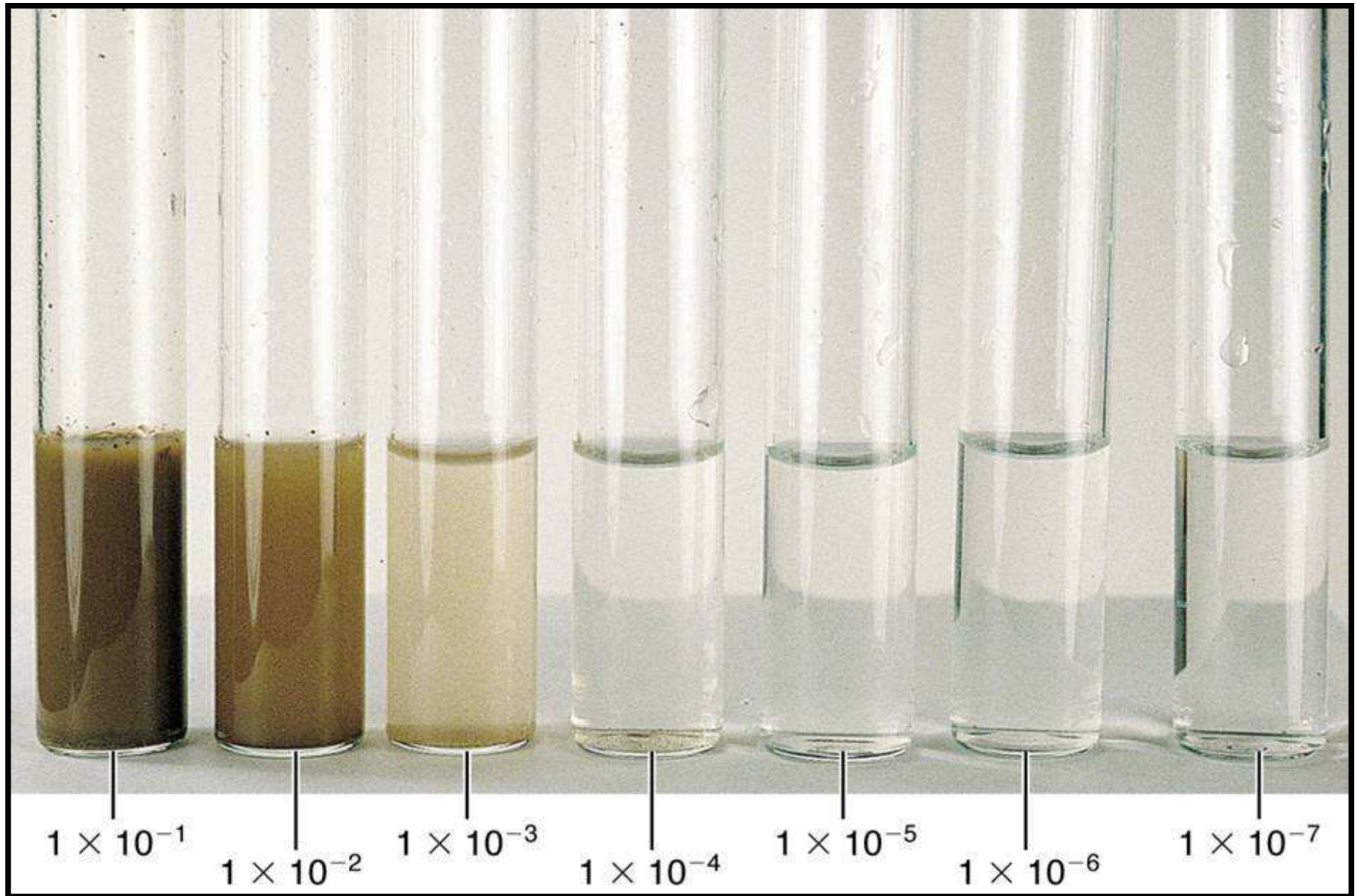
- seit 1995

Eigenschaften
einer Reinkultur



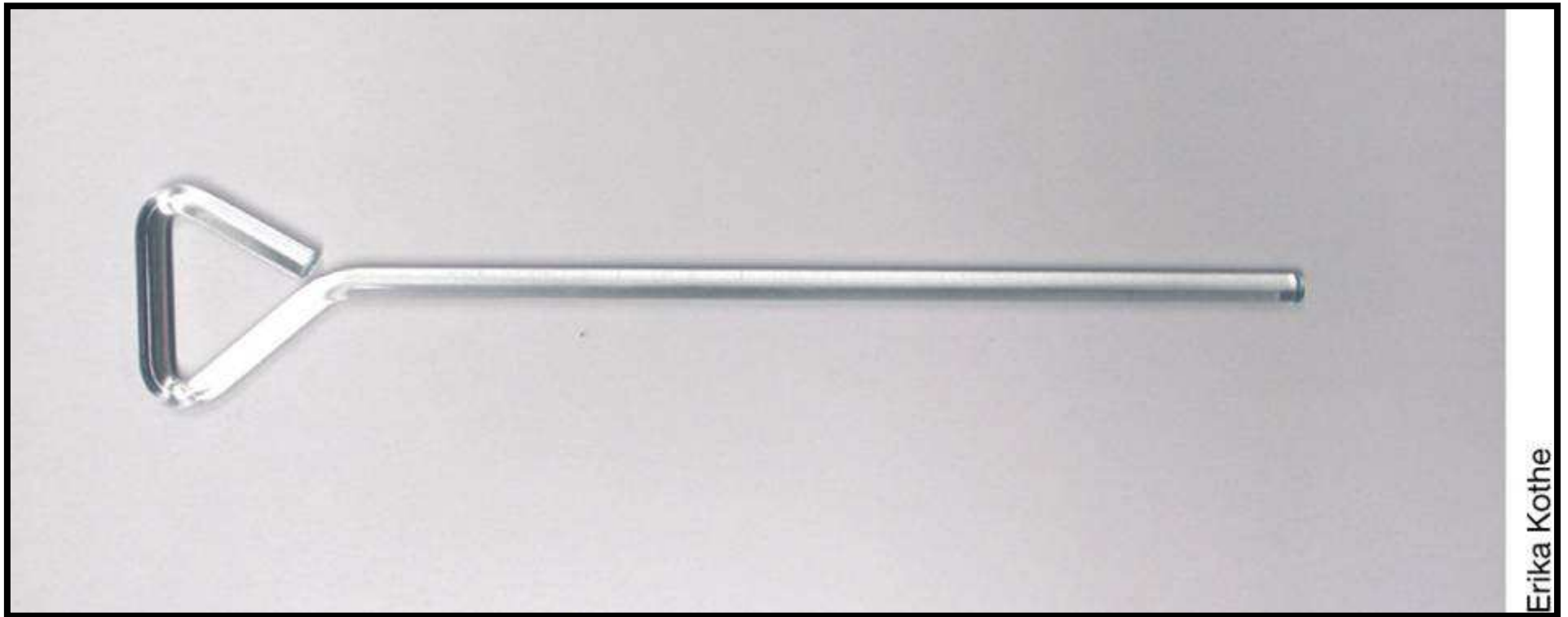
(Quelle: © <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/06071/>; 12.04.2007)

Entnahme einer **Bodenprobe**



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 129: Abb. 8.1. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

Verdünnungsreihe einer Bodenprobe



Erika Kothe

(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 52: Abb. 4.1. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

Drigalskispatel zum gleichmäßigen Verteilen
flüssiger Proben auf der Agaroberfläche



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 130: Abb. 8.2. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

NA-Platten beimpft mit den **Verdünnungen** 10^{-4}
bis 10^{-7} der Bodenprobe – Wachstum von
Bakterien-Kolonien



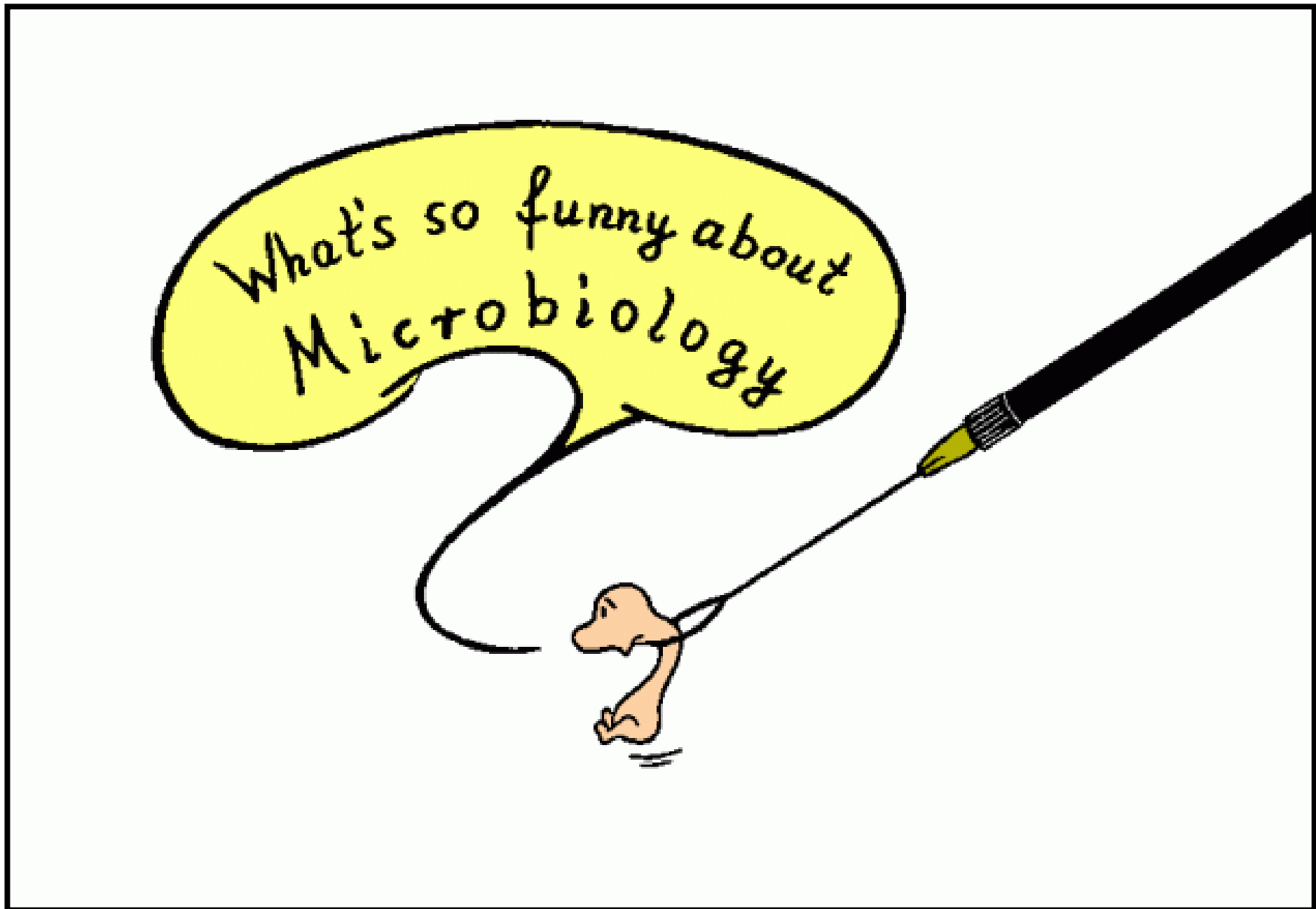
(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 52: Abb. 4.2. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

Impföse zum Vereinzeln von Bakterien



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 69: Abb. 4.53. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

Ausglühen einer Impföse



(Bild: © 2006 Joachim Czichos; Quelle: <http://www.joachim-czichos.de/BioCadeWo/biocadewo.html>; 02.01.2007)

Gewinnung einer Reinkultur eines Bakterienstammes



**Drei mal gereinigte & überimpfte Einzelkolonie
ist Ausgangspunkt für einen Bakterienstamm**

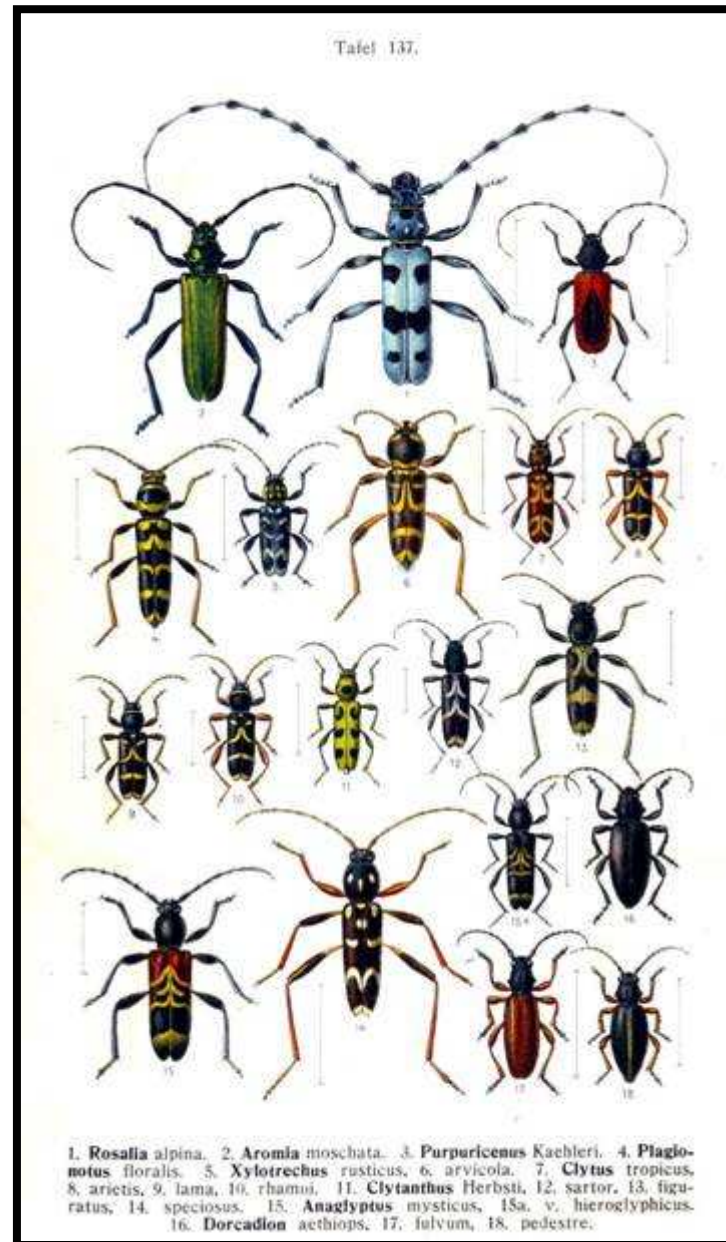
(verändert nach: Weber, H. 1997. Wörterbuch der Mikrobiologie, p. 528. Gustav Fischer Verlag Jena)



(Aufnahme: © A Photographic Atlas for the Microbiology Laboratory, 2nd Ed., Leboffe & Pierce:
Quelle: <http://www.austin.cc.tx.us/microbugz/03morphology.html>; 22.09.2004)

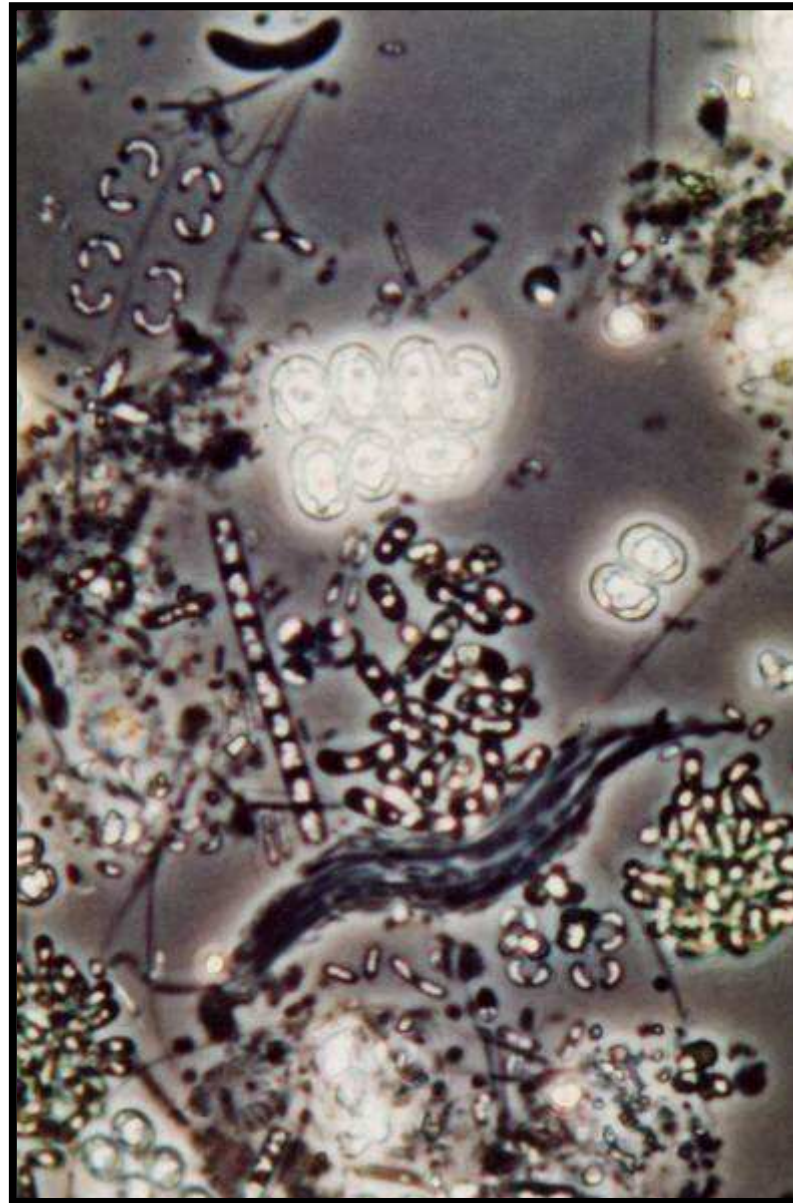
Reinigungsausstrich von *Staphylococcus aureus*

Phänotypische Merkmale



(Bild: © Edmund Reitter. 1908. Die Käfer des Deutschen Reiches. Band 4; Quelle: http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/reitter4/high/IMG_3137.html; 01.04.2009)

Morphologische Variabilität bei Bockkäfern



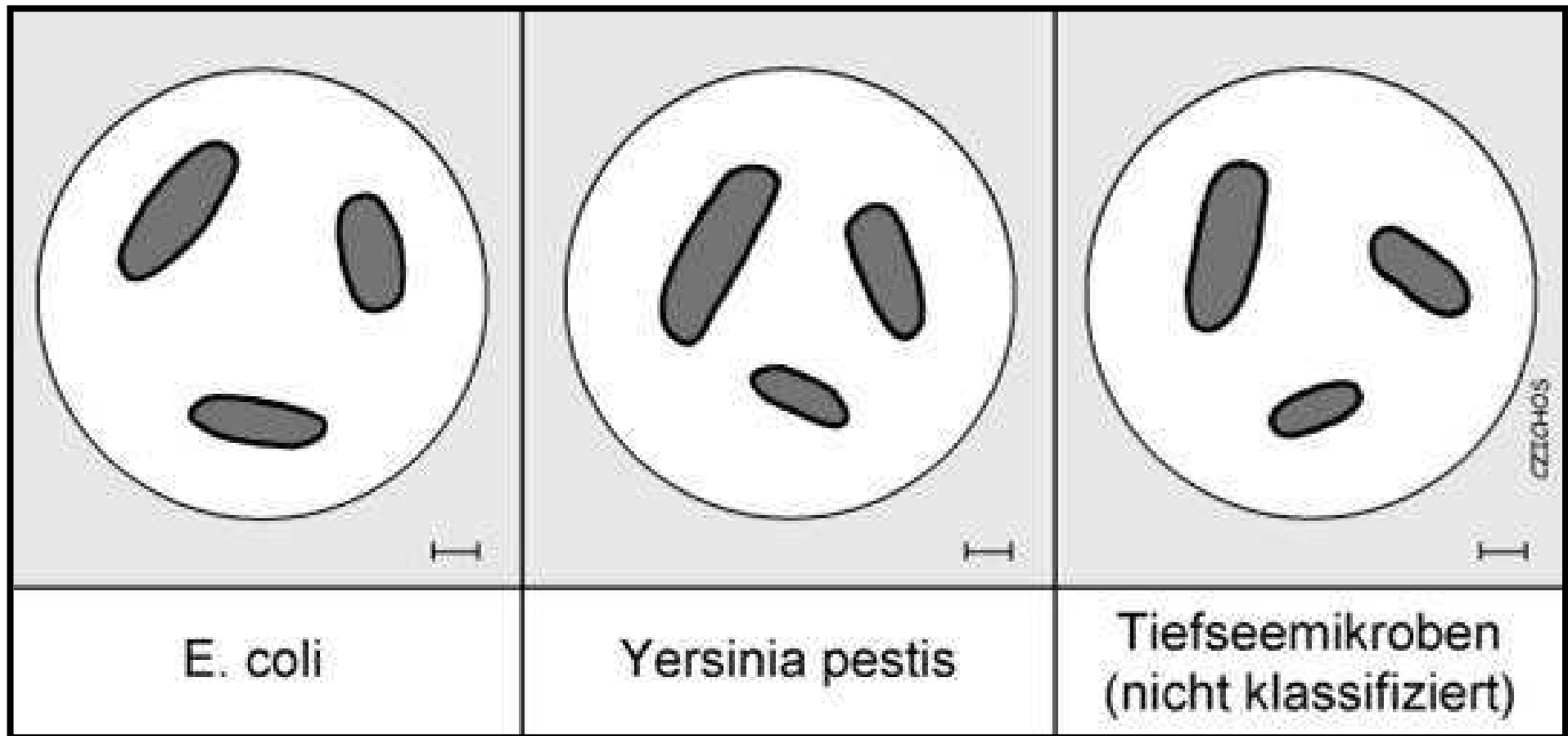
(Aufnahme: © 1969 Prof. Dr. Peter Hirsch, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, CAU Kiel)

Bakterielle **Vielfalt** im „Wintergreen Lake“ (USA)
(Phasenkontrast-Aufnahme)



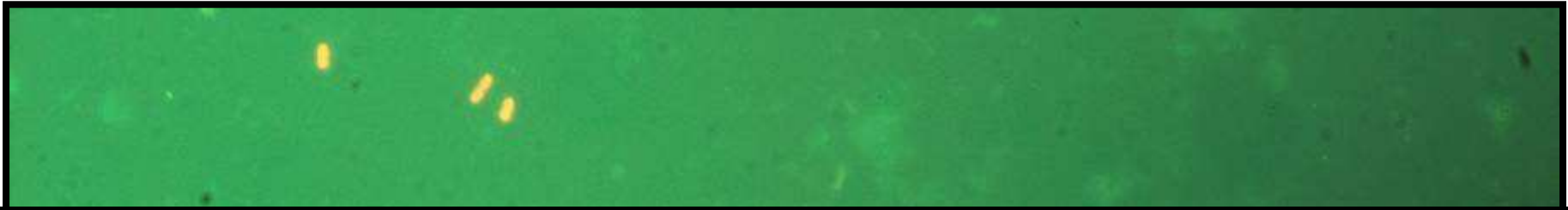
(Abbildung: © Hirsch, P., E. Rades-Rohkohl, J. Köbel-Boelke, & A. Nehr Korn. 1992a. 5.1.1 Morphological and taxonomic diversity of ground water microorganisms, p. 317: Fig.5.1.1.2. In G. Matthess, F. Frimmel, P. Hirsch, H.C. Schulz, and H.-E. Usdowsky (eds.), Progress in Hydrogeochemistry. Springer, New York)

Morphologische Formen (= Morphotypen) bei Bakterien (Grundwasser)



(Bild: © 2007 Joachim Czichos; Quelle: <http://www.joachim-czichos.de/BioCadeWo/biocadewo.html>; 13.02.2008)

Unter Bakterien gibt es eine faszinierende Vielfalt



Bakterien in natürlicher Umgebung

(1) Dominant Stäbchen & Kokken

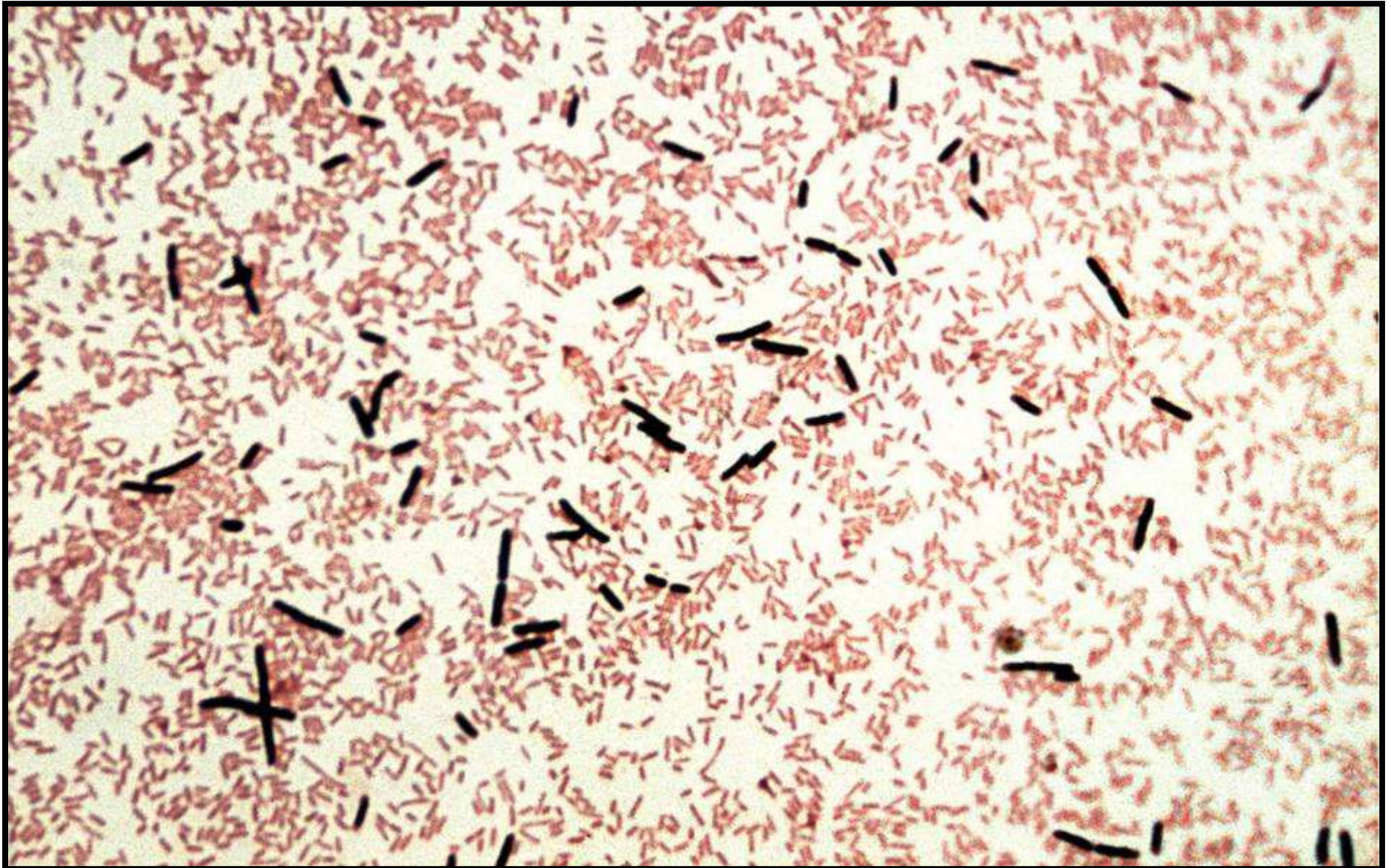
(2) Nur 0,1-1% bisher kultivierbar

(Quelle: © 12.04.2007 Christian G. Gliesche, Institut für Ökologie, EMAU Greifswald)



(Aufnahme: © 2002 Dr. Marion Köster, Institut für Ökologie, EMAU Greifswald)

Bakterien im Sediment des Vitter Bodden (AO)



(Aufnahme: © 1985 Prof. Dr. Peter Hirsch, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, CAU Kiel)

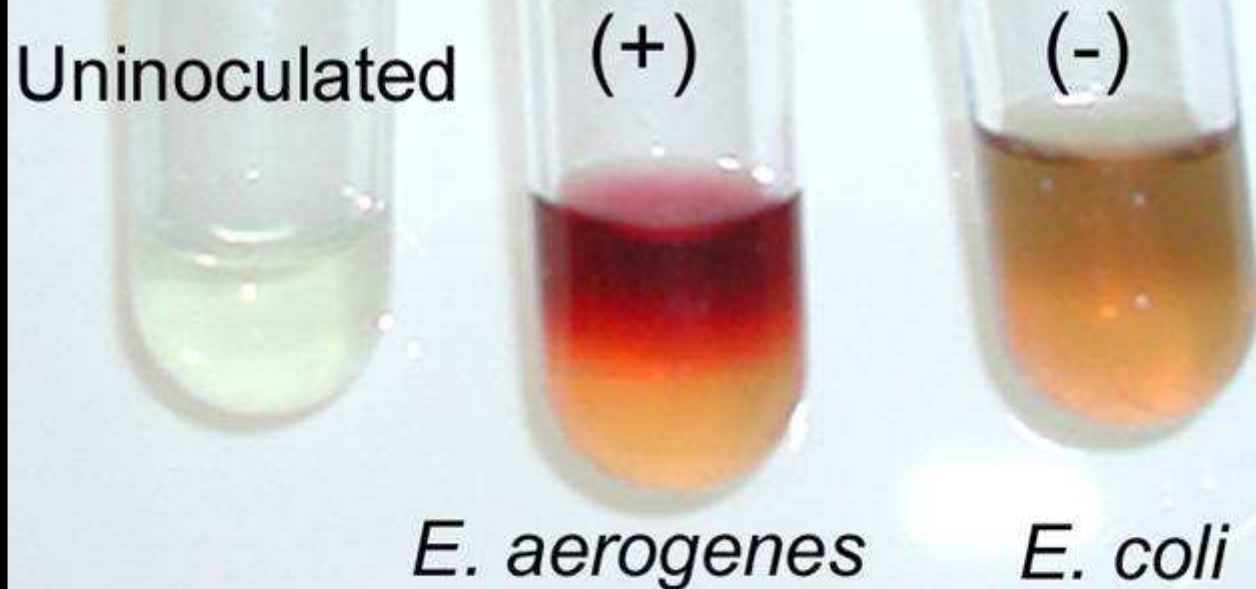
Gram-Färbung (Gram-positiv: *Nocardia corallina*, Gram-negativ: *Escherichia coli*)



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Alexander, S.K & D. Strete. 2006. Mikrobiologisches Grundpraktikum Ein Farbatlas, p. 45: Abb. 3.23. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 01.06.2006)

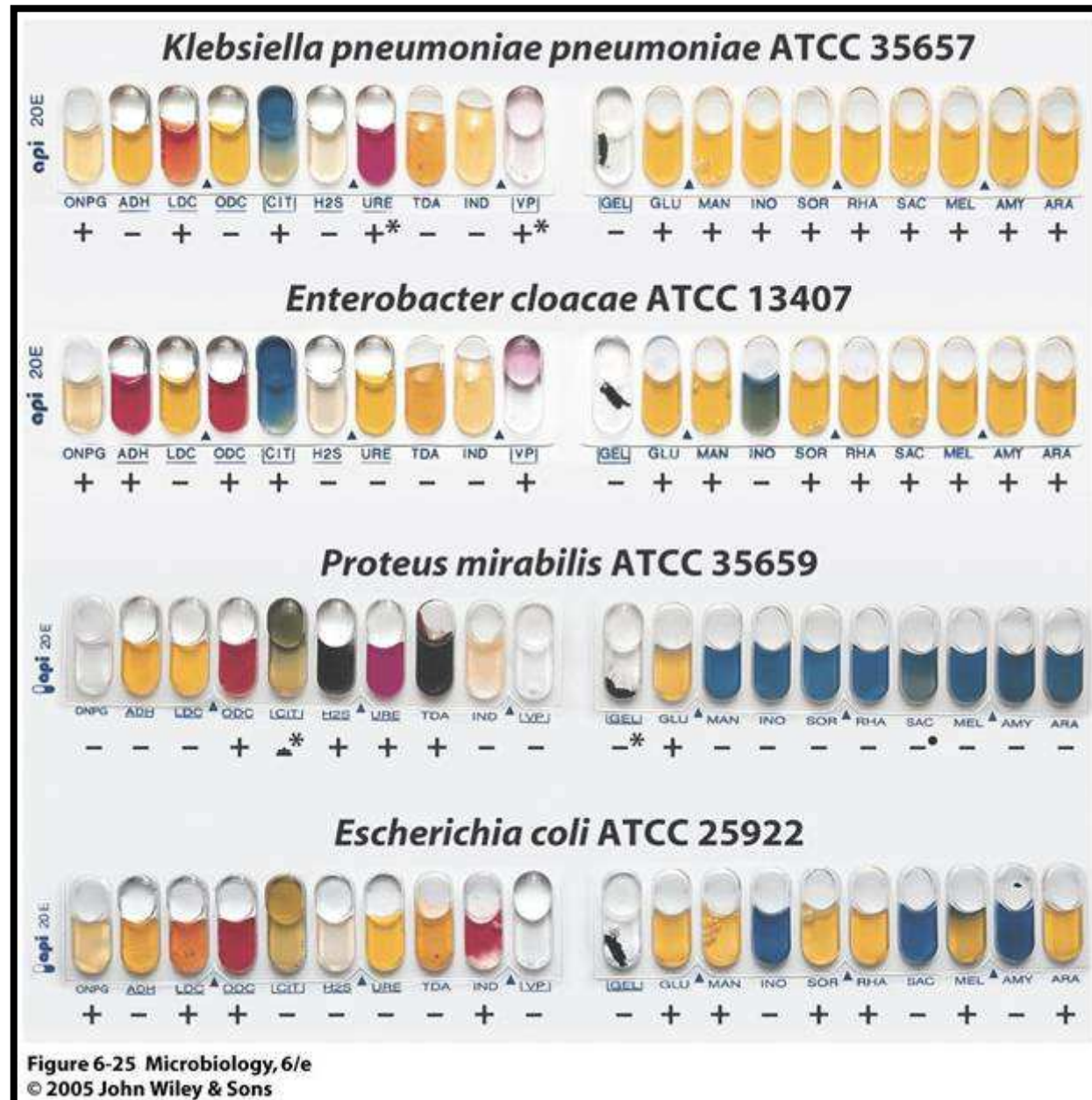
Mycobacterium tuberculosis gefärbt mit
Karbolfuchsin (säurefest: HCl-Ethanol-Gemisch)

Mixed Acid Fermentation - Voges Proskauer Test



(Aufnahme: © 2002 University of Southern California; Quelle: http://biosci.usc.edu/courses/2002-fall/documents/bisc300-lab_Mixed_Acid_Ferm-Voges_Proskauer.jpg; 04.10.2004)

Bildung von **Acetoin** aus **Glucose** (Indikator: Kreatin)



(Bild aus: © Black, J.G. 2005. Microbiology: Principles and Explorations, 6th. Ed., chapter 6: p. 159: Figure 6.24. John Wiley & Sons, New York; Quelle: http://professor.wiley.com/CGI-BIN/JSMPTX?DOCUMENTDIRECTORDEV+DOCUMENTID&0471420840+DOCUMENTSUBID&1+PRFVALNAME&lecture_ppt/ch19.ppt)

Analytical Profile Index (API) 20E System

Identifizierung durch Bestimmung chemischer Eigenschaften einer Reinkultur (Beispiele)

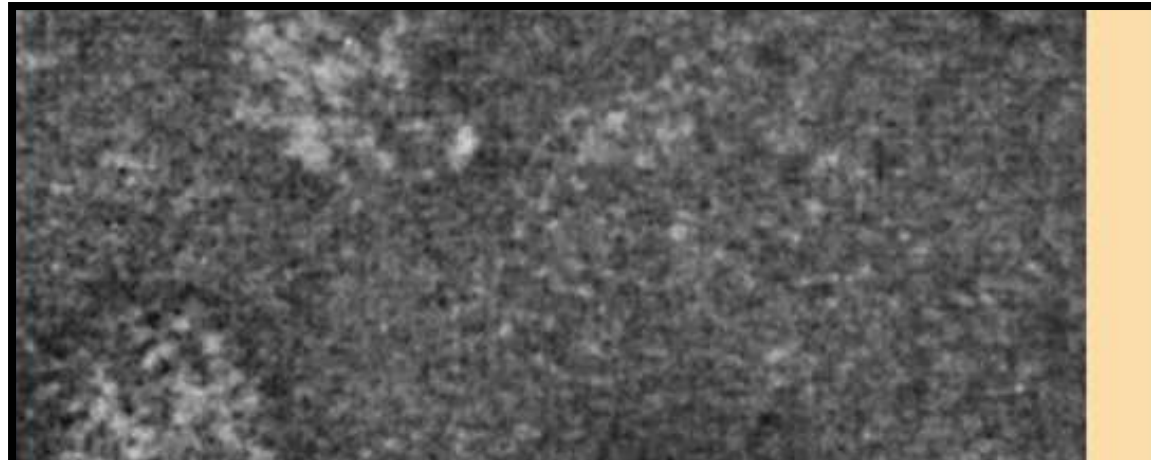
- 1 G/C-Basenverhältnis der DNA
- 2 Fettsäurezusammensetzung
- 3 Zellwandzusammensetzung
- 4 Vorkommen von Chinonen

Nutzung phänotypischer Merkmale

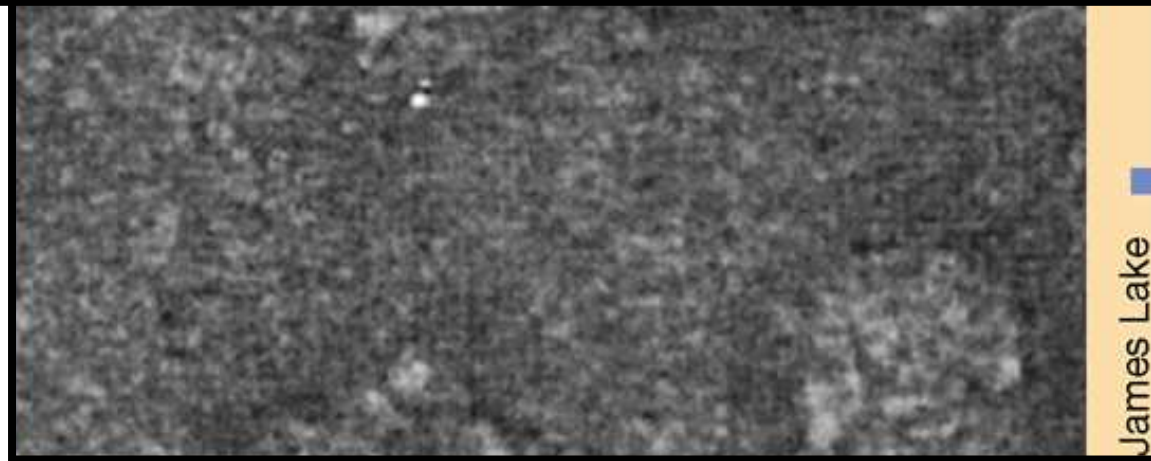
Künstliches System

- Numerische Taxonomie

Spezifische
Gene

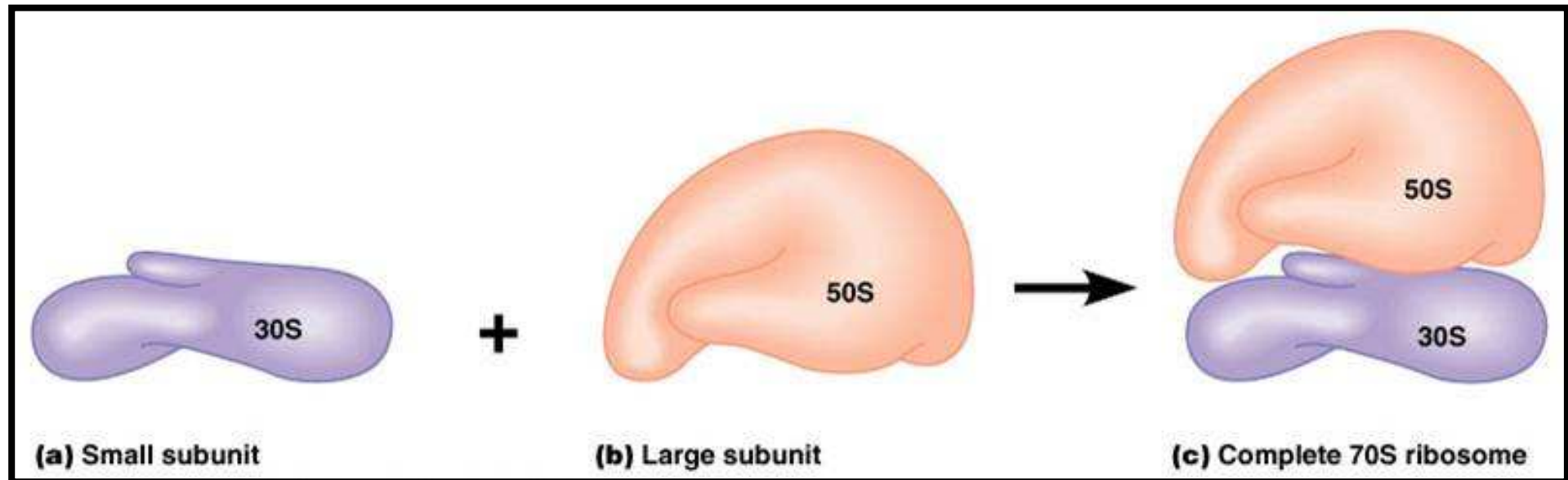


Orte der Proteinbiosynthese



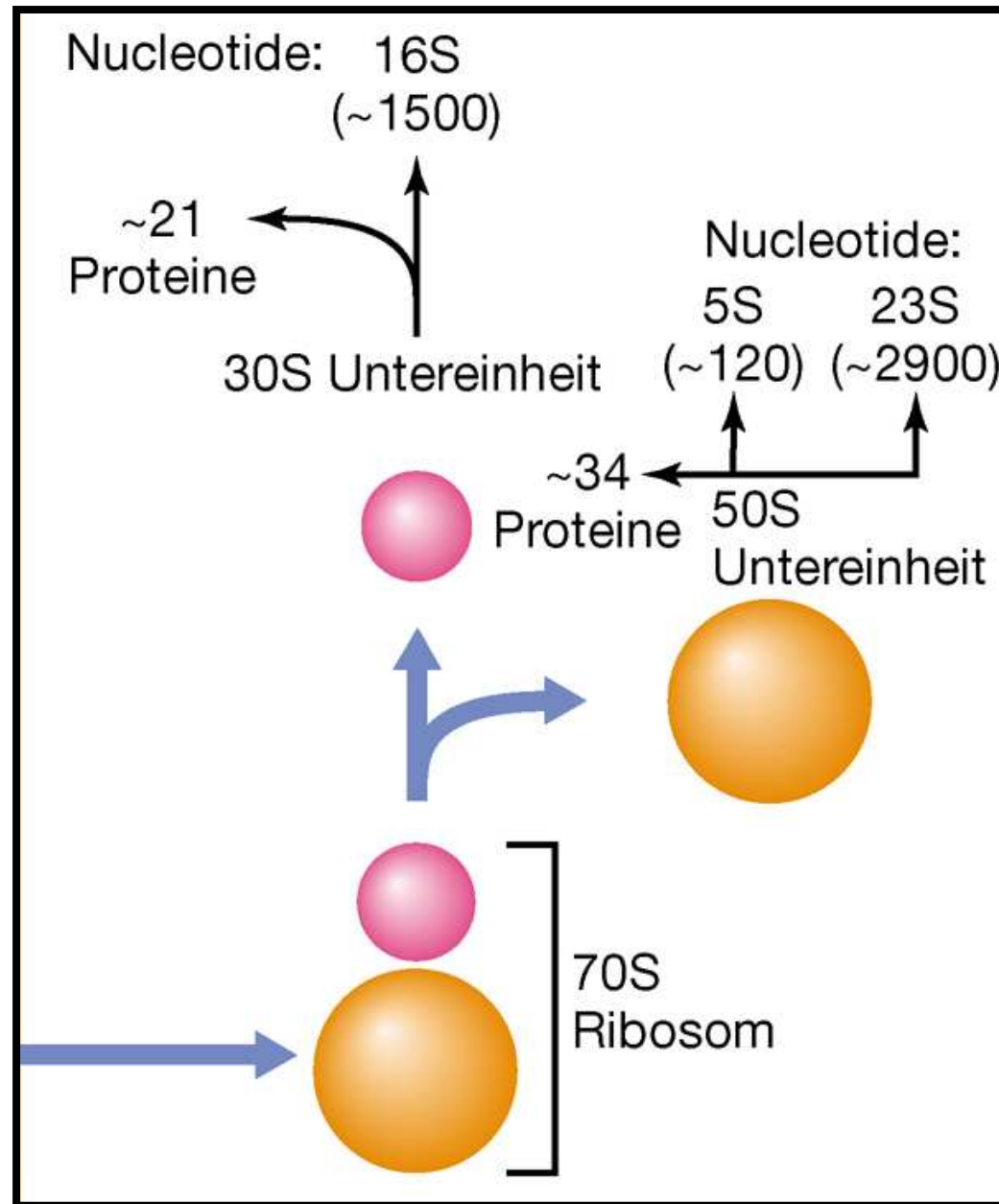
(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 347; Abbildung 11.11. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.05.2006)

70S Ribosomen von *E. coli* (REM-Aufnahme)



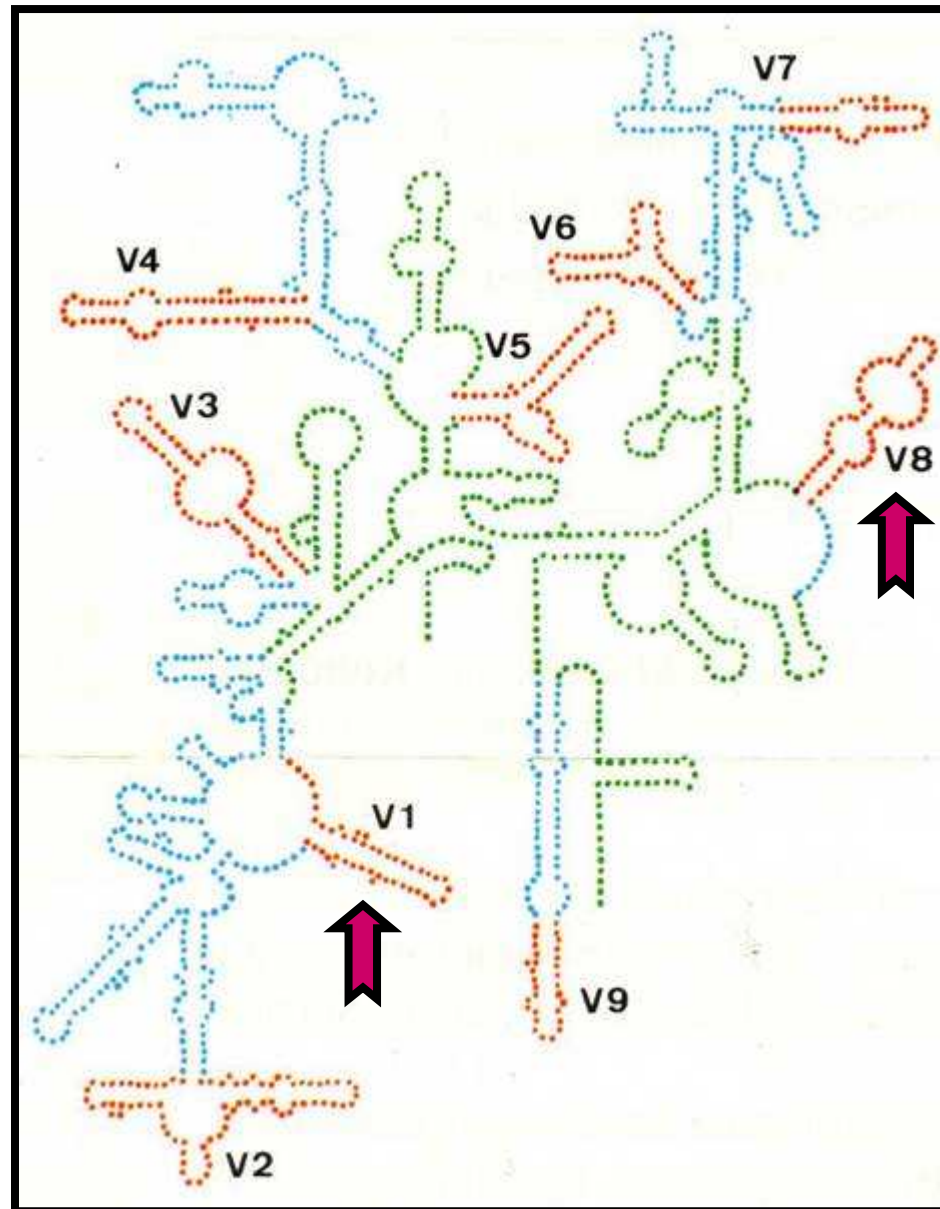
(Abbildung: © Tortora, G.J., B.R. Funke, & C.L. Case. 2004, Microbiology An Introduction, 8th ed., Fig. 4.19. Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin Cummings, Redwood City, Cal., USA; Herkunft: http://www.edison.edu/course_material/ppt/Ch4b_Lect.ppt; 12.03.2005)

Aufbau des bakteriellen 70S Ribosoms



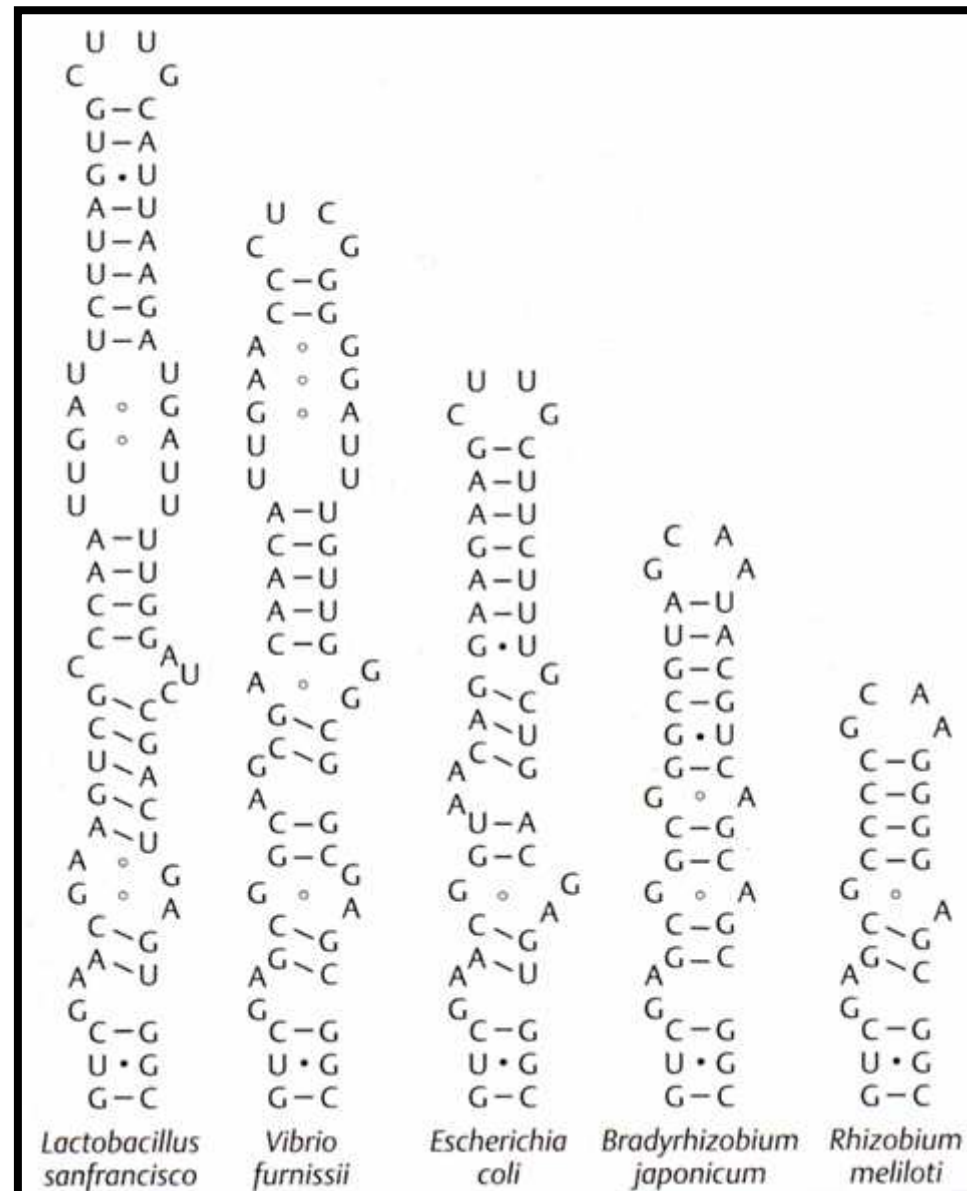
(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 347; Abbildung 11.11b. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.05.2006)

Phylogenetische Marker-Moleküle: **rRNAs**



(Quelle: Ø Burkhardt, F. 1991. Mikrobiologische Diagnostik, p. : Abb.: 8.5. Georg Thieme Verlag, Stuttgart)

Konservierte (grün), semikonservierte (blau) & variable (rot) Sequenzbereiche der 16S rRNA



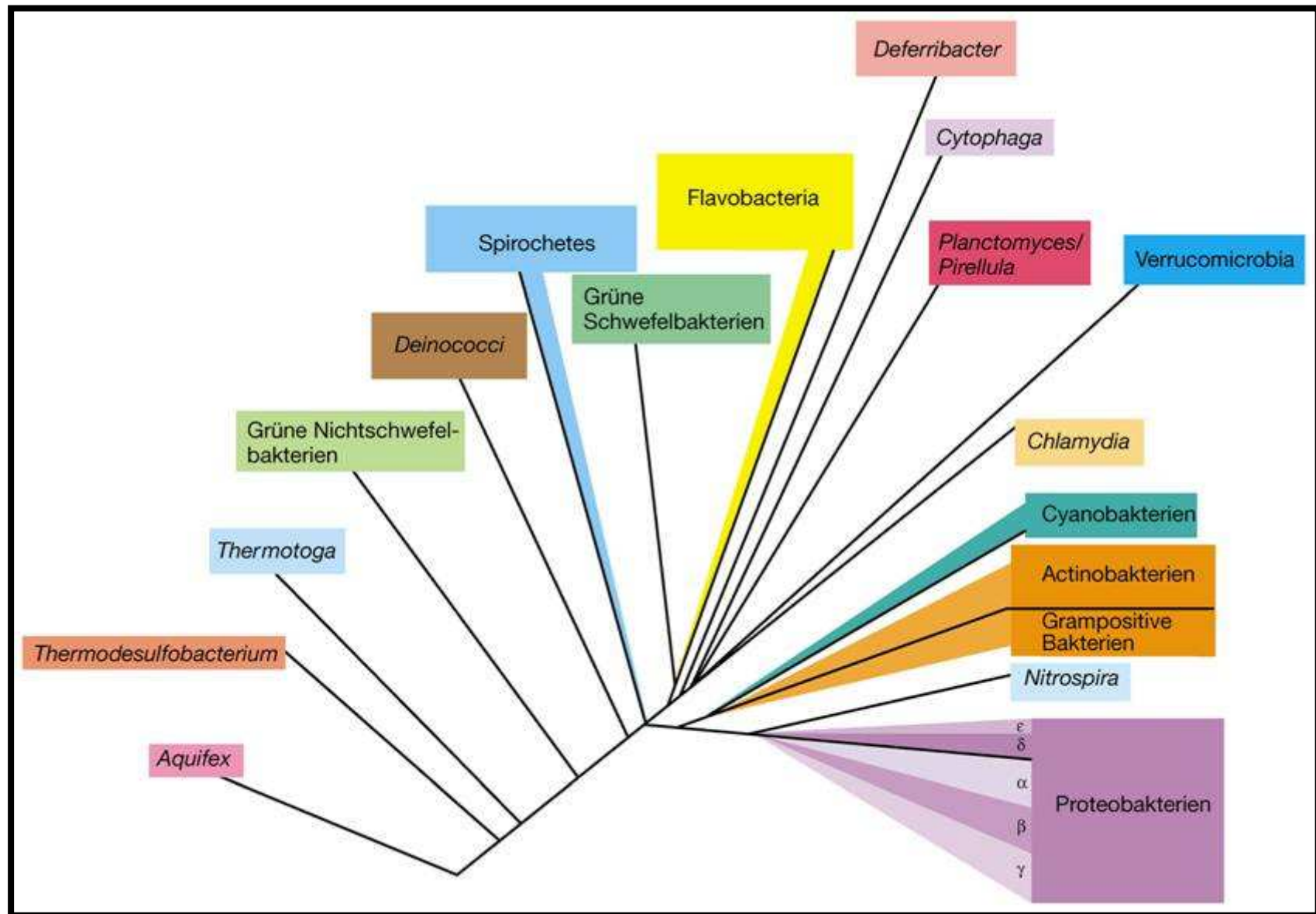
(Quelle: Ø Lengeler, J.W., G. Drews, & H.G. Schlegel. 1999. Biology of Prokaryotes, p. 703: Fig. 29.22. Thieme Verlag, Stuttgart)

Alignment 5 homologer 16S rDNA-Sequenzen
(Position 51-108 (V1) der E. coli-Sequenz)

<i>Vibrio fluvialis</i>	GGGCUACACACGUGCUACAAUGGCGCAUACAGAGGGCGGCCAACUUGCGAAAGUGAGCGAAUCCC
<i>Vibrio vulnificus</i>	GGGCUACACACGUGCUACAAUGGCGCAUACAGAGGGCGGCCAACUUGCGAAAGUGAGCGAAUCCC
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	GGGCUACACACGUGCUACAAUGGCGUAUACAGAGGGCUGCAAGCUAGCGAUAGUGAGCGAAUCCC
<i>Escherichia coli</i>	GGGCUACACACGUGCUACAAUGGCGCAUACAAAGAGAAGCGACCUCGCGAGAGCAAGCGGACCUC
<i>Thermotoga maritima</i>	GGGCGACACACGCGCUACAAUGGGCGGUACAAUGGGUUGCGACCCCGCGAGGGGGAGCCAAUCCC
Consensus	*****4*****4*****4434*****34*4*32**2*2*42*****24*34***44*4*4*

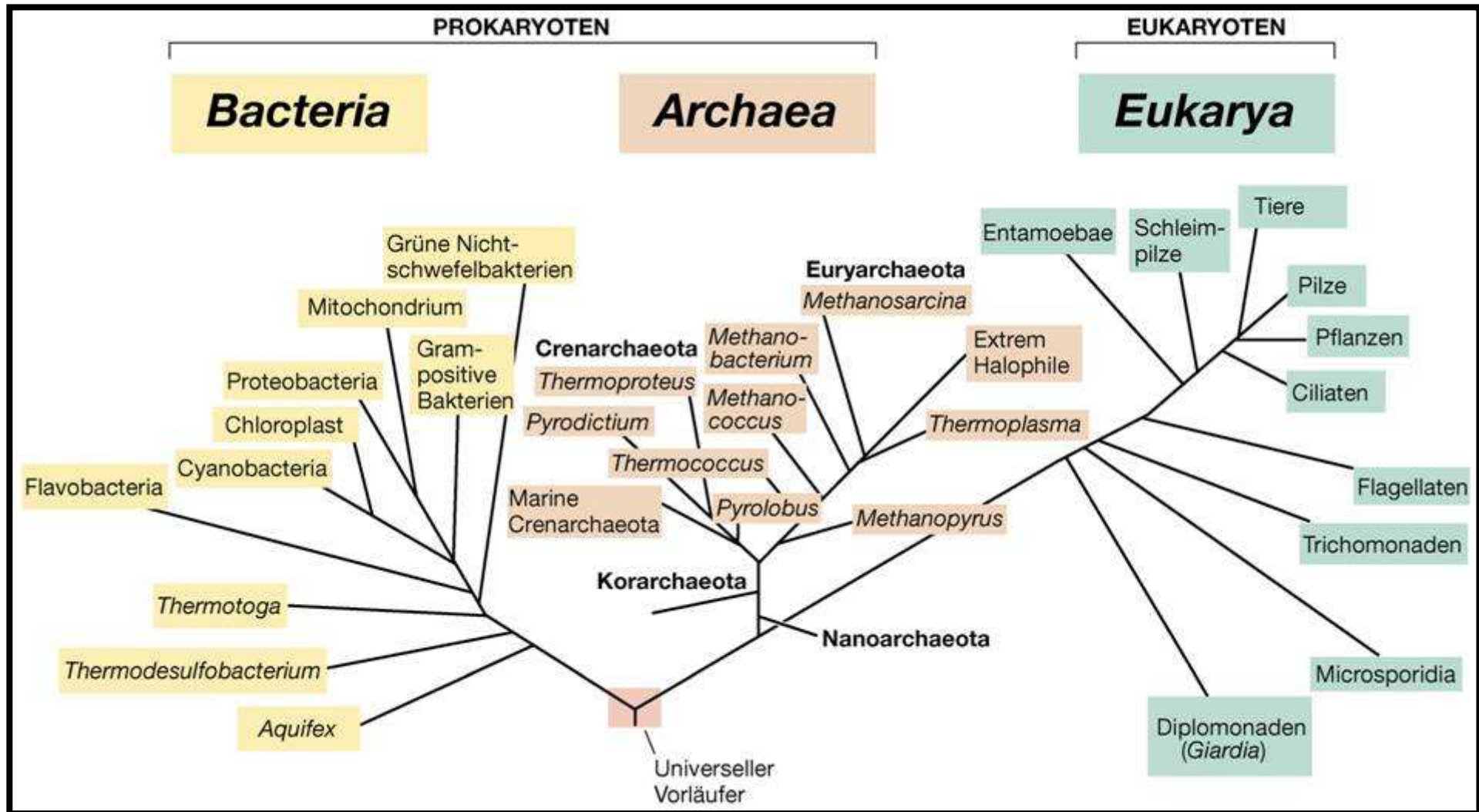
(Quelle: Ø Lengeler, J.W., G. Drews, & H.G. Schlegel. 1999. Biology of Prokaryotes, p. 703: Fig. 29.23. Thieme Verlag, Stuttgart)

Alignment 5 homologer 16S rDNA-Sequenzen (Position 1220-1265 (V8) der E. coli-Sequenz)



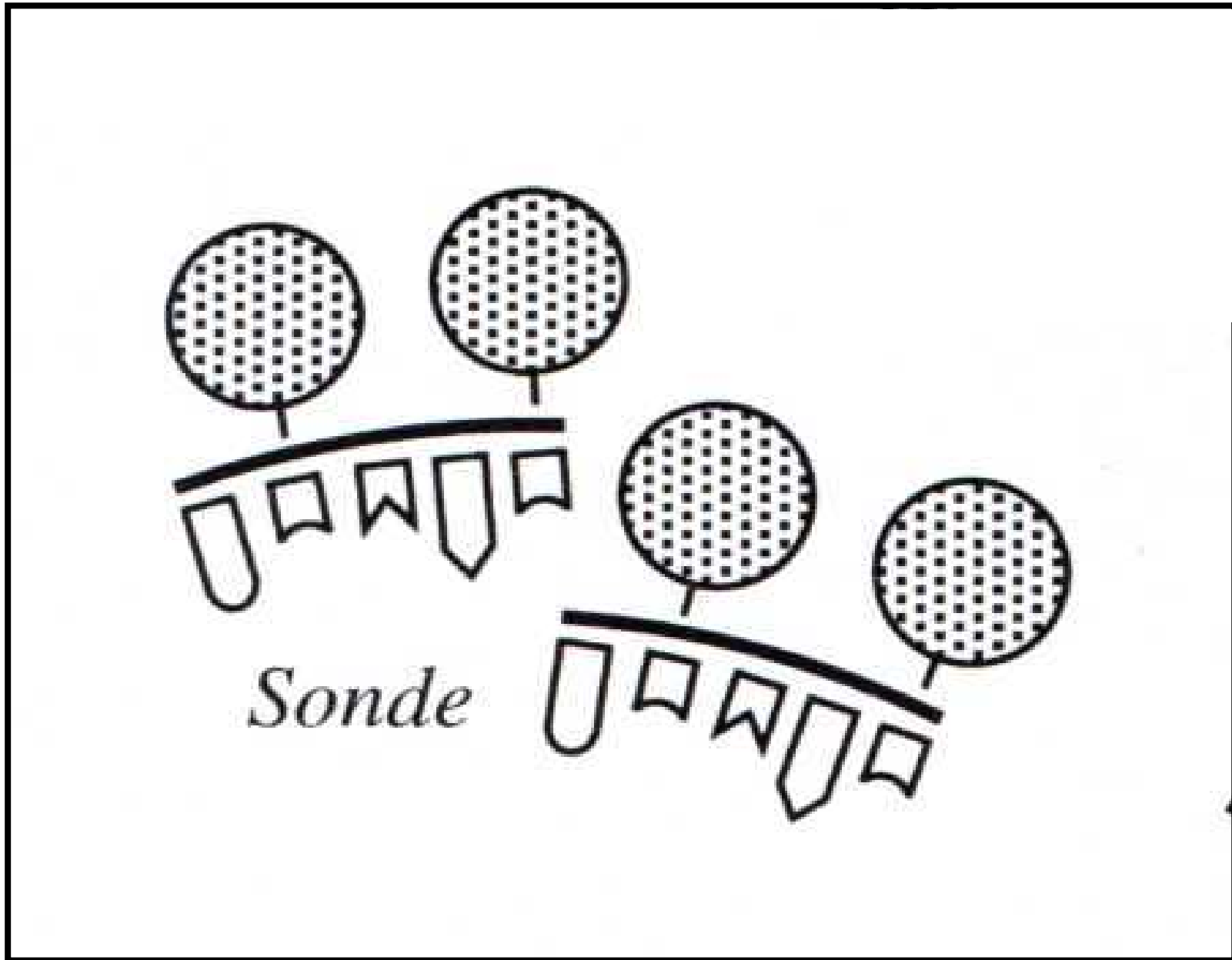
(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 372; Abbildung 12.1. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.05.2006)

17 von 25 Hauptentwicklungslinien (= Phyla = Stämme) der Domäne *Bacteria* (16S rDNA)

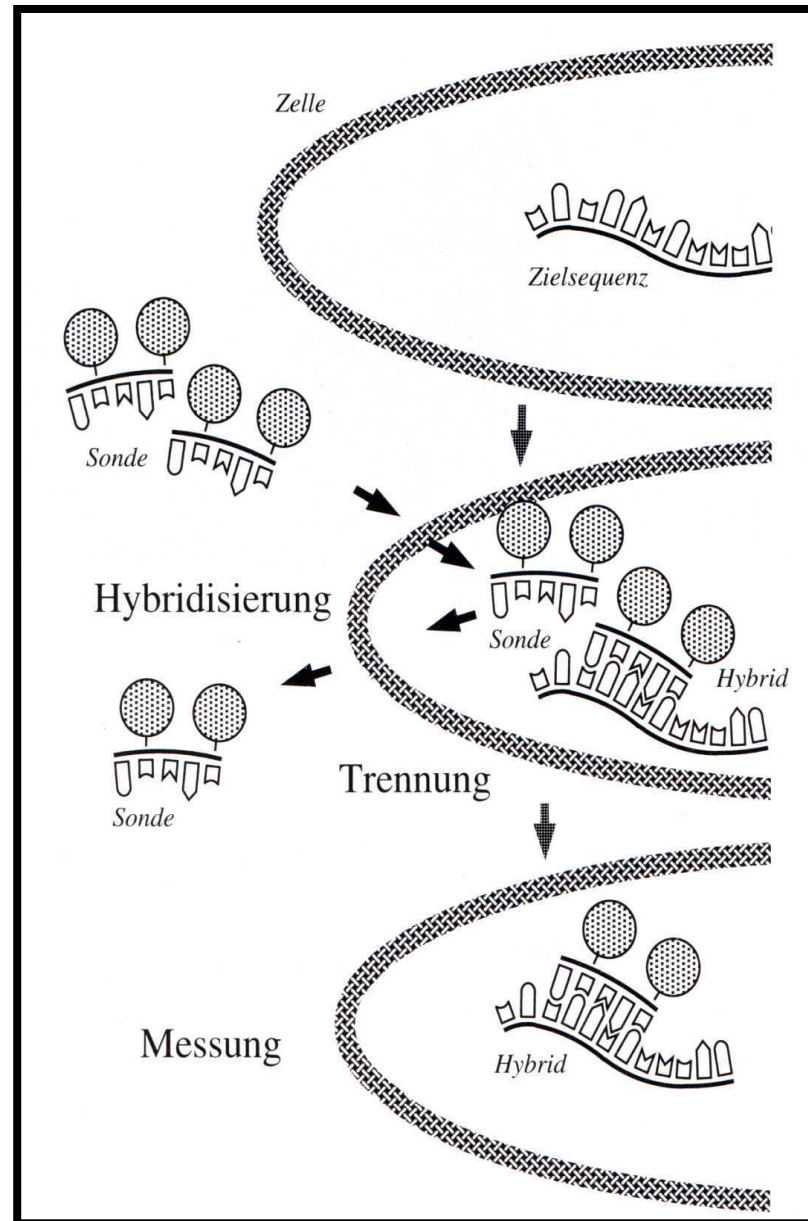


(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 351: Abbildung 11.16 Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.06.2006)

Phylogenetischer Baum der Lebewesen
 basierend auf der Sequenz der **ssrDNA**
 (16S bzw. 18S rDNA)



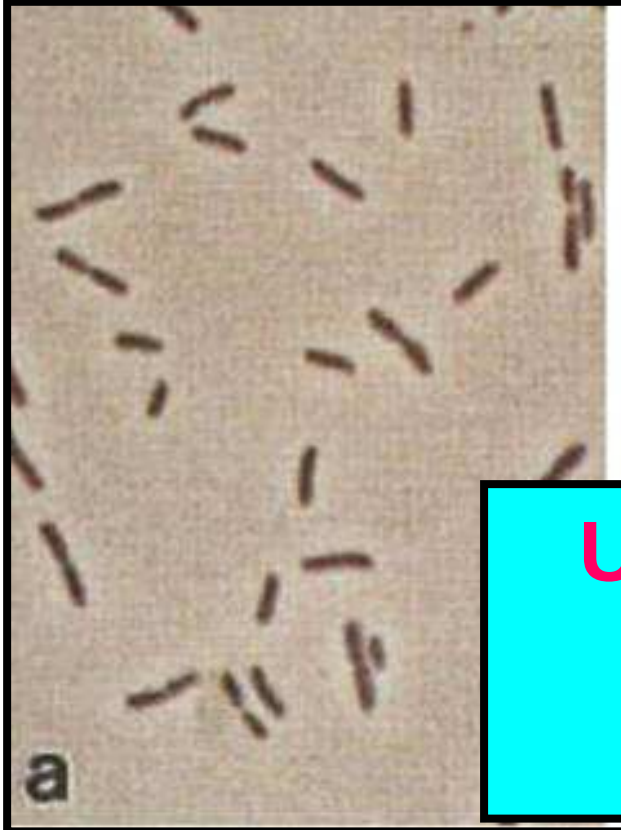
Fluoreszenz-markierte Sonde komplementär zu
spezifischen Sequenzbereichen der 16S rDNA



Einzelzell-Hybridisierung =
Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH)

Phasenkontrast-
Aufnahme

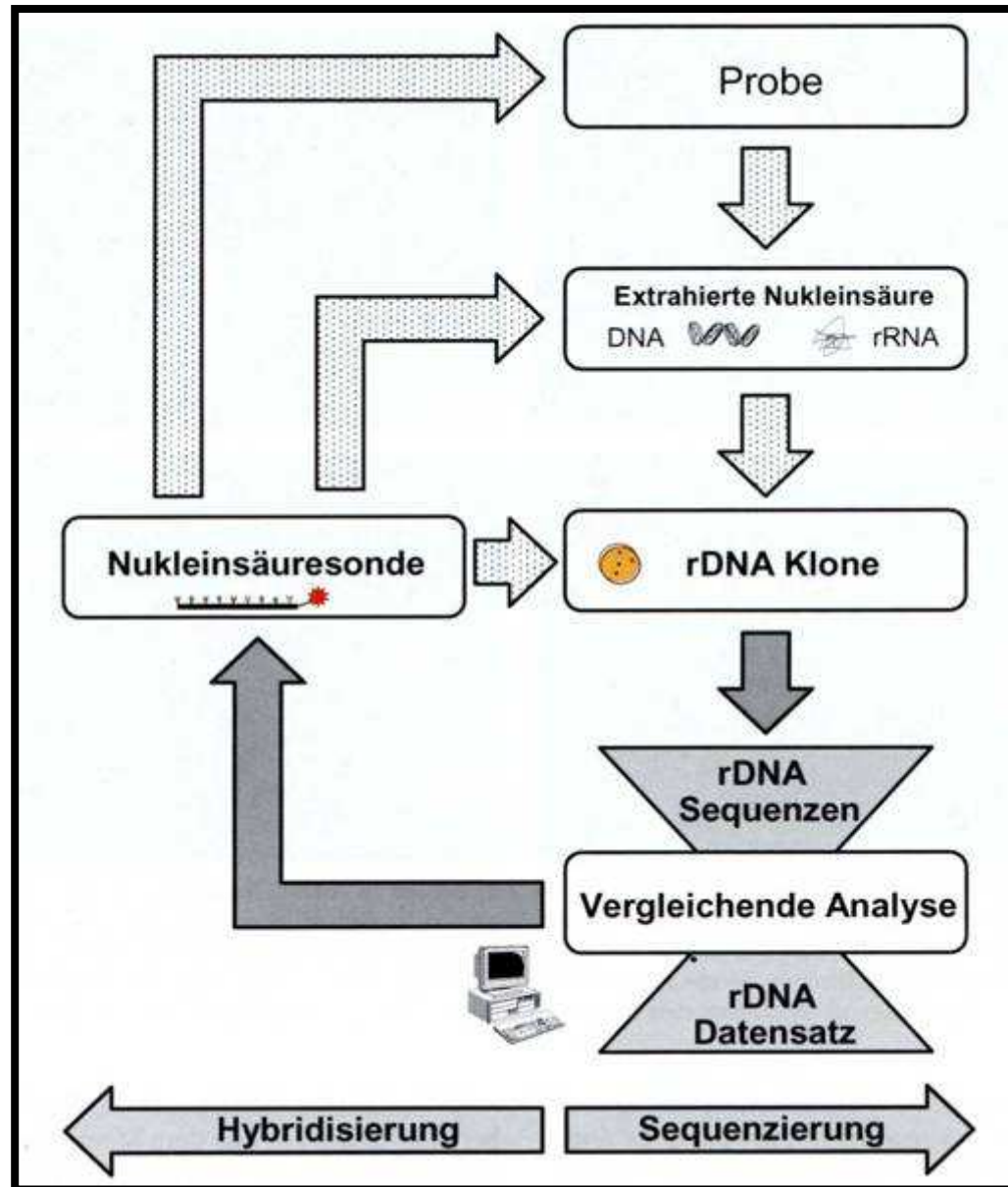
Sonde spezifisch für
C. testosteroni markiert
mit Tetramethylrhodamin



Universelle Sonde
markiert mit
Fluorescein

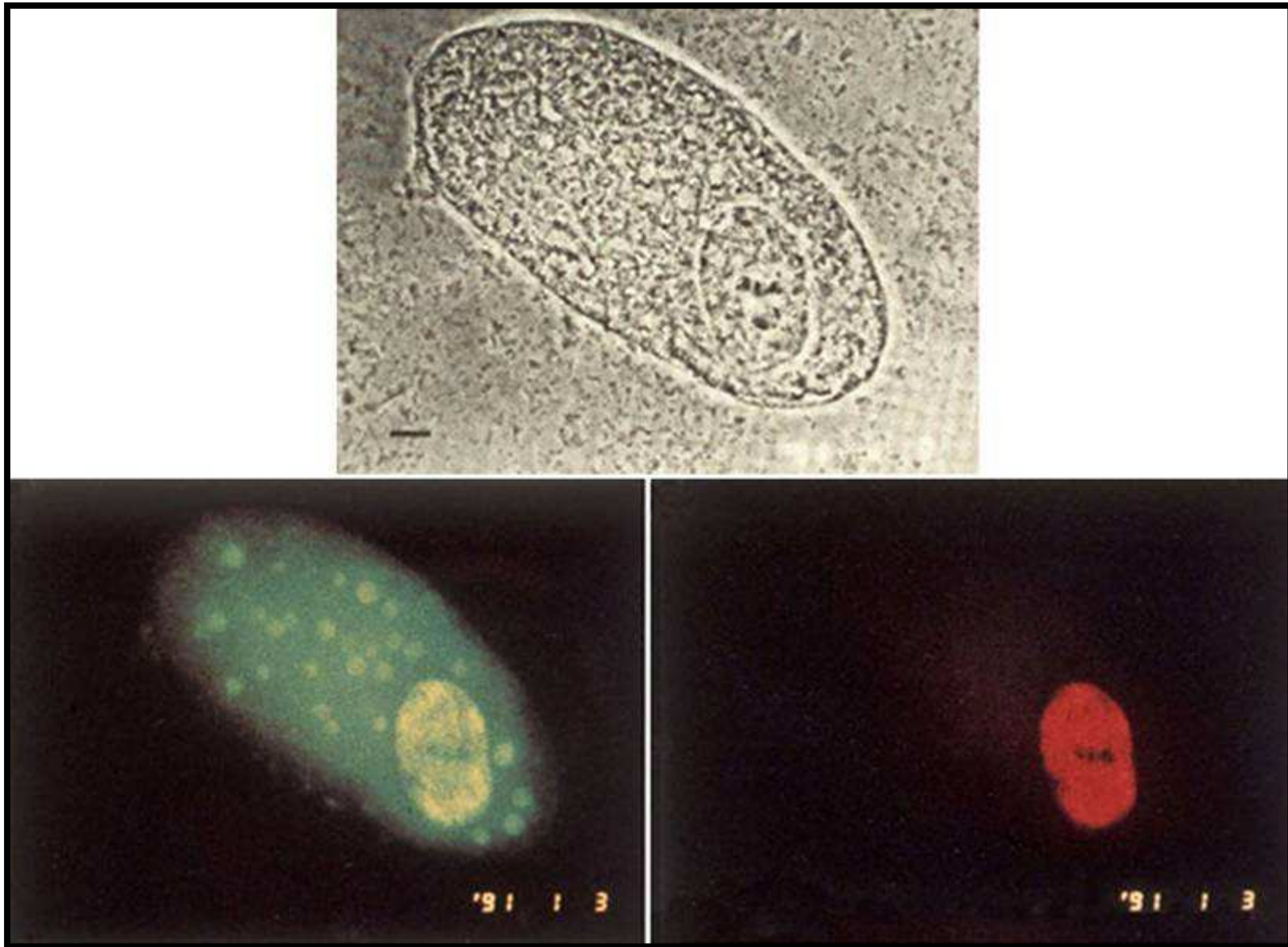


FISH mit einer Mischkultur aus *Escherichia coli* und *Comomonas testosteroni*



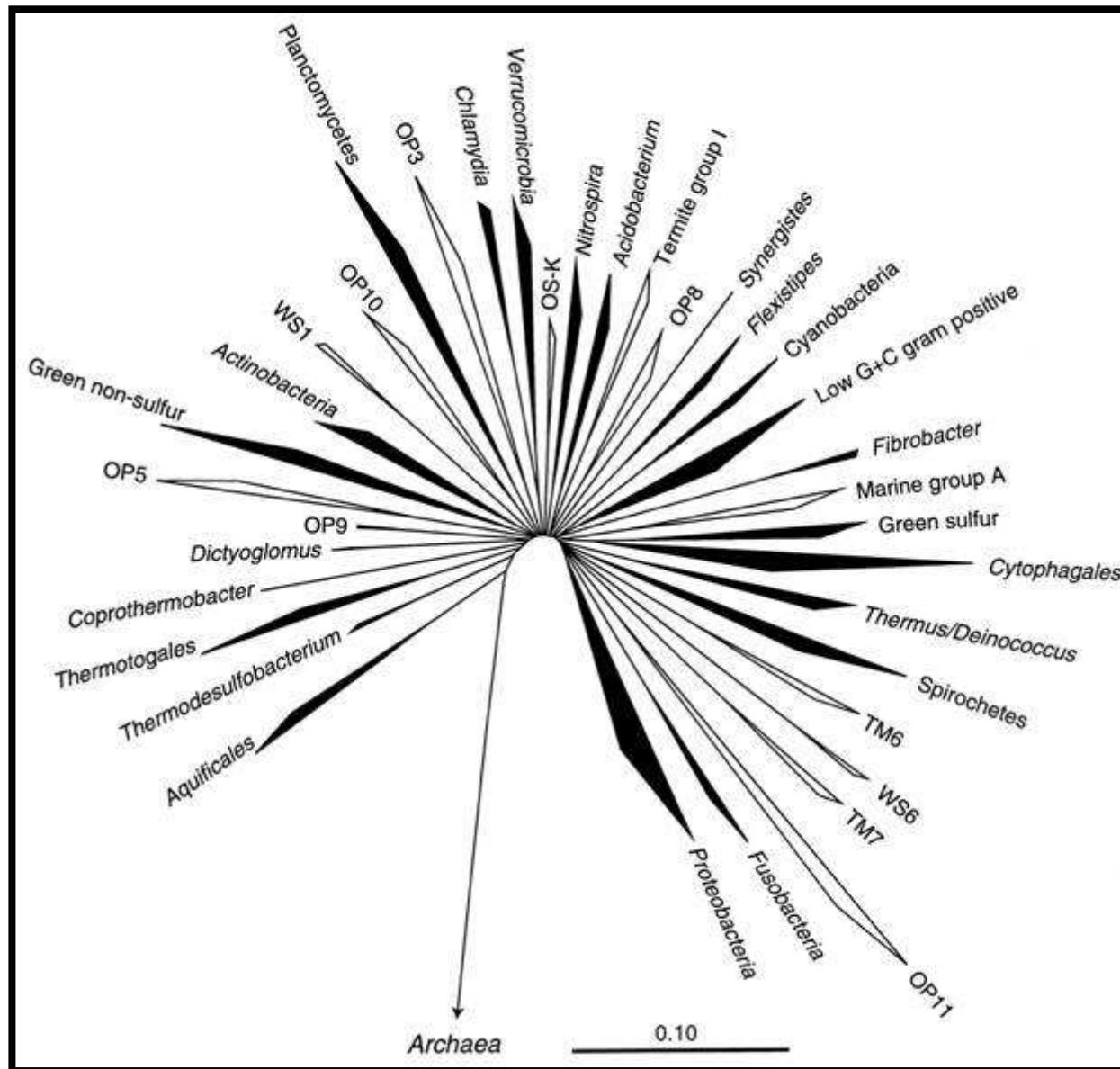
(Amann, 2002)

Kultivierungsunabhängige Untersuchung mikrobieller Diversität



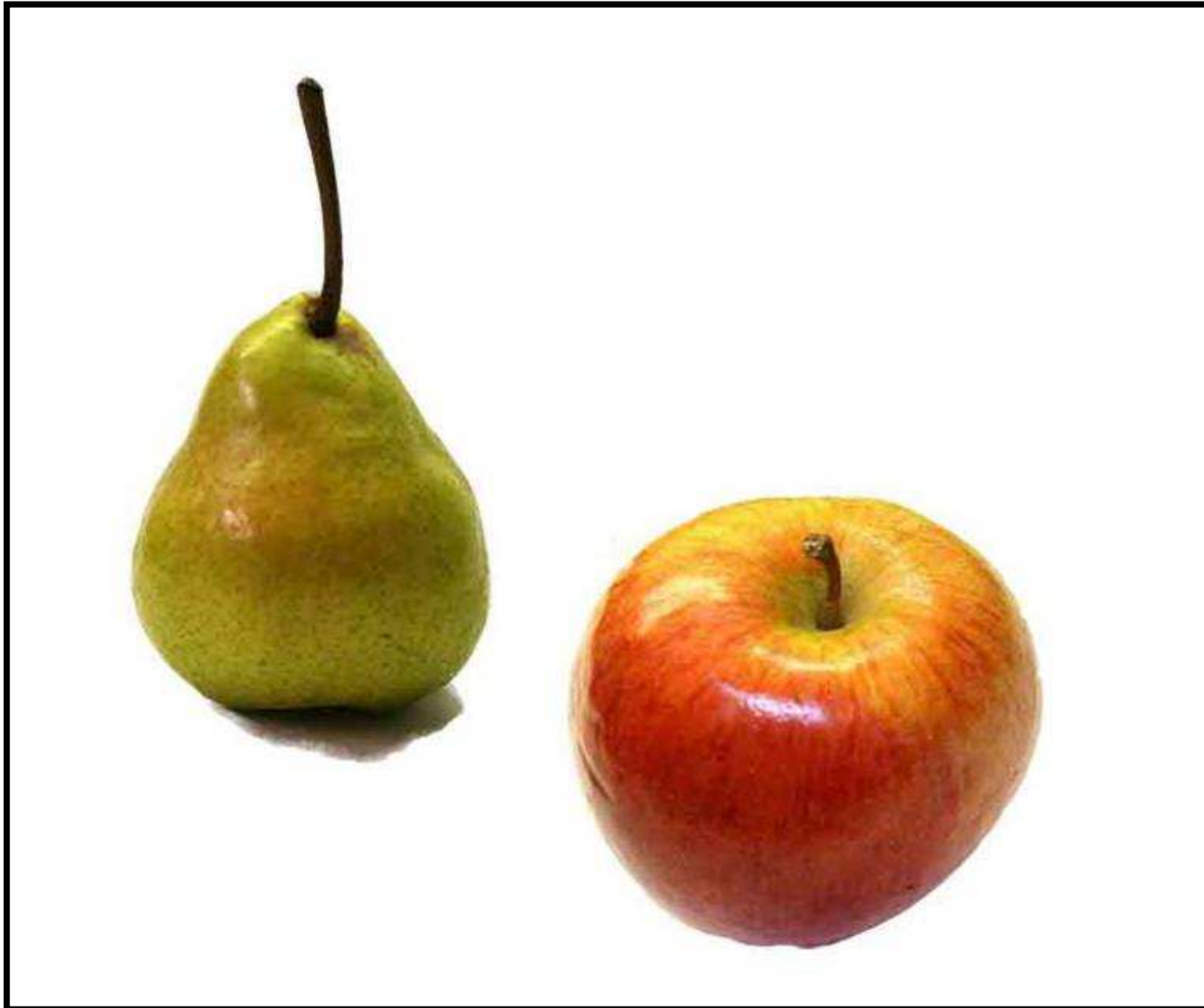
(Quelle: © Amann, R. , N. Springer , W. Ludwig , H-D. Görtz , and K-H. Schleifer . 1991. Identification *in situ* and phylogeny of uncultured bacterial endosymbionts. *Nature* 351:161-164: p. 162: Fig. 3a-c)

Holospora obtusa im Makronukleus des
Pantoffeltierchens (*Paramecium caudatum*)



(Bild: © Hugenholtz, P., B.M. Goebel, & N.R. Pace. 1998. Impact of Culture-Independent Studies on the Emerging Phylogenetic View of Bacterial Diversity. Journal of Bacteriology 180: 4765-4774: p. 4766: Fig.1; Quelle: <http://jb.asm.org/content/vol180/issue18/images/large/jb1880493001.jpeg>; 03.11.2010)

**Neue, bisher nicht kultivierbare
Hauptentwicklungslinien der *Bacteria***



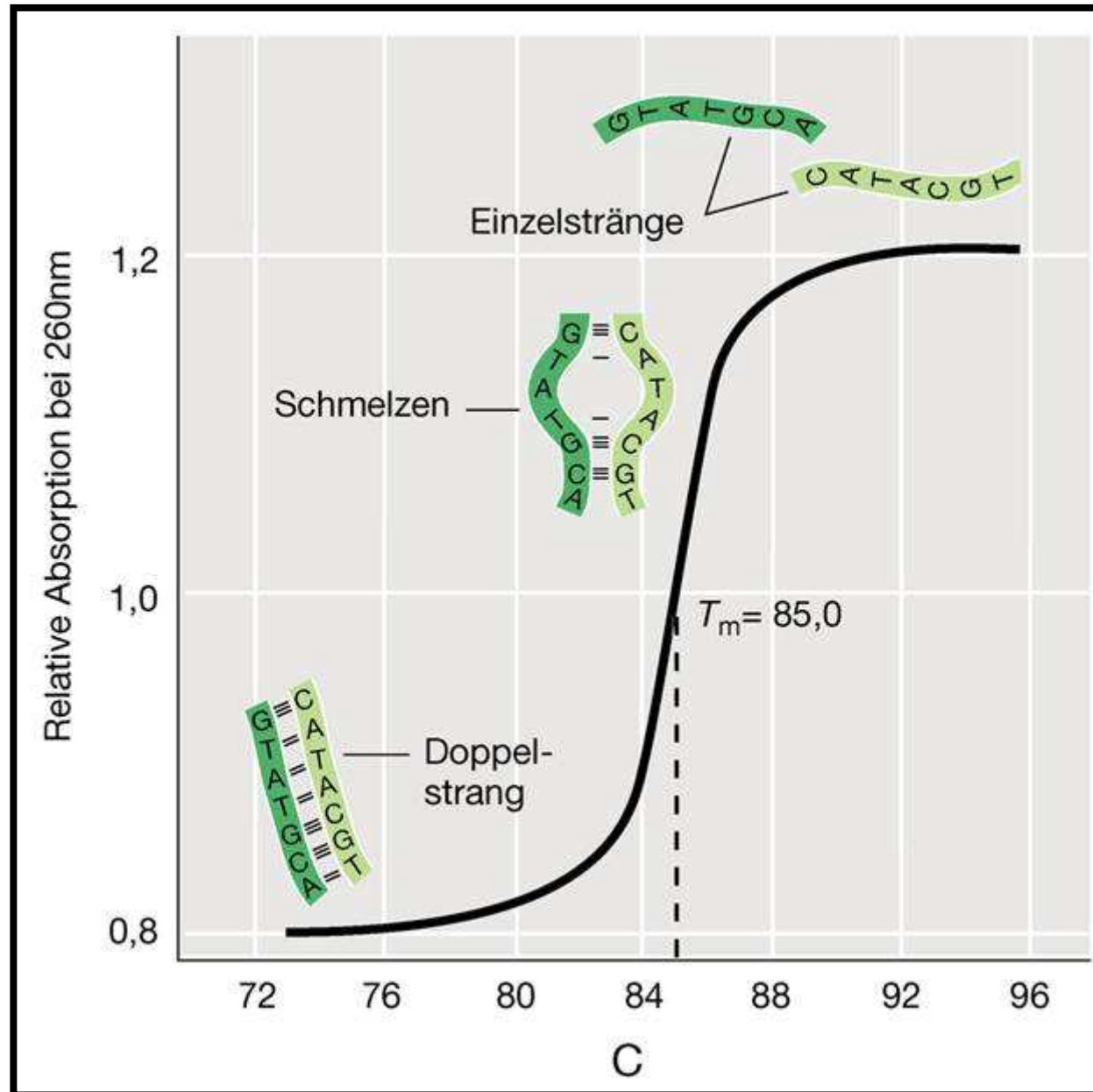
(Quelle: © http://www.lebensmittelfotos.com/wp-content/gallery/obst_frei/apfel_birne_01_dauni.jpg; 03.11.2010)

Vergleich von Äpfeln mit Birnen

Biospezies

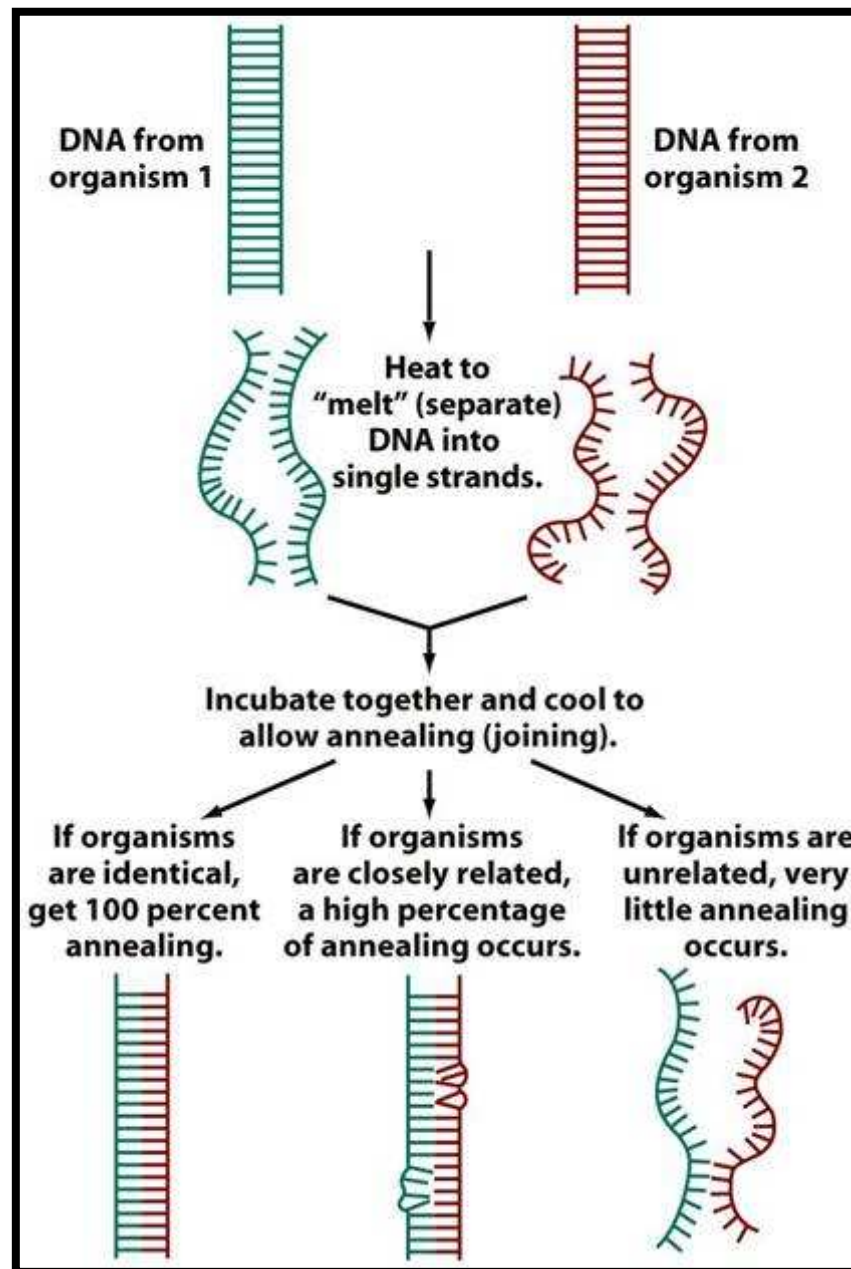
(Fortpflanzungsgemeinschaft)

Gruppe sich tatsächlich oder potentiell kreuzender natürlicher Populationen, die von anderen durch Isolationsmechanismen reproduktiv isoliert sind (also nicht verbastardieren)



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 191: Abbildung 7.7. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.05.2006)

De- & Renaturierung von doppelsträngiger DNA



(Bild aus: © Black, J.G. 2005. Microbiology: Principles and Explorations, 6th. Ed., chapter 9: p. 249: Figure 9.20. John Wiley & Sons, New York; Quelle: http://professor.wiley.com/CGI-BIN/JSMProxy?DOCUMENTDIRECTORDEV+DOCUMENTID&0471420840+DOCUMENTSUBID&1+PRFVALNAME&lecture_ppt/ch9.ppt)

DNA:DNA-Hybridisierung

Prokaryotische Art

Gruppe von Bakterienstämmen mit einem hohen DNA-DNA-Homologie-Wert (70% & mehr) oder einem hohen 16S rDNA-Homologie-Wert (97%)

- Voraussetzung: Reinkultur

Entwicklung von Juli 2004 bis Oktober 2010

- **Zunahme der Arten:**

+ 3.277 (= 60,1 %)

- **Zunahme der Gattungen:**

+ 662 (= 55,7 %)

Entwicklung von Mai bis August 2010

- **Zunahme der Sequenzen:**

+ 180.534 (= 14,6 %)

Horizontaler Gentransfer

Horizontal (= lateraler) Gentransfer (HGT)

Übertragung von DNA zwischen Organismen, die
nicht Eltern oder Nachkommen sind

(verändert nach: Eitinger, T. 2007. 15 Prokaryontische Genetik und Molekularbiologie, pp. 439-490: p. 459. In: Fuchs, G. & H.G. Schlegel [Hrsg.] Allgemeine Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart & nach: Siefert, J.L. 2009. Chapter 2 Defining the Mobilome, pp. 13-27: p. 20. In: M.B. Gogarten, J.P. Gogarten & L. Olendzenski (eds.), Horizontal Gene Transfer: Genomes in Flux. Humana Press, New York, USA & nach: nach: Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2009. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 364. Pearson Studium, München)

Mobile genetische Elemente (MGEs) bei Prokaryoten

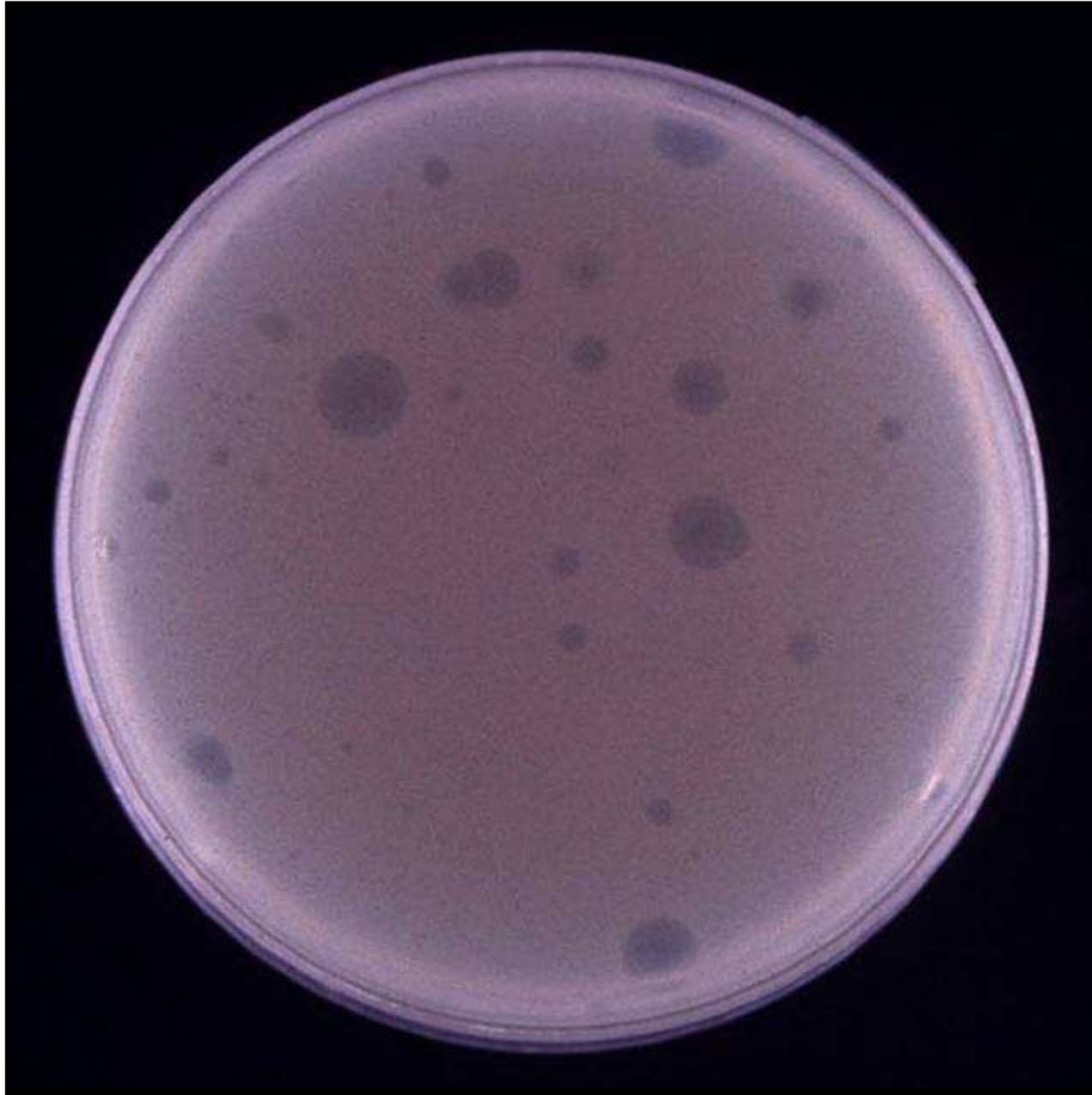
(1) Transposons

(2) Plasmide

(3) Bakteriophagen-Elemente

3 Bakteriophagen-Elemente

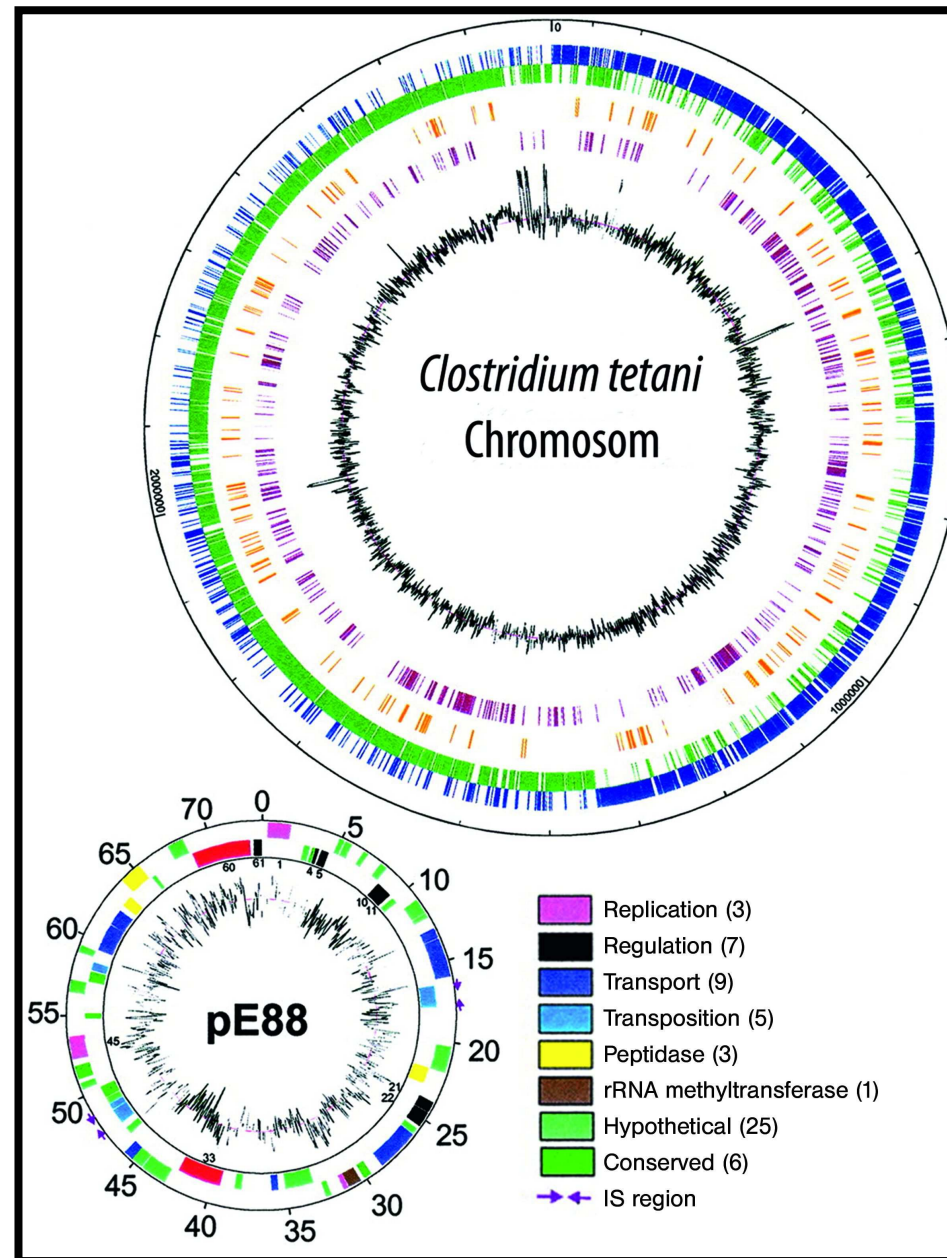
- (1) Lytische & lysogene Bakteriophagen & Prophagen
- (2) Filamentöse Bakteriophagen
- (3) Gentransfer-Agentien (engl.: „gene transfer agents“)



(Aufnahme: © 1990 G. Jacobsen, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der CAU Kiel)

Hohe Spezifität der Bakteriophagen (Stammebene)

Genom /
Metagenom



(Bild aus: © Gottschalk, G. 2009. Welt der Bakterien, p. 231: Abb. 73. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim; Quelle: <http://www.wiley-vch.de/books/sample/students/p00.php?p=3527325204/Abbildungen>; 09.07.2010)

Genom von *Clostridium tetani* (2.799.250 bp)

Vollständige Sequenz von mikrobiellen Genomen

(Stand: 03.11.2010)

1.332

(1) *Archaea*: 91

(2) *Bacteria*: 1.241

Gegenwärtig in Sequenzierung befindliche mikrobielle Genomen

(Stand: 03.11.2010)

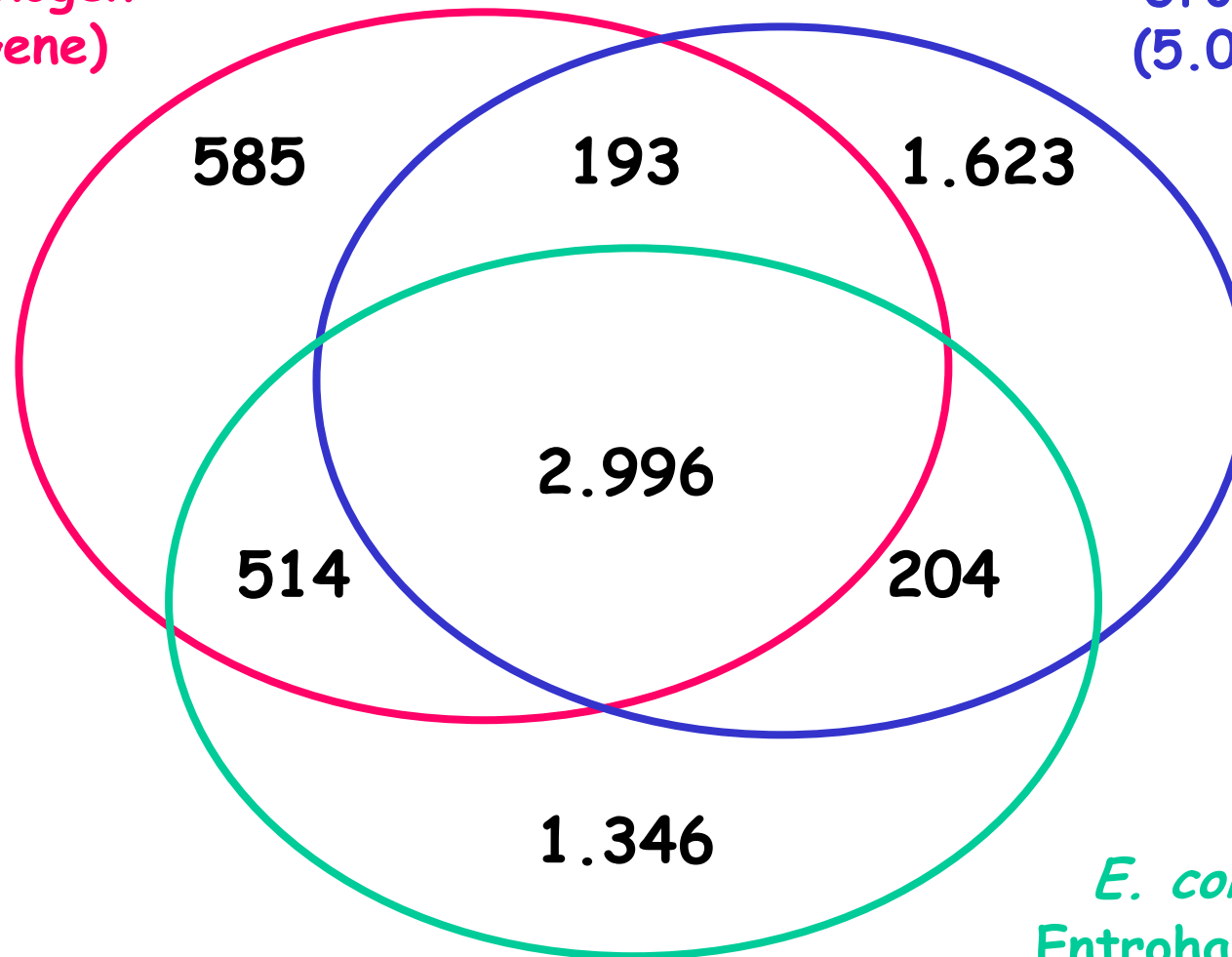
3.509

(1) *Archaea*: 80

(2) *Bacteria*: 3.429

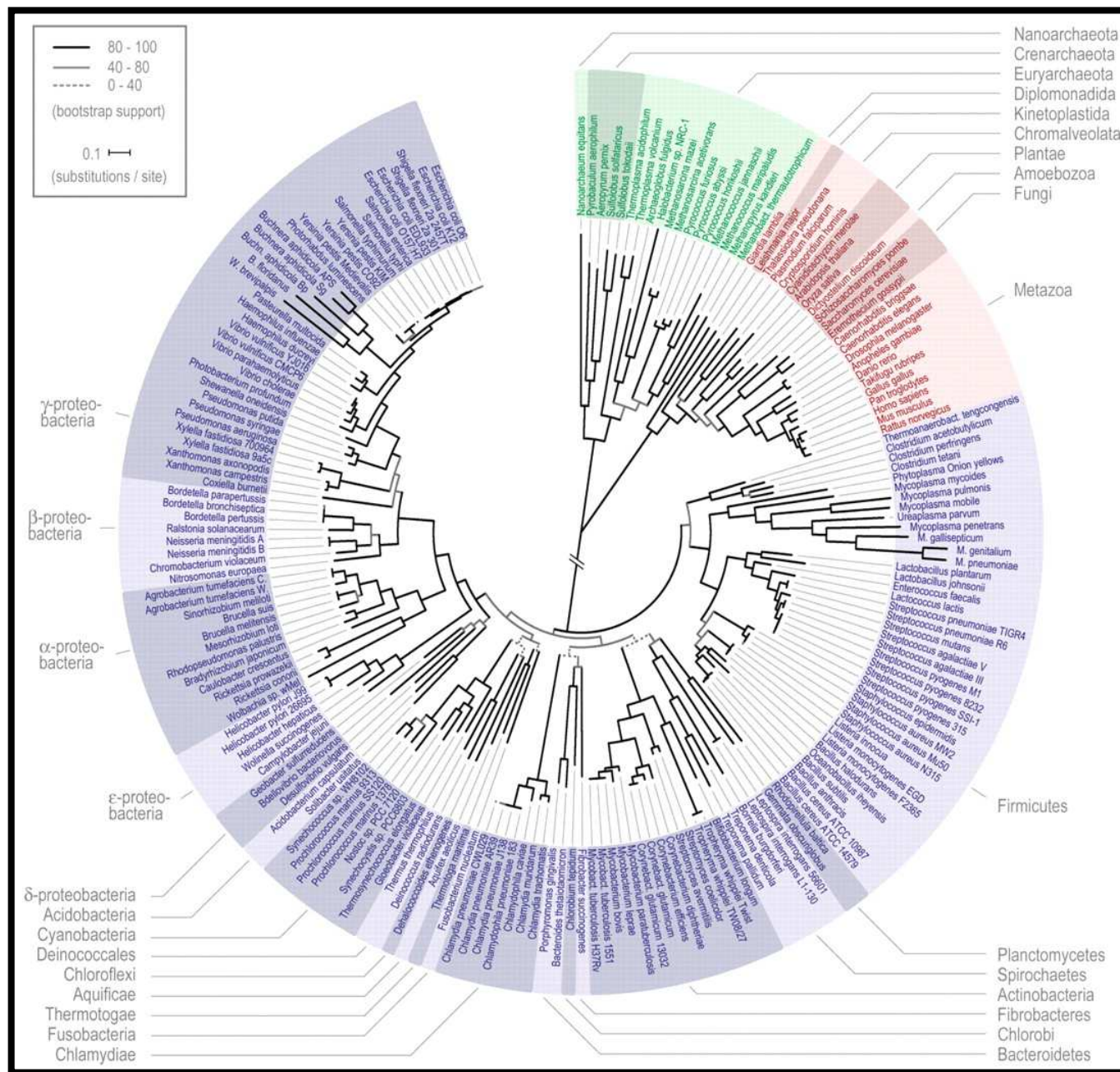
E. coli K12
Nicht pathogen
(4.288 Gene)

E. coli CFT073
Uropathogen
(5.016 Gene)



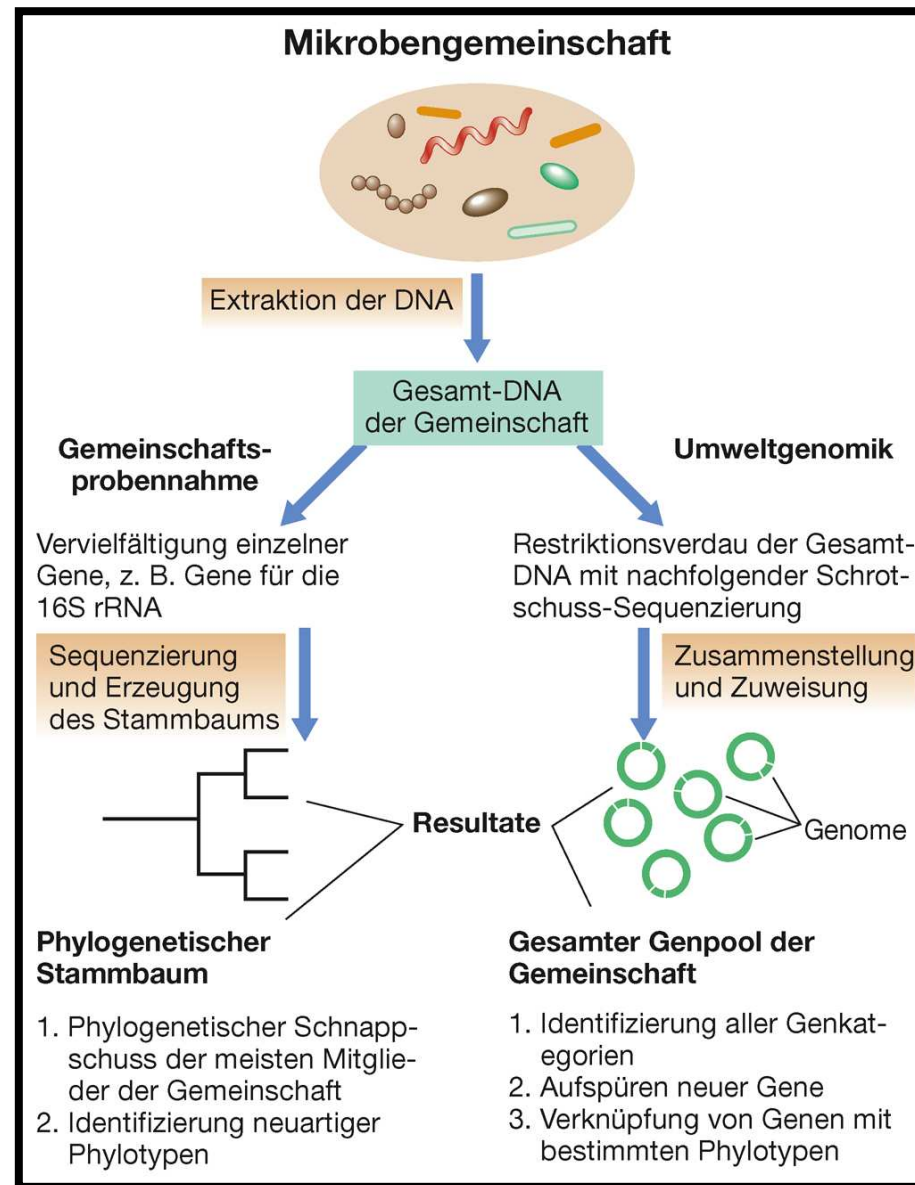
E. coli O157:H7
Entrohaemorrhagisch
(5.060 Gene)

Vergleich der Genkarten von 3 Stämmen von *E. coli*



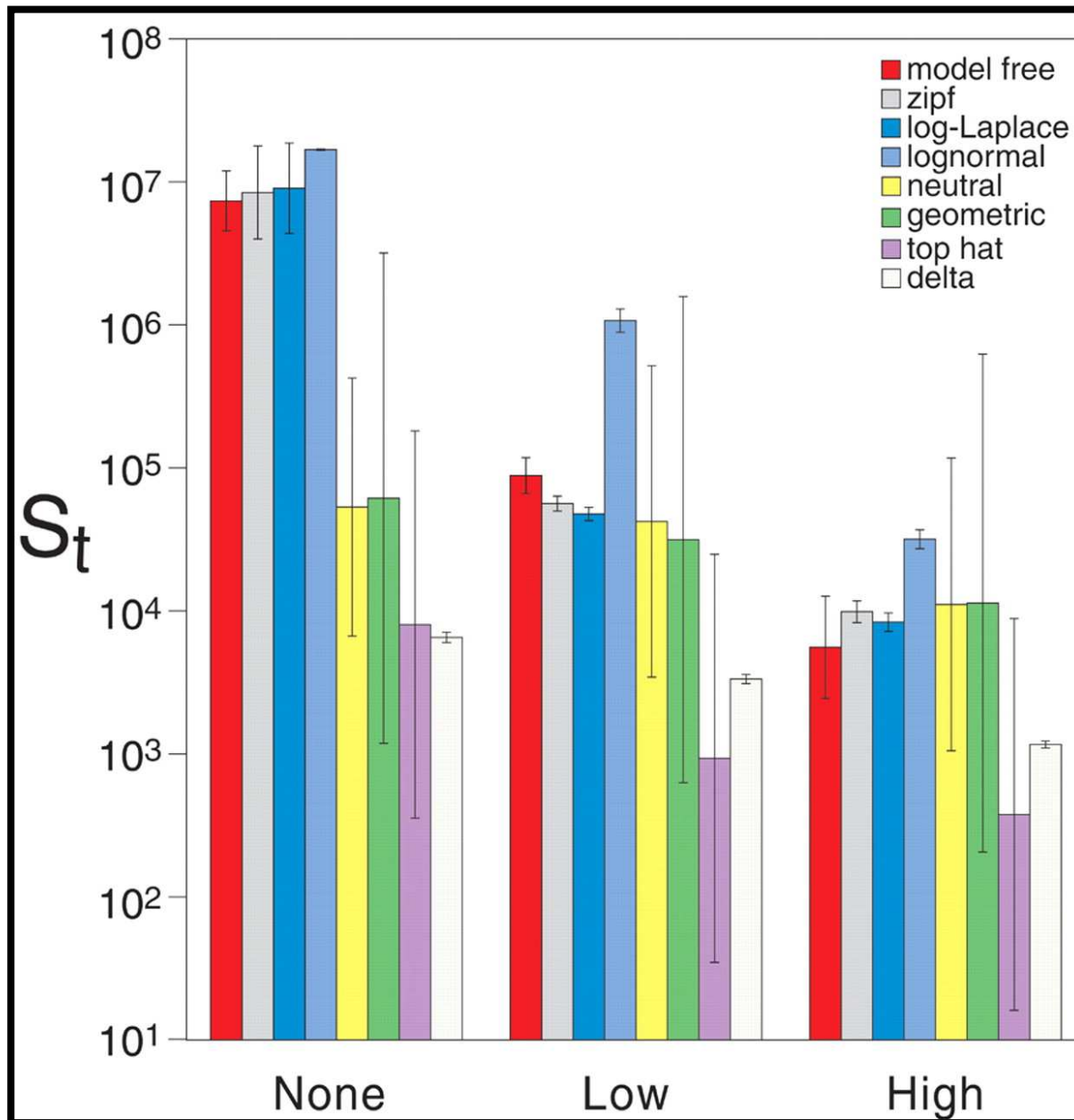
(Bild: © Ciccarelli, F.D., T.Doerks, C. von Mering, C.J. Creevey, B. Snel & P. Bork. 2006. Toward Automatic Reconstruction of a Highly Resolved Tree of Life . Science 311: 1283-1287; p. 1284: Fig.2; Quelle: http://www.sciencemag.org/content/vol311/issue5765/images/large/311_1283_F2.jpeg; 03.11.2010)

Stammbaum des Lebens basierend auf Genomen



(Bild: © 2006 Pearson Studium; Madigan, M.T. & J.M. Martinko. 2006. Brock Mikrobiologie, 11. Aufl., p. 688: Abbildung 18.15. Pearson Studium, München; Quelle: <http://www.pearson-studium.de/>; 16.06.2006)

Umweltgenomischer (metagenomischer) Ansatz zur Analyse mikrobieller Gemeinschaften



(Bild: © Gans, J., M. Wolinsky & J. Dunbar. 2005. Computational Improvements Reveal Great Bacterial Diversity and High Metal Toxicity in Soil. Science 309: 1387 – 1390: p. 1389: Fig.4; Quelle: http://www.sciencemag.org/content/vol309/issue5739/images/large/309_1387_F4.jpeg; 03.11.2010)

Zahl bakterieller Arten in verschiedenen Bodenproben



(Quelle: © <http://www.sciencephoto.com/search/search.html>; 24.01.2006)

Bakterielle Vielfalt