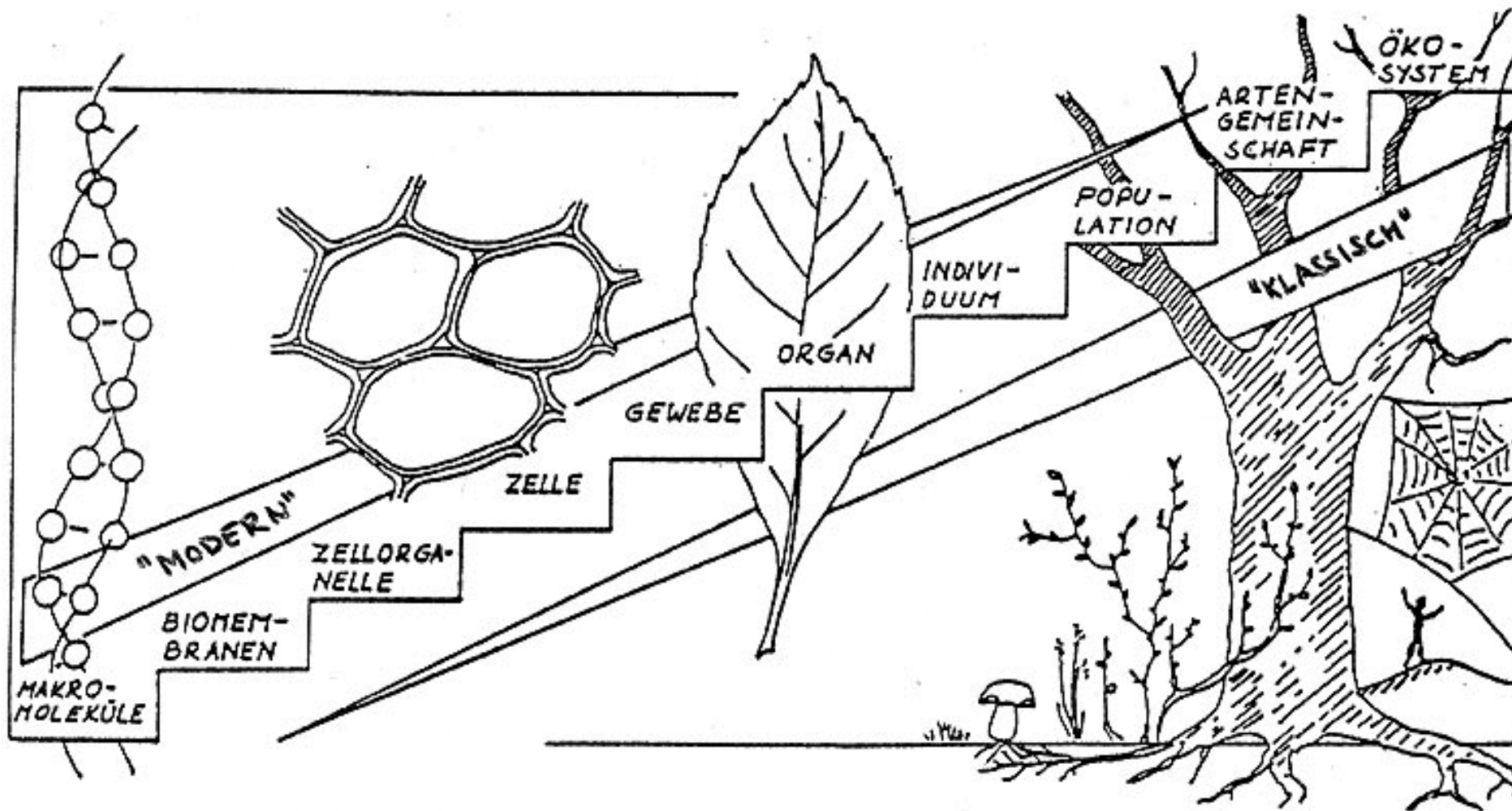


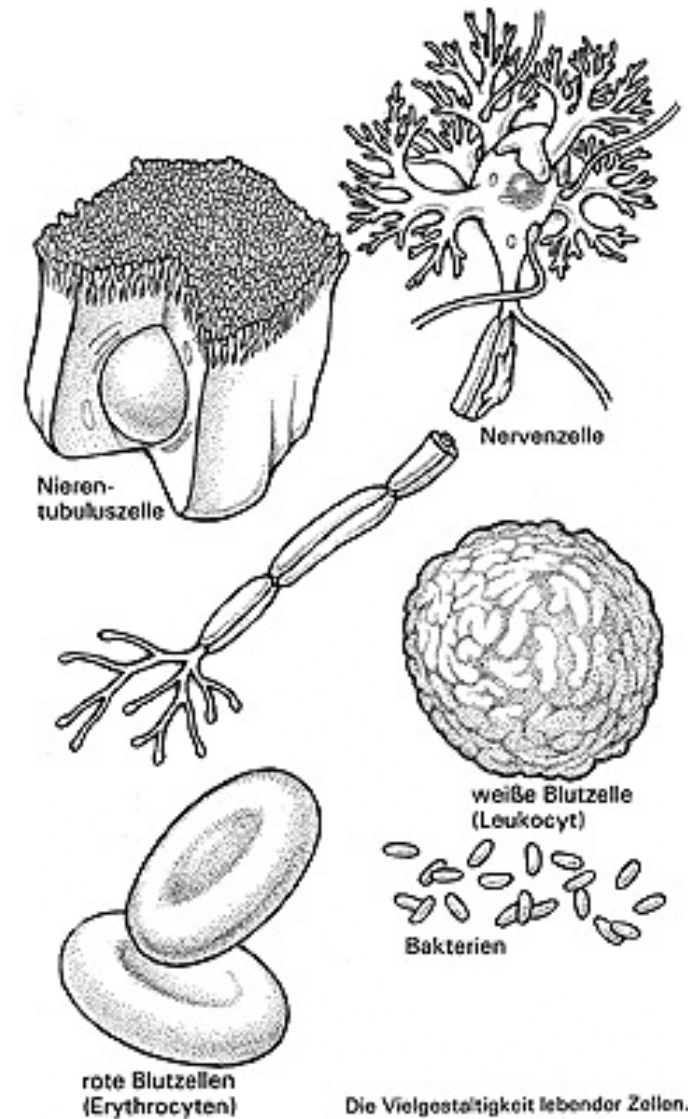
# Viren und Zellen



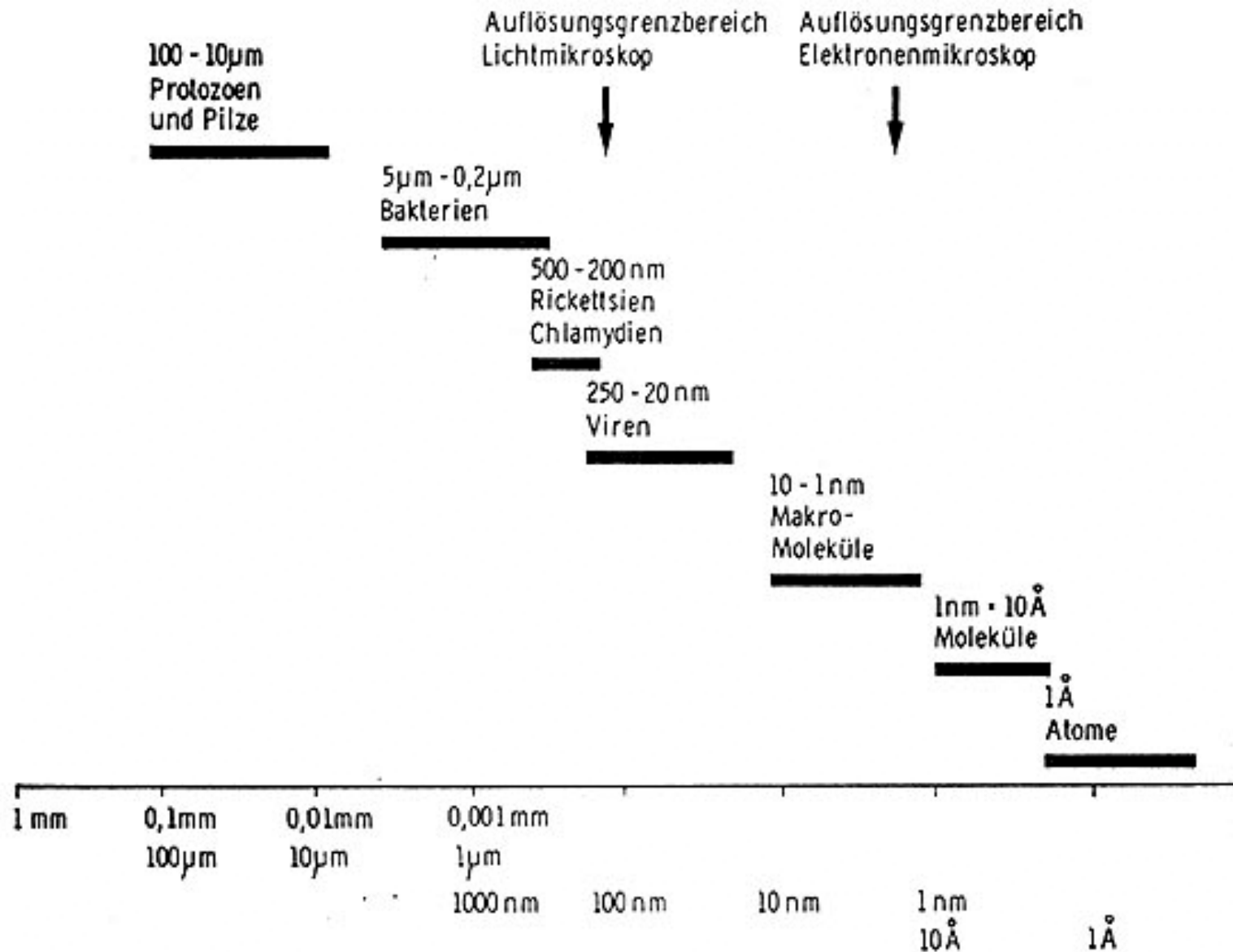
Die Organisationsstufen biologischer Systeme am Beispiel der Pflanzen. Jede Stufe symbolisiert ein Komplexitätsniveau. In der Biotechnologie interessieren wir uns für die Bereiche von den Makromolekülen bis zur Organisationsstufe der Zellen.

# Welche biologischen Agenzien werden genutzt?

- Viren
- Bakterien
- Pilze
- Algen
- Pflanzliche Zellen
- Tierische Zellen  
(animalische Zellen)
- Menschliche Zellen
  
- Teile von Zellen: Organellen,  
Enzyme, Antikörper, DNS etc.



# Grössenvergleich



# Mikrobielle Lebensformen (Mikroorganismen)

- **Plasmide und Viren sind keine selbstständigen Lebensformen**

Plasmide («*nackte DNS*»)

Viren («*verpackte DNS*»)

- **Prokaryonten:**

Bakterien (inkl. Blaualgen)

- **Eukaryonten:**

Pilze

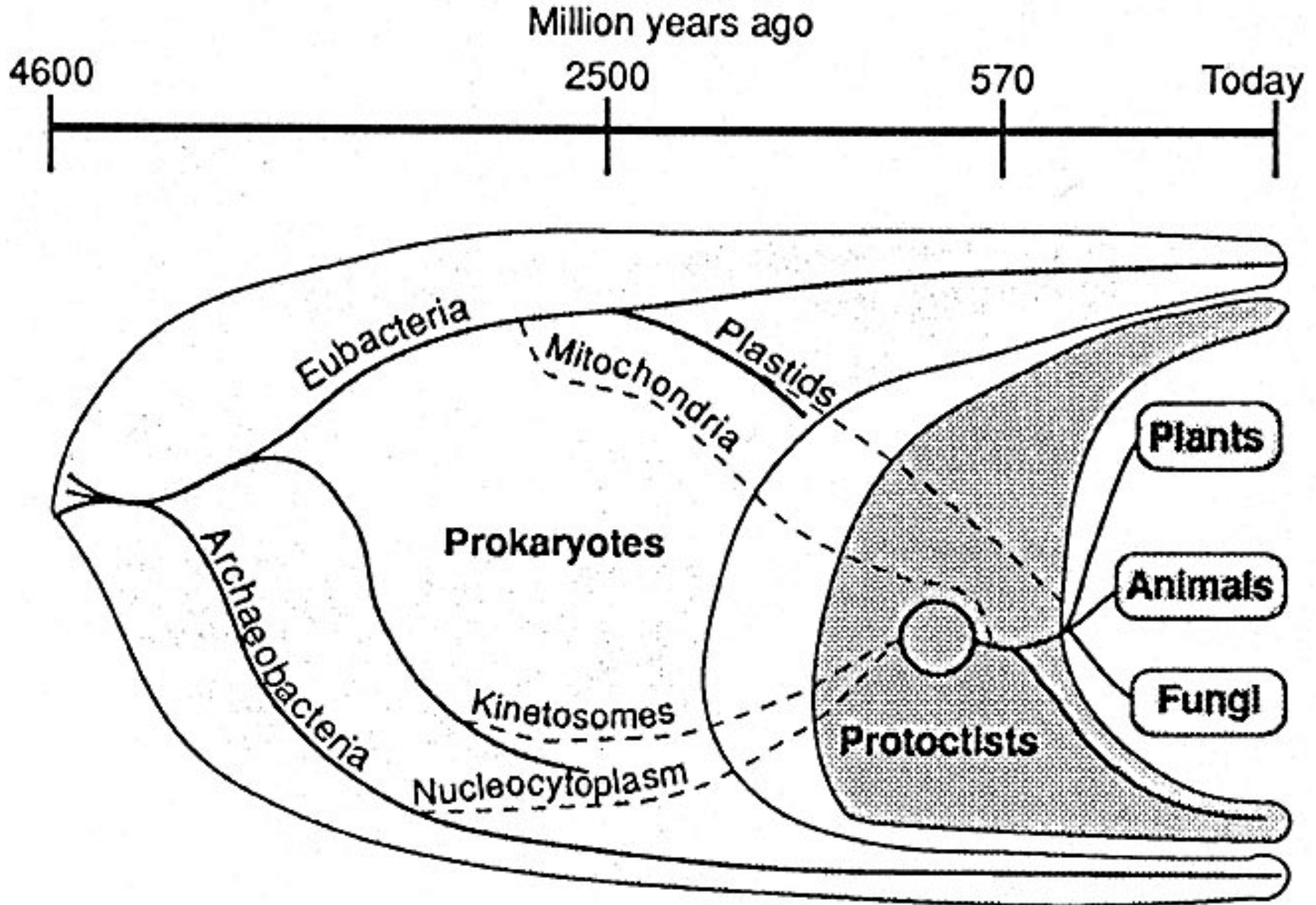
Protozoen

Algen

- **In der Biotechnologie ebenfalls genutzt** (gehören nicht zu den Mikroorganismen)

einzelne Zellen von Pflanzen, Tieren und Mensch

# Die 5 „Königreiche“ des Lebens

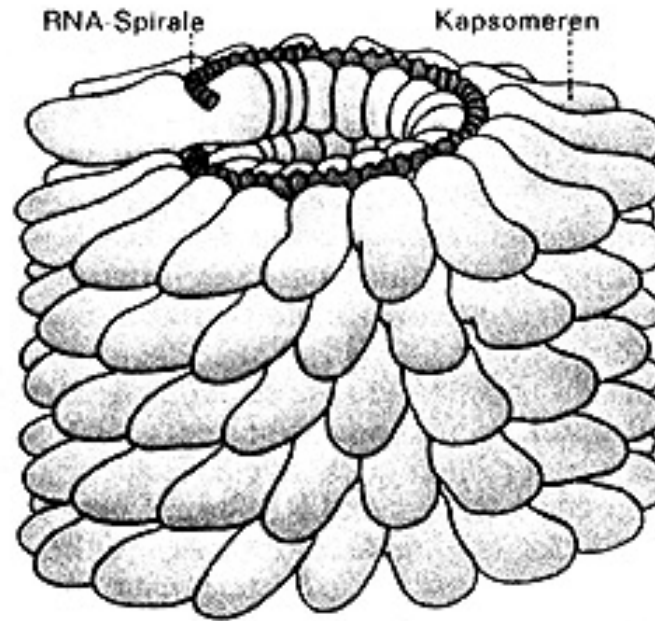


# Viren

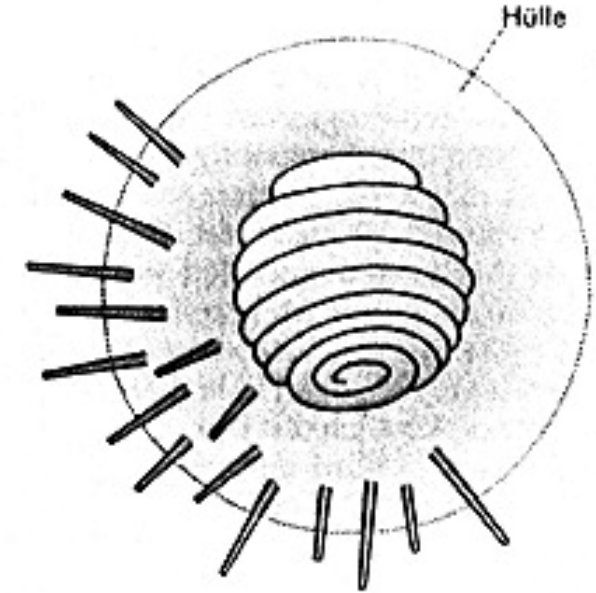
## Wichtigste Charakteristika

- Keine selbstständigen Lebensformen: Sind für Vermehrung auf lebende Zellen angewiesen
- Grösse: 10 bis 400 nm (Länge bis rund 2  $\mu\text{m}$ )
- Kein eigener Stoffwechsel
- Enzyme teilweise vorhanden
- Erbsubstanz DNS oder RNS
- Hülle (Capsid) aus Capsomeren aufgebaut
- Wirtsspezifität
- Bakterienviren werden Phagen genannt
- Gentechnologie: Für den Gentransfer verwendbar („Genfähren“, „Vektoren“)

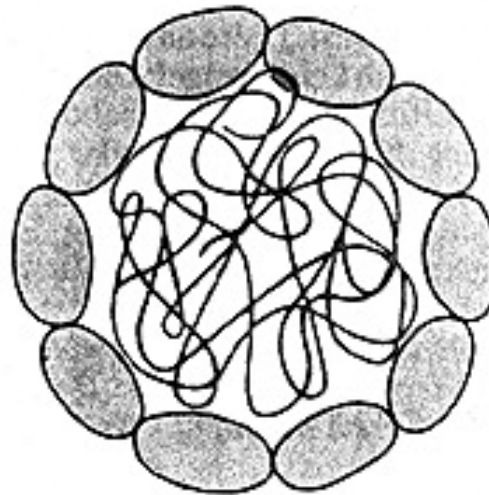
# Verschiedene Formen von Viren



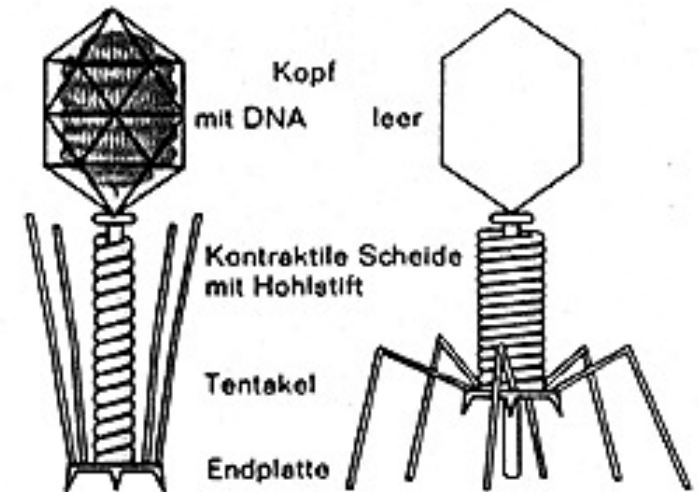
A Modell des Tabakmosaikvirus



B Myxovirus (innen Kapsid)

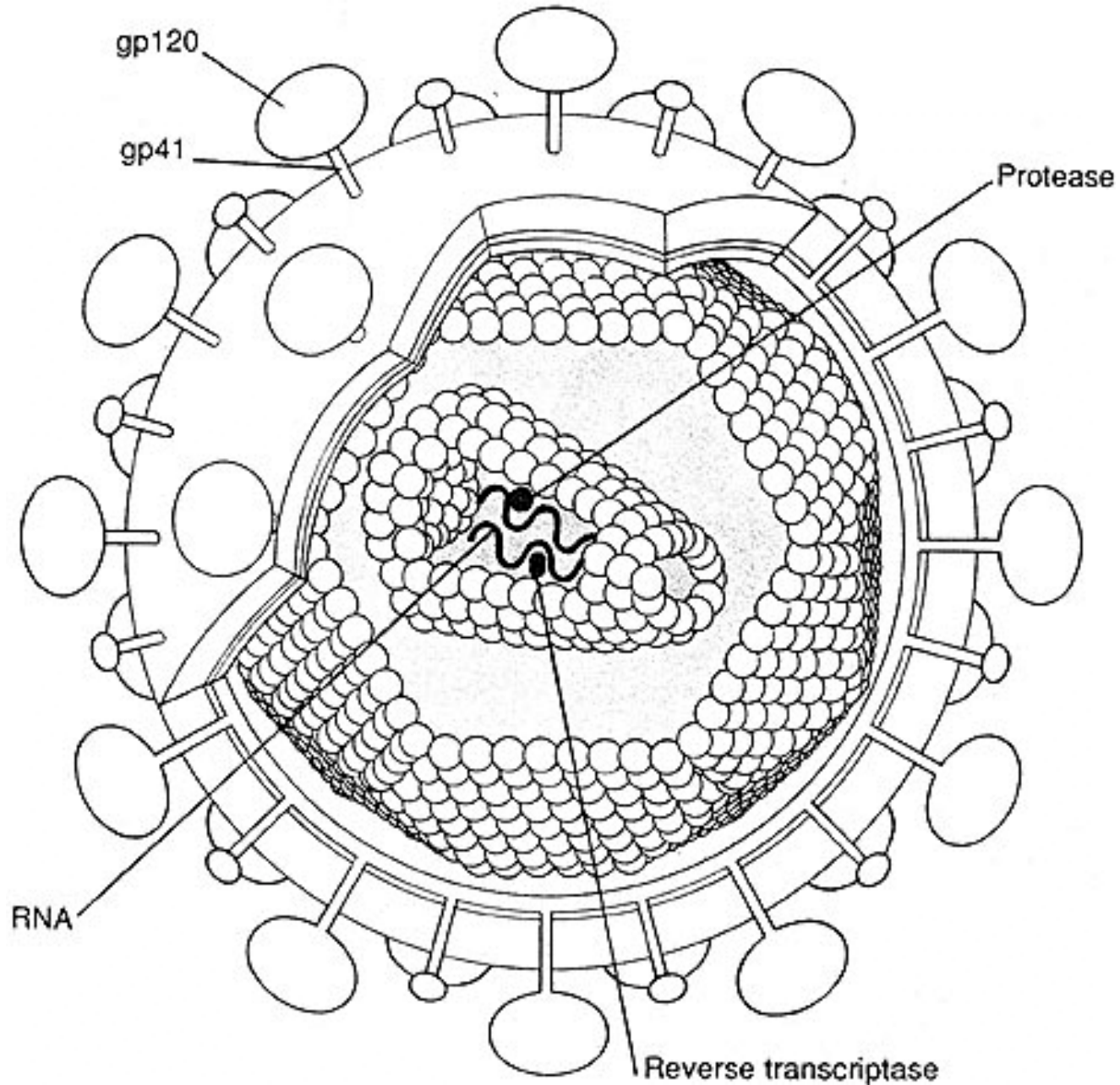


C Querschnitt durch ein Picornavirus



D Modell des Bakteriophagen T2  
(links mit DNA, rechts nach der DNA-Injektion)

# Human Immunodeficiency Virus, HIV





# Ausgewählte Viren

RNA-Viren			DNA-Viren		
Virusgruppe	Grösse nm	Symptom/Krankheit	Virusgruppe	Grösse nm	Symptom/Krankheit
<b>Pflanzenviren</b>	130x25	Gerstenstreifenmosaik	<b>Pockenviren</b>	140-380	Echte Pocken (Variolavirus)
	300x18	Tabakmosaik		x	Kuhpocken, Vakzinia
	730x15	Kartoffel-Y-Mosaik		170-270	Kaninchenmyxotose
	1250x10	Rübenvergilbung			
	2000x10	Citrus-Tristeza			
<b>Tollwutviren</b>	300x80	Tollwut	<b>Herpesviren</b>	100-150	Herpes simplex, Windpocken
<b>Myxoviren</b>	150-220	Mumps, Masern, Röteln	<b>Adenoviren</b>	70-85	Nasen-/ Rachenentzündungen Bronchialkatarrh Bindehautentzündung
	80-120	Grippe (Typ A, B, C)			
<b>Reoviren</b>	60-70	Harmlose Infekte mit Schnupfen, Erbrechen, Durchfall			
<b>Arboviren</b>	20-50	A-Gruppe: Enzephalomyelitis	<b>Papovaviren</b>	40-55	Papillome (Warzen)
	20-30	B-Gruppe: Gelbfieber			
	20-25	Pappataci-Fieber			
<b>Picornaviren</b>	20-35	Rhinoviren: Schnupfen	<b>Bakterioviren (Bakteriophagen)</b>	20-30 750x5 200x70	Kugelphagen Stabförmige Phagen T-Phagen
		Enzephalomyokarditis-Virus			
		MKS-Viren: Maul- und Klauenseuche			
		Enteroviren: Polimyelitis, ECHO			

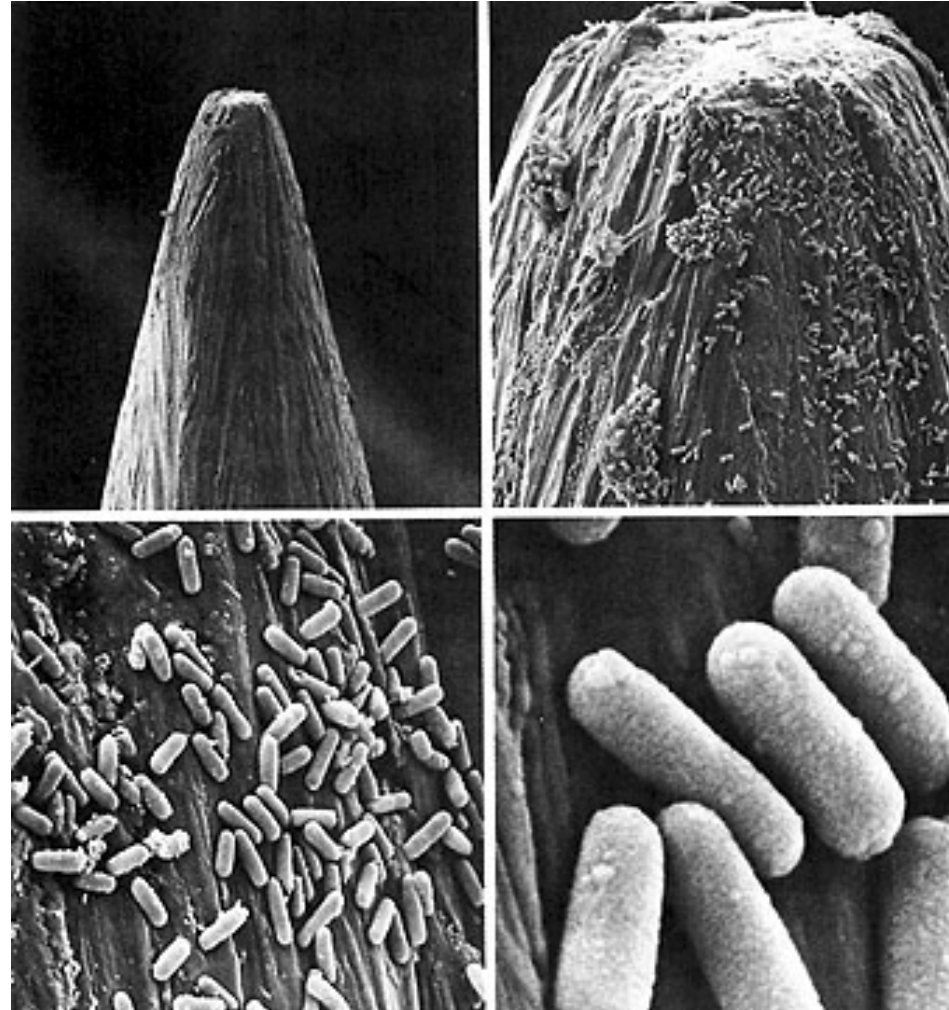
# Biotechnologische Anwendungen von Viren

- Massenzüchtung
  - Herstellung von Impfstoffen
  - Herstellung von Diagnostika (Medizin)
- Gentechnologie, Gentherapie
  - Verwendung für den Gentransfer (Vektor)
- Schädlingsbekämpfung
  - Verwendung als biologisches Gift

# Bakterien

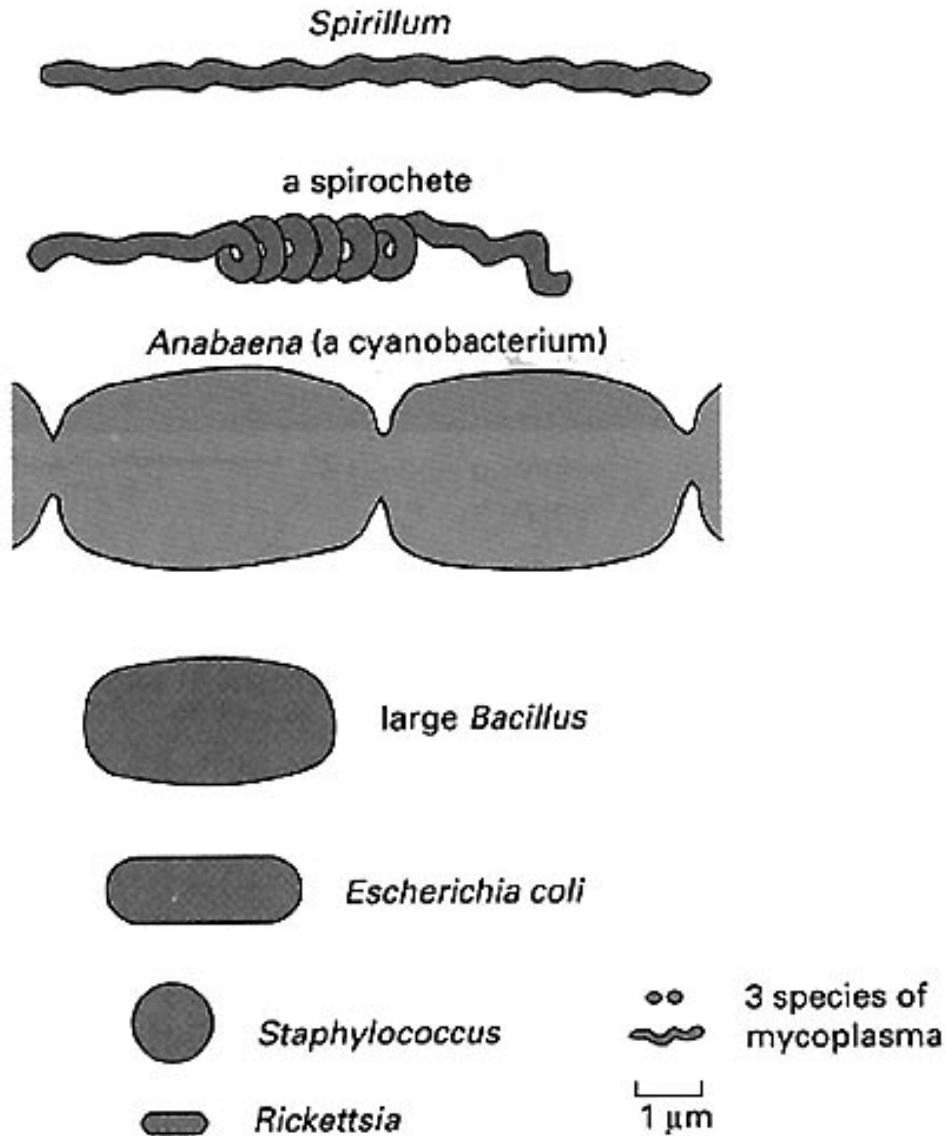
- Wichtigste Charakteristika von Bakterien
  - **Einzeller**
  - **Grösse 0.5 bis 20  $\mu\text{m}$  (Rekord: ca. 1 mm)**
  - **Kein Zellkern**
  - **Keine oder nur geringe interne Gliederung (Organellen, Kompartimente)**
  - **Kein Cytoskelett**
  - **DNS ist ringförmiges Fadenmolekül**
  - **Unterschiede bei der Transkription und Translation im Vergleich zu den Eukaryonten**
  - **Einfachere Kontrollsysteme zur Regulation der Genaktivität im Vergleich zu den Eukaryonten**
  - **Vermehrung durch Teilung**
  - **Kurze Generationszeiten (Minuten)**
  - **Extrachromosomales Erbmateriale vorhanden: Plasmide**
  - **Zellwand mit Zellmembran und Mureinschicht**

# Bakterien auf der Nadelspitze

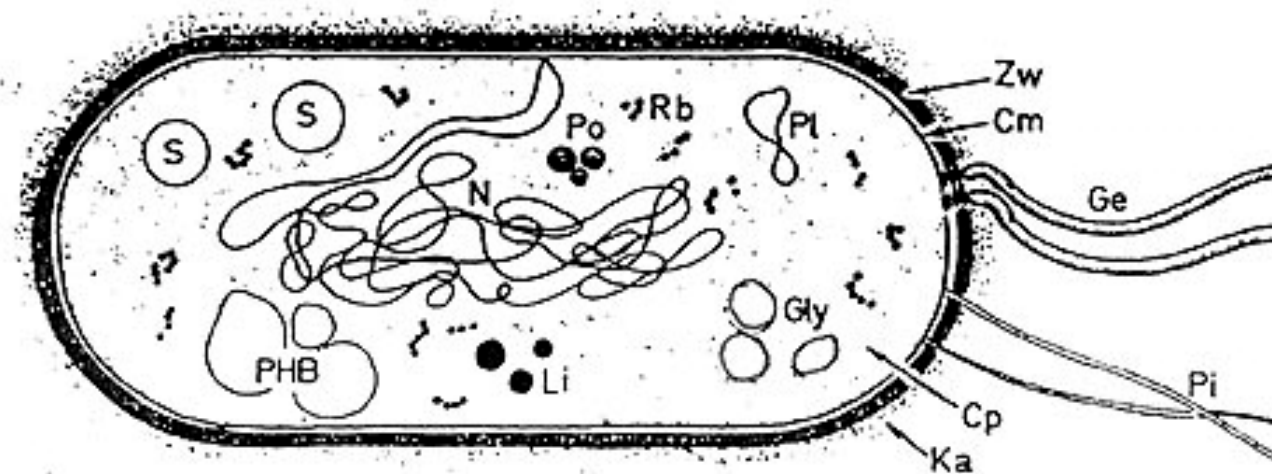


# Formen und Struktur von Prokaryonten

Größenvergleich (s. Masstäbe 1  $\mu\text{m}$ ) und Formenvielfalt



# Grundstruktur eines Bakteriums



- Zw = Zellwand
- Cm = Zellmembran
- Cp = Cytoplasma
- Ge = Geißel
- Gly = Glykogengranula
- Ka = Kapsel
- Rb = Ribosomen
- Li = Lipidtropfen
- N = Nukleoid
- PHB = Polyhydroxybuttersäure
- Pi = Pili
- Pl = Plasmid
- Po = Phosphatgranula
- S = Schwefeleinschlüsse

# Das grösste Bakterium: Ein Exot unter Exoten

## Das bisher grösste Bakterium NZZ

Verwertung von Schwefelwasserstoff 21.4.99

Es ist bis zu einem dreiviertel Millimeter gross, mit blossen Auge sichtbar und damit fast hundertmal grösser als der bisherige Spitzenreiter. Die Zellen des nun entdeckten grössten bekannten Bakteriums sind kugelförmig und von einer Schleimschicht umgeben, die die einzelnen Bakterien wie Perlen einer Kette miteinander verbindet. Es lebt in losen, planktonreichen Sedimenten ungefähr 100 Meter unter der Wasseroberfläche vor der Küste Namibias. Seine Entdecker taufte das bisher grösste unter den Kleinlebewesen «namibische Schwefelperle» oder im Fachjargon *Thiomargarita namibiensis*.

Diesen Namen verdankt es nicht nur seinem Aussehen, sondern einer weiteren Eigenschaft: es lagert Schwefelkugeln direkt unter der Zellwand. Diese schimmern unter Lichteinfall weiss. Der Schwefel wird aus dem Schwefelwasserstoff der Umgebung gebildet. Durch diesen Prozess gewinnt *Thiomargarita* Energie für andere Stoffwechselforgänge. Allerdings benötigt die Schwefelperle für diesen Prozess noch eine weitere Substanz, nämlich Nitrat. Knapp 98 Prozent ihres Volumens werden von einem Speicher in Anspruch genommen, in dem das Bakterium Nitrat hamstert. Der Standort nötigt die festsitzende *Thiomargarita* dazu, einen derart grossen Nitratspeicher anzulegen. Denn die Umgebung ist zwar reich an Schwefelwasserstoff – diesen hinterlassen andere Bakterien als Abfallprodukt beim Abbau von Phytoplankton – doch es fehlt dort an Nitrat. *Thiomargarita* ist also darauf angewiesen, dass ab und zu eine kräftige Strömung das Sediment aufwirbelt und nitratreiches Wasser heranzführt.

Bereits seit längerem sind kleinere Bakterien bekannt, die ebenfalls durch die Kombination von Schwefel- und Nitrastoffwechsel ihren Energiebedarf decken. Diese leben unter ähnlichen Umweltbedingungen, sind jedoch beweglich und benötigen deshalb keinen so immensen Nitratspeicher wie die immobile *Thiomargarita*.

Durch die Verwertung des Schwefelwasserstoffs liefert das neu entdeckte Bakterium einen wichtigen ökologischen Beitrag für seine Umgebung. Denn so werden die Abfallprodukte

anderer Bakterien verwertet, und der für diese Organismen in hohen Konzentrationen giftige Stoff wird entfernt. Die enorme Bedeutung der namibischen Schwefelperle zeigt sich daran, dass sie in grossen Mengen, nämlich mit einer Biomasse von 47 Gramm pro Quadratmeter, im Sediment vorkommt.

Auch am anderen Ende der Skala, bei den kleinsten Lebewesen, gibt es möglicherweise einen neuen Rekordhalter. Kürzlich berichteten Wissenschaftler aus Australien, sie hätten Organismen mit einem Durchmesser von nur 20 bis 150 Nanometern aufgespürt. Die Nanoben getauften Exemplare sind damit rund zehnmal kleiner als alle bisher bekannten Bakterien. Gefunden hat man sie in Sandsteinproben aus mehr als dreitausend Metern Wassertiefe vor der Westküste Australiens. Elektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen fadenförmige Gebilde mit einer Zellwand-ähnlichen Struktur. Färbemethoden haben einen Hinweis auf DNA gegeben. Unter Laborbedingungen, so ist der Publikation zu entnehmen, haben sich die Minis vermehrt. Diese und weitere Hinweise würden eindeutig dafür sprechen, so die Entdeckerin, dass die Nanoben neue Lebewesen und keine anorganische Materie oder Labor-Verunreinigungen seien.

Damit wäre die Diskussion erneut entfacht, ob derlei kleine Gebilde wirklich Lebewesen darstellen können. Denn nach heutigem Wissensstand benötigen Bakterien eine gewisse Minimalausrüstung, um aus ihrer DNA die lebenswichtigen Proteine herzustellen. Und diese Menge passe nicht in die Nanoben, argumentieren Kritiker. Doch möglicherweise, so wird entgegnet, kann ein Lebewesen auch mit weniger auskommen. Sollten die Nanoben tatsächlich lebendige Organismen sein, so würde eines der Argumente entkräftet, die in der Vergangenheit gegen die vermeintlichen Lebensspuren in dem Marsmeteoriten «ALH 84001» vorgebracht wurden.

Stephanie Lahtz

Quelle: Science 284, 493-495 (1999), American Mineralogist 83, 1541-1550 (1998).

## Wie klein darfs den sein, bitte schön?

Nachdem die NASA 1997 behauptet hatte in einem Marsmeteoriten Mikroben in der Grösse von 20 bis 50 nm gefunden zu haben, ging die Diskussion los, wie klein denn ein lebensfähiges Lebewesen (Bakterium) sein könnte, unter der Annahme, dass die Spielregeln der irdischen Biologie gelten. Ein *Escherichia coli* enthält etwa 1000 Gene. Man vermutet, dass etwa 400-500 zum Leben nötig sind. In einer Kugel von 50 nm Durchmesser würde dieses Genom bereits die Hälfte des Volumens ausmachen. Ob der übrige Platz reicht für alle Zellfunktionen? Seriöse Wissenschaftler sind der Meinung, das unterhalb 200 nm „nichts mehr läuft“ [Stand des Wissens 1999].

# Bakterien sind Lebenskünstler

NZZ  
20.3.1996

## Bakterienpopulation im Basalt *Ist Leben auf dem Mars doch möglich?*

bz. Fast alle uns bekannten Lebewesen auf der Erde, vom primitiven Archaeobakterium bis zum Menschen, hängen in irgendeiner Form von der Sonne ab. Diese treibt die Photosynthese, welche in grünen Pflanzen und einigen Mikroorganismen aus den anorganischen Substanzen Kohlendioxid und Wasser organische Zucker entstehen lässt und als «Nebenprodukt» den Sauerstoff liefert. Auch Anaerobier, die definitionsgemäss keinen Sauerstoff brauchen, sind auf organischen Kohlenstoff angewiesen, den abgestorbene Mikroorganismen und Pflanzen in Sedimenten zurücklassen. Sind diese Vorräte verbraucht, kann die Bakterienpopulation in dieser Nische nicht weiter bestehen. Auf mehr als 1000 m Tiefe, im Basaltgestein des Columbia-Beckens im US-Staat Washington, ist man nun auf eine anaerobe Bakterienpopulation gestossen, die von Wasser und Stein zu leben scheint (Science 270, 450-454, 1995). Bei der Synthese von Methan, der einfachsten organischen Kohlenstoffverbindung, benutzt sie Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Energiequelle.

Wasserstoffverbrauchende Bakterien sind an und für sich nichts Neues. Sie benötigen jedoch entweder zusätzlichen Sauerstoff oder verwenden den Wasserstoff, den andere, aerobe Bakterien zurückgelassen haben; sie sind also letztlich auch von der Sonne abhängig. Das Grundwasser im Basalt enthielt hohe Konzentrationen von Wasserstoff und Methan und im Vergleich zur Zahl der autotrophen (ausschliesslich von anorganischer Materie lebenden) nur wenige heterotrophe Bakterien. Die Wasserstoffkonzentration war zum Teil drei Grössenordnungen höher als diejenige, welche bei der Vergärung organischen Materials entstehen könnte. Die im Basalt gefundene Bak-

terienpopulation bezieht deshalb den Wasserstoff wahrscheinlich aus einer geochemischen Reaktion und verwendet ihn als Energiequelle, um aus gelöstem Kohlendioxid Biomasse herzustellen und Methan als Nebenprodukt auszuschleiden. Eisenhaltige Silicate im Basalt könnten die Reduktion von Wasser zu Wasserstoff vorantreiben. Wie die Reaktion genau verläuft, ist nicht bekannt.

Abgepumptes Grundwasser und Basalt, der zur Vergrösserung der Oberfläche zermahlen wurde, reichten im Labor aus, um unter Ausschluss von Sauerstoff die Bakterien wachsen zu lassen. Heterotrophe Bakterien starben dabei mit der Zeit aus, und nur die autotrophen überlebten. Wurde Basalt mit steriler Lösung vermischt, wuchsen keine Bakterien. Es werden also nicht nur eingeschlossene Bakterien freigesetzt. War im Experiment kein Basalt vorhanden, konnten nach einigen Wochen keine lebenden Bakterien mehr gefunden werden. Der Basalt war also für die Bakterien eindeutig notwendig.

Anorganische Nährstoffe und Wasserstoff können durch geochemische Reaktionen tief im Innern der Erde praktisch unbegrenzt freigesetzt werden. Damit könnten in diesen Nischen auch lithoautotrophe Bakterien unbegrenzt überleben. Basalt, flüssiges Wasser und anorganischen Kohlenstoff gibt es auch unter der Marsoberfläche. Die Wissenschaftler sehen daher bereits eine Möglichkeit für Leben auf dem (oder besser im) Mars. Die ersten Lebewesen auf der Erde, vor der «Erfindung» der Photosynthese und der Entstehung einer oxidierenden Atmosphäre vor 2,8 Milliarden Jahren, könnten ebenfalls solche lithoautotrophen Mikroorganismen gewesen sein.

NZZ  
30.6.1999

## Rätselhafte Mikroben der Tiefe

### *Bakterien in Hunderten von Metern dicken Meeressedimenten*

Die Gesteine am Meeresgrund galten bis vor kurzem als unbelebt. Nun glauben Wissenschaftler, dort Bakterien gefunden zu haben. Man schätzt, dass diese Mikroben zehn Prozent der gesamten Biomasse ausmachen könnten. Ob das zutrifft und wovon diese Bakterien leben, ist allerdings noch unbekannt.

# Wolken – Lebensraum für Mikroorganismen

NZZ 24.1.2001

## *Fortpflanzung in grosser Höhe*

few. An immer exotischeren Orten, so scheint es, findet man auf der Erde lebende Mikroorganismen. So berichtet eine Forschergruppe um Birgit Sattler vom Institut für Zoologie und Limnologie der Universität Innsbruck, dass sie in Wolkentröpfchen und Schneekristallen lebende Bakterien gefunden hat. An sich weiss man zwar schon seit längerem, dass Mikroorganismen in die Luft gewirbelt werden können und dann als Kondensationskeime für Wolkentröpfchen dienen. Doch dass Bakterien auch in den unterkühlten Wolken in grosser Höhe überleben und sich dort gar fortpflanzen, wusste man bisher nicht. Die Forscher kommen auf Grund von ihren Untersuchungen zum Schluss, Wolken stellen einen bisher zwar noch kaum beachteten, aber dennoch ernst zu nehmenden Lebensraum für solche Lebewesen dar.

Sattlers Gruppe hat beim Observatorium auf dem Sonnblick, einem Berg in der Nähe von Salzburg, Wolkentröpfchen sowie frisch gefallenen Schnee und Graupeln untersucht. 1500 Keime pro Milliliter Flüssigkeit fanden die Forscher im Schnitt in den eingefangenen Wolkentröpfchen, im Schnee und in den Graupeln durchschnittlich gar 11 000 Bakterien pro Milliliter. Das ist, verglichen mit Wasser aus Oberflächengewässern, zwar recht bescheiden, aber immerhin doch ähnlich viel, wie man im sauberen Grundwasser findet.

## Bakterien stellen eine wichtige Ressource dar

Die Vielfalt der Bakterienarten, wahrscheinlich gibt es Millionen von Arten, ist eine wichtige Ressource für Stoffe, die in der Biotechnologie angewendet oder für nützliche Zwecke hergestellt werden können.



# Beispiele für technisch interessante Bakterien und deren Produkte

Tab. 1.1 Beispiele für technisch interessante Bakterien und deren Produkte

Bakteriennamen	Charakteristische Eigenschaften	Technische Nutzung/Produkte
<i>Methanosarcina barkeri</i>	Gram-positiv oder Gram-negativ, Stäbchen, Kokken, obligat anaerob	zweite Stufe der anaeroben Abwasserreinigung: Methan
<i>Acetobacter aceti</i>	Gram-negativ, Stäbchen, begeißelt, säuretolerant, Schleimbildner, aerob	Essigsäure
<i>Lactobacillus spec.</i>	Gram-positiv, Stäbchen, homo- u. heterofermentativ	Milchsäure
<i>Propionibacterium</i>	Gram-positiv, Stäbchen, anaerob	Propionsäure
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Gram-positiv, Stäbchen, sporenbildend, anaerob	Butanol, Aceton, Buttersäure
<i>Zymomonas mobilis</i>	Gram-negativ, Stäbchen, fakultativ anaerob	Ethanol
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram-negativ, Stäbchen, polar begeißelt, aerob	Rhamnolipide
<i>Xanthomonas campestris</i>	Gram-negativ, Stäbchen, polar begeißelt, aerob	Xanthan
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Gram-positiv, Stäbchen, aerob	Aminosäuren
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Gram-positiv, Stäbchen	Exoenzyme, Amylase
<i>Streptomyces tendae</i>	Mycelbildner, Lufthyphen mit exogenen Sporen, aerob, Gram-positiv	Nikkomycin
<i>Escherichia coli</i>	Gram-negativ, Stäbchen, fakultativ anaerob	«Arbeitstier» des Biotechnikers (Genetik), Herstellung gentechnisch gewonnener Produkte (z. B. Insulin)

# Biotechnologische Anwendungen von Bakterien

- Klassische Verfahren
  - Sauerteig-Brot, Essig, Joghurt, Käse, Kefir
- Moderne Verfahren
  - Antibiotikaproduktion (Bacillus, Streptomyceten)
  - Leaching-Verfahren zur Erzgewinnung (Thiobazillus)
  - Umwelttechniken (Pseudomonaden, Mykobakterien, Nocardien)
  - Methanproduktion (methanogene Bakterien)
  - Dextranproduktion (Verdickungsmittel: Leuconostoc)
  - Butanol-, Aceton-, Buttersäureproduktion (Clostridien)
  - Milchsäureproduktion (Laktobazillen)