

Chemische Evolution

Biologie-GLF von Christian Neukirchen
Februar 2007

Aristoteles lehrte,
aus Schlamm entstünden Würmer,
und aus Würmern Aale.

Omne vivum ex vivo.
(Alles Leben entsteht aus Leben.)
— Pasteur (1862)

Aber woher kam das erste Leben?

Übersicht

- Was ist chemische Evolution?
- Entstehung organischer Moleküle
- Entstehung komplexer Moleküle
- Entstehung der ersten Zellen

Was ist chemische Evolution?

- Der Teil der Evolution vor den ersten lebendigen Zellen
- Basiert auf Hypothesen, da es keine Funde bis vor rund 3,8 Milliarden Jahren gibt
 - Vor rund 4,5 Milliarden Jahren waren die physikalischen Möglichkeiten gegeben
- Erklärt die Entstehung des Lebens nur bedingt, vieles bleibt offen

Entstehung organischer Moleküle

- Drei Stufen der Komplexität
 - Einfache organische Moleküle
 - *Alkohole, Carbonsäuren...*
 - Grundbausteine der komplexen Moleküle
 - *Einfachzucker, Aminosäuren, Nukleotide...*
 - Komplexe organische Moleküle
 - *Proteine, DNA, RNA...*

Elementare Vorkommen

	<i>reduziert</i>	<i>oxidiert</i>
C	Methan (CH ₄), Kohlenstoffmonoxid (CO)	Kohlenstoffdioxid (CO ₂)
H	Wasserstoff (H ₂)	Wasser (H ₂ O)
O	Wasser (H ₂ O)	Sauerstoff (O ₂)
N	Ammoniak (NH ₄)	Nitrat (NO ₃ ⁻)
S	Schwefelwasserstoff	Sulfat (SO ₄ ⁻)
P	Phosphin (PH ₃)	Phosphat (PO ₄ ³⁻)

kaum O₂ in der Uratmosphäre, keine Funde oxidierten Eisens

Energie?

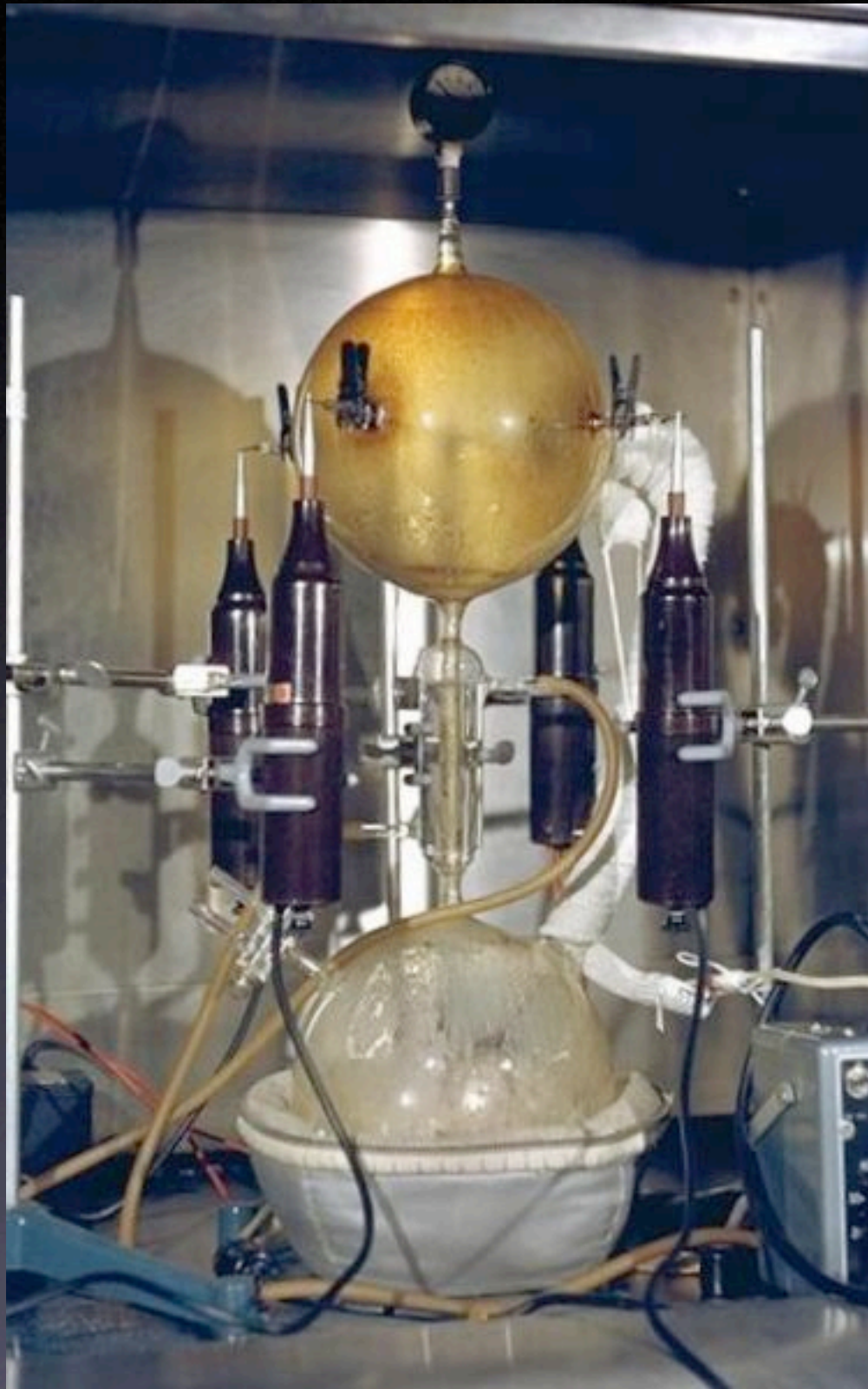
- UV-Strahlung (keine Ozonschicht!)
- Vulkanismus (Geothermik)
- Radioaktivität
- Blitze in der Uratmosphäre

Rolle des Wasser

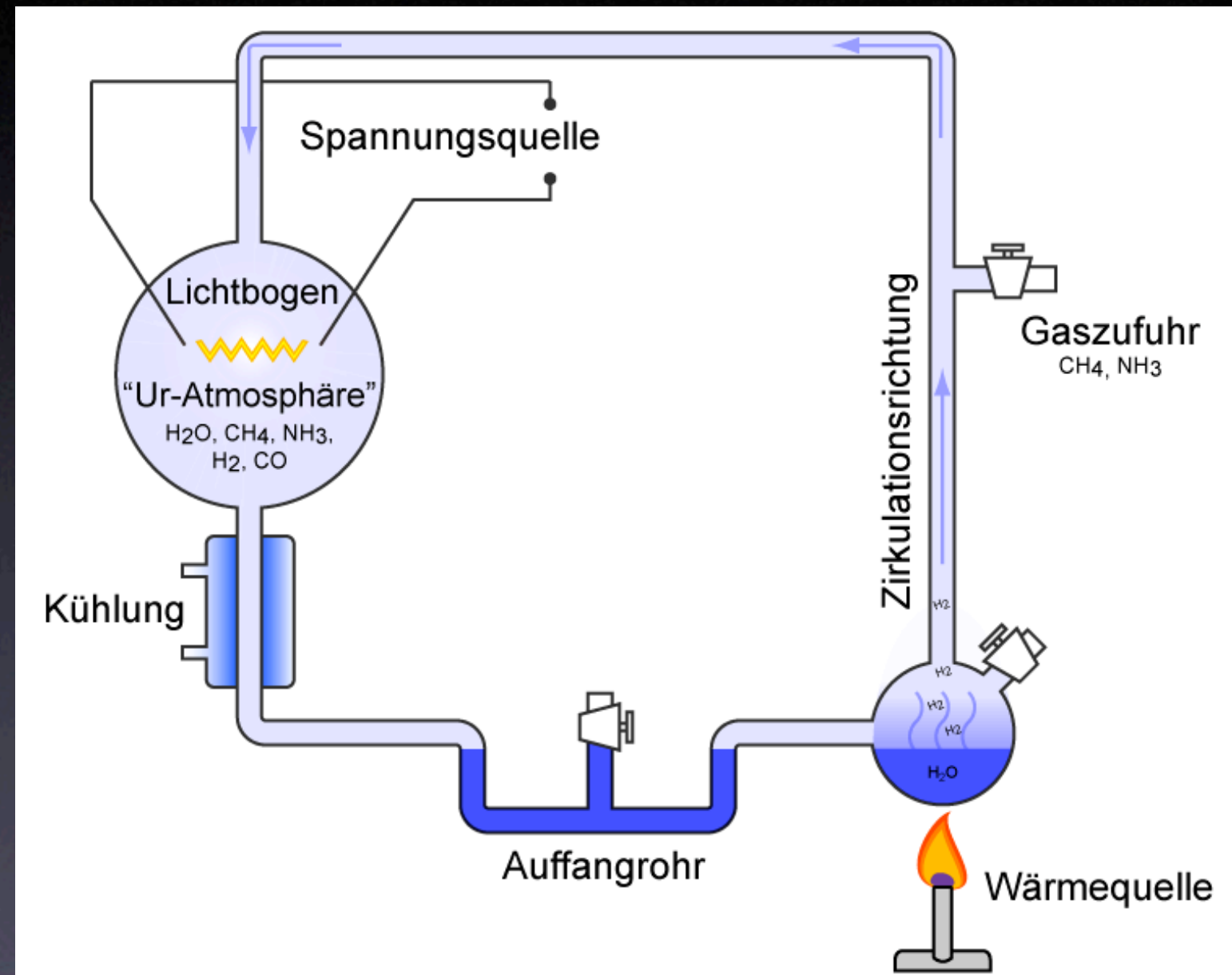
- Flüssig im organisch-stabilen Bereich (0-100°C)
- Polar, homogen, durchmischt gut
- Geringe Temperaturschwankung
- Anomalie des Wassers

Urey-Miller-Experiment

- Wie könnten organische Stoffe aus anorganischen Stoffen entstehen?
- Abgeschlossenes System mit Wasser, Methan, Ammoniak und Wasserstoff
- Energie durch Lichtbogen (“Blitze”)



<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:UreyMillerExperiment.jpeg>



<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Miller-Urey-Experiment.png>

Ergebnis:

- Es entstanden nach acht Tagen:
 - Carbonsäuren
 - Aminosäuren (Alanin, Glycin, Glutaminsäure, Asparaginsäure)
 - Harnstoff
 - Formaldehyd (Ausgangsstoff für Zucker)

Weitere Reaktionen

- In späteren Experimenten entstanden auch:
 - Serin
 - Adenin
 - Ribose
- Daraus kann ATP gebildet werden

Offene Fragen

- Ohne stetige Energiezufuhr werden die Stoffe des Experiments wieder abgebaut
- Es entstanden sowohl links- als auch rechtsdrehende Aminosäuren
- In der Natur treten jedoch nur linksdrehende Aminosäuren auf
- Beeinflussung durch kosmische Strahlung?

Entstehung von Makromolekülen

- Kondensationsreaktionen
- Polykondensation ist endotherm und läuft nur unter andauernder Energiezufuhr
- Verlässliche Energiequelle wird benötigt (z.B. ATP)
- Konzentrationserhöhung durch Kompartimentierung

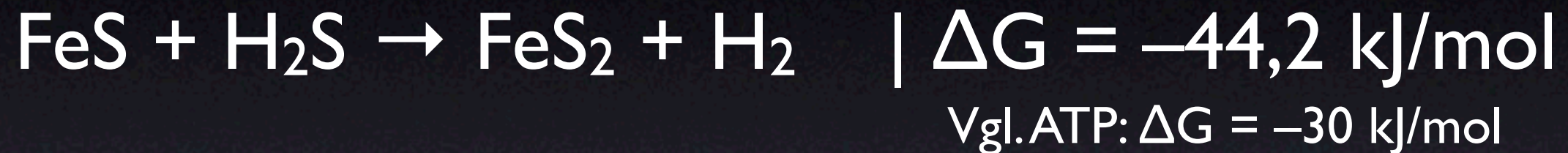
Die Eisen-Schwefel-Welt

- These: präbiotische Synthese organischer Stoffe findet auf Eisensulfid-Mineralien (Pyrit) statt
- Keine Energie von außen benötigt
- Schnellere Reaktion bei höheren Temperaturen (Tiefsee-Vulkan: 350°C)



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/PyritWuerfel.jpg>

Reaktionen auf Pyrit



Diese Energie reicht für eine CO_2 Reduktion:



Die Oberfläche des Pyrits hält negativ geladene Stoffe, andere werden weggeschwemmt.

→ Bildung einer Fettsäurenmembran

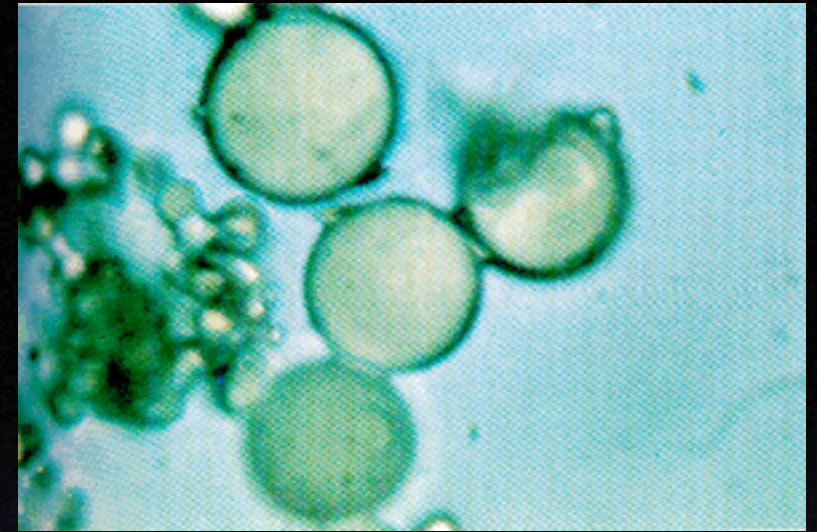
Für die ESW spricht:

- Es gibt heute noch viele Eisen- und Schwefelverbindungen in Organismen, besonders Enzymen
- Die Fettsäuremembran könnte ein Vorläufer der Zelle sein

Zellvorläufer

- Kompartimente (“Reaktionsräume”) sind wichtig:
 - Trennt Stoffwechselfvorgänge
 - Erlaubt Konzentrationsgradienten (vgl. Osmose)
 - Vgl. Ribosomen, Endoplasmatisches Retikulum, Mitochondrien

Mikrosphären ("Koazervate")



<http://www.egbeck.de/skripten/bilder/round.gif>

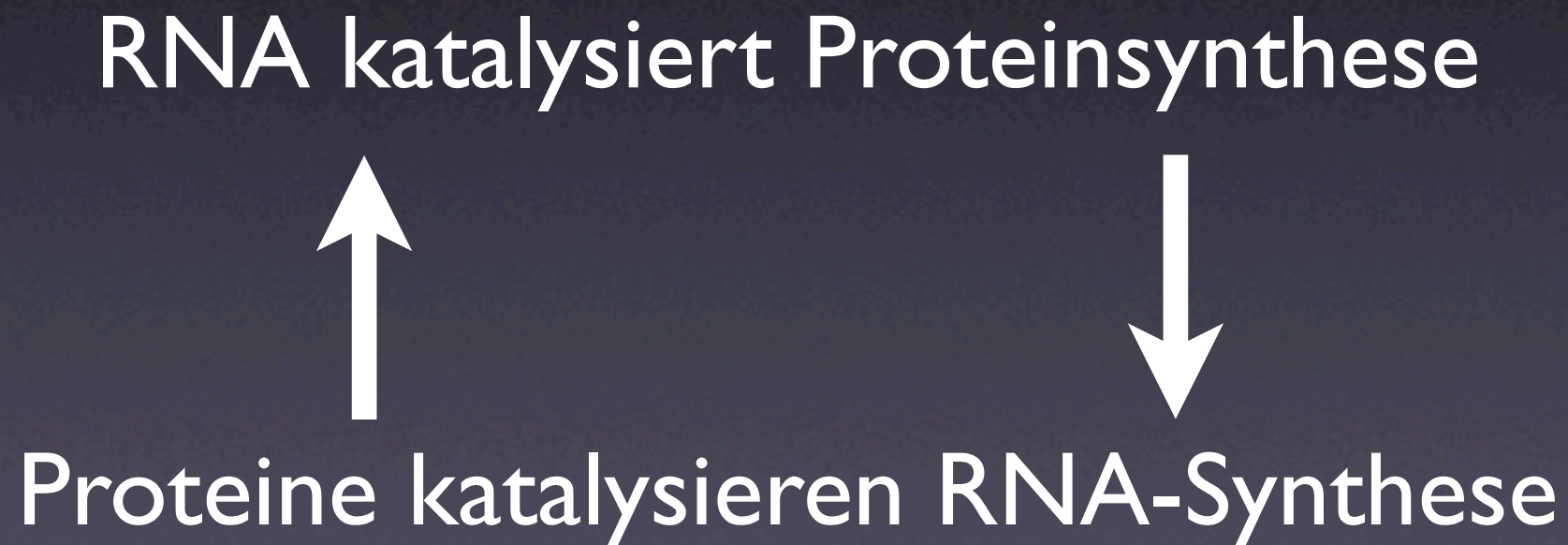
- Trockene Aminosäuregemische bilden durch *Selbstaggregation* beim Erwärmen kleine Tröpfchen
- Diese "knospen", wenn sie zu groß werden
- Bilden eine Art semipermeable Membran!
- Können sogar Glukose abbauen, wie Esterasen wirken, oder ATP spalten

RNA-Welt

- Bestimmte RNA-Abschnitte können ihre eigene Replikation katalysieren
- Diese RNA-Abschnitte haben einen *Vorteil*
- und traten daher mit der Zeit immer häufiger auf, breiteten sich aus
- Später wurden Proteine bessere Katalysatoren → heutige Enzyme

Hyperzyklen

- rückgekoppelte Reaktionen:



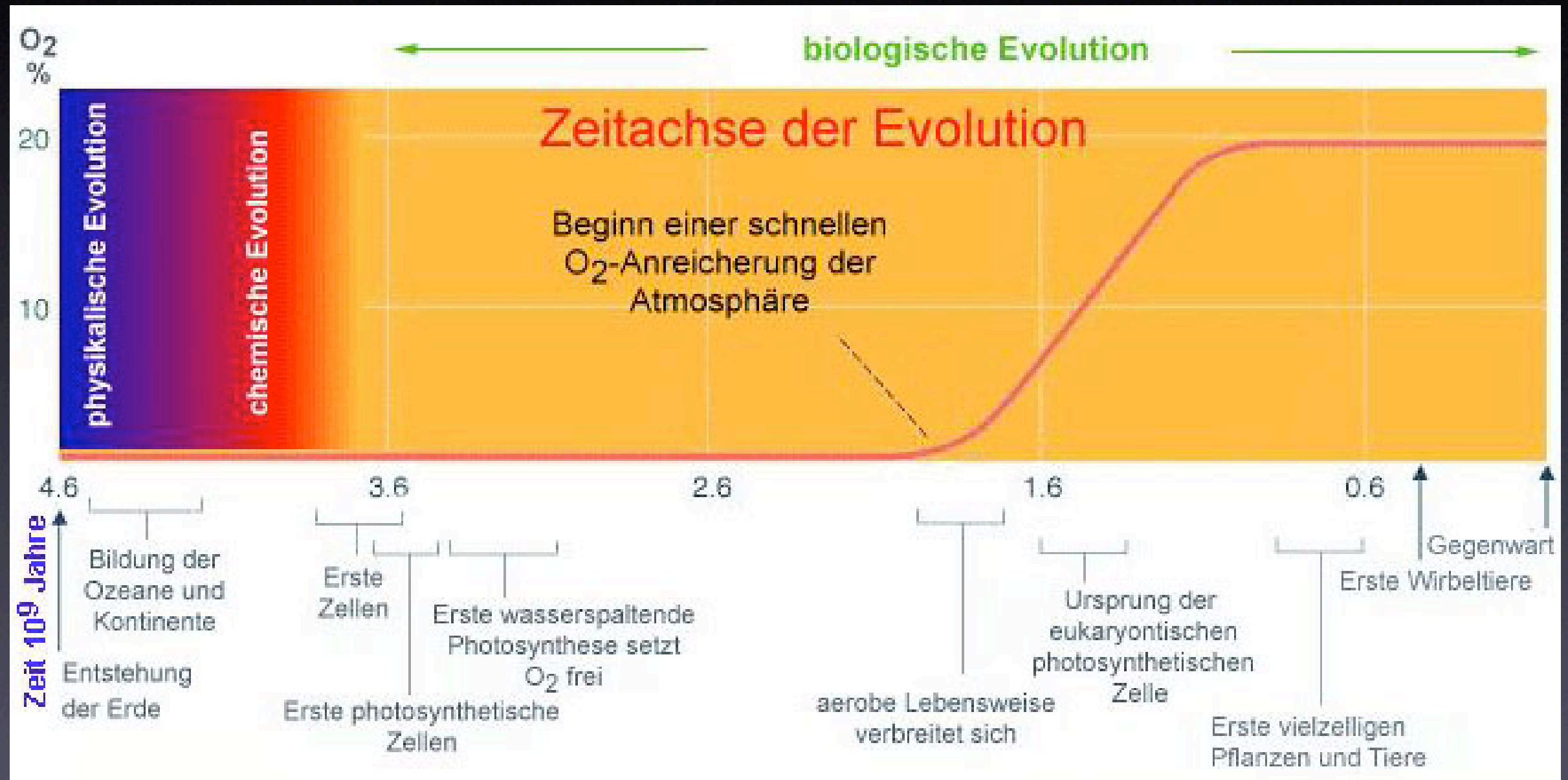
Hyperzyklen

- Grundliegende Eigenschaften der Lebewesen:
 - Stoffwechsel
 - Vererbung
 - Mutation und Selektion
- Laut Eigen ist die Entstehung eines Hyperzyklus nur eine Frage der Zeit (*“Selbstorganisation der Materie”*)

Spätere Anpassungen

- ATP
- DNA
- Photosynthese
- Sauerstoffatmung
- Spaltung in Pro- und Eukaryonten

Weiterer Verlauf



<http://www.egbeck.de/skripten/bilder/!page4.jpg>

Quellen

- *Linder Biologie*, 21. Auflage, Schroedel, Hannover 1998.
- http://de.wikipedia.org/wiki/Chemische_Evolution
- <http://www.egbeck.de/skripten/11n/bs11-9n.htm>
- http://www.geist-oder-materie.de/Evolution/Biol__Evolution/Ursuppe/ursuppe.html
- <http://www.agstuttgart.de/referate/chemevol.htm>
- <http://www.axel-schneider.de/evolut.htm>
- http://www.martin-neukamm.de/junker4_2.html

Vielen Dank!