

Chemische Evolution

Biologie GLF 13/1 2007
Christian Neukirchen

Die *chemische Evolution* befasst sich mit dem Abschnitt der Evolution bis zu den ersten lebenden Zellen (vor ca. 4,5–3,7 Milliarden Jahren). Da es keine fossilen Funde aus dieser Zeit gibt, basiert sie weitgehend auf Hypothesen.

1 Entstehung organischer Moleküle

Für die chemische Evolution sind drei Klassen der Komplexität chemischer Moleküle wichtig:

- Einfache organische Moleküle (*Alkohole, Carbonsäuren...*)
- Grundbausteine der komplexen Moleküle (*Einfachzucker, Aminosäuren, Nukleotide...*)
- Komplexe organische Moleküle (*RNA, DNA, Proteine...*)

Für die organische Chemie sind besonders *Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel* und *Phosphor* wichtig. Es wird angenommen, dass sie in der Uratmosphäre entweder *reduziert* (Methan, Wasserstoff, Wasser, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Phosphin) oder *oxidiert* (Kohlenstoffdioxid, Wasser, Sauerstoff, Nitrat, Sulfat, Phosphat) vorkamen. Da es keine Funde oxidierten Eisens aus dieser Zeit gibt, geht man von einer reduzierenden Atmosphäre aus.

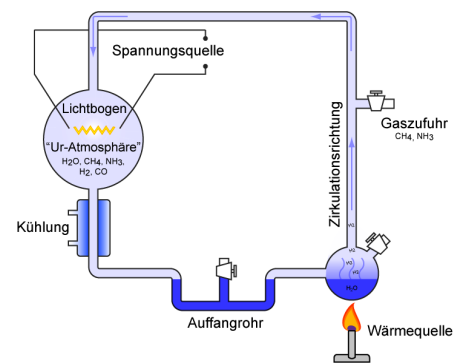
Als Energiequelle für die ersten endothermen Reaktionen könnten die hohe UV-Strahlung (es existierte keine Ozonschicht), Vulkanismus, Radioaktivität oder Blitze in der Uratmosphäre dienen.

2 Urey-Miller-Experiment

MILLER bewies experimentell, dass in einem abgeschlossenen System mit Wasser, Methan, Ammoniak und Wasserstoff und einem Lichtbogen als Energiequelle schon nach acht Tagen organische Stoffe wie Carbonsäuren, Harnstoff, einfache Aminosäuren und Formaldehyd (Ausgangsstoff für Zucker) entstehen können.

In weiteren Versuchen gelang es, Serin, Adenin und Ribose zu erzeugen. Aus diesen Reaktionsprodukten kann ATP entstehen.

Das Urey-Miller-Experiment wirft jedoch auch Fragen auf: Woher kam die Energie wirklich? Ohne stetige Energiezufuhr werden die Reaktionsprodukte nämlich rasch wieder abgebaut. Außerdem entstanden sowohl links- als auch rechtsdrehende Aminosäuren, in der Natur treten jedoch nur linksdrehende Aminosäuren auf.



[1]

3 Entstehung von Makromolekülen

Die Kondensationsreaktionen für die Entstehung von Makromolekülen sind endotherm und laufen nur unter andauernder Energiezufuhr ab. Dazu wird eine verlässliche Energiequelle benötigt (z.B. ATP). Weiterhin wichtig ist eine Kompartimentierung, um die Konzentration der Reaktion halten zu können.

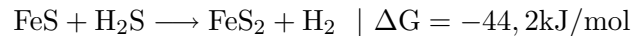
4 Die Eisen-Schwefel-Welt

Das Problem der stetigen Energiezufuhr versucht die Theorie der Eisen-Schwefel-Welt zu erklären: Sie geht davon aus, dass die Synthese präbiotischer Stoffe auf Eisensulfid-Mineralien (Pyrit) stattfand. Dabei wird keine Energie von außen benötigt, und die Reaktion kann durch Erhöhung der Umgebungstemperatur, wie bei Vulkanismus wahrscheinlich, gut katalysiert werden.

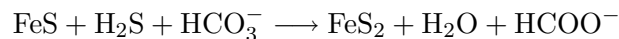
Es reagiert Eisensulfid mit Schwefelwasserstoff zu Pyrit und elementarem Wasserstoff:



[2]



Dies liefert genug Energie für eine Reduktion von Kohlenstoffdioxid:



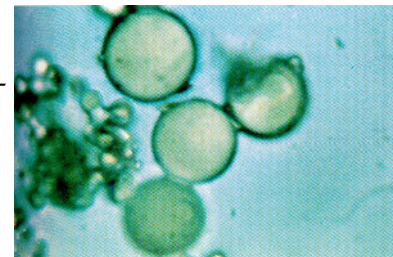
Da die Oberfläche des Pyrits nur negativ geladene Teilchen hält, und andere weggeschwemmt werden, kommt es zur Bildung einer Fettsäurenmembran, möglicherweise einem Vorläufer der Zelle.

Für die Eisen-Schwefel-Welt spricht auch, dass auch heute noch viele Eisen- und Schwefelverbindungen in Organismen zu finden sind, besonders bei Enzymen.

5 Zellvorläufer

Die Abtrennung von Reaktionsräumen in Kompartimente ist wichtig, weil dadurch verschiedene Stoffwechselforgänge getrennt ablaufen und Konzentrationsgradienten entstehen können (vgl. Osmose). Praktisch alle Reaktionen in der Zelle laufen in Kompartimenten ab (Ribosomen, Endoplasmatisches Retikulum, Mitochondrien, ...).

Vorläufer der Zelle (oder auch der Zellorganellen) könnten die sogenannten *Mikrosphären* sein, die beim trockenen Erhitzen von Aminosäuren entstehen. Durch Selbstaggregation bilden sich Tropfchen, die sich teilen wenn sie zu groß werden. Diese haben eine Art semipermeable Membran und reichern Stoffe an. Zusammen mit bestimmten Ionen können sie sogar Glukose abbauen, wie Esterasen wirken oder ATP spalten.



[3]

6 Die RNA-Welt

Bestimmte RNA-Abschnitte können ihre eigene Replikation katalysieren, und haben daher einen Vorteil gegenüber anderen RNA-Abschnitten. Mit der Zeit treten sie daher immer häufiger auf und breiten sich aus. Später ergab es sich, dass Proteine noch bessere Katalysatoren für diese Replikation sind, diese Proteine sind die Vorläufer der heutigen Enzyme.

Durch rückgekoppelte Reaktionen kann ein sogenannter *Hyperzyklus* entstehen: ein RNA-Abschnitt katalysiert die Synthese eines bestimmten Proteins, welches wiederum die Synthese des RNA-Abschnitts katalysiert.

Diese Hyperzyklen haben bereits grundlegende Eigenschaften der Lebewesen:

- Stoffwechsel
- Vererbung
- Mutation und Selektion

Dem Erfinder der Theorie nach, M. EIGEN, ist die Entstehung solcher Hyperzyklen nur eine Frage der Zeit (*“Selbstorganisation der Materie”*).

7 Spätere Anpassungen

Gibt es diese Grundlagen des Lebens, können sich die späteren Eigenschaften der Zellen durch Anpassung ergeben, z.B.:

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

8 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
- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Miller-Urey-Experiment.png>
- [2] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/PyritWuerfel.jpg>
- [3] <http://www.egbeck.de/skripten/bilder/round.gif>