

Astrobiologie

Die Entstehung des Lebens

Dirk Warnecke

Institut für Pflanzenwissenschaften und Mikrobiologie

**Was wir wissen, ist ein Tropfen,
Was wir nicht wissen, ein Ozean**

Isaac Newton

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... is verdammt lang her.

4400

-

2700

Mio. Jahre

bewohnbar

-

sicherer Nachweis von Leben

3800

-

3500

Mio. Jahre

nach LHB

-

unsicherer Nachweis von Leben

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... es nur ex und hopp-Organismen gibt

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... sehr alte Fossilien winzige Tropfen sind

hier fehlt ein Bild von Archaeopteryx

Geologie: Jack Hills Zirkon 4400 Mio Jahre

Archaeopteryx 150 Mio Jahre

600 Mio Jahre Filmriss

Probleme: wenig fossilierbares, wenig altes Gestein, Gesteinsumformung

Stromatolithen

Keine Bilder, keine Daten

Gerhard Schmiedl

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... ich gar nicht weiß, was Leben ist

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

**... ich nicht verschiedene „Leben“
miteinander vergleichen kann**

Was ist Leben und wenn ja, wie viele?

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... ich LUCA nicht persönlich kenne

Last Universal Common Ancestor

The proteins were clustered using the standard Markov Cluster method. The first step in that procedure is a matrix containing 18.5 trillion elements, each element corresponding to a pairwise amino acid sequence comparison. The clustering of such a matrix requires substantial computational power and is aided by the availability of several terabytes of memory in a single machine.

Weiss et al., 2018, PLOS Genetics 14

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

**... ich die ökologische Nische
nicht finden kann**

Sind Extremophile LUCA-like?

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... ich den Anlasser nicht finden kann

Ei ↔ Henne

DNA → RNA → Protein



Beobachtung von *de-novo*-Entstehung von Leben?

**Ich habe keine Ahnung von der
Entstehung des Lebens, weil...**

... ich Leben nicht erzeugen kann

(doch schon, meine zwei Söhne, aber nicht so richtig Neues)

***de-novo*-Synthese von Leben?**

de-novo-Synthese von Leben?

Minimale Zelle (synthetisches Genom einfügen in lebende Zelle)

de-novo-Synthese `im Reagenzglas`

KI, selbstlernende Maschine (Selektion, Evolution)

+ selbstreproduzierende Maschine (nano- oder makroskopisch)

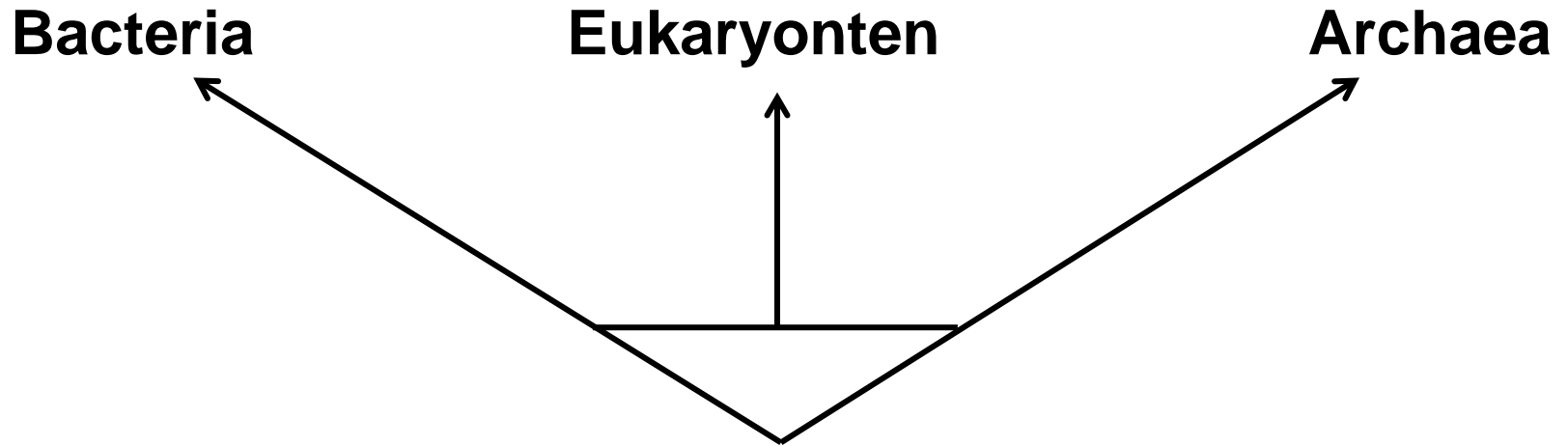
semiautonomes `Leben` (wie Viren, aber schlauer)

+ Energiestoffwechsel + Autotrophie (C oder Si)

→ synthetisches Leben

Der Ozean des Nichtwissens:

- **Sehr lange her (kein Blick zurück)**
- **Kurze Lebensdauer (keine Fossilien oder direkte Daten)**
- **Kein Vergleich verschiedener `Leben`**
- **Viele mögliche ökologische Nischen**
- **Kein Aus- und Anstellen von Leben gelungen**
- **Keine Beobachtung der *de-novo*-Entstehung von Leben**
- **Keine *de-novo*-Synthese von Leben**



Last Universal Common Ancestor



Erstes Lebewesen (Zelle?)



**Theoretische Überlegungen
(experimentell überprüft)**

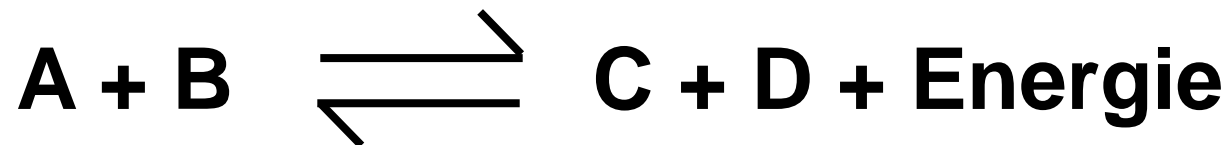
Geologie (ökologische Nische)

Präbiotische Chemie (Erde, Meteoriten, Kometen)

Theoretische Überlegungen

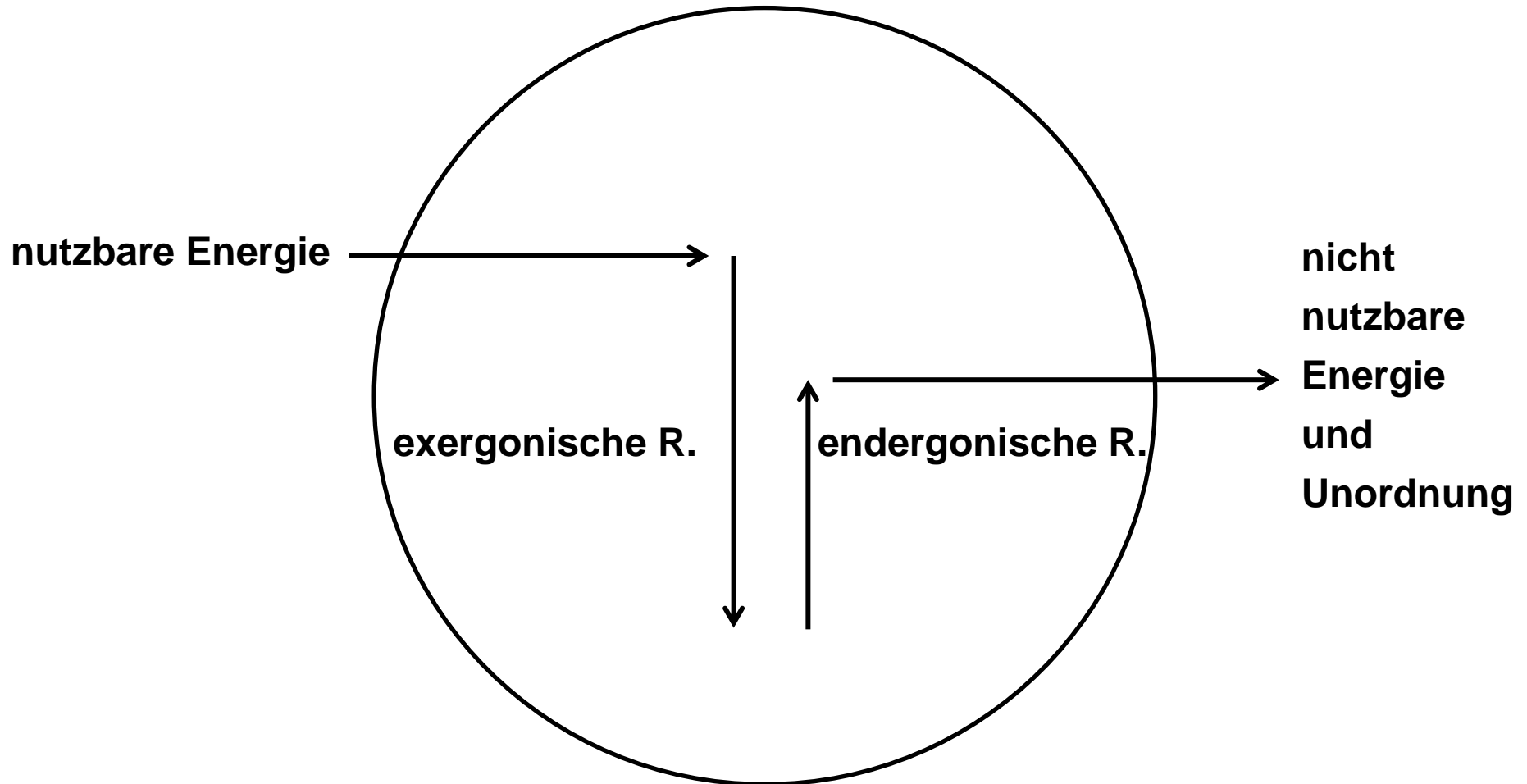
1) Energiestoffwechsel

Thermodynamik

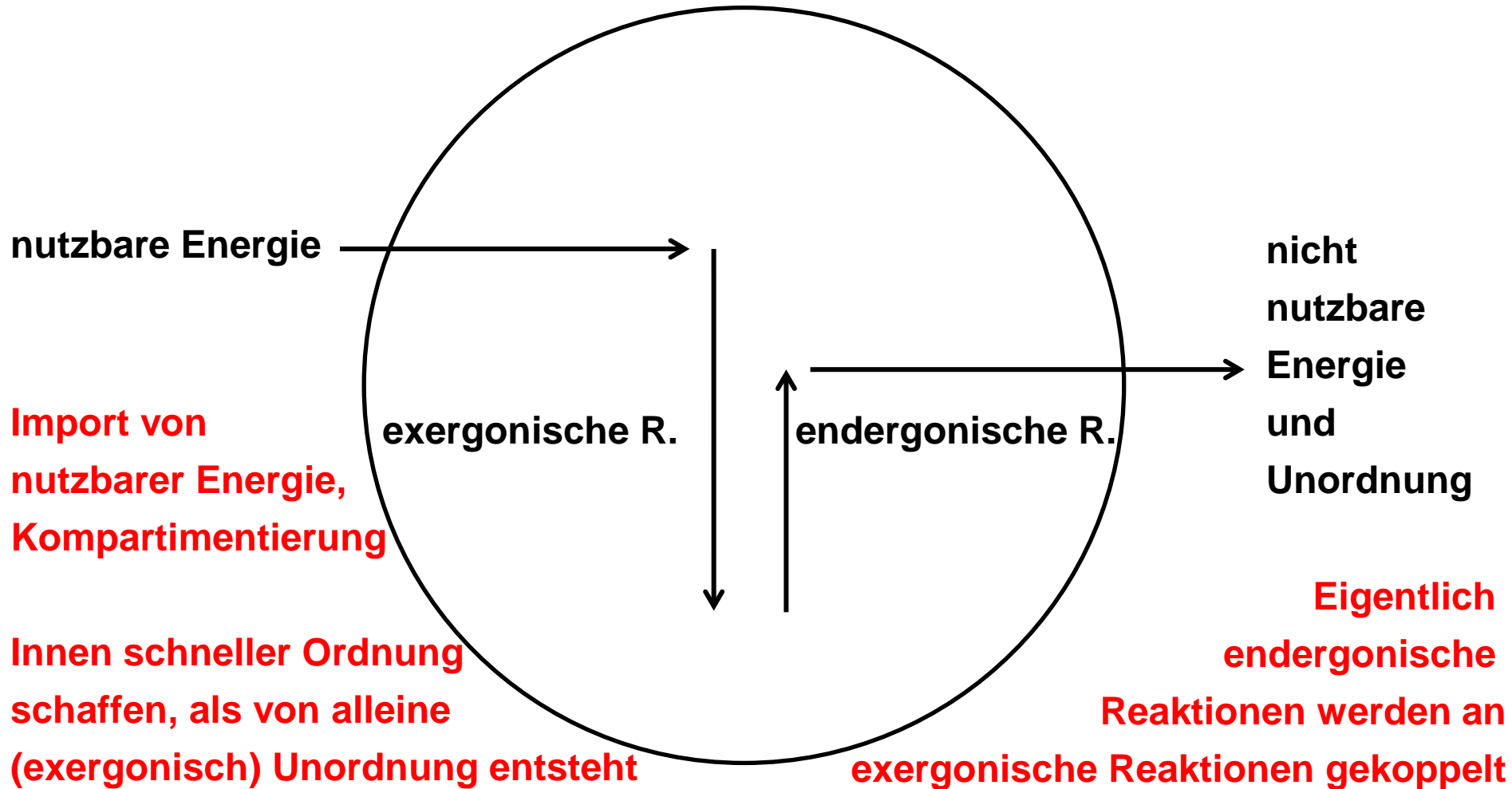


exergonische Reaktion → Unordnung

Organismen müssen energetische offene Systeme sein



Organismen müssen energetisch offene Systeme sein



Theoretische Überlegungen

2) Reproduktion

Leben: dynamische, geordnete, komplexe Struktur.

Problem: Zeit, Unordnung.

Reproduktion: Quantitative Zunahme vererbbarer Einheiten (mit Varianten): Population.

Tod: quantitative Abnahme vererbbarer Einheiten.

→ Selektion (Evolution)

Einheit: Molekül oder mehr

Kompartimentierung, Energiestoffwechsel.

Theoretische Überlegungen

3) Stoffwechsel

Aufbau von Biomasse

(Energieträger)

Komplexität

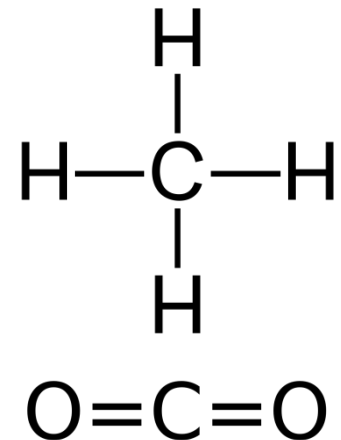
Kohlenstoffchemie:

4 Bindungen

8 Oxidationsstufen (-IV bis +IV)

C-C-Bindungen

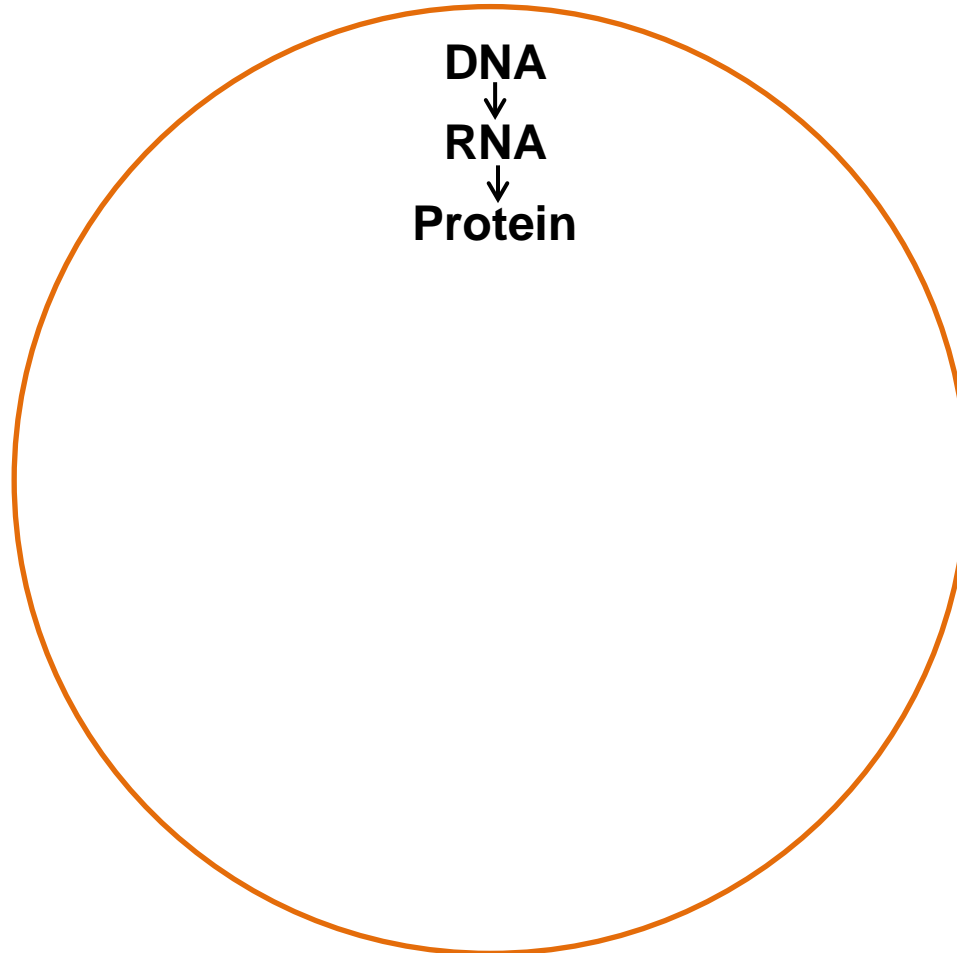
C-Element-Bindungen (funktionelle Gruppen)



Moderne Zellen

Kompartimentiert: Plasmamembran aus Lipiden

**Genetisches System: Informationsträger DNA, genetischer Code,
Vererbungs-Einheit Zelle**

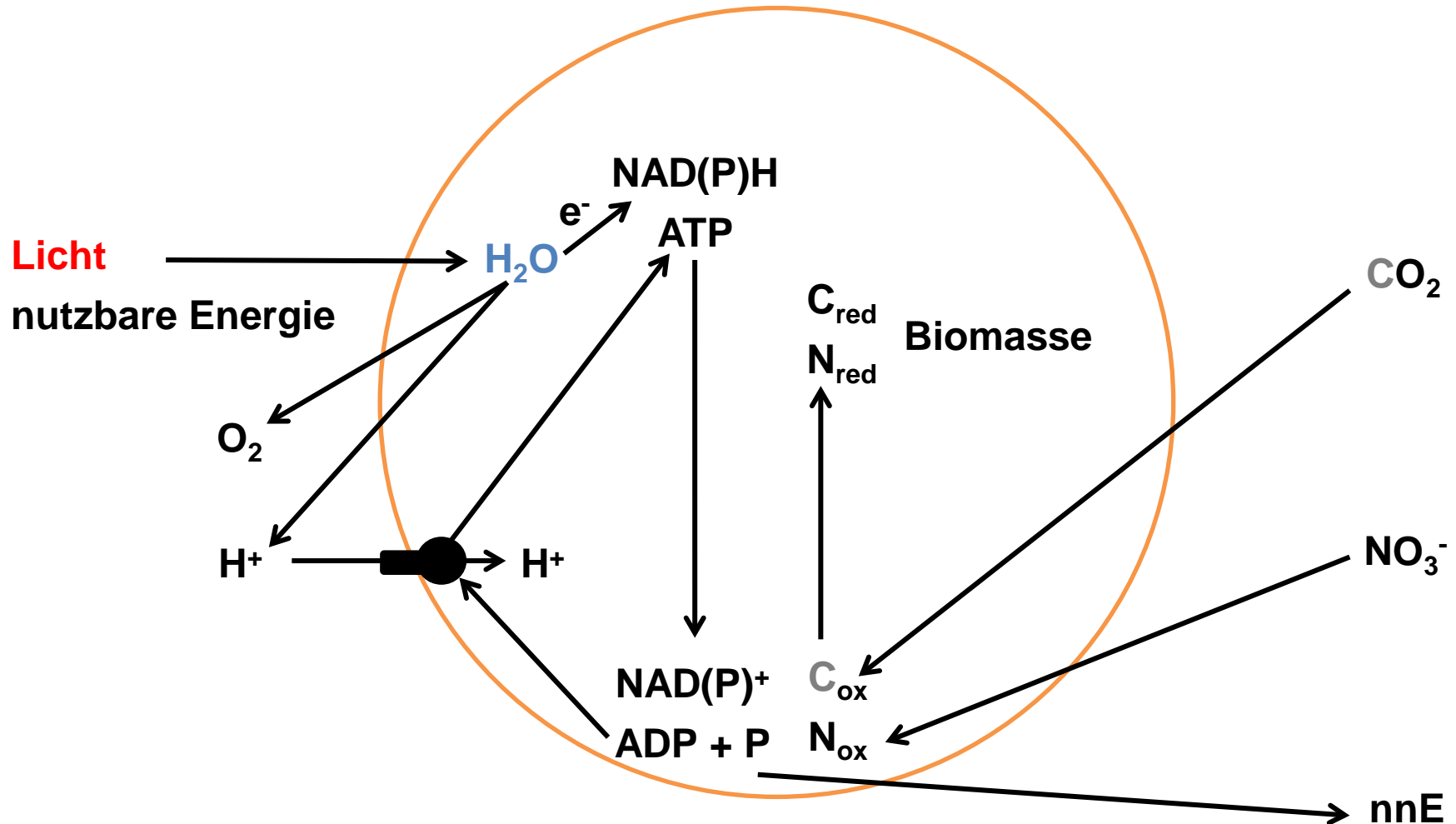


Cyanobakterien, Algen, Landpflanzen

photo-hydro (litho)-auto-troph

seit ca. 2500 Mio Jahren

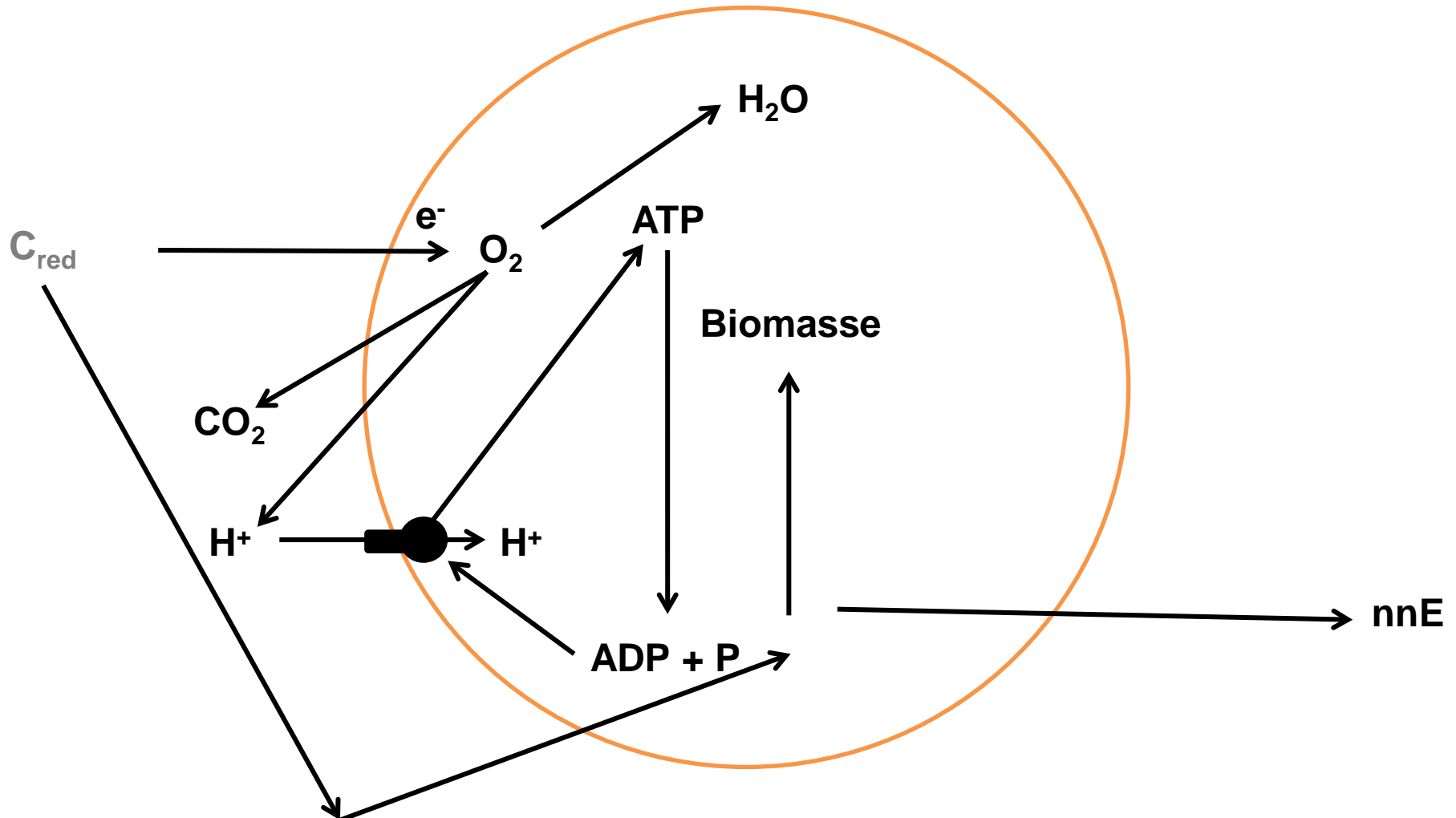
51 000 000 Mio kg Kohlenstoff/Jahr = 51×10^{12} kg C/Jahr = 51 Tera kg C/Jahr



viele Bakterien, Pilze, Tiere

chemo-organo-hetero-troph

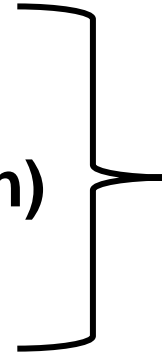
Zellatmung



Energiestoffwechsel

Reproduktion (mit Evolution)

Stoffwechsel



Kompartimentiert

kompartimentiert mit Lipid-Biomembran (Fettsäuren?)

chemiosmotischer Gradient, ATP-Synthase

RNA oder DNA 600-1000 Gene, genetischer Code, Ribosomen

thermophil oder hyperthermophil

anaerob

autotroph (Acetyl-CoA-Weg, $4 \text{ H}_2 + 2 \text{ CO}_2 \rightarrow \text{Essigsäure} + 2 \text{ H}_2\text{O}$)

Katalyse mit Enzymen (FeS-Cluster, Coenzyme)

Last Universal Common Ancestor

genetisches System?

Katalyse mit anorganischen FeS-Clustern

Acetyl-Phosphat

chemieosmotischer Gradient

Autotroph (präbiotische Chemie als Startermoleküle)

Kompartimentiert: anorganische Eisen-Oxy-Hydroxide \rightarrow minerobiolization

Geologie: alkalische Hydrothermalquelle, ca. 120°C, pH 11, H_2 , CO_2

Präbiotische Chemie: Aminosäuren, (Ribose, Nukleoside)



Quellen:

Gargaud M, Martin H, López-García P, Montmerle T, Pascal R (2012)
Young Sun, Early Earth and the Origins of Life. Lessons for Astrobiology
Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Martin WF, Sousa FL, Lane N (2014)
Energy at life's origin.
Analysis of the bioenergetics of primitive organisms suggests that life began at hydrothermal vents
Science 344, 1092-1093

Weiss MC, Preiner M, Xavier JC, Zimorski V, Martin WF (2018)
The last universal common ancestor between ancient Earth chemistry and the onset of genetics.
PLOS Genetics 14, e1007518

Szostak, J (2018)
How did life begin?
Nature 557

Russel MJ (2018)
Green Rust: the simple organizing 'seed' of all life?
Life 8, 35, doi: 10.3390

Lane, N (2017)
Proton gradients at the origin of life.
Bioessays 39, 6, 1600217