

Unsere Zukunft und das Leben im Universum

– Erde, Exoplaneten & Leben –

– Kann der Mensch dem Leben neue Welten eröffnen? –

Claudius Gros

Institut für Theoretische Physik, Goethe Universität Frankfurt

Forschung: [kognitive & komplexe Systeme](#)

Startup: [FindFiles.net](#)

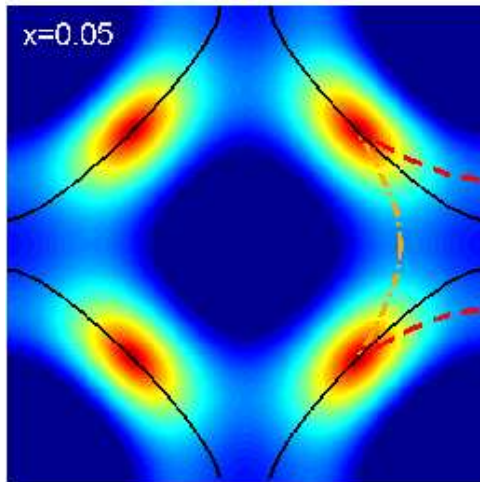
Zukunft: [Verein Zukunft 25](#)

Milliarden Jahre des Lebens _____

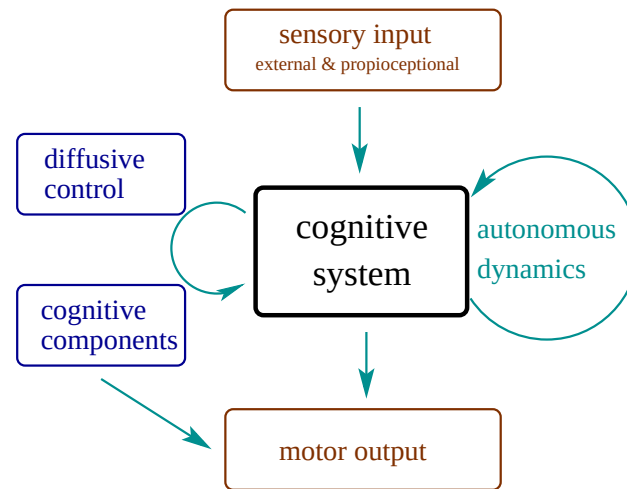
- Über mich - wer spricht zu Ihnen?
- “Philosophischer Cocktail” zu uns in der Milchstraße
 - Drake Gleichung – Fermi Paradox – Gott Prinzip –
- Habitable Zonen - wo Leben lebt
 - galaktisch & solar –
- Leben auf der Erde - unbekannte Zeitskalen
 - große Oxidierung – Schneeball Erde – kambrische Explosion –
- Exoplaneten - eine Vielfalt an Perspektiven
 - temporär habitabel – Zeitskalen – neue Lebenswelten –

Man lebt nur einmal

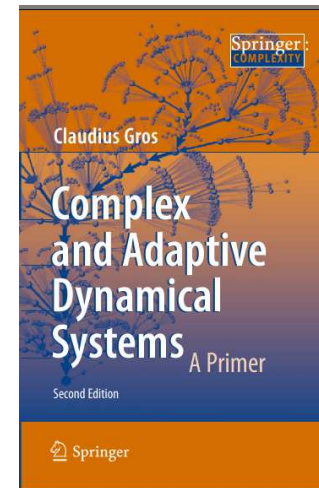
theoretische Physik – kognitive Systeme – komplexe Systeme



Hochtemperatur-
Supraleiter



biologische / künstliche
Intelligenzen



Lehrbuch:
Complex and Adaptive
Dynamical Systems

langfristige Zukunft

Verein Zukunft 25

<http://verein.zukunft25.de>

FindFiles.net: Dateisuche im Internet

Milliarden von öffentlichen Dateien im Internet

mid Steuerungsdateien für Musikinstrumente

apk Apps für Android Telefone

sgf Go (Spiel) Partien

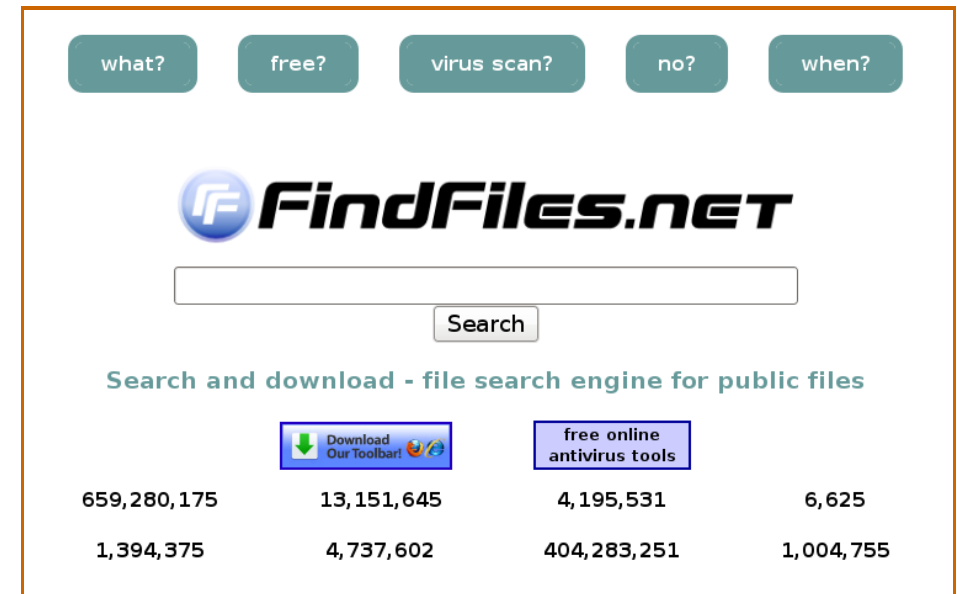
⋮

pdf Adobe Text Dateien

mp3 Musik, Hörbücher, Radiosendungen, ...

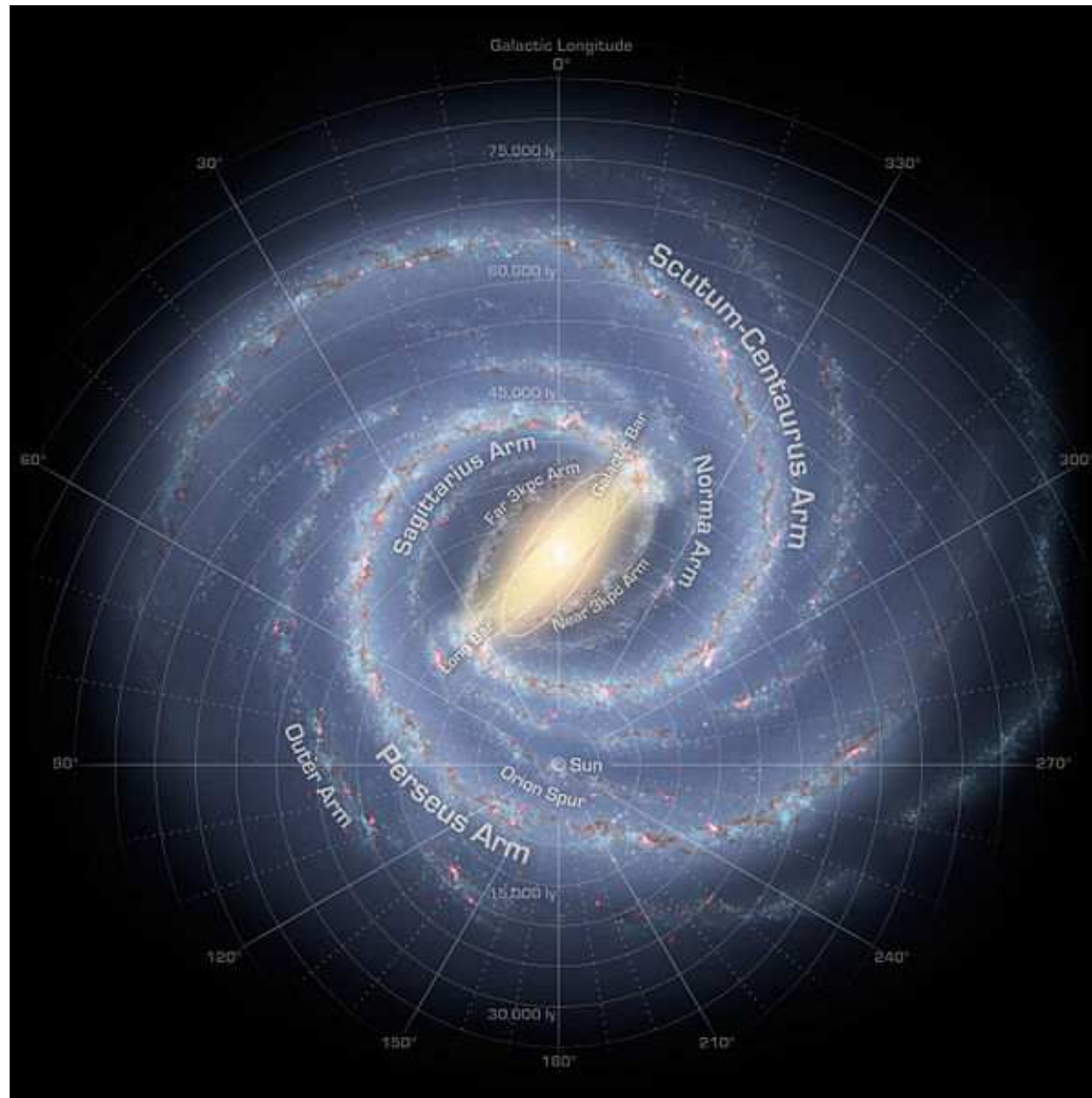
Dateisuchmaschine

FindFiles.net



<http://www.findfiles.net>

Wir in der Milchstraße



[Wikipedia]

Milliarden Jahre des Lebens _____

- Über mich - wer spricht zu Ihnen?
- “Philosophischer Cocktail” zu uns in der Milchstraße
 - Drake Gleichung – Fermi Paradox – Gott Prinzip –
- Habitable Zonen - wo Leben lebt
 - galaktisch & solar –
- Leben auf der Erde - unbekannte Zeitskalen
 - große Oxidierung – Schneeball Erde – kambrische Explosion –
- Exoplaneten - eine Vielfalt an Perspektiven
 - temporär habitabel – Zeitskalen – neue Lebenswelten –

Intelligentes Leben in der Milchstraße _____

Ein philosophischer Cocktail: Drake Gleichung

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_\ell \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N Anzahl technologischer Zivilisationen

R^* Anzahl neuer Sterne pro Jahr

f_p Anteil von Sternen mit Planeten

n_e Anteil von Planeten in habitablen Zonen

f_ℓ Anteil habitabler Planeten mit Leben

f_i Anteil planetarer Ökosysteme mit Zivilisationen

f_c Anteil technologischer Zivilisationen

L Lebensdauer technologischer Zivilisationen

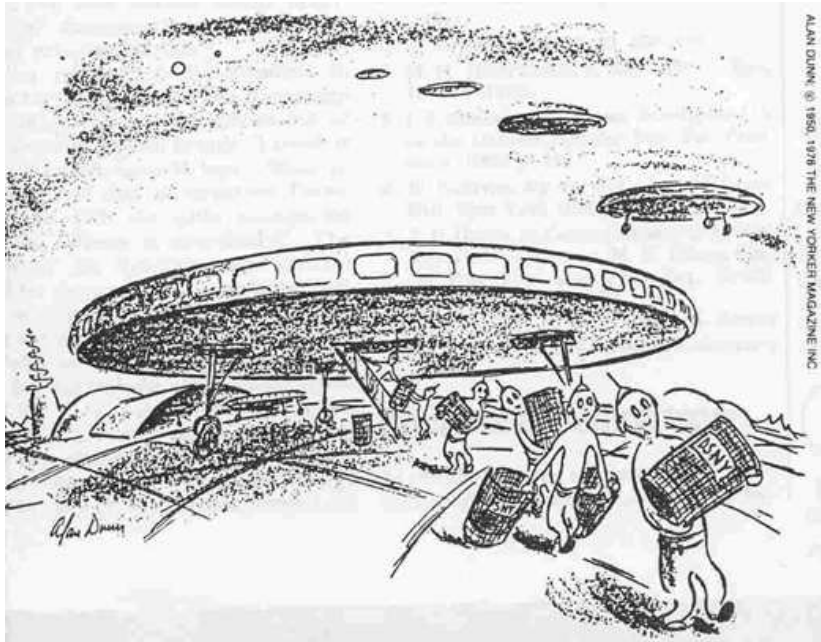
... fast alle Größen unbekannt

Intelligentes Leben in der Milchstraße _____

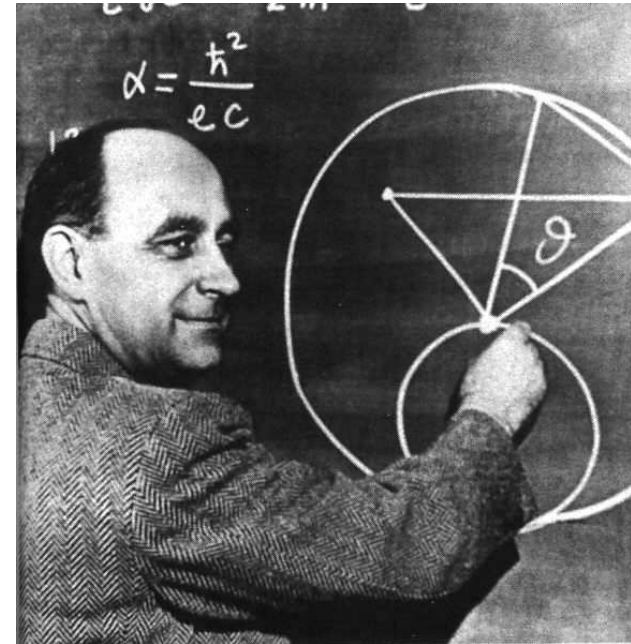
Ein philosophischer Cocktail: **Fermi Paradox**

zwei Dinge passierten im Jahre 1950

- ▷ Abfallkörbe verschwanden mysteriös aus dem Central Park
- ▷ es wurde ein Ufo über New York gesichtet



The New Yorker, 1950



Enrico Fermi

“Wo sind sie alle?”

Das Gott Prinzip

Kopernikanisches Prinzip: Wir sind statistischer Durchschnitt



Beobachtung:

Bäume sind 200-300 Jahre alt

Frage:

Wie alt werden die Bäume?

Beobachtung:

Menscheit ist 10^4 (10^6) Jahre alt

Frage:

Wie alt wird die Menscheit?

⇒ Menscheit wird es (bald) nicht mehr geben

J.R. Gott III (Nature '93)

Milliarden Jahre des Lebens _____

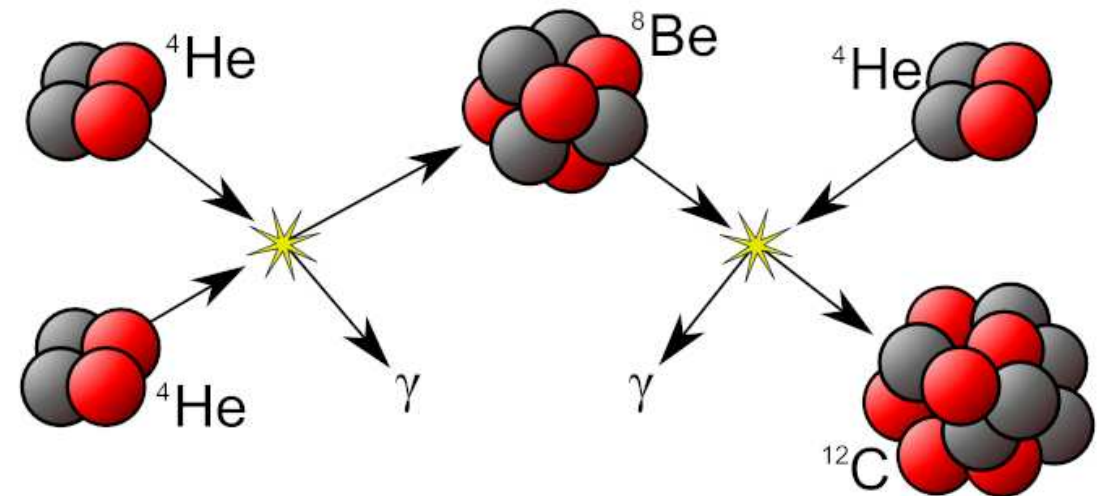
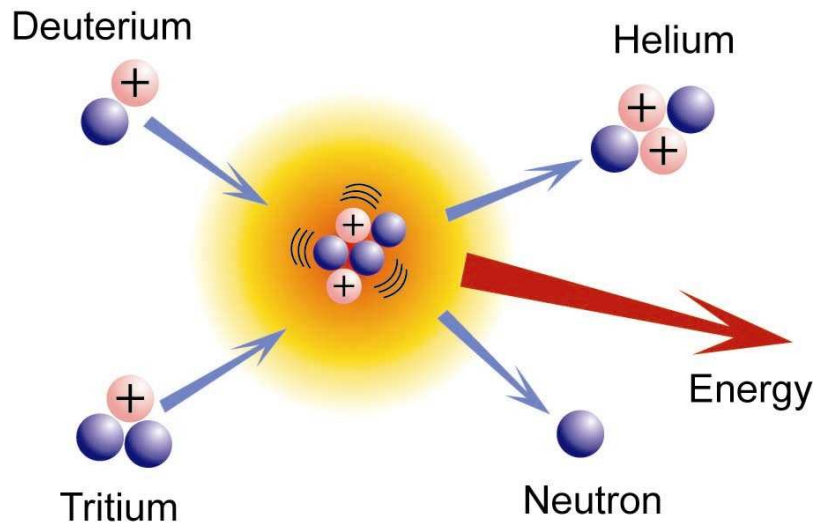
- Über mich - wer spricht zu Ihnen?
- “Philosophischer Cocktail” zu uns in der Milchstraße
 - Drake Gleichung – Fermi Paradox – Gott Prinzip –
- Habitable Zonen - wo Leben lebt
 - galaktisch & solar –
- Leben auf der Erde - unbekannte Zeitskalen
 - große Oxidierung – Schneeball Erde – kambrische Explosion –
- Exoplaneten - eine Vielfalt an Perspektiven
 - temporär habitabel – Zeitskalen – neue Lebenswelten –

Leben braucht flüssiges Wasser

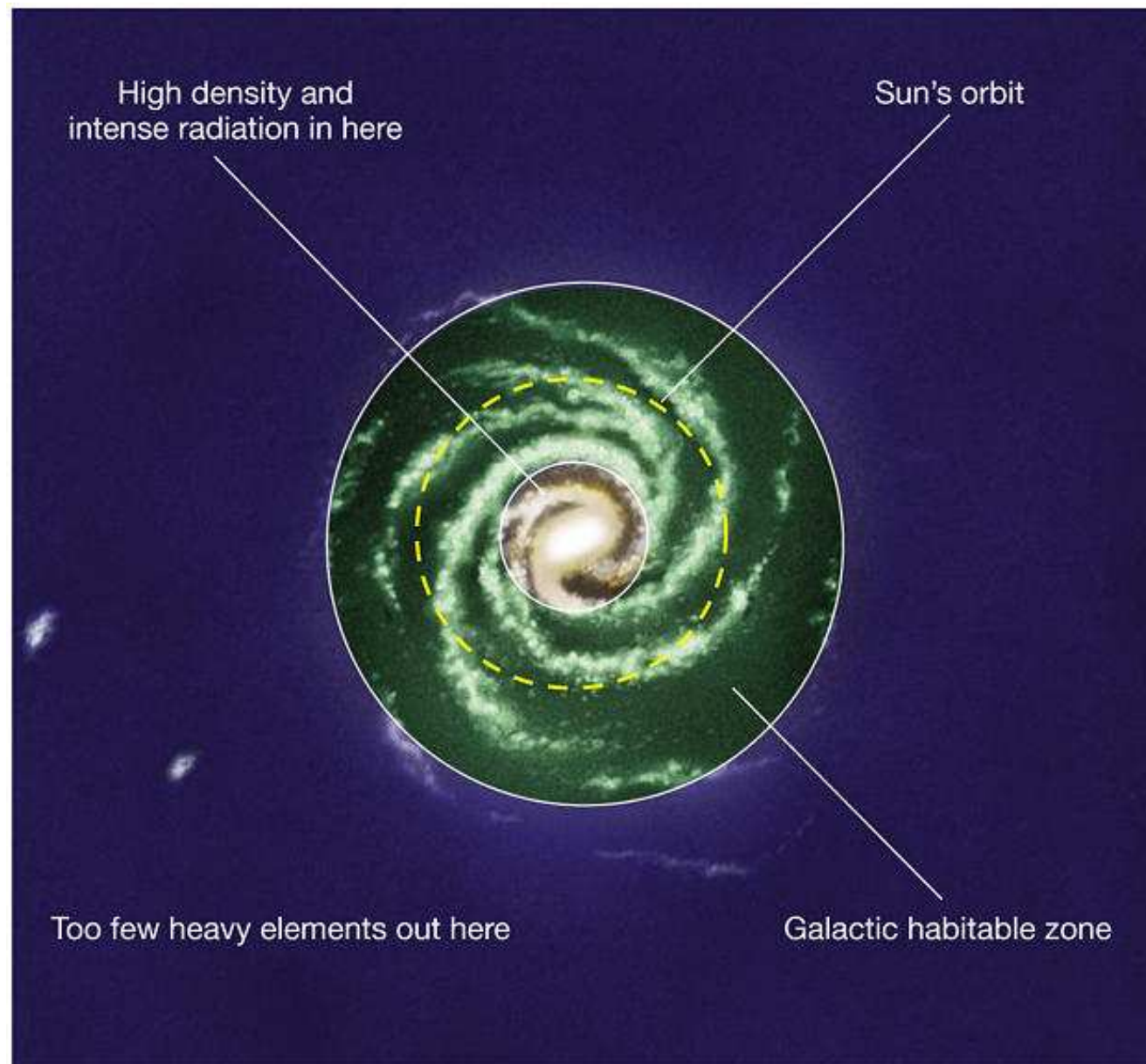
Kohlenstoff Basis

Kein Wasser ohne Planeten

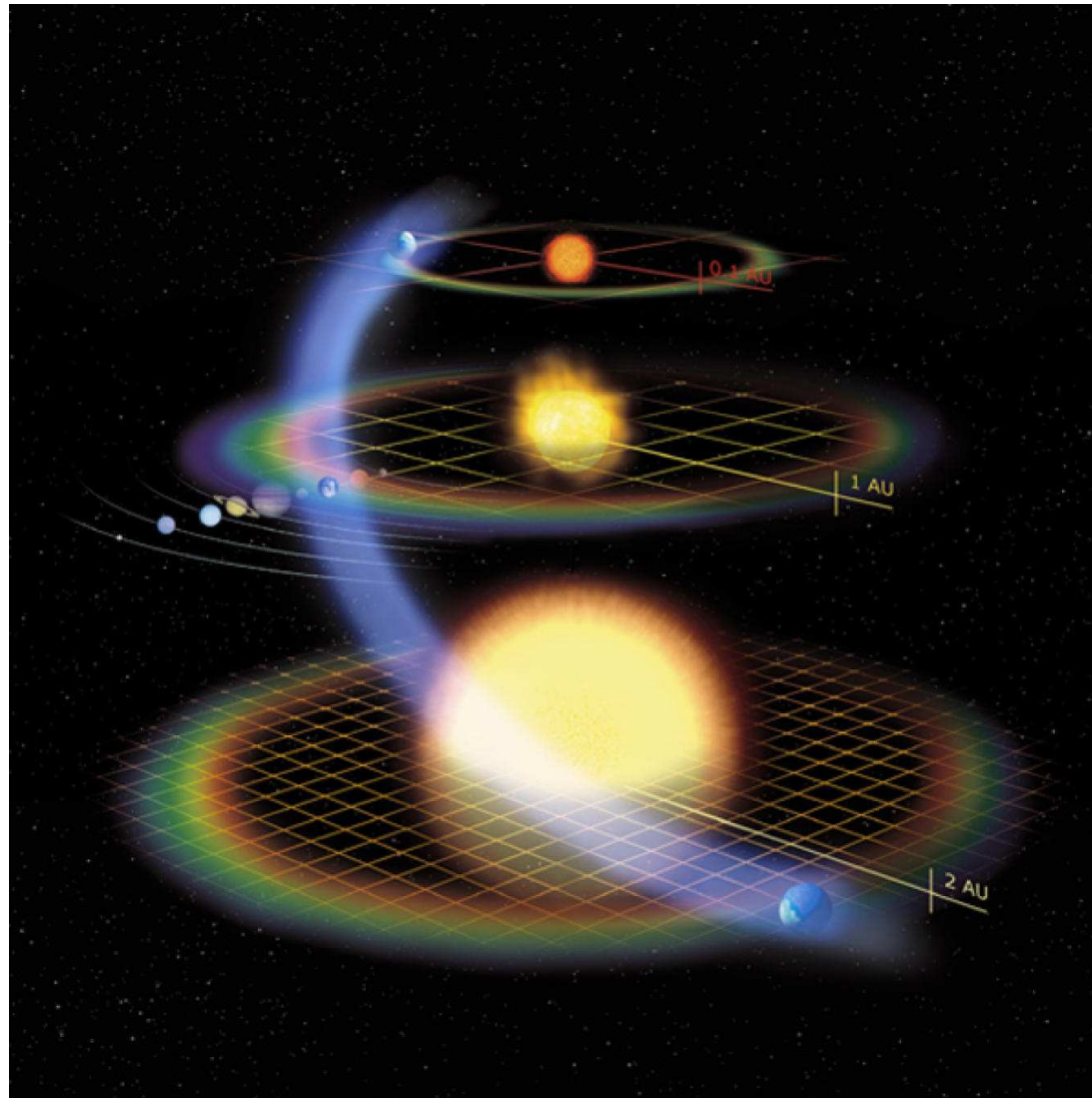
... keine Planeten ohne schwere Elemente



Zone des Lebens in der Milchstraße _____



Zonen des Lebens in Sonnensystemen _____



[Orbiting Frog]

Elemente des Lebens

Z		Element	Universum	Erdkruste	Mensch
1	H	Wasserstoff	73.9%	0.1%	10%
2	He	Helium	24.0%		
8	O	Sauerstoff	1.0%	46.0%	65%
6	C	Kohlenstoff	0.5%	0.03%	18%
26	Fe	Eisen	0.1%	5.0%	<0.05%
7	N	Stickstoff	0.1%	0.005%	3%
14	Si	Silizium	0.07%	27.7%	
12	Mg	Magnesium	0.06%	0.1%	0.05%
16	S	Schwefel	0.04%	0.05%	0.2%

Mensch Ca: 1.5%, P: 1.2%, Ka: 0.2%, Cl: 0.2%, Na: 0.1%
 Erde Fe: 32%, O: 30%, Si: 15%, Mg: 14%

... in Hülle und Fülle

Cocktail des Lebens

Leben braucht

flüssiges Wasser

habitable Zonen – Exoplaneten



schwere Elemente

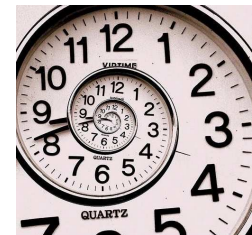
universell vorhanden – planetare Entwicklung

geologische Prozesse – Biosphäre



Zeit

geologische Prozesse – Evolution

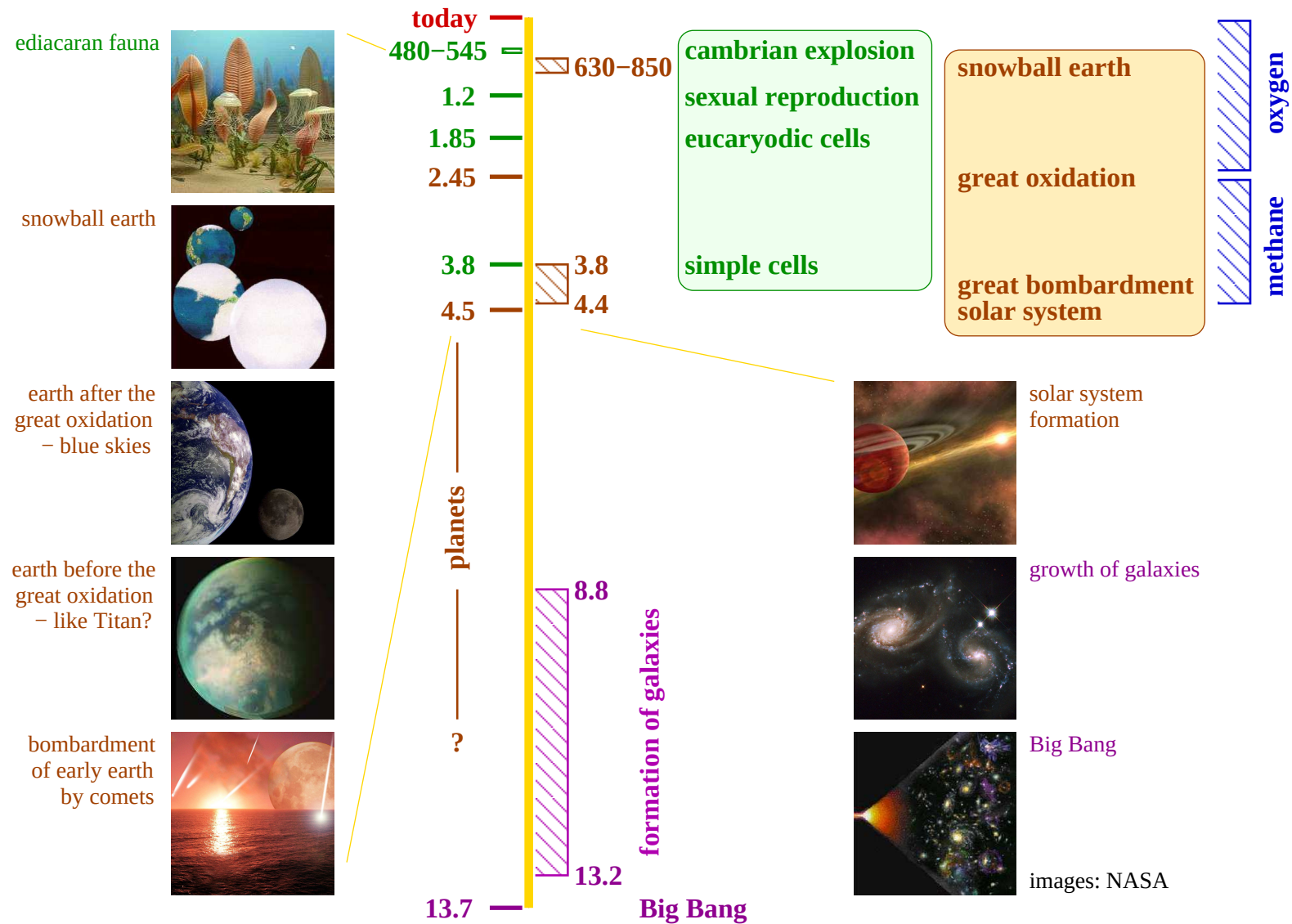


Wieviel Zeit braucht Leben?

Milliarden Jahre des Lebens _____

- Über mich - wer spricht zu Ihnen?
- “Philosophischer Cocktail” zu uns in der Milchstraße
 - Drake Gleichung – Fermi Paradox – Gott Prinzip –
- Habitable Zonen - wo Leben lebt
 - galaktisch & solar –
- **Leben auf der Erde - unbekannte Zeitskalen**
 - große Oxidierung – Schneeball Erde – kambrische Explosion –
- Exoplaneten - eine Vielfalt an Perspektiven
 - temporär habitabel – Zeitskalen – neue Lebenswelten –

Die Erde und davor



... unbekannte Zeitskalen

Fiel das Wasser vom Himmel? _____

3.8-4.4: “das große Bombardement”

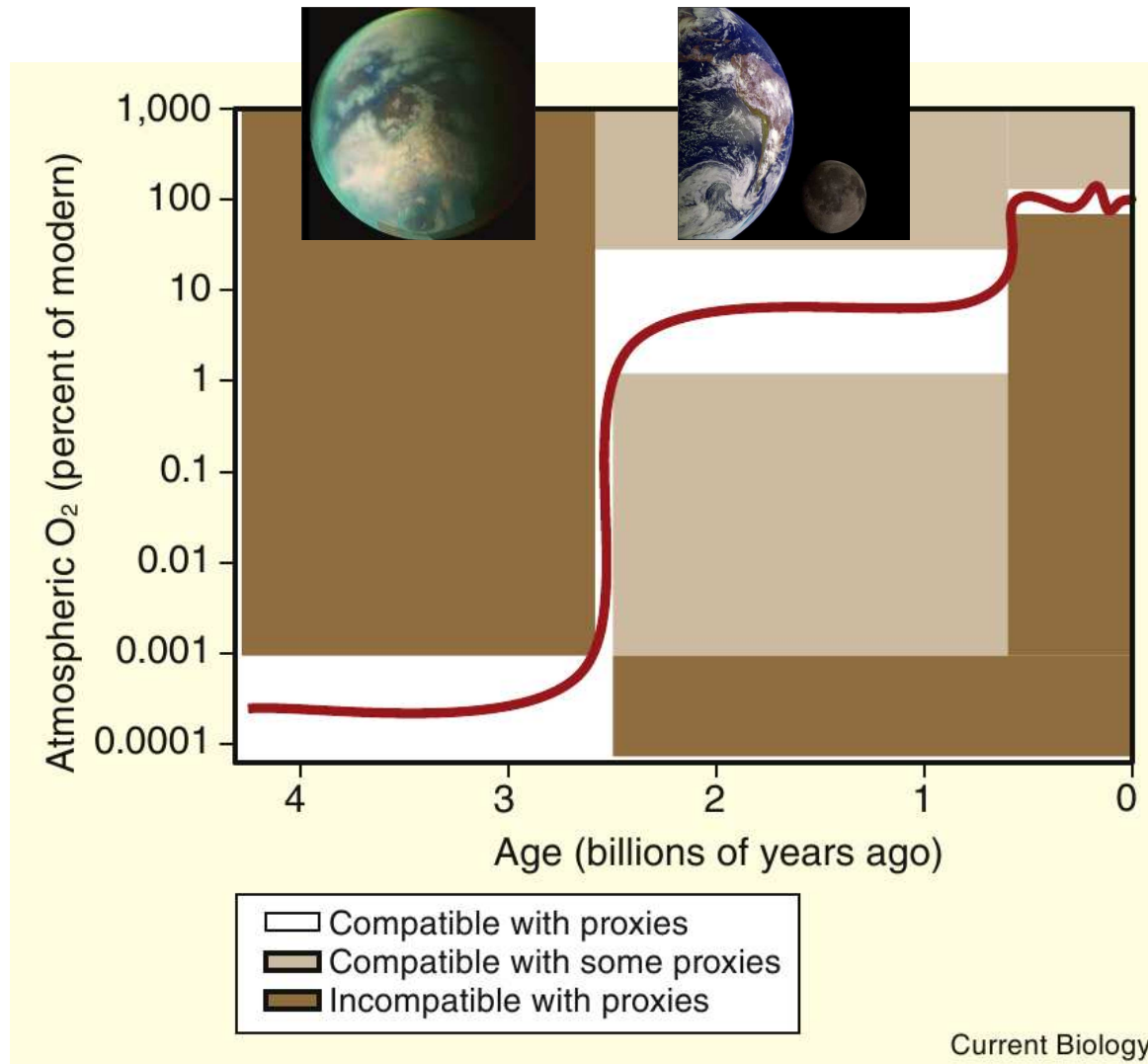


[D. Aguilar]

... kam das Wasser durch Kometen auf die Erde?

Die große Oxidierung

2.45: starker Anstieg des Sauerstoffgehalts in der Atmosphäre



kein Eisen mehr da?
– zum Oxidieren

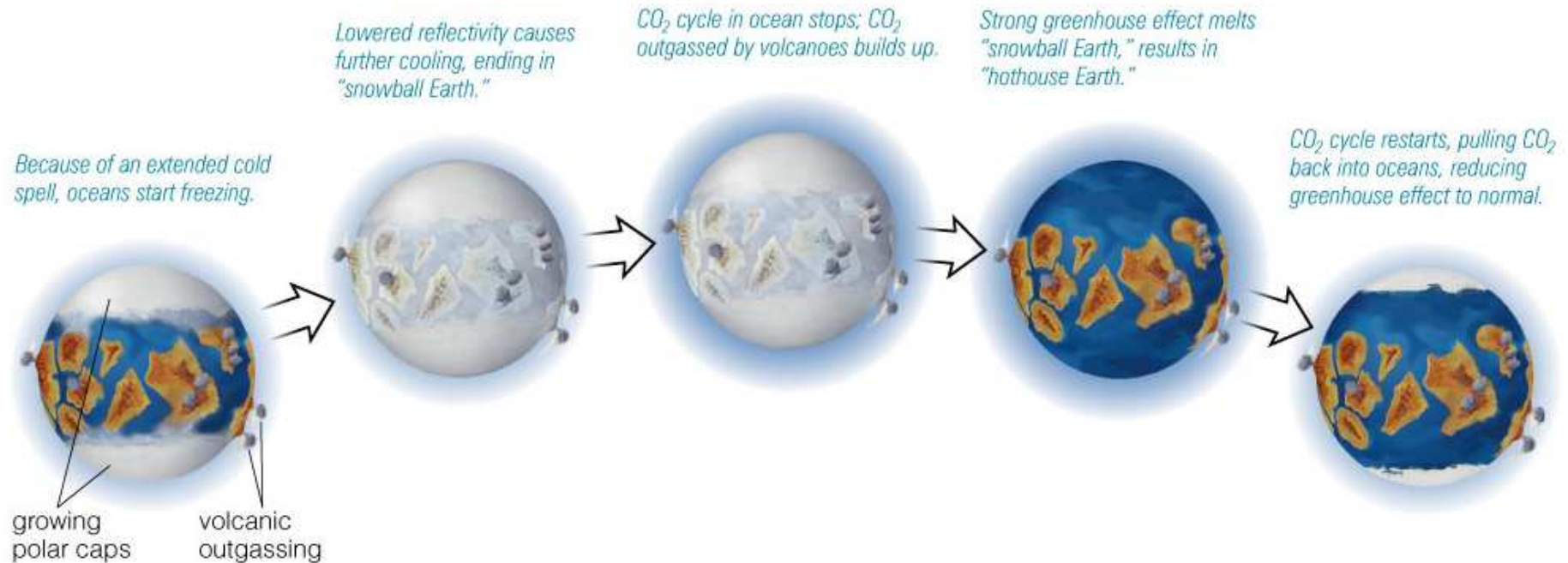
Plattentektonik aktiviert?
– Ozeanboden als
Kohlenstoffsенke

Folgen:
– Methan (CH_4) eliminiert
– Schneeball-Erde

[A.L. Sessions, Current Biology '09]

Schneeball-Erde

nach der großen Oxidierung (2.45) wurde es kälter



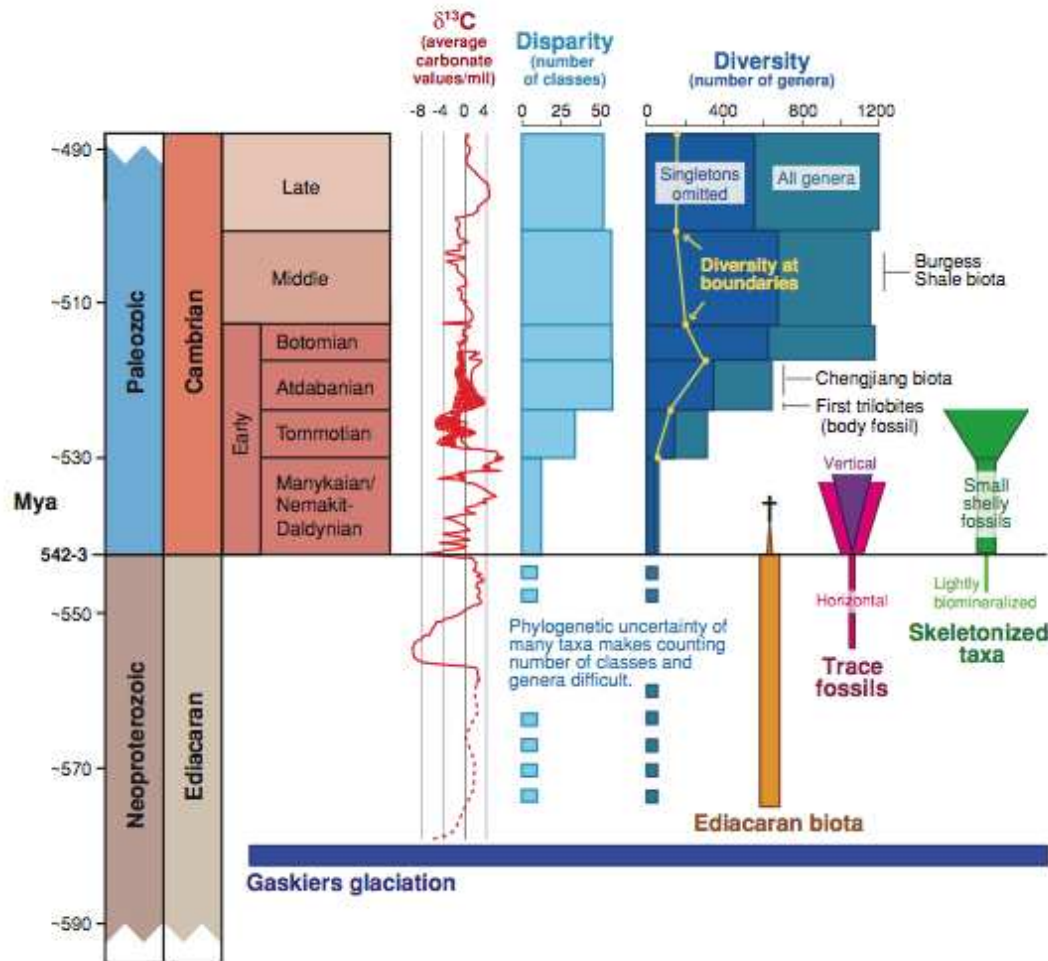
© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

[climategate]

– 100-300 Millionen Jahre – CO₂ Anstieg (Vulkane) –

Kambrische Explosion

480-545: starker Anstieg der Artenvielfalt - Landfauna



mögliche Gründe

- Anstieg der Sauerstoff-Konzentration : Ozon (O_3)
- Schneeball-Erde
- Entwicklung der Augen

[Marshall '06]

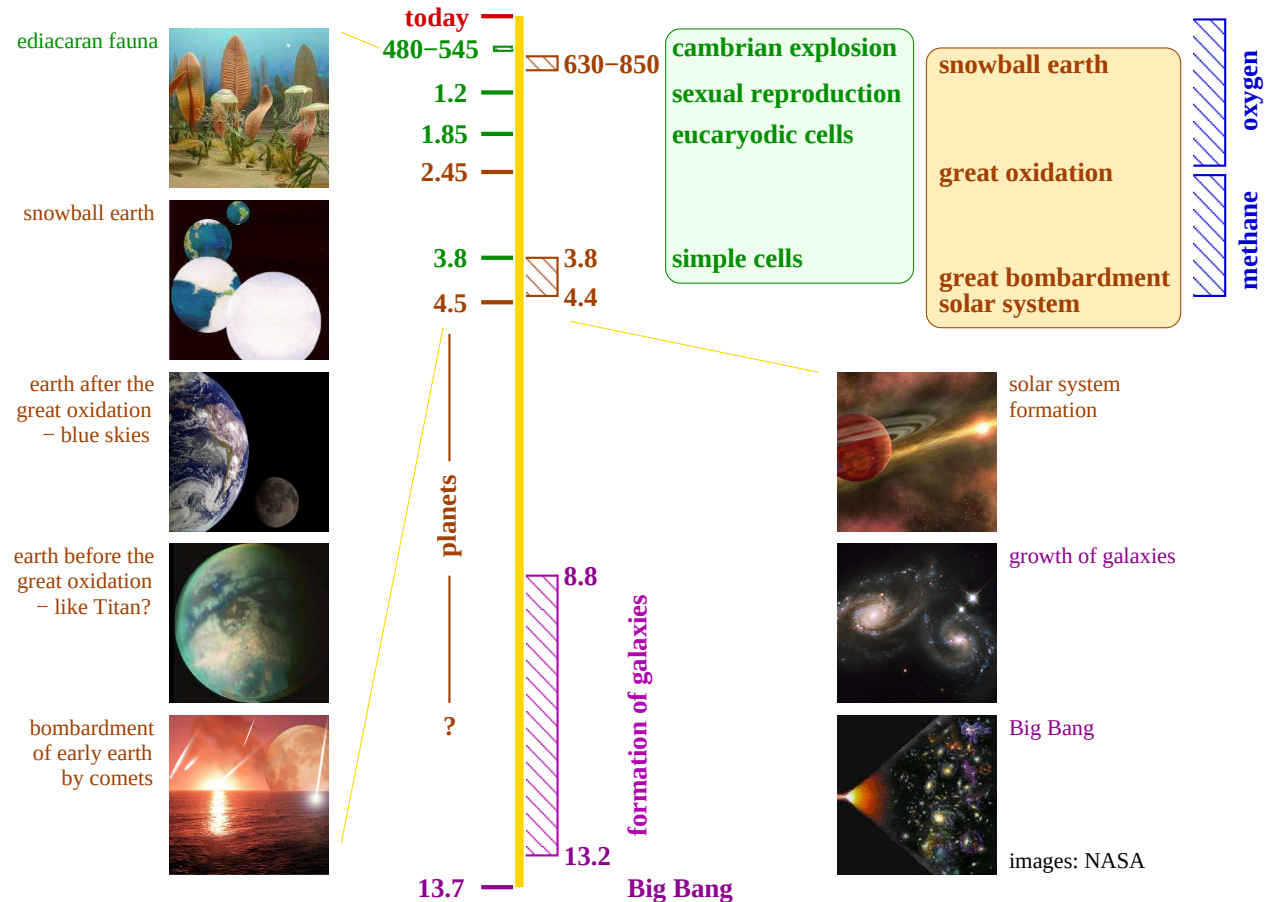
Zeitskalen des Lebens

Frage

war die Entwicklung des Lebens auf der Erde
schnell oder langsam?

Antwort

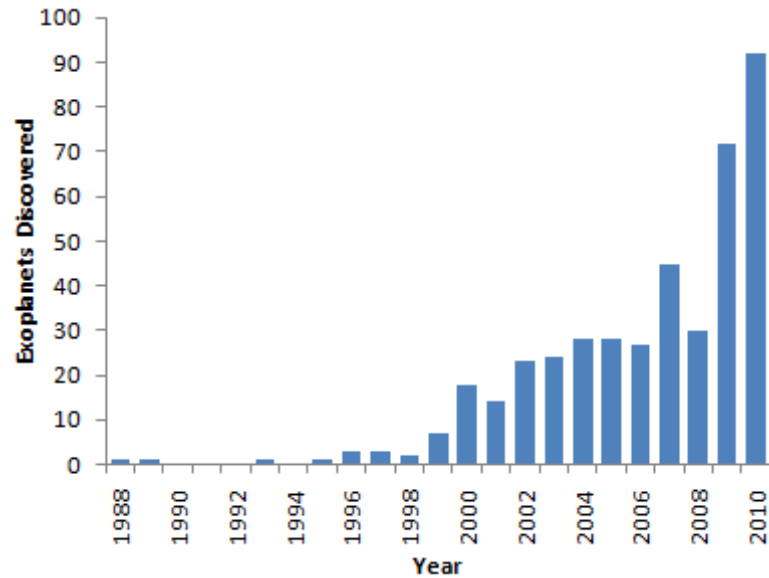
wir wissen es nicht



Milliarden Jahre des Lebens _____

- Über mich - wer spricht zu Ihnen?
- “Philosophischer Cocktail” zu uns in der Milchstraße
 - Drake Gleichung – Fermi Paradox – Gott Prinzip –
- Habitable Zonen - wo Leben lebt
 - galaktisch & solar –
- Leben auf der Erde - unbekannte Zeitskalen
 - große Oxidierung – Schneeball Erde – kambrische Explosion –
- **Exoplaneten - eine Vielfalt an Perspektiven**
 - temporär habitabel – Zeitskalen – neue Lebenswelten –

ferne Welten – Exoplaneten



Entdeckungen pro Jahr

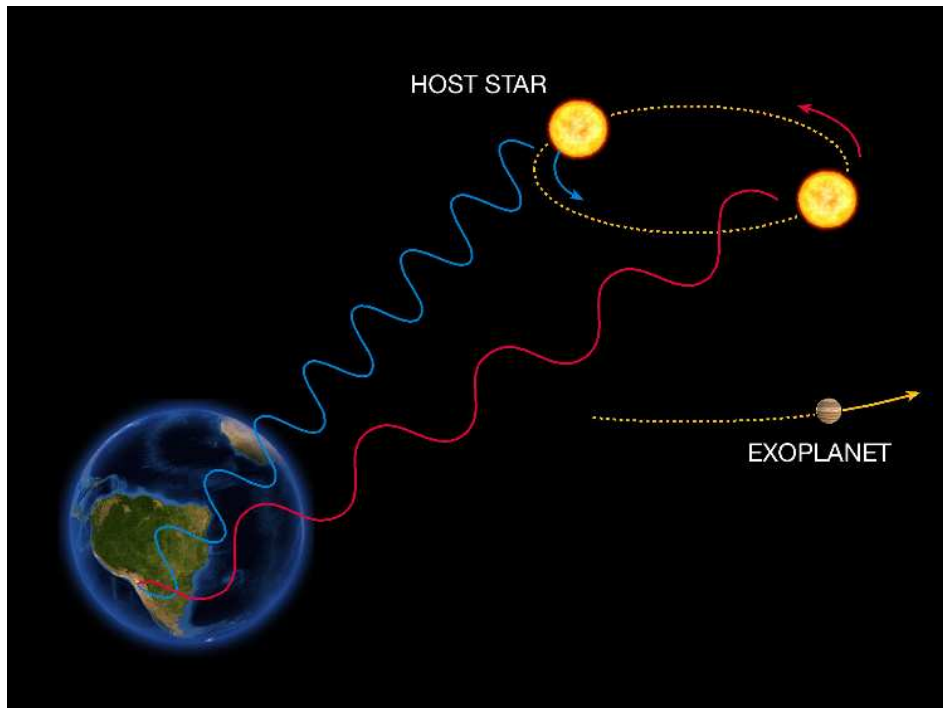


[Spaceart]

Transitmethode, Radialbewegung, ...

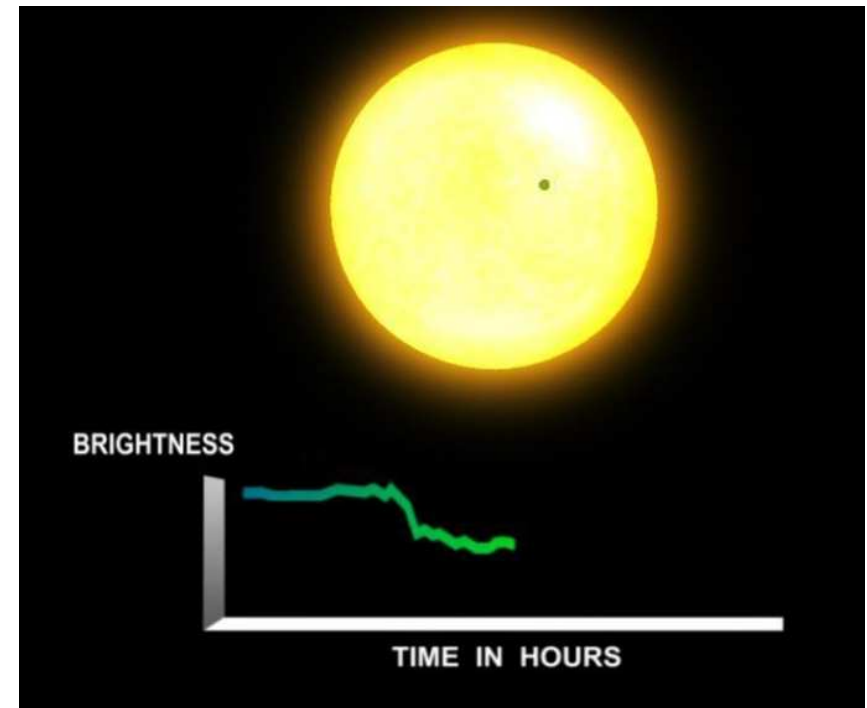
Exoplaneten - Detektionsmethoden _____

Radialbewegung



[ESO]

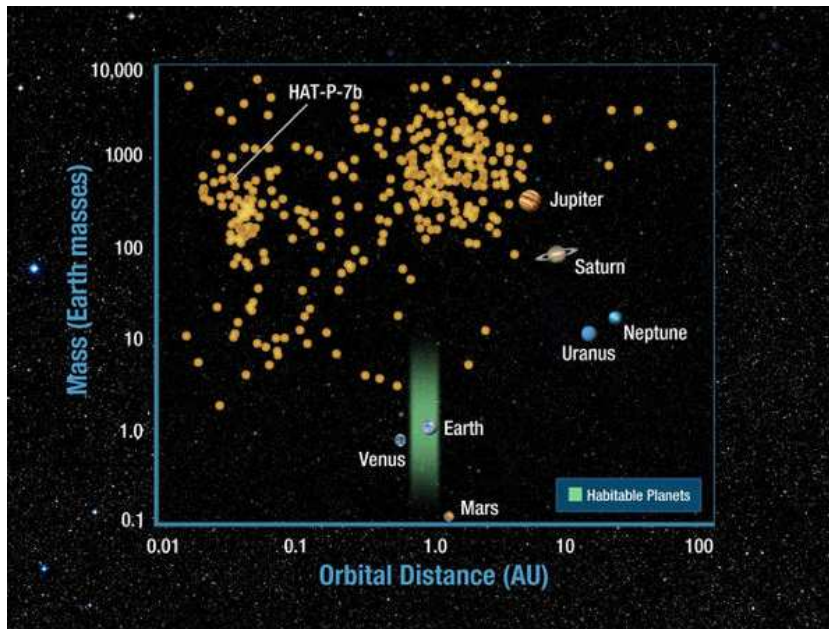
Transit, Bedeckung



[NASA]

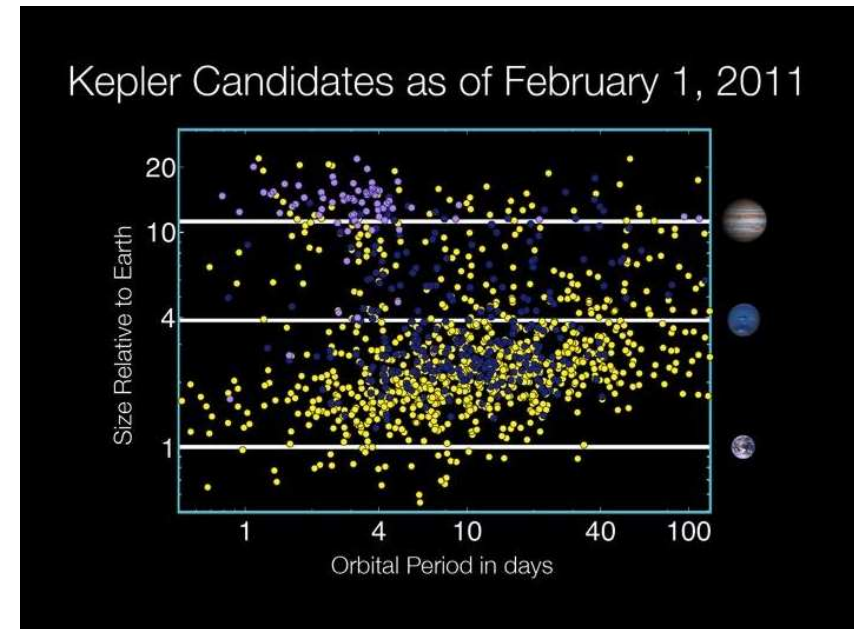
Vielfalt von Exoplaneten

Abstand zum Zentralstern
– Planetenmasse

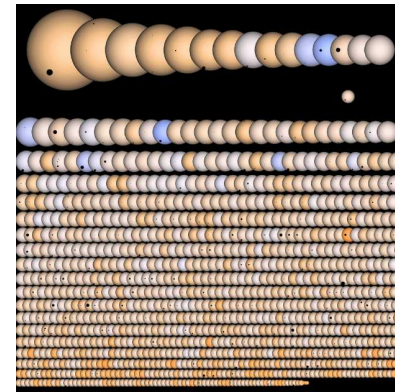


[Softpedia]

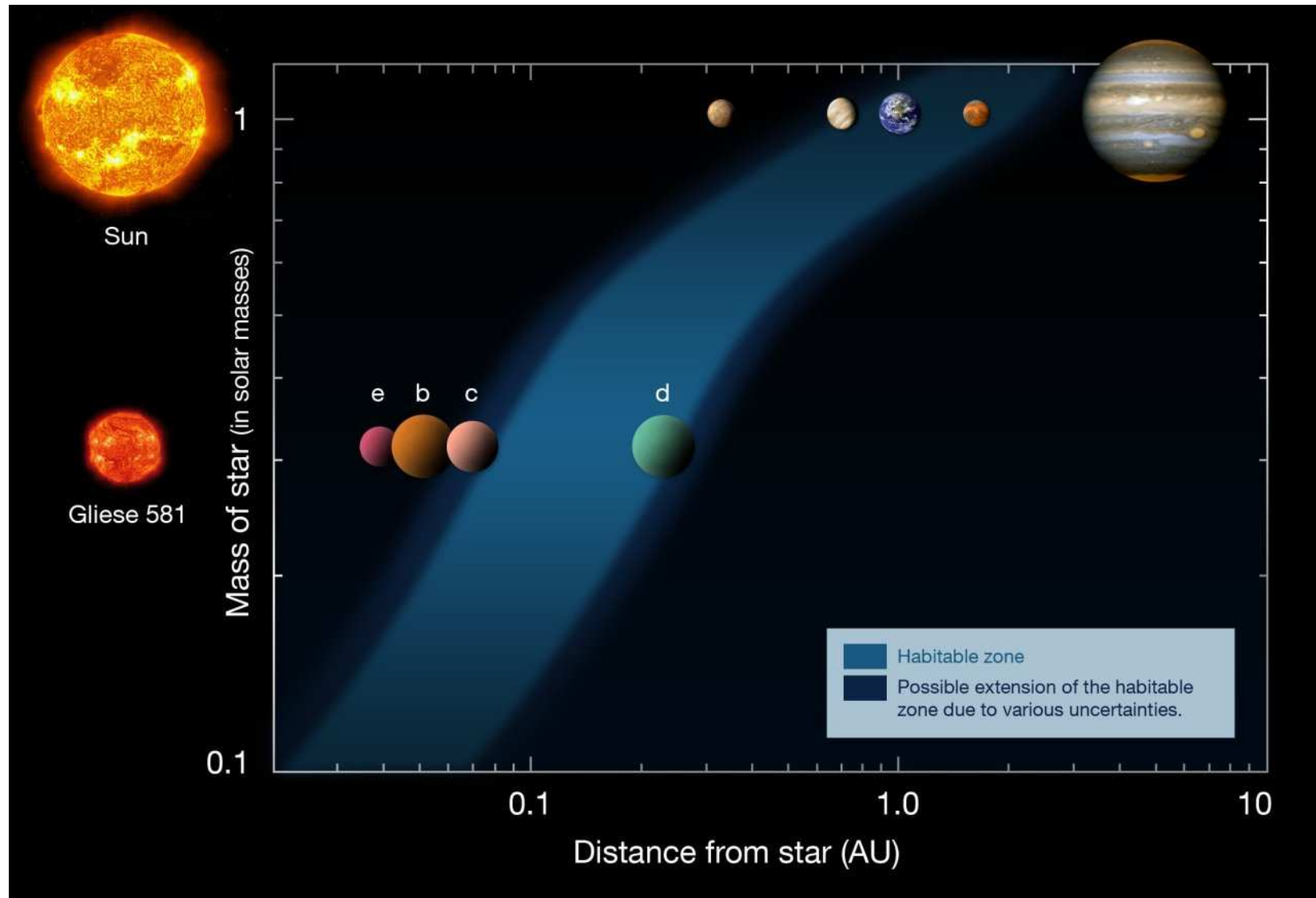
Umlaufperiode
– Planetenradius



[Nasa]



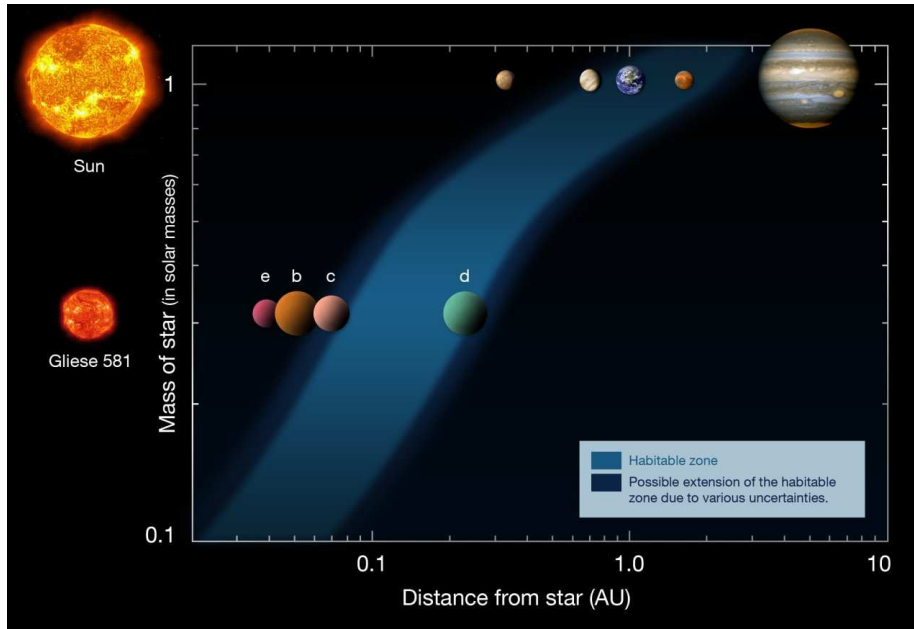
Habitable Zonen - Gliese 581



[ESO]

Gliese 581 d

in 20 Lichtjahren Entfernung



[NSF]



[ESO]

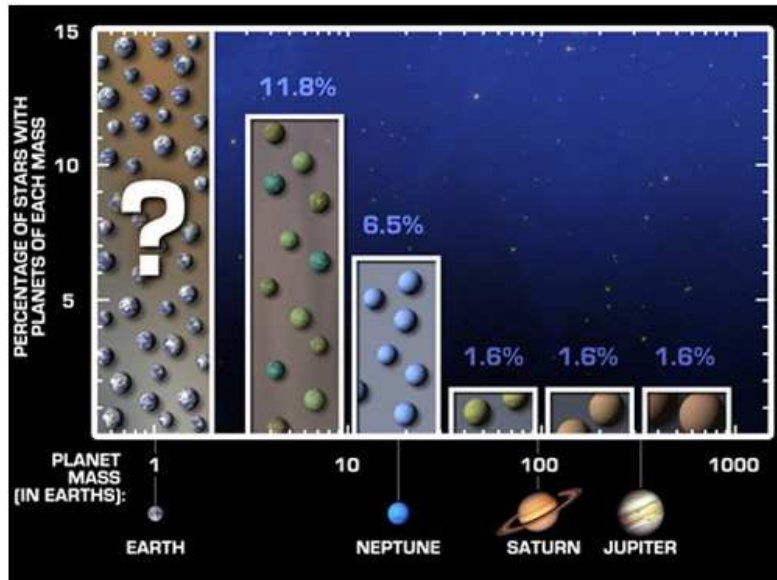
Umlaufzeit : 66 Erdtage

Masse : $7.7 \times$ Erde

habitable?

Welten wie die Erde?

Studie von 122 Sonnen-ähnlicher Sterne



25-30% aller Sonnen-ähnlicher Sterne haben Erd-ähnliche Planeten

[Harward *et al.*, Science '10; Keck]

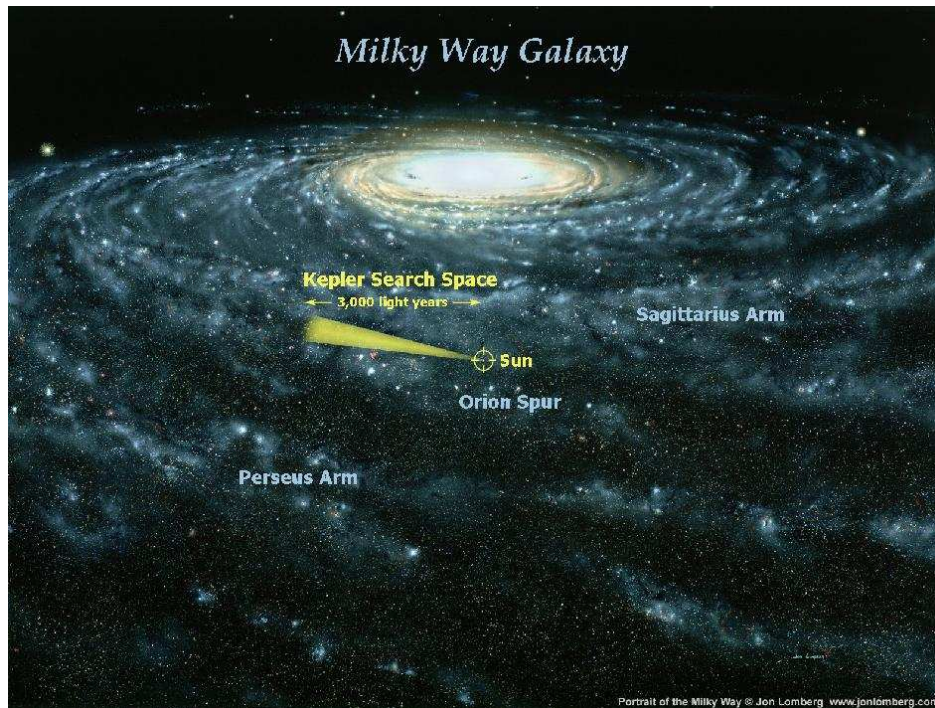
100-300 Milliarden Sterne in der Milchstraße

20% Sonnen-ähnlich
25-30% haben Gesteinsplaneten

4-18 Milliarden 'Erden'

Leben in der Milchstraße

- ▷ Welten in Überfluss - habitabel?
- ▷ Wasser & Elemente universell vorhanden
- ▷ Zeit?



[Nasa]



[Spaceart]

Vielfalt eröffnet Handlungsoptionen _____

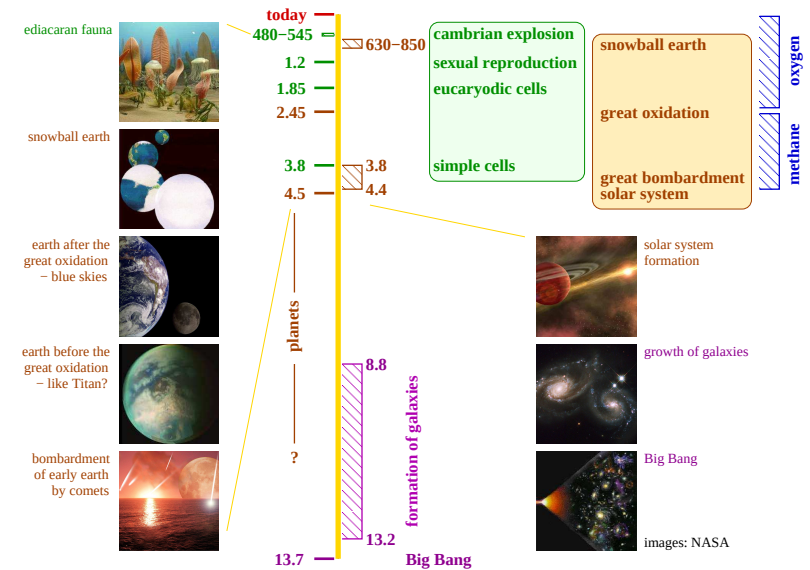


Vielfalt von Handlungsoptionen in strukturierten Umwelten

Handlungsoptionen für die Menschheit

Vielzahl an Welten – Vielzahl an Optionen

- temporär habitable Planeten
- habitable Planeten mit
 - ★ primitiven Lebensformen
: Erde für 2-4 Milliarden Jahre
 - ★ höheren Lebensformen
: Erde seit der Kambrischen Explosion



Entfaltungsmöglichkeiten für das irdische Leben auf anderen Welten – die Menschheit könnte es ermöglichen

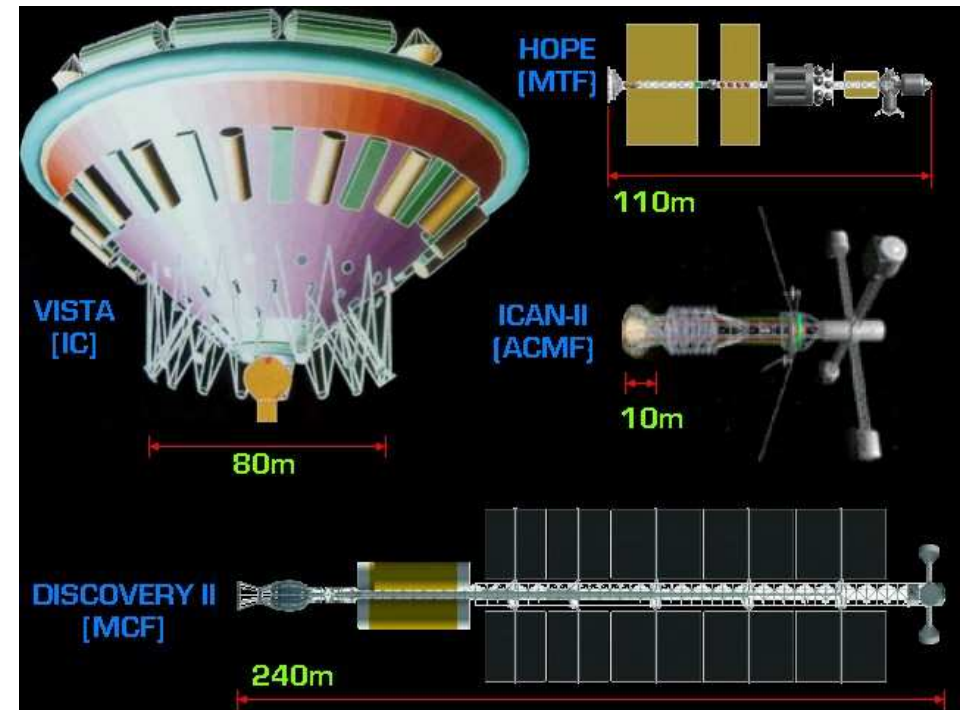
interstellare Raumfahrt ohne Menschen _____

Genesis Projekt

- * Genlabor
- * Information
- * Zeit



[Spacesaur]



[Wikipedia]

ohne
menschliche Besatzung
Generationen-Vertrag

Forschung und Zukunft

Exoplaneten

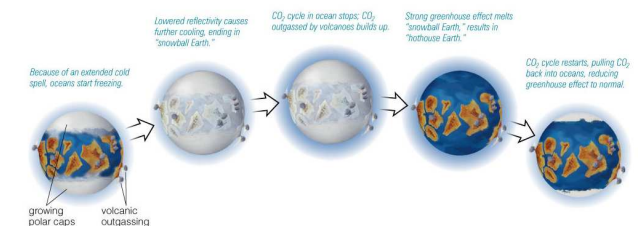
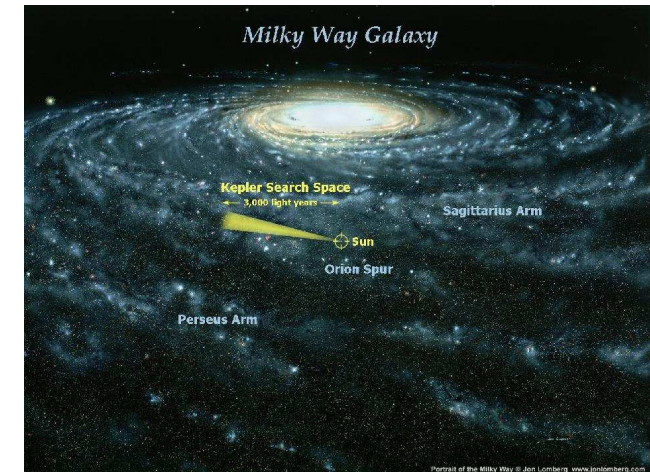
- ▷ Forschung in den Kinderschuhen
- ▷ sicher: ∃ große Vielfalt

irdisches Leben

- ▷ schnell und langsam
- ▷ geologische und biologische Entwicklungen vernetzt

unsere Zukunft

- ▷ Vielfalt eröffnet Handlungsoptionen
- ▷ eine Option: Genesis Projekt



© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley



warum?

42