

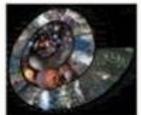
Vom Urknall bis in die ferne Zukunft des Universums

vhs

Diplom
Informatiker

Matthias
Brust-Braun

Big
History



Woher kommt der Mensch und wohin geht er?



Die lange Geschichte vom Urknall bis zur Gegenwart

März 2025

Big History stellt die Weltgeschichte in den Zusammenhang der Geschichte des Universums. Dabei werden im Anschluss an Norbert Elias (und teilweise Karl Popper) die Ebenen der physikalisch-chemischen, der biologischen und der soziokulturellen Evolution unterschieden, deren gemeinsame Muster und wesentliche Unterschiede herausgearbeitet werden sollen. Zentral ist hierbei der Begriff der Komplexitätssteigerung. Wichtige Impulse für Big History kommen aus den Niederlanden (Fred Spier) und von dem anglo-amerikanischen Historiker David Christian.

Innerhalb der Geschichtswissenschaft werden die Big-History-Ansätze mittlerweile intensiv diskutiert.

identifiziert Schwellen
und Muster

Erste Verwendung des
Begriffs 1989 in Sydney

Kurz:
Geschichte
vom Urknall
bis heute



Definition von David Christian:

Big History =

Ein einziges

zusammenhängendes

historisches

Kontinuum



"Ein Gesamtnarrativ erfüllt tiefe menschliche Bedürfnisse mit der Selbstverortung in einer komplexen Realität"



Gesellschaft



Kunst | Kultur



Gesundheit



Sprachen



Beruf | IT



Musikschule



VHS vor Ort



Brust-Braun, Matthias

Der Buchautor und naturwissenschaftliche Amateurforscher, geboren 1962 in Crailsheim, absolvierte ein Informatikstudium in Deutschland und den USA mit Schwerpunkt Computerlinguistik und schloss dieses mit einem Diplom und einem Master of Science ab. Ab 1990 war er 33 Jahre bei Siemens in München und der Deutschen Bank in Frankfurt als Informatiker tätig. Zwei seiner Schwerpunkte waren Kundens Schulungen komplexer IT-Systeme und die innerbetriebliche Erwachsenenbildung. Anschließend war er als Informatiklehrer tätig.

Seit Jahrzehnten beschäftigt er sich mit Fragestellungen der Astrophysik, Kosmologie und Biotechnologie und seit einiger Zeit auch mit dem jungen Forschungsgebiet von Big History. Im Jahr 2022 wurde sein Science-Fiction-Roman „Das Embryonenschiff“ beim Hybridverlag unter dem Pseudonym Matteo Blocher veröffentlicht. Sein Big-History-Sachbuch „Paula, das Proton – Eine Autobiographie“ steht kurz vor der Fertigstellung.



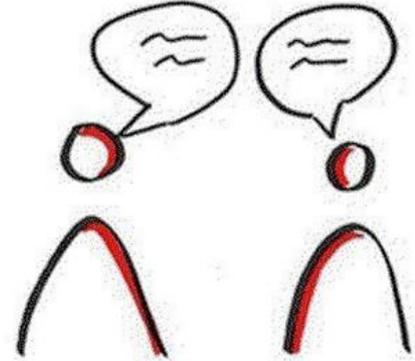
Zeitbudget: Je 4 Minuten

Frage 1: Wie hat sich mein zugeteilter Partner mir vorgestellt?

Frage 2: Welche 3 möglichst große Zahlen hat er oder sie mir genannt?

Frage 3: Von welchen 3 chemischen Elementen hat er oder sie mir etwas erzählt?

**Partner-
interview**



Quelle: train-the-trainer-seminar.de



Je weiter man zurückblicken kann,
desto weiter wird man vorrausschauen.

■ Winston Churchill

Studiere die Vergangenheit, wenn du
die Zukunft bestimmen willst.

■ Konfuzius

Meine Interpretation: Wer die Vergangenheit versteht, dem gelingt es besser,
die Gegenwart zu deuten und die Zukunft nutzbringend zu gestalten.

Das ist in meinen Augen gerade der große moralische Wert der naturwissenschaftlichen Ausbildung, dass wir lernen müssen, Ehrfurcht vor der Wahrheit zu haben, gleichgültig, ob sie mit unseren Wünschen oder vorgefassten Meinungen übereinstimmt oder nicht.



■ Lise Meitner (Physikerin)

Meine Sichtweise: Die Ehrfurcht sollte die Geschichte mit einschließen.



(c) NASA - Earth viewed by Apollo 8

Willkommen bei Big History

Diese Webseite möchte einen Überblick geben über ein relativ neues akademisches Forschungsfeld, das sich der wissenschaftlich fundierten Darstellung der gesamten Geschichte vom Urknall bis heute verschrieben hat und dabei Wissen aus allen Fachgebieten verknüpft und zusammenhängend darstellt. Big History zielt damit auf eine andere Art von Darstellung ab, die nicht mit der traditionellen Geschichte konkurriert, sondern diese ergänzt, indem sie die Geschichte (der Menschheit) in den kosmischen Kontext stellt, vom Beginn des Universums bis zum Leben auf der Erde heute. Die Natur wird nicht mehr nur als eine Bühne für die Menschheitsgeschichte betrachtet. Denn auch Natur, das Universum, der Planet Erde, hat eine Geschichte.

Big History ist sehr viel vielfältiger, als es auf den ersten Blick erscheint.

Es ist mehr als die Ansätze von David Christian und Fred Spier, die im folgenden zunächst dargestellt werden. Das Potential von Big History geht darüber hinaus.



European Big History Network

Big History in Europe

Welcome! Bienvenido! Welkom! Benvenuto! Willkommen! Bienvenue!
Velkommen!

The European Big History Network is a small group of European researchers, teachers and others who share the following aims:

- Fostering interdisciplinary research and education from a Big History perspective
- Encouraging open scholarly discussions
- Pursuing joint research, educational and dissemination projects
- Exchanging experiences with respect to Big History
- Making Big History accessible to all members of society



Apollo 8 Earthrise (C) Nasa

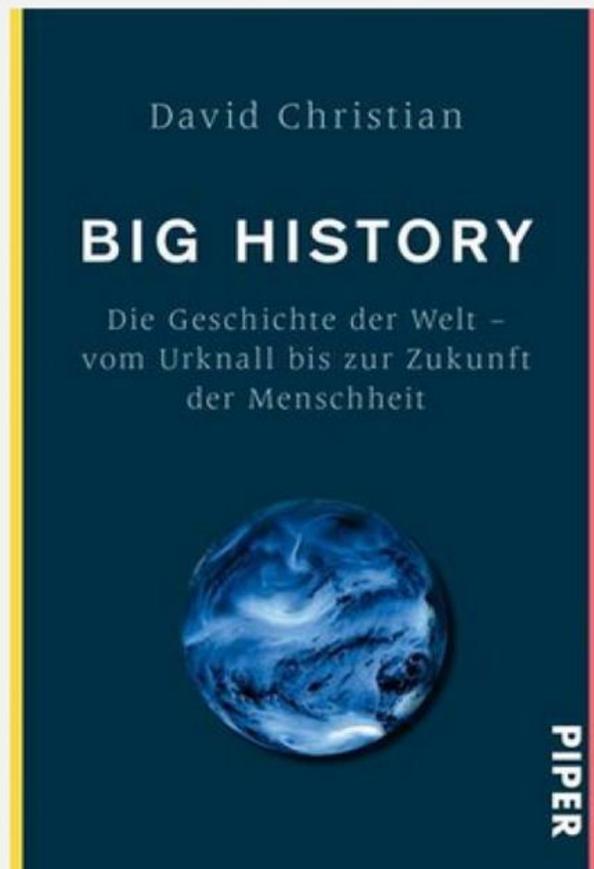


What Is Big History?

Big History seeks to understand the integrated history of the Cosmos, Earth, Life, and Humanity, using the best available empirical evidence and scholarly methods.

Beginning about 13.8 billion years ago, the story of the past is a coherent record that includes a series of great thresholds.

BLICK INS BUCH ↴



Big History

David Christian

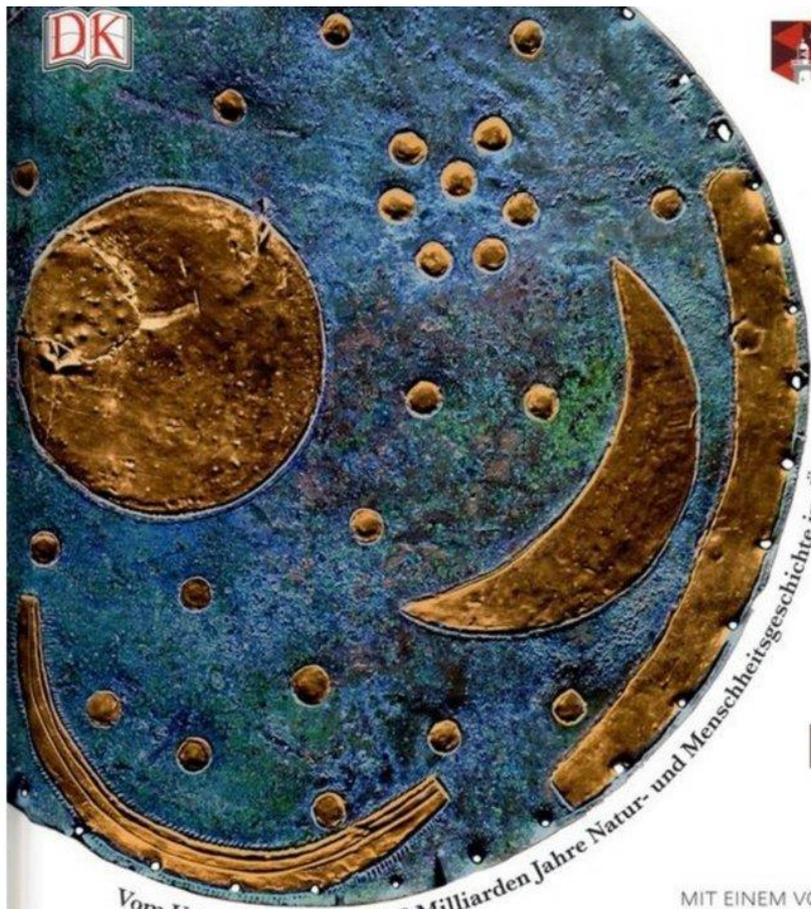
Die Geschichte der Welt - Vom Urknall bis zur Zukunft der Menschheit

Sachbuch

„Eine faszinierende kosmologische Detektivgeschichte, die uns verstehen lässt, wie alles zusammenhängt. Und eine atemberaubende moderne Ursprungsgeschichte, die mit einem Ausblick auf die Zukunft endet, in der wir endlich die Verantwortung für den Planeten übernehmen müssen.“ - *dieniederoesterreichin.at*

DK

THE BIG
HISTORY
INSTITUTE



Vom Urknall bis heute: 13,8 Milliarden Jahre Natur- und Menschheitsgeschichte im Überblick

DIN A4

Bildband

MIT EINEM VORWORT VON
PROF. HARALD LESCH

GESCHICHTE

UNIVERSUM • ERDE • MENSCH

Viele Big-History-Bücher und Internet-Ressourcen
sind nur auf Englisch verfügbar

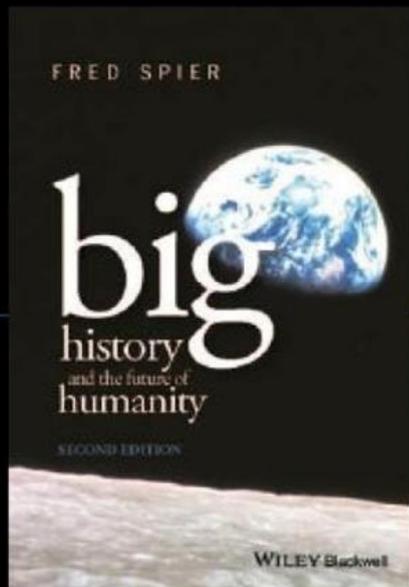


David Christian

THE HISTORY OF EVERYTHING: WHY DO WE NEED A MODERN ORIGIN STORY?

Is it possible to teach the history of
everything? Why is today a momentous
turning point in the history of planet earth?
What are the most important challenges
that will face humans in the next 50 years?
Why are humans so different and so
powerful?





[Home](#)

[Big history](#)

[The book](#)

[The author](#)

[Author's blog](#)

[Teaching big history](#)

[Other big history resources](#)

Big History and the Future of Humanity, Second Edition

This website provides a wide range of information about Fred Spier's book **Big History and the Future of Humanity, Second Edition**, Wiley Blackwell, released in the spring of 2015, in particular for using it as a textbook for teaching big history at college level. Also e-book versions are available on [Wiley.com](#) and elsewhere, including Kindle and Apple iBook versions.

In doing so, this website also provides important general information about big history, including links to major websites that may be helpful to become familiar with big history.

Furthermore, the [Author's blog](#) offers a growing number of big history reflections and research by the author based on the approach explained in **Big History and the Future of Humanity, Second Edition**.

Interdisziplinäres Arbeiten

- fachübergreifendes Denken

- Interdisziplinarität

- Schnittstellenqualitäten

Big History

ist ein

Beispiel

dafür



Drei Anliegen meiner Big-History-Erzählung:

1. Gemeinsame moderne Ursprungsgeschichte kann die Menschheit einen
2. Verständnis der Vergangenheit erlaubt eine bessere Deutung der Gegenwart und eine erfolgreichere Gestaltung der Zukunft
3. Big History befriedigt die Neugier über den kosmischen und terrestrischen Ursprung des Menschen



OER Project is a non-profit [open educational resources](#) provider co-founded in 2011 by [Bill Gates](#) and [David Christian](#). Originally known as **Big History Project (BHP)**, the titular course was intended to enable the global teaching of the subject of [Big History](#), which has been described as "the attempt to understand, in a unified way, the history of Cosmos, Earth, Life and Humanity."^[1] The company rebranded as OER Project in 2019 and now offers World History Project, Climate Project, and other courses in addition to the original BHP curriculum.^[2]

History of OER Project

Bill Gates became interested in the topic when he heard "Big History: The Big Bang, Life on Earth, and the Rise of Humanity," a 48-lecture course taught by David Christian and published by [The Teaching Company](#). For Gates, "he [Christian] really blew me away. Here's a guy who's read across the sciences, humanities, and social sciences and brought it together in a single framework.



This article is part of
a series about
Bill Gates

[Awards and honors](#) · [Philanthropy](#) ·
[Political positions](#) · [Public image](#) · [Residence](#)

Companies

[Traf-O-Data](#) · [Microsoft \(criticism\)](#) · [BENlabs](#) ·
[Cascade Investment](#) · [TerraPower](#) ·
[Gates Ventures](#)

Charitable organizations

[Bill & Melinda Gates Foundation](#) ·
[Match for Africa](#) · [The Giving Pledge](#) ·
[OER Project](#) · [Breakthrough Energy](#) ·
[Mission Innovation](#)

Writings

"An Open Letter to Hobbyists" · *The Road Ahead*
· *Business @ the Speed of Thought* ·

Tiefe

Traditionelle akademische
Geschichtswissenschaft

Breite

Big History

Kulturgeschichte
zentral

Quellen aus Natur- und
Geisteswissenschaften

Menschliche
Perspektive

Mensch als
Teil des Kosmos

Zielgruppe Fachleute

Zielgruppe auch die brei-
tere Öffentlichkeit



Tiefe

Traditionelle akademische Geschichtswissenschaft

Die Quellenbasis besteht primär aus historischen Dokumenten, Urkunden, Zeugenaussagen, Archiven und Artefakten. Die Sekundärquellen umfassen wissenschaftliche Artikel, Bücher und Forschungsberichte, die historische Ereignisse und Entwicklungen analysieren und interpretieren. Die Kulturgeschichte spielt eine zentrale Rolle, ebenso wie die Erforschung von Krieg, Diplomatie, Religion und Wirtschaft.

Betrachtet die Geschichte oft aus einer menschlichen Perspektive und konzentriert sich darauf, wie menschliche Handlungen und Entscheidungen das Weltgeschehen geprägt haben. Das Ziel ist es, das Verstehen von vergangenen Ereignissen und deren Einfluss auf die Gegenwart und Zukunft zu fördern.

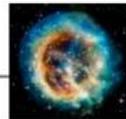
Zielgruppen sind vor allem Historiker, Akademiker, Studierende und Forscher, die sich mit spezifischen Epochen oder Themen in der Geschichte befassen.



Breite

Big History

Arbeitet mit einer breiteren Quelle von Daten aus den Natur- und Geisteswissenschaften. Diese stammen nicht nur aus historischen Texten, sondern auch von Astronomie, Physik, Chemie, Biologie, Geologie und den Klimawissenschaften. Daten aus Fossilien, geologischem Befund, kosmologischen Beobachtungen und wissenschaftlichen Modellen werden verwendet, um die Entwicklung des Universums und der Erde zu rekonstruieren.



Verfolgt einen universellen Ansatz und versucht, die Geschichte des Universums als kohärente Erzählung zu begreifen, die den Menschen in einen größeren Kontext stellt. Die Zielsetzung ist, große Muster und Zusammenhänge zu erkennen, die die Entwicklung von Leben und Gesellschaft erklären.

Richtet sich nicht nur an Historiker und Wissenschaftler, sondern auch an eine breitere Öffentlichkeit. Big History eignet sich gut für Bildungseinrichtungen, die eine interdisziplinäre Perspektive auf das Universum, die Erde und die Menschheit bieten möchten.

Aspekt	World History	Deep History	Big History
Zeithorizont	~5000 Jahre (meist mit Schrift)	~300.000 Jahre (menschliche Evolution)	13,8 Mrd. Jahre (Urknall bis heute)
Fokus	Zivilisationen, Vernetzung, Kulturen	Evolution, Kognition, Frühgeschichte	Kosmos, Evolution, Geschichte
Methode	Geschichtswissenschaft, Sozialwissenschaften	Anthropologie, Archäologie, Neurowissenschaften	Physik, Chemie, Biologie, Geschichte
Fragen	Wie interagierten Kulturen?	Wie beeinflusst Evolution Gesellschaften?	Welche universellen Prinzipien bestimmen Entwicklung?



Quelle: ChatGPT

Ziel des Kurses ist es, einen groben Überblick zu geben, worum es sich bei diesem neuen akademischen Forschungsfeld handelt.

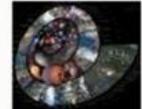
whs

Diplom
Informatiker

Matthias
Brust-Braun

Big
History

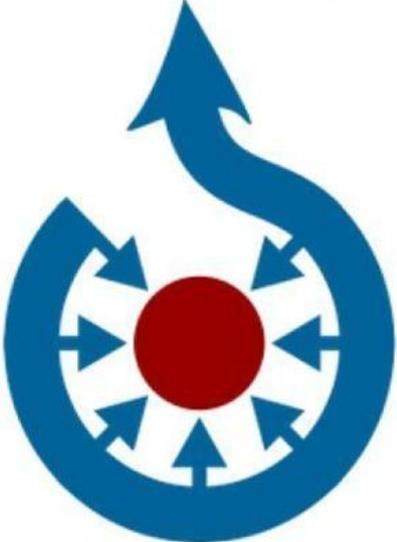
Und die Neugier zu wecken, tiefer in die Themenfelder einzusteigen



Hauptquelle der Bilder

Nutzung in meinen
Big-History-Folien
(sind gemeinfrei)

Wikimedia Commons 



**WIKIMEDIA
COMMONS**

Wikiprojekt, Sammlung für freie Mediendateien
(Bilder, Video, Ton)

Sprachen	multilingual mit Verkehrssprache Englisch
Betreiber	Wikimedia Foundation
Redaktion	Gruppe der angemeldeten Benutzer und Dritte

Wikimedia Commons ist eine internationale Sammlung von **freien Bildern**, **Videos** und **Audiodateien**.^[1] Betreiberin ist die **Wikimedia Foundation** (USA). Die Datenbank ist mit **Wikipedia** und anderen Wikimedia-Projekten verknüpft, so dass die Dateien, hauptsächlich Bilder, in Wikipedia direkt aus **Commons** eingebunden werden können. Das Medienarchiv ist kostenfrei und zum Aufrufen ohne Anmeldung nutzbar. Der Name leitet sich vom englischen Wort "commons" (deutsch: „**Allmende**“) ab,^[2] im Sinne eines Ortes, den alle Dorfbewohner nutzen dürfen.

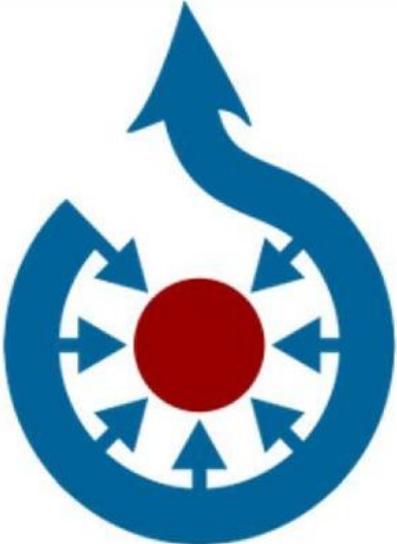
Das Medienarchiv wurde am 7. September 2004 für die Aufbewahrung und Bereitstellung von Grafikmaterial für alle Wikimedia-Projekte, beispielsweise Wikipedia, gegründet.^[3] Im Oktober 2023 gab es mehr als 12 Mio. registrierte Benutzerkonten.^[4]

[Inhaltsverzeichnis](#)

[Nutzung in meinen Big-History-Folien](#)
(sind gemeinfrei)

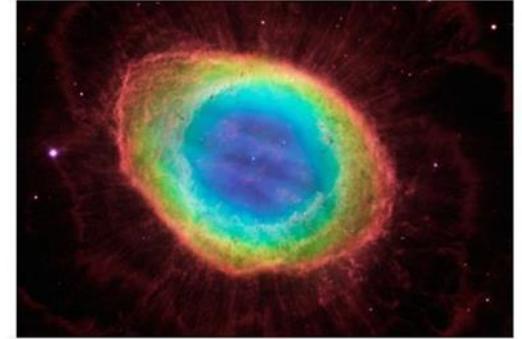
Geschichte

Der deutsche Informatiker **Erik Möller** schlug das Projekt im März 2004

Wikimedia Commons 	
	
WIKIMEDIA COMMONS	
Wikiprojekt, Sammlung für freie Mediendateien (Bilder, Video, Ton)	
Sprachen	multilingual mit Verkehrssprache Englisch
Betreiber	Wikimedia Foundation
Redaktion	Gruppe der angemeldeten Benutzer und Dritte

Gliederung: Evolution ...

- der Bausteine der Materie,
- der chemischen Verbindungen,
- des frühen Lebens auf der Erde,
- des komplexen Lebens auf der Erde
- und insbesondere des Menschen
- sowie seine soziokulturelle Entwicklung
- und wirft einen Blick in die Zukunft



Ringnebel

Wichtig: Big History kann nicht alle Fragen abdecken !

Fragestellungen im Kurs:

- Was ist passiert, was passiert als nächstes ? (85 %)
- Woher wissen wir das ? (15 %)
- Warum ist etwas passiert ? (5 %)

Hinweis: Es ist nicht unbedingt notwendig sämtliche Details der Folien zu verstehen, um der modernen Ursprungsgeschichte von Big History zu folgen



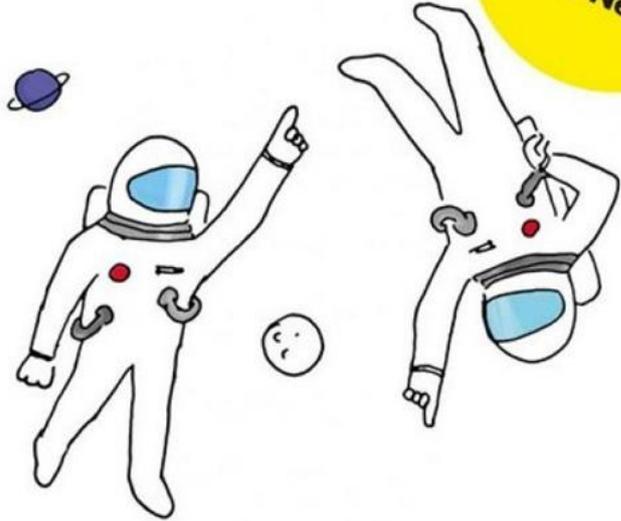


Big-History-Erkenntnisse	Erkenntnisse Naturwissenschaften	Erkenntnisse Geisteswissenschaften
Was ist passiert?	Gut integrierbar da einheitliche Big-History-Beschreibungen leicht möglich	
Warum ist etwas passiert?	Während die Naturwissenschaften auf objektive, messbare und reproduzierbare Erkenntnisse abzielen, stehen in den Geisteswissenschaften Deutung, Kontext und subjektive Perspektiven im Vordergrund
Big-History-Prinzip	Beide Ansätze ergänzen sich und sind in vielen interdisziplinären Forschungsbereichen miteinander verknüpft	

Das Universum, das Leben und die Menschheit in einer einzigen Erzählung

Florian Aigner

100% frei
von Unsinn,
Aberglauben und
Fake News



DIE SCHWERKRAFT IST KEIN BAUCHGEFÜHL

Zitat: "Nichts hält uns bei der Suche nach der Wahrheit so sehr auf wie die voreilige Überzeugung man sei schon am Ziel. Wir müssen lernen was wir noch lernen müssen. Wissenschaft ist die Suche nach dem, worauf wir uns gemeinsam verlassen können."

Eine Liebeserklärung
an die Wissenschaft

4 Grade der Verlässlichkeit:



Spekulationen (z. B. Leben auf anderen Planeten)



Hypothesen (z. B. irdisches Leben entstand in
der Nähe von Unterwasservulkanen)



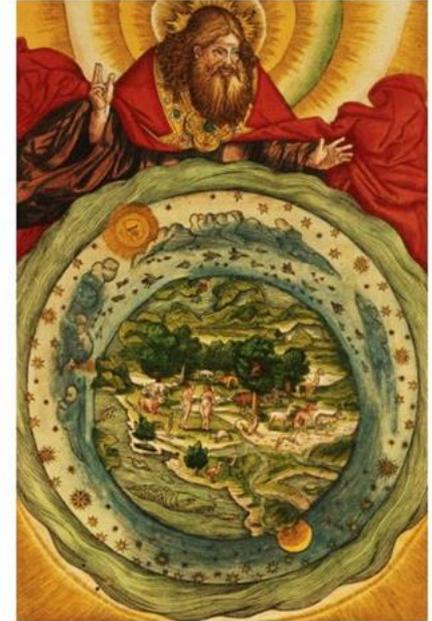
Theorien (z. B. Spezielle Relativitätstheorie)



Fakten (z. B. bodennahe Luft enthält 20,95 % Sauerstoff)

Beispiele von Schöpfungsmythen zur Entstehung der Welt

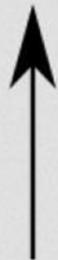
- Judentum/Christentum/Islam: göttliche Schaffung in 6 Tagen, Adam und Eva erste Menschen
- Hinduismus: Brahma erschafft das Universum aus einem kosmischen Ei
- Buddhismus: Zyklische Welt, aus ursprünglichem Zustand des Lichts entstehen materielle Formen
- Sikhismus: göttliche Schaffung durch sein Wort Naam aus einem Urzustand der Leere
- Daoismus/Konfuzianismus: Pangu formte die Welt, und sein Körper wurde zu Bergen, Flüssen und anderen Teilen der Natur
- Irokesen: Himmelsfrau fiel aus dem Himmel in eine Welt aus Wasser, die Erde wächst auf dem Rücken der Schildkröte
- Hopi: Die Spinnengroßmutter Kokyangwuti half dem Schöpfergott Tawa, die Erde zu formen, und unterrichtete die ersten Menschen über Gesetze und Moral
- Ojibwe: Nanabozho half nach einer großen Flut, die Welt neu zu erschaffen, indem er mit Hilfe von Tieren Land aus den Tiefen des Wassers holte



Was ist beim
Urknall passiert?

Wie fing alles an ?

Zeit



Das kompakte Energiebündel
war deutlich kleiner als ein Atom

Die moderne
Ursprungsgeschichte
beginnt

Der Urknall vor etwa
13,8 Milliarden Jahren



Der Urknall ohne Zentrum

punktförmiger
Start



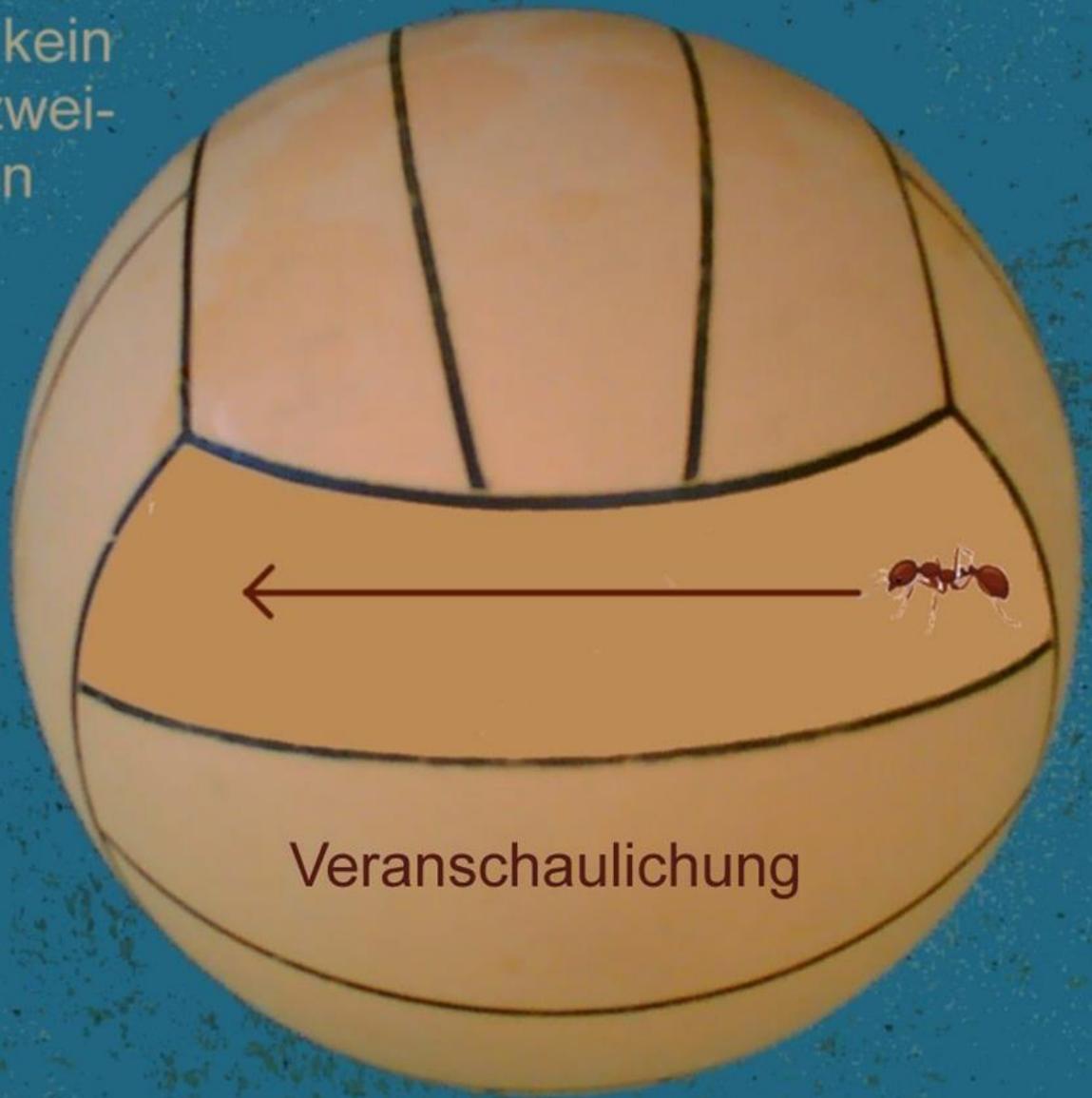
Ausdehnung überall gleich



Das Universum hat keinen Rand



Ameise erreicht kein
Ende auf einer zwei-
dimensionalen
Oberfläche

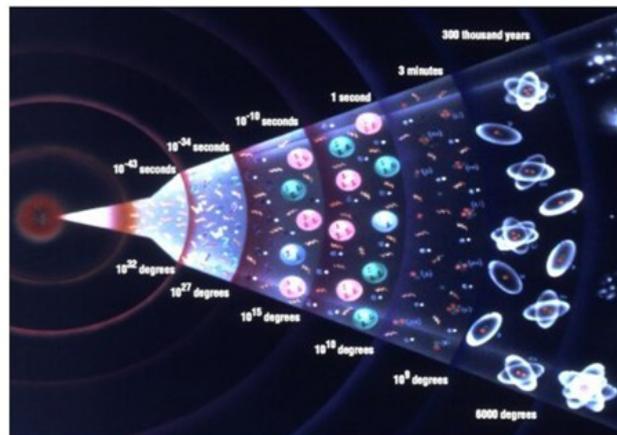


Veranschaulichung

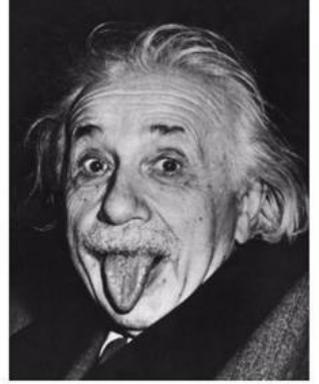
Was geschah kurz nach dem Urknall ?

Entstehung der

- 1) Elementarteilchen
- 2) ersten Atomkerne
- 3) ersten Atome
- 4) ersten Wolkenzusammenballungen
- 5) ersten Sterne



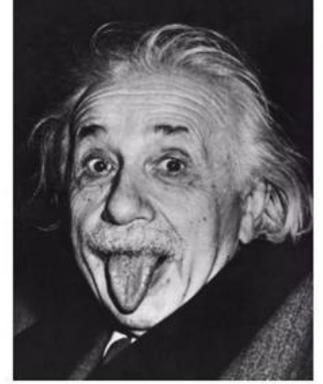
$$E = m \cdot c^2$$



Atomkraftwerke wandeln einen
Teil der Masse in Energie um

Umgekehrt lässt sich Energie
auch in Masse umwandeln

$$E = m \cdot c^2$$



Beispiel Kernspaltung: (ein Teil der Masse wird Energie)

Uran + ein Neutron \rightarrow Krypton + Barium + drei Neutronen + 6γ

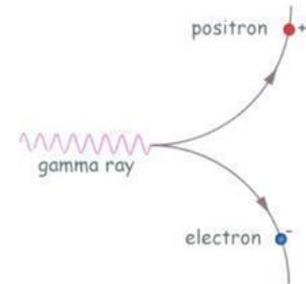
Beispiel hochenergetische Photonen: (Energie wird Masse)

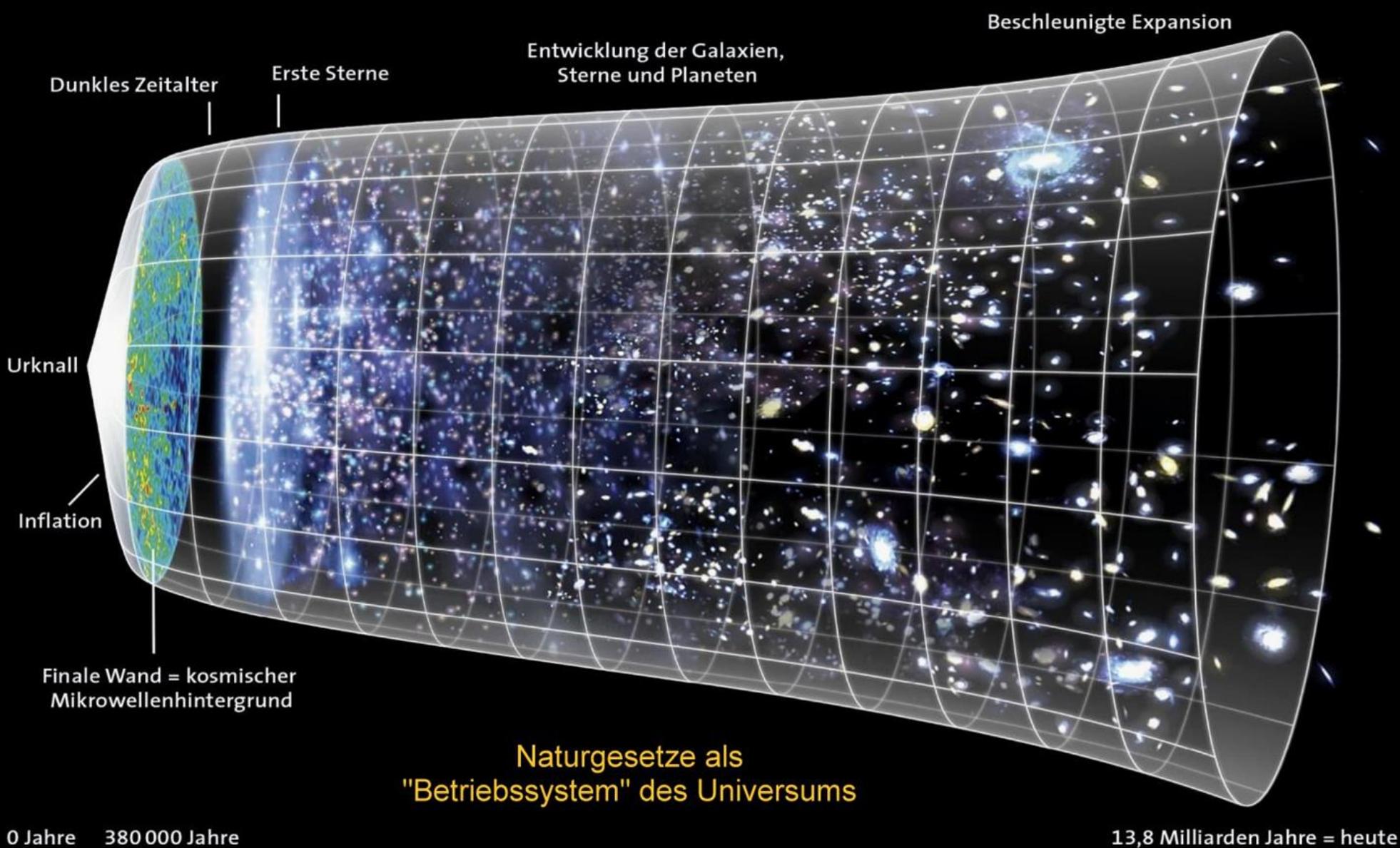
Die normale Materie
des beobachtbaren
Universums wiegt
ungefähr 10^{50} Tonnen

$\gamma_1 \rightarrow$ Neutron + Antineutron

$\gamma_2 \rightarrow$ Proton + Antiproton

$\gamma_3 \rightarrow$ Elektron + Positron

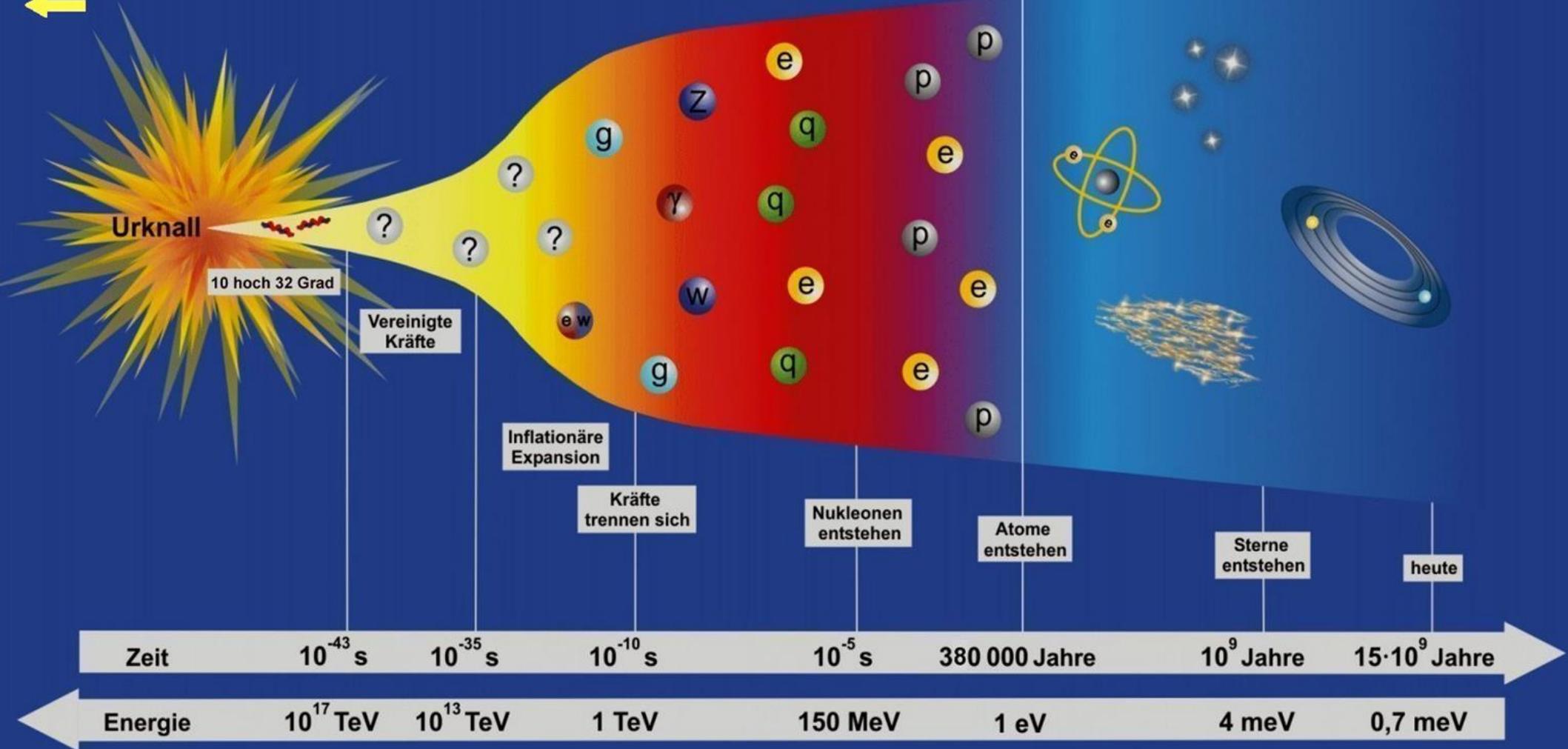




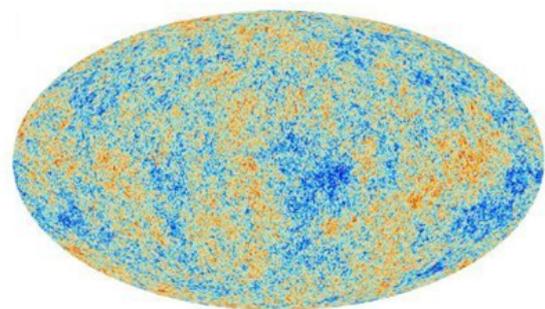
Folge von Warum-Fragen führt zum infiniten Regress



Photonen entkommen ihrem "Plasma-Gefängnis"

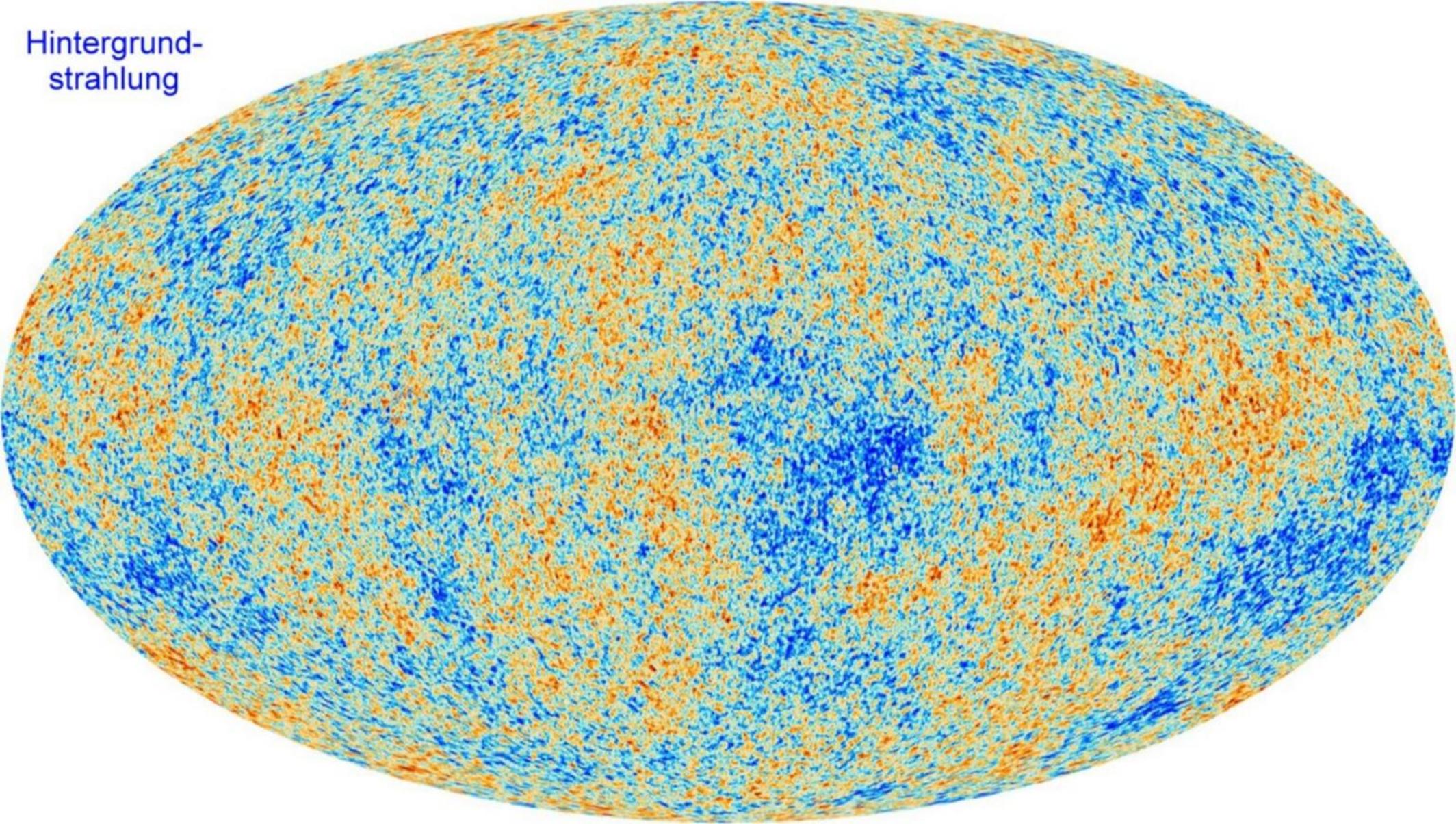


**Woher wissen Forscher,
dass unser Universum ca.
13,8 Milliarden Jahre
alt ist ?**



**Durch den Mikrowellenhintergrund
und durch Messungen der
Geschwindigkeit der
Expansion**

Hintergrund-
strahlung



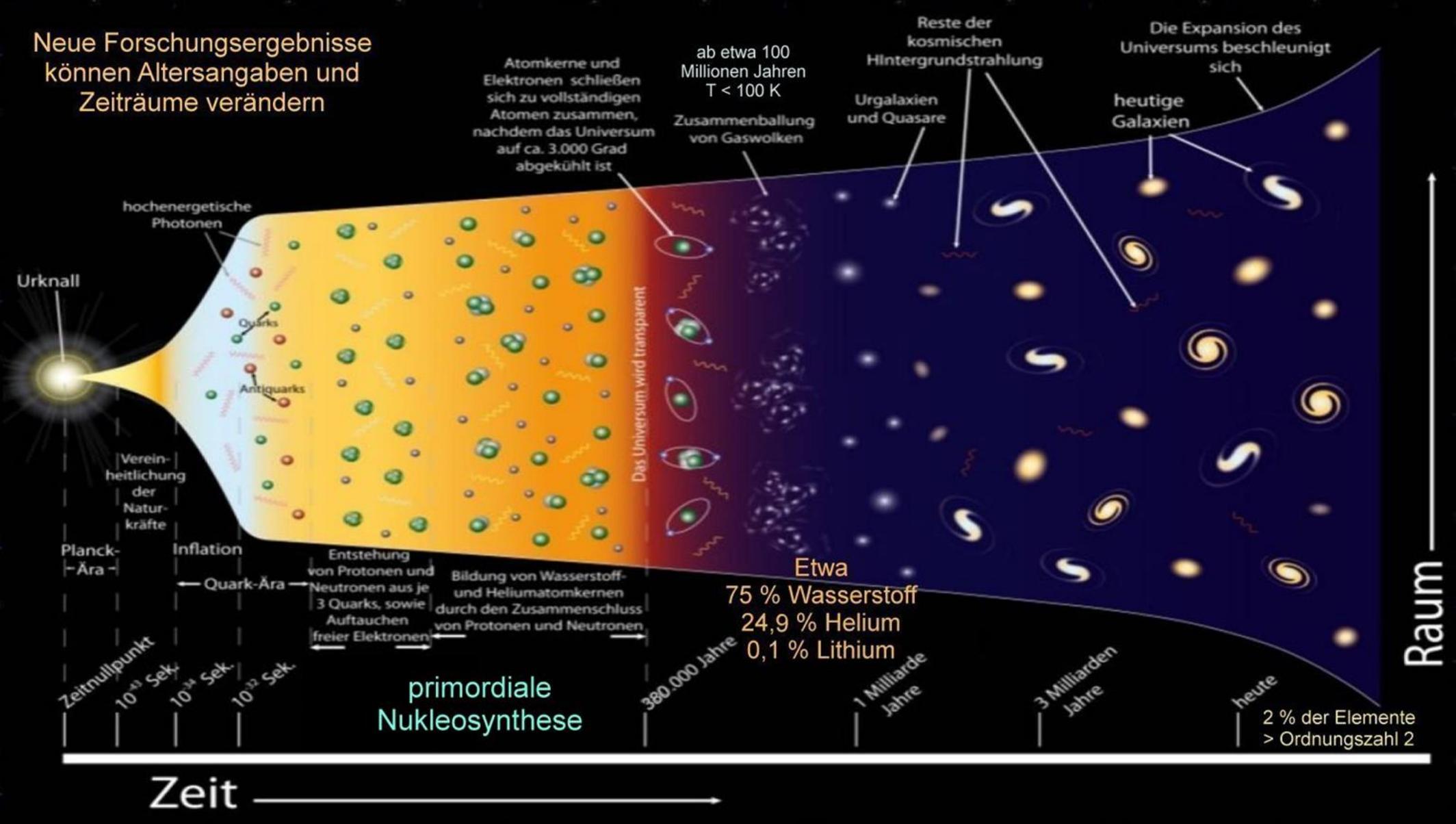
Wie ging es nach
der Entstehung der
ersten Sterne weiter?

Was geschah nach der Entstehung der ersten Sterne ?

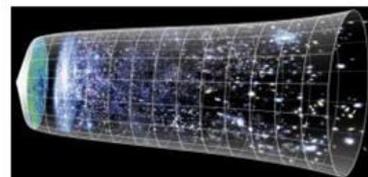
- 1) erste Supernovae
- 2) erste Molekül- und Staubwolken
- 3) erste Schwarze Löcher
- 4) erste Galaxien
- 5) erste kleinere Sterne



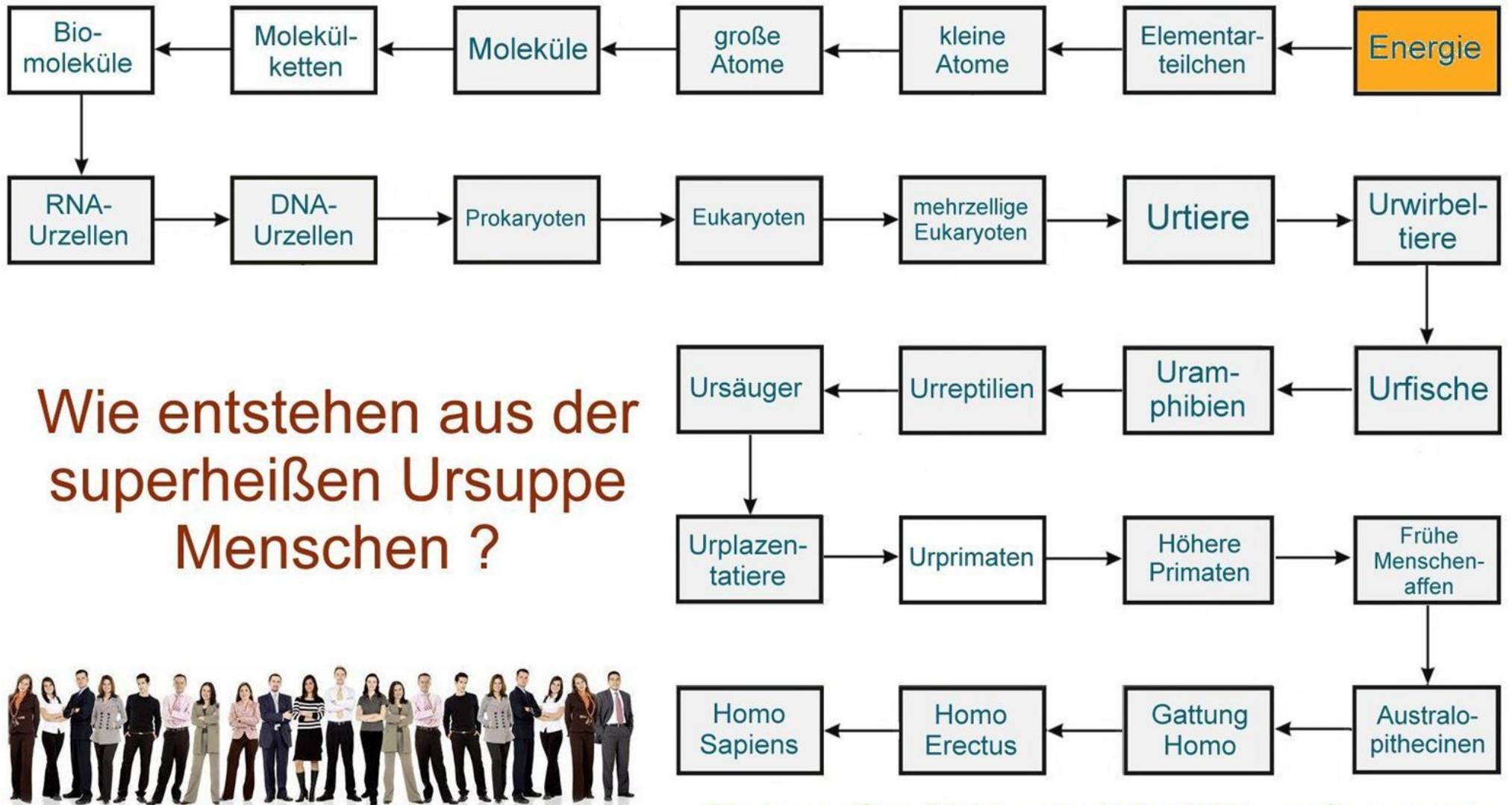
Neue Forschungsergebnisse können Altersangaben und Zeiträume verändern



Entstehung der Materie und primordiale Nukleosynthese



Zeitpunkt ...	
etwa 1 μs	erste Nukleonen (Protonen, Neutronen, Antiprotonen und Antineutronen)
spätestens 10 μs	keine neuen Nukleonen mehr
spätestens 20 μs	alle Nukleonenpaare annihiliert (je ein Proton und Neutron von je 10 Milliarden bleiben übrig)
etwa 100 μs	erste Elektronen und Positronen
spätestens 1 s	keine neuen Elektronen und Positronen
spätestens 10 s	alle Elektronen-Positronen-Paare annihiliert (je ein Elektron von 10 Milliarden bleiben übrig)
etwa 3 Minuten	Fusion zu Deuterium und Helium-4
spätestens 20 Minuten	kein neues Helium-4 mehr
... nach dem Urknall	

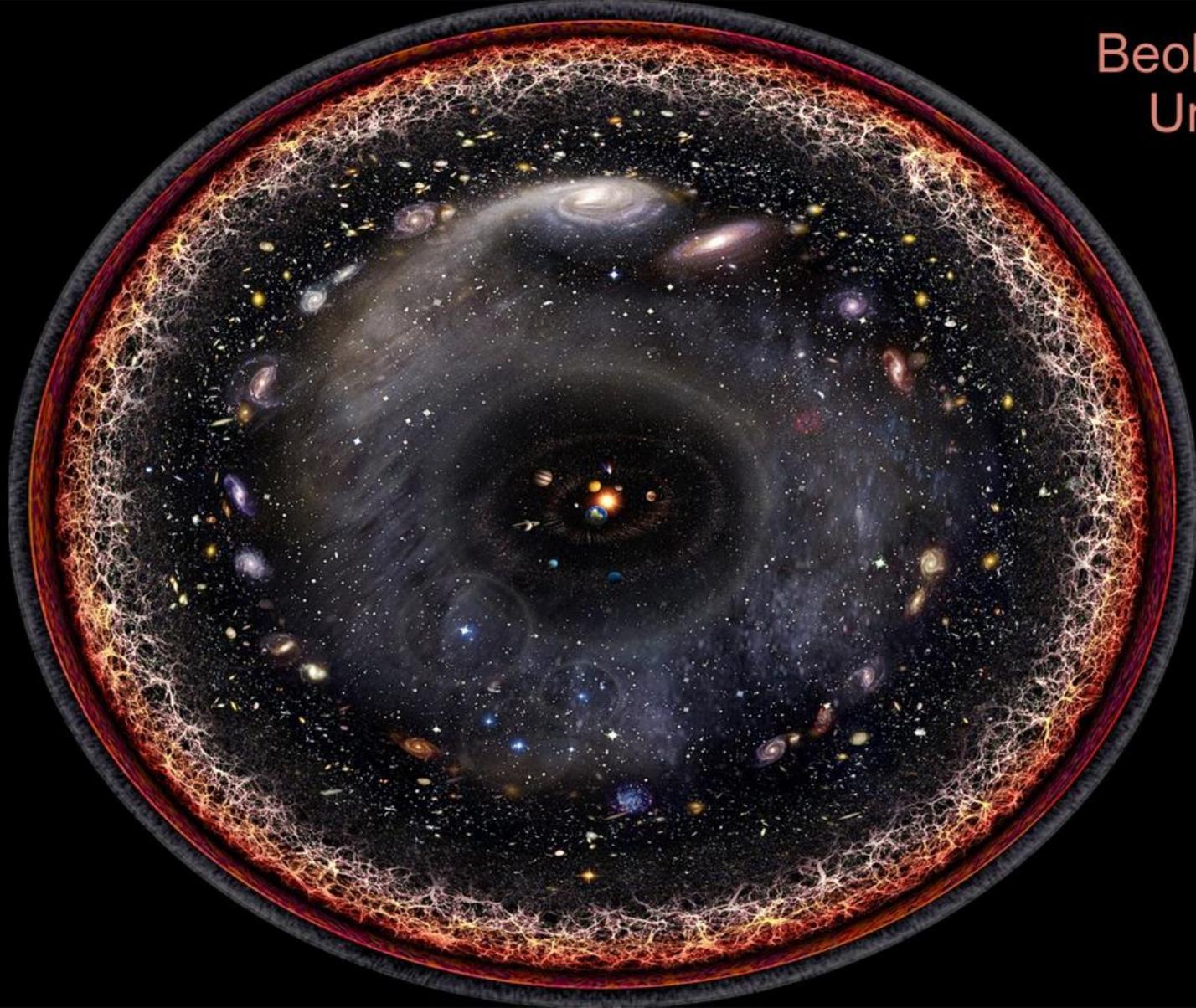


Wie entstehen aus der superheißen Ursuppe Menschen ?



Die lange Geschichte vom Urknall bis zur Gegenwart

Beobachtbares
Universum





Schönheit
im Weltall

Kugelsternhaufen

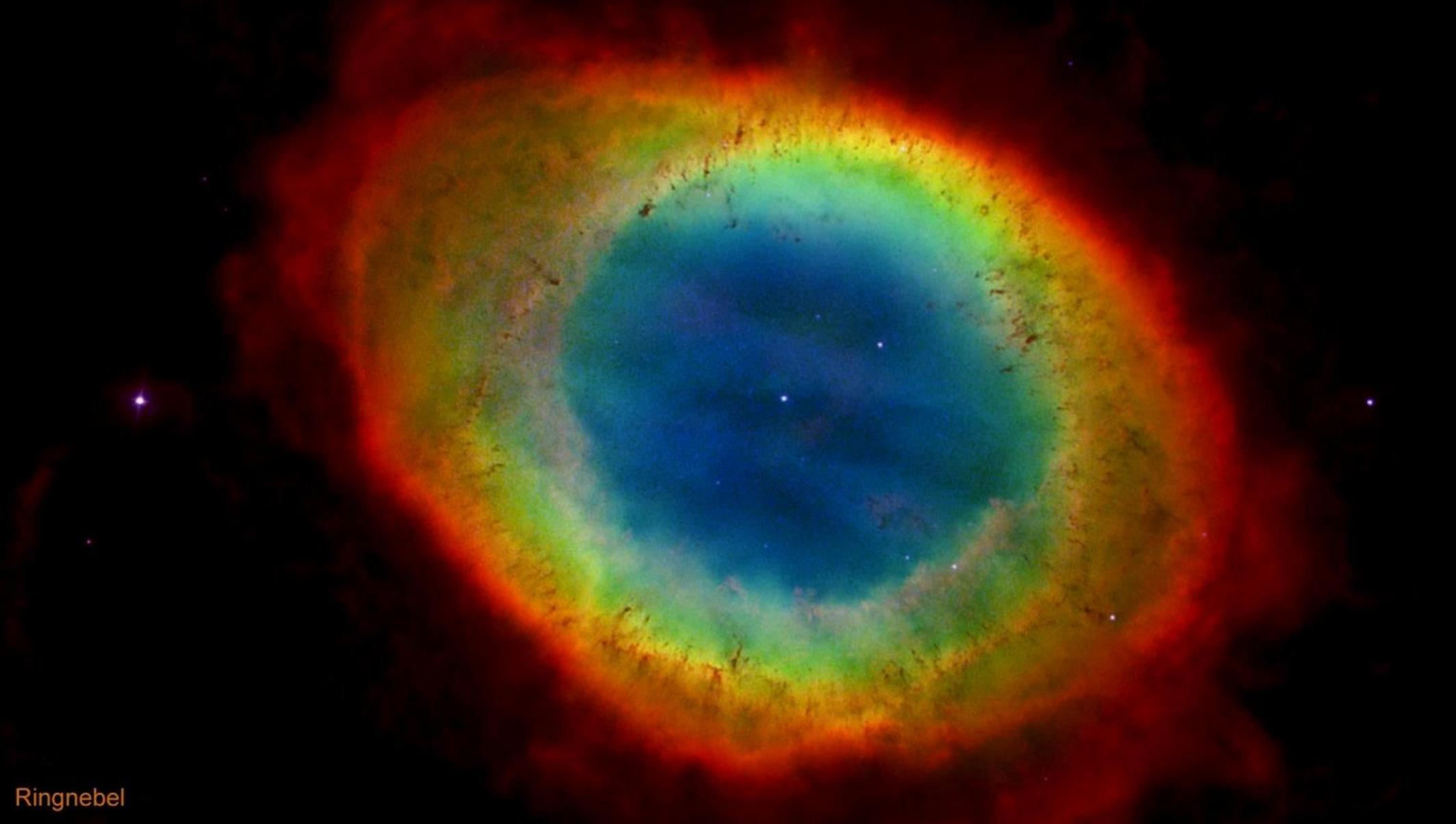
Durch die Beobachtung des Weltalls lässt sich die Geschichte bis zur Entstehung der Erde rekonstruieren



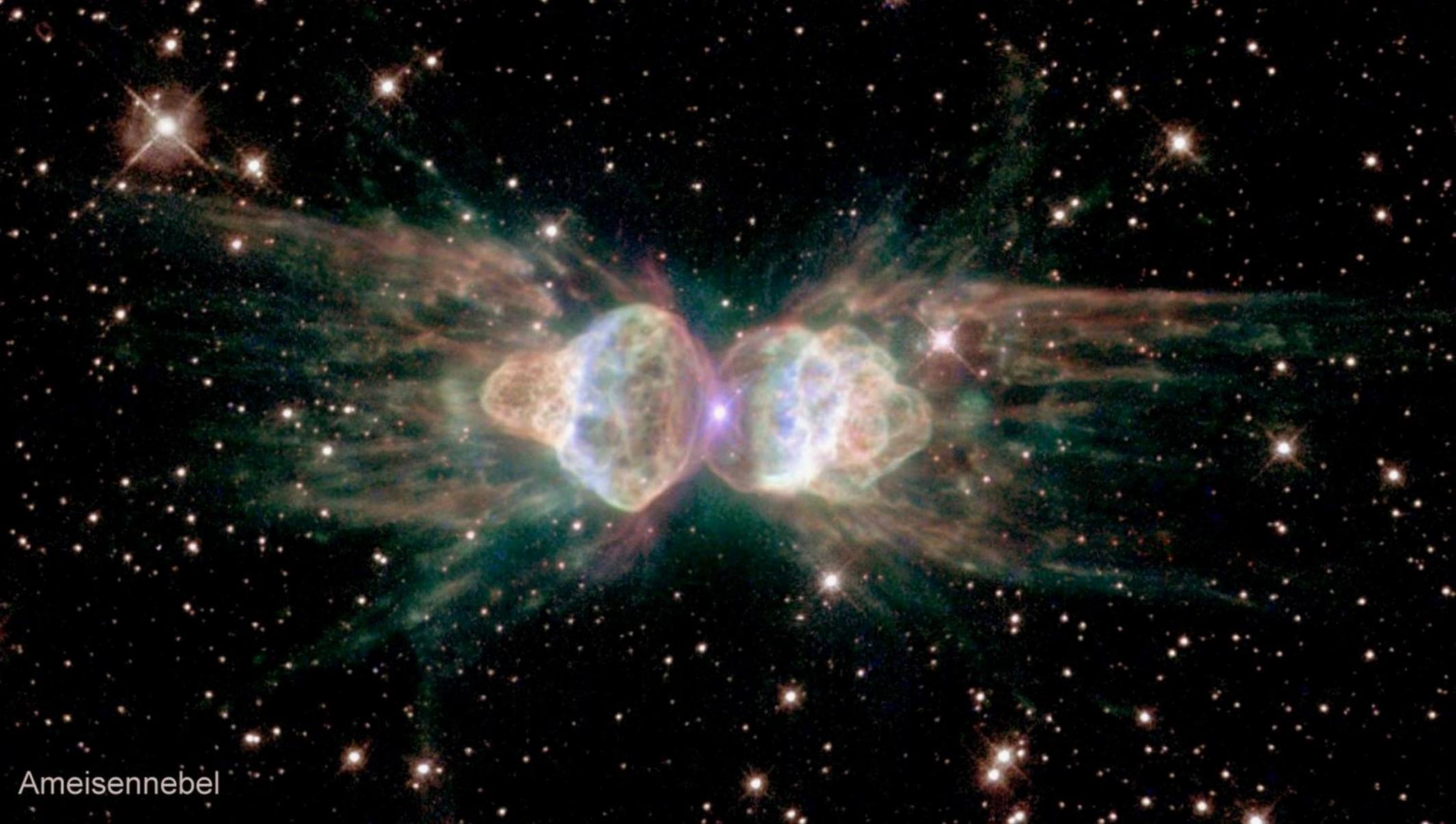
Adlernebel

"Die Säulen der Schöpfung"

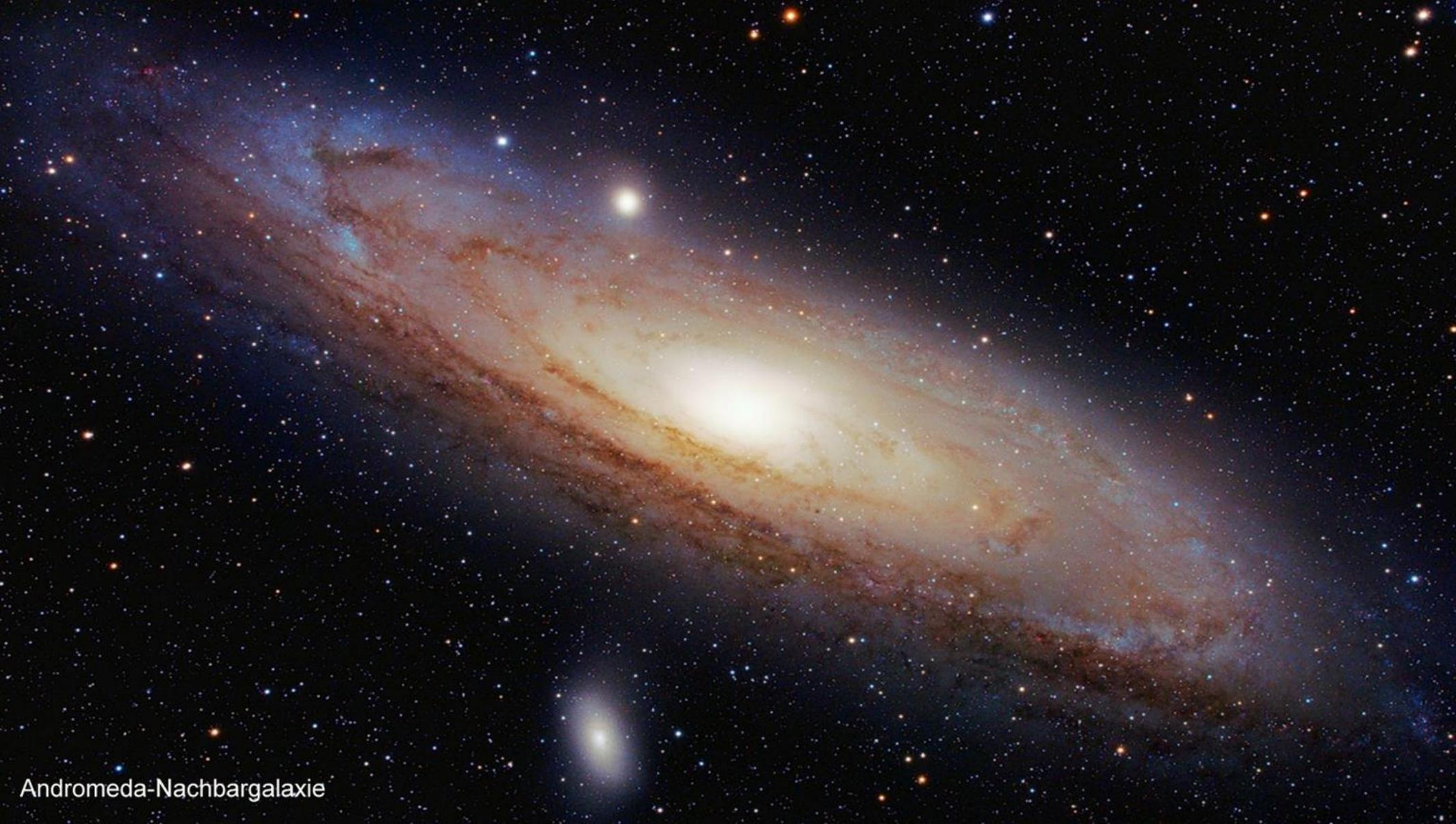




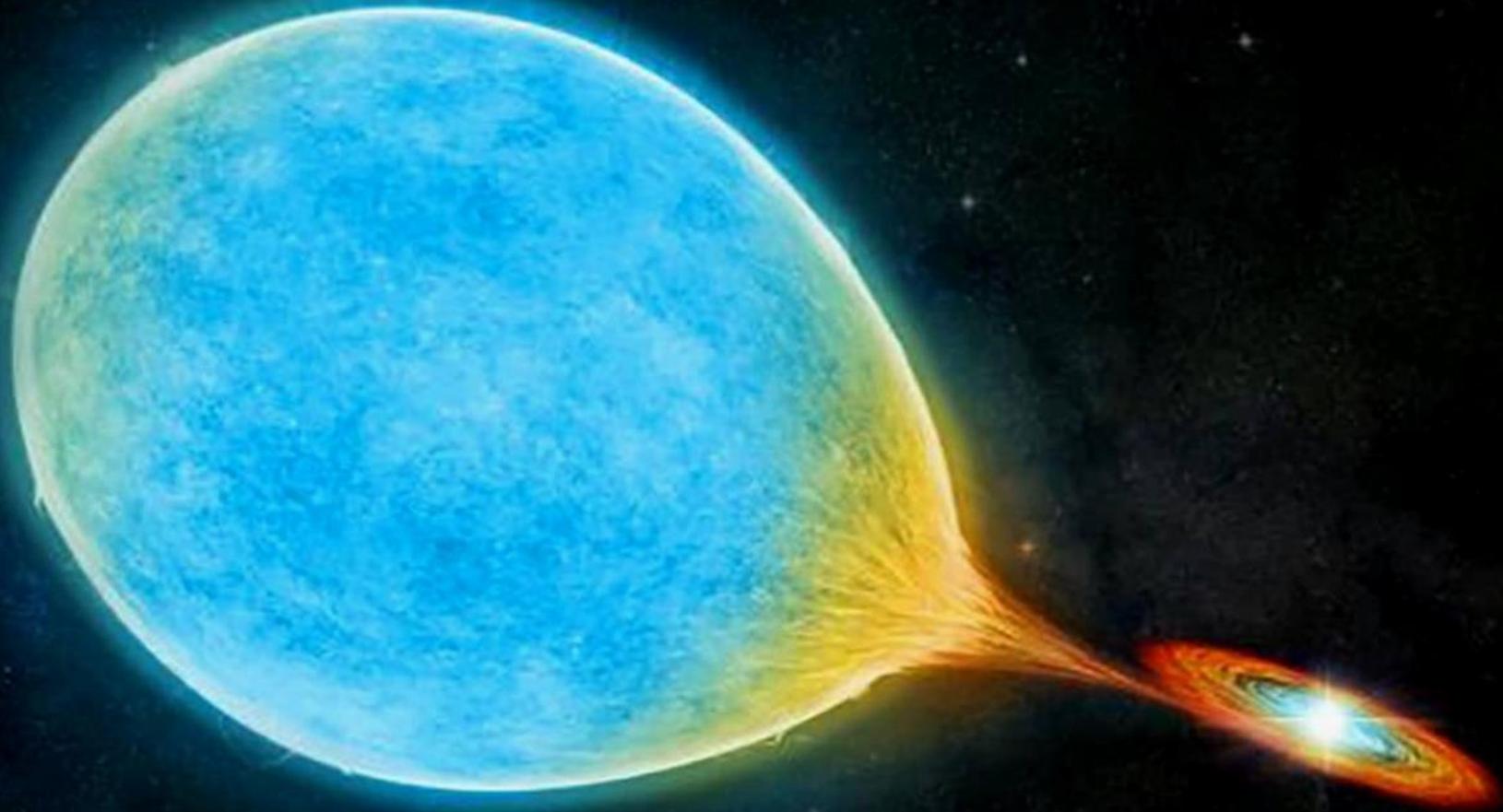
Ringnebel



Ameisennebel



Andromeda-Nachbargalaxie



Modell
Doppelsystem



Verschmelzende Galaxien

Krebsnebel-
Supernova-
Überrest





Quasar-
Modell



Gravitationslinse

The background of the slide is a vibrant cosmic scene. It features several large, glowing nebulae in shades of yellow, orange, and red, set against a deep blue and green interstellar medium. Numerous bright stars are scattered throughout, some appearing as sharp points of light with diffraction spikes, while others are more diffuse. The overall composition is dynamic and evokes a sense of vastness and wonder in space.

Auf der Erde:

Elementarteilchen und Atome,
chemische Verbindungen,
tote Objekte und Strukturen
sowie Lebewesen

Was finden wir jenseits der Erde?

Astronomische Objekte

(auch Himmelskörper oder
Himmelsobjekte genannt)



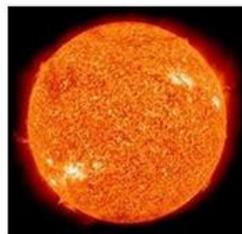
**Akkretionsscheiben, Asteroiden, Blazare, Doppelsysteme,
Dunkelwolken, Emissionsnebel, Exoplaneten, Filamente, Galaxien,
Galaxiengruppen, Galaxienhaufen, Galaxiensuperhaufen, Gaswolken,
Jets, Kometen, Mehrfachsysteme, Meteoriden, Molekülwolken, Monde,
Planetarische Nebel, Planeten, Quasare, Reflektionsnebel,
Staubwolken, Sterne, Sternenreste, Sternhaufen,
Supernovaüberreste, Supervoids,
Voids und Zwergplaneten.**

Sterne liefern die
Energie für den
Komplexitätszuwachs

Warum

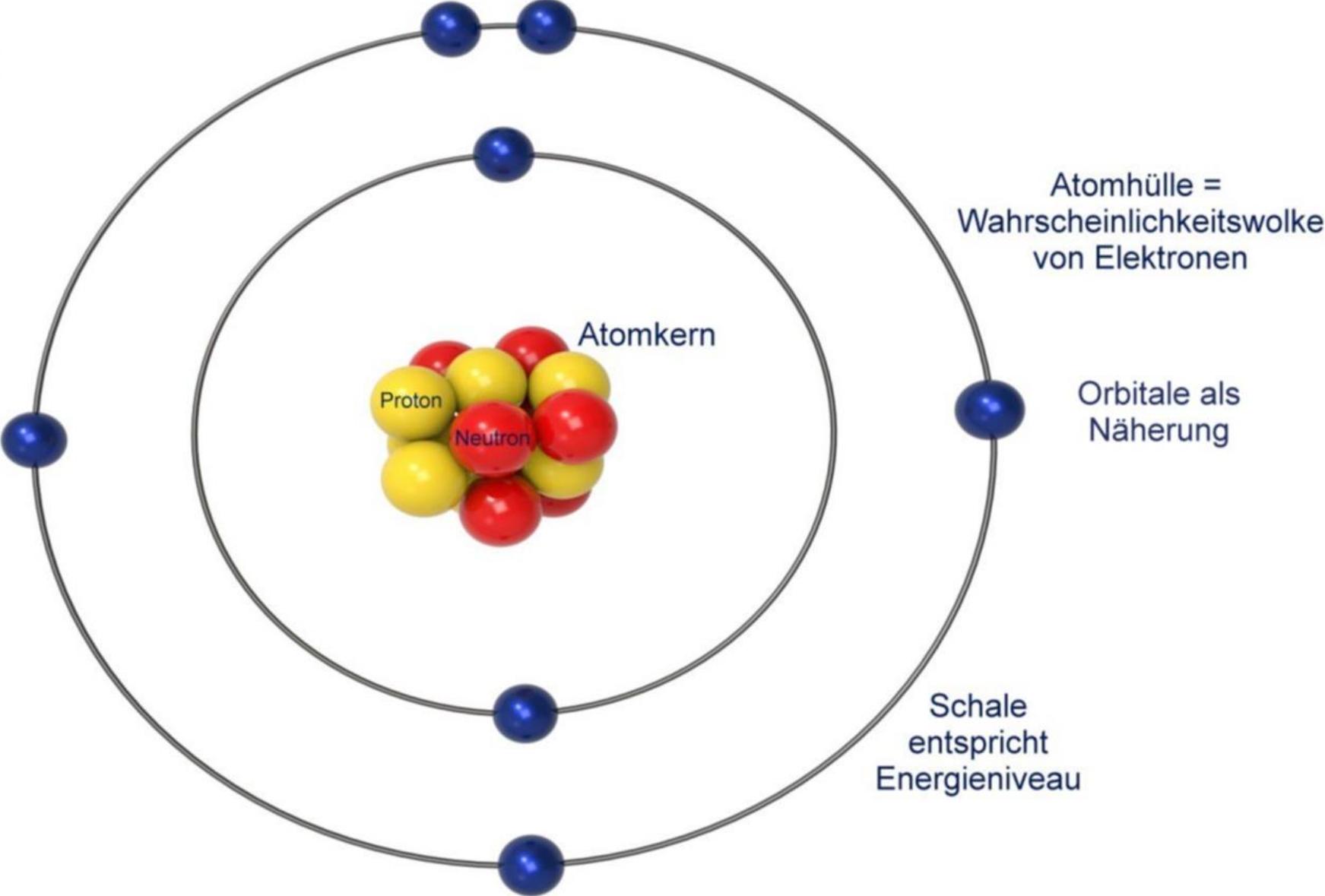
leuchten Sterne ?

Was ist ein Stern ?

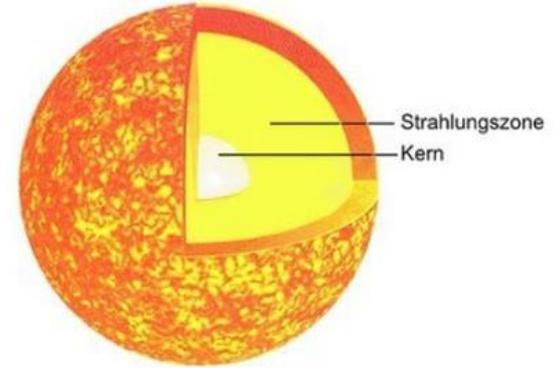
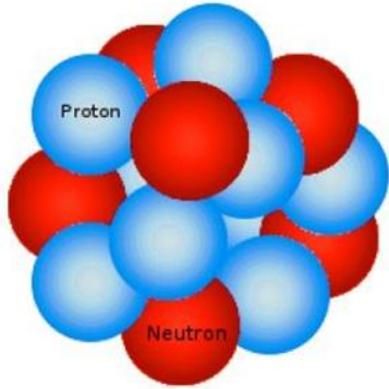


Ein astronomisches Objekt, das
in der Lage ist, Atomkerne zu
verschmelzen

Aufbau eines Atoms



„Kern“ kann bedeuten ?



1) Atomkern

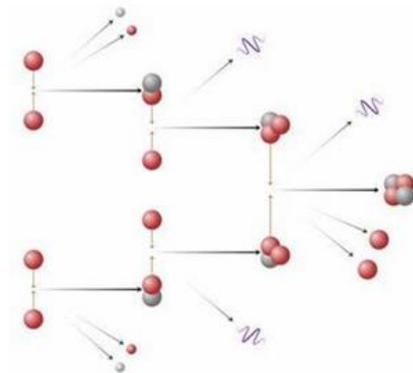
(engl. nucleus)

2) Kern eines Sterns

(engl. core)

Was ist ein Hauptreihenstern ?

Ein Stern, der in
seinem Kern 4 Protonen zu einem
Heliumkern verschmilzt



Was ist ein Sternenrest ?



Ein ehemals

aktiver Stern in dem keine

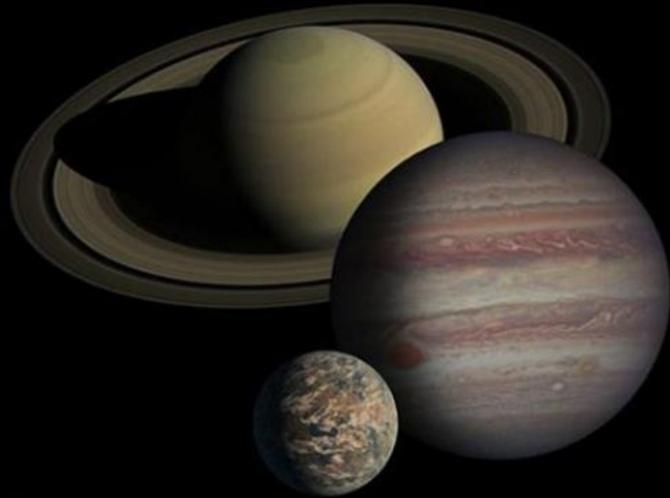
Kernfusionsprozesse mehr ablaufen

4 Typen von Sternenresten



- 1) Braune Zwerge
- 2) Weiße Zwerge
- 3) Neutronensterne
- 4) Schwarze Löcher

Planets & Exoplanets



Quelle: phys.org

Up to ~13x
Jupiter's mass

Brown Dwarfs



~13x to 80x
Jupiter's mass

Stars

(Fueled by Nuclear Fusion)



Woher kommen
die Elemente ab
Ordnungszahl 4 ?

Over ~80x
Jupiter's mass
= 8 % Sun's mass

Wasserstoff-Brennen

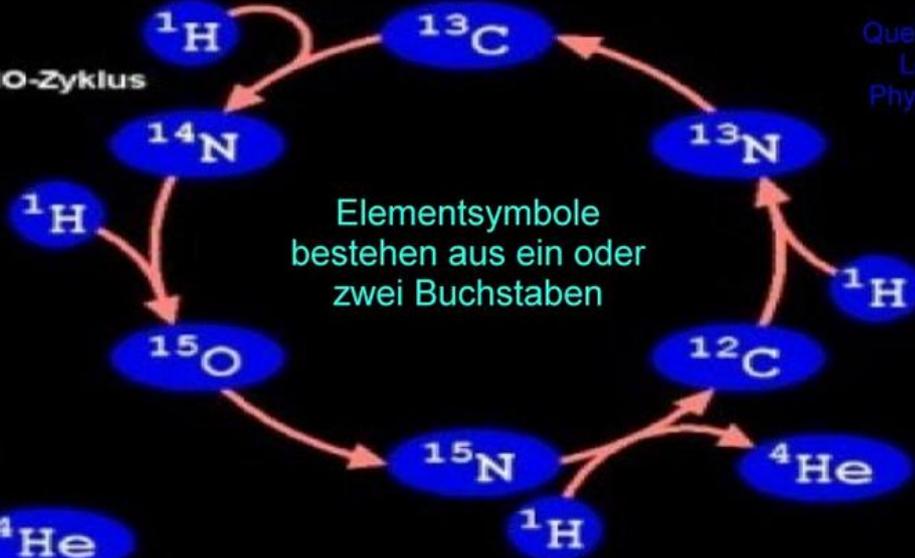
(15 - 60 * 10⁶ K)

Proton-Proton-Zyklus



Neue chemische Elemente durch

CNO-Zyklus



Quelle: Leifi Physik

Elementsymbole bestehen aus ein oder zwei Buchstaben

Helium-Brennen (3 α -Prozess)

(100 - 200 * 10⁶ K)



Kohlenstoff-Brennen

(500 - 900 * 10⁶ K)



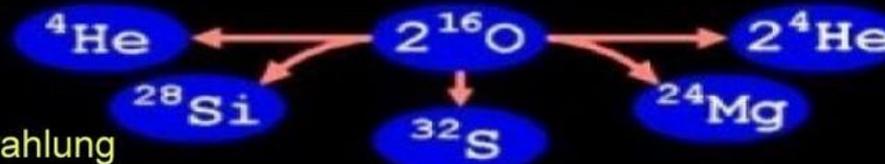
Neon-Brennen

(1200 - 1700 * 10⁶ K)



Sauerstoff-Brennen

(1500 - 2300 * 10⁶ K)



Kernfusion in Sternen, Supernovae, verschmelzende Neutronensterne, radioaktiven Zerfall, Photodesintegration, Neutrino-Spallation und Spallationsreaktionen durch kosmische Strahlung

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

Identifikation der chemischen Elemente mithilfe der Spektroskopie

unverwechselbarer "Fingerabdruck"

PERIOD	GROUP 1 IA												unverwechselbarer "Fingerabdruck"						GROUP 18 VIIIA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	1 H 1.0079 HYDROGEN																	2 He 4.0026 HELIUM		
2	3 Li 6.941 LITHIUM	4 Be 9.0122 BERYLLIUM											5 B 10.811 BORON	6 C 12.011 CARBON	7 N 14.007 NITROGEN	8 O 15.999 OXYGEN	9 F 18.998 FLUORINE	10 Ne 20.180 NEON		
3	11 Na 22.990 SODIUM	12 Mg 24.305 MAGNESIUM											13 Al 26.982 ALUMINIUM	14 Si 28.086 SILICON	15 P 30.974 PHOSPHORUS	16 S 32.065 SULPHUR	17 Cl 35.453 CHLORINE	18 Ar 39.948 ARGON		
4	19 K 39.098 POTASSIUM	20 Ca 40.078 CALCIUM	21 Sc 44.956 SCANDIUM	22 Ti 47.867 TITANIUM	23 V 50.942 VANADIUM	24 Cr 51.996 CHROMIUM	25 Mn 54.938 MANGANESE	26 Fe 55.845 IRON	27 Co 58.933 COBALT	28 Ni 58.693 NICKEL	29 Cu 63.546 COPPER	30 Zn 65.38 ZINC	31 Ga 69.723 GALLIUM	32 Ge 72.64 GERMANIUM	33 As 74.922 ARSENIC	34 Se 78.96 SELENIUM	35 Br 79.904 BROMINE	36 Kr 83.798 KRYPTON		
5	37 Rb 85.468 RUBIDIUM	38 Sr 87.62 STRONTIUM	39 Y 88.906 YTRIUM	40 Zr 91.224 ZIRCONIUM	41 Nb 92.906 NIOBIUM	42 Mo 95.96 MOLYBDENUM	43 Tc (98) TECHNETIUM	44 Ru 101.07 RUTHENIUM	45 Rh 102.91 RHODIUM	46 Pd 106.42 PALLADIUM	47 Ag 107.87 SILBER	48 Cd 112.41 CADMIUM	49 In 114.82 INDIUM	50 Sn 118.71 TIN	51 Sb 121.76 ANTIMONY	52 Te 127.60 TELLURIUM	53 I 126.90 IODINE	54 Xe 131.29 XENON		
6	55 Cs 132.91 CAESIUM	56 Ba 137.33 BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 Hf 178.49 HAFNIUM	73 Ta 180.95 TANTALUM	74 W 183.84 TUNGSTEN	75 Re 186.21 RHENIUM	76 Os 190.23 OSMIUM	77 Ir 192.22 IRIDIUM	78 Pt 195.08 PLATINUM	79 Au 196.97 GOLD	80 Hg 200.59 MERCURY	81 Tl 204.38 THALLIUM	82 Pb 207.2 LEAD	83 Bi 208.98 BISMUTH	84 Po (209) POLONIUM	85 At (210) ASTATINE	86 Rn (222) RADON		
7	87 Fr (223) FRANCIUM	88 Ra (226) RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 Rf (267) RUTHERFORDIUM	105 Db (268) DUBNIUM	106 Sg (271) SEABORGIUM	107 Bh (272) BOHRIUM	108 Hs (277) HASSIUM	109 Mt (276) MEITNERIUM	110 Ds (281) DARMSTADIUM	111 Rg (280) ROENTGENIUM	112 Cn (285) COPERNICIUM	113 Uut (...) UNUNTRIUM	114 Fl (287) FLEROVIUM	115 Uup (...) UNUNPENTIUM	116 Lv (291) LIVERMORIUM	117 Uus (...) UNUNSEPTIUM	118 Uuo (...) UNUNOCTIUM		

LANTHANIDE

57 La 138.91 LANTHANUM	58 Ce 140.12 CERIUM	59 Pr 140.91 PRASEODYMIUM	60 Nd 144.24 NEODYMIUM	61 Pm (145) PROMETHIUM	62 Sm 150.36 SAMARIUM	63 Eu 151.96 EUROPIUM	64 Gd 157.25 GADOLINIUM	65 Tb 158.93 TERBIUM	66 Dy 162.50 DYSPROSIUM	67 Ho 164.93 HOLMIUM	68 Er 167.26 ERBIUM	69 Tm 168.93 THULIUM	70 Yb 173.05 YTTERBIUM	71 Lu 174.97 LUTETIUM
--	-------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------

ACTINIDE

89 Ac (227) ACTINIUM	90 Th 232.04 THORIUM	91 Pa 231.04 PROTACTINIUM	92 U 238.03 URANIUM	93 Np (237) NEPTUNIUM	94 Pu (244) PLUTONIUM	95 Am (243) AMERICIUM	96 Cm (247) CURIUM	97 Bk (247) BERKELIUM	98 Cf (251) CALIFORNIUM	99 Es (252) EINSTEINIUM	100 Fm (257) FERMIUM	101 Md (258) MENDELEVIUM	102 No (259) NOBELIUM	103 Lr (262) LAWRENCIUM
--------------------------------------	--------------------------------------	---	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	---	--------------------------------------	--	---------------------------------------	---

"nukleare Asche"

1	2											13	14	15	16	17	18	
1 1,008 H Wasserstoff 2,2 0,09																	2 4,0026 He Helium — 0,18	
3 6,94 Li Lithium 0,98 0,53	4 9,0122 Be Beryllium 1,57 1,85																10 20,180 Ne Neon — 0,90	
11 22,990 Na Natrium 0,93 0,97	12 24,305 Mg Magnesium 1,31 1,74																18 39,948 Ar Argon — 1,78	
19 39,098 K Kalium 0,82 0,86	20 40,078 Ca Calcium 1,0 1,55	21 44,956 Sc Scandium 1,36 2,98	22 47,867 Ti Titan 1,54 4,50	23 50,942 V Vanadium 1,63 6,11	24 51,996 Cr Chrom 1,66 7,14	25 54,938 Mn Mangan 1,55 7,43	26 55,845 Fe Eisen 1,83 7,87	27 58,933 Co Cobalt 1,88 8,90	28 58,693 Ni Nickel 1,91 8,91	29 63,546 Cu Kupfer 1,90 8,92	30 65,380 Zn Zink 1,65 7,14	31 69,723 Ga Gallium 1,81 5,90	32 72,630 Ge Germanium 2,01 5,32	33 74,922 As Arsen 2,18 5,73	34 78,971 Se Selen 2,55 4,82	35 79,904 Br Brom 2,96 3,12	36 83,798 Kr Krypton 3,0 3,75	
37 85,468 Rb Rubidium 0,82 1,53	38 87,62 Sr Strontium 0,95 2,63	39 88,906 Y Yttrium 1,22 4,47	40 91,224 Zr Zirkonium 1,33 6,50	41 92,906 Nb Niob 1,6 8,57	42 95,95 Mo Molybdän 2,16 10,28	43 96,906 Tc Technetium 1,9 11,50	44 101,07 Ru Ruthenium 2,2 12,37	45 102,91 Rh Rhodium 2,28 12,45	46 106,42 Pd Palladium 2,20 12,02	47 107,87 Ag Silber 1,93 10,49	48 112,41 Cd Cadmium 1,69 8,64	49 114,82 In Indium 1,78 7,31	50 118,71 Sn Zinn 1,96 7,26	51 121,76 Sb Antimon 2,05 6,70	52 127,60 Te Tellur 2,1 6,25	53 126,90 I Iod 2,66 4,94	54 131,29 Xe Xenon 2,6 5,90	
55 132,91 Rb Rubidium 0,82 1,53	56 137,33 Sr Strontium 0,95 2,63	57 138,91 Y Yttrium 1,22 4,47	58-71 siehe unten	72 178,49 Hf Hafnium 1,3 13,3	73 180,95 Ta Tantal 1,5 16,65	74 183,84 W Wolfram 2,36 19,25	75 186,21 Re Rhenium 1,9 21,0	76 190,23 Os Osmium 2,2 22,6	77 192,22 Ir Iridium 2,2 22,56	78 195,08 Pt Platin 2,28 21,45	79 196,97 Au Gold 2,54 19,32	80 200,59 Hg Quecksilber 2,0 13,55	81 204,38 Tl Thallium 1,62 11,85	82 207,20 Pb Blei 2,33 11,35	83 208,98 Bi Bismut 2,02 9,75	84 209,98 Po Polonium 2,0 9,20	85 209,99 At Astat 2,2 ?	86 222,02 Rn Radon — 9,73
87 223,03 Fr Francium 0,7 ?	88 226,03 Ra Radium 0,9 5,5	89 227,03 Ac Actinium 1,1 10,1	90-103 siehe unten	104 267,12 Rf Rutherfordium ?	105 270,13 Db Dubnium ?	106 269,13 Sg Seaborgium ?	107 270,13 Bh Bohrium ?	108 269,13 Hs Hassium ?	109 278,16 Mt Meitnerium ?	110 281,17 Ds Darmstadtium ?	111 281,17 Rg Roentgenium ?	112 285,18 Cn Copernicium ?	113 286,18 Nh Nihonium ?	114 289,19 Fl Flerovium ?	115 289,20 Mc Moscovium ?	116 293,20 Lv Livermorium ?	117 293,21 Ts Tenness ?	118 294,21 Og Oganesson ?

Legende

Symbol: schwarz = Feststoff, blau = Flüssigkeit, rot = Gas, grau = unbekannt, unterstrichen = radioaktiv

Dichte: rot = kg / m³, schwarz = kg / dm³, grau = unbestimmt

Serie (Flächenfarbe): Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Übergangsmetalle, Lanthanoide, Actinoide, Metalle, Halbmetalle, Nichtmetalle, Halogene, Edelgase, unbekannt

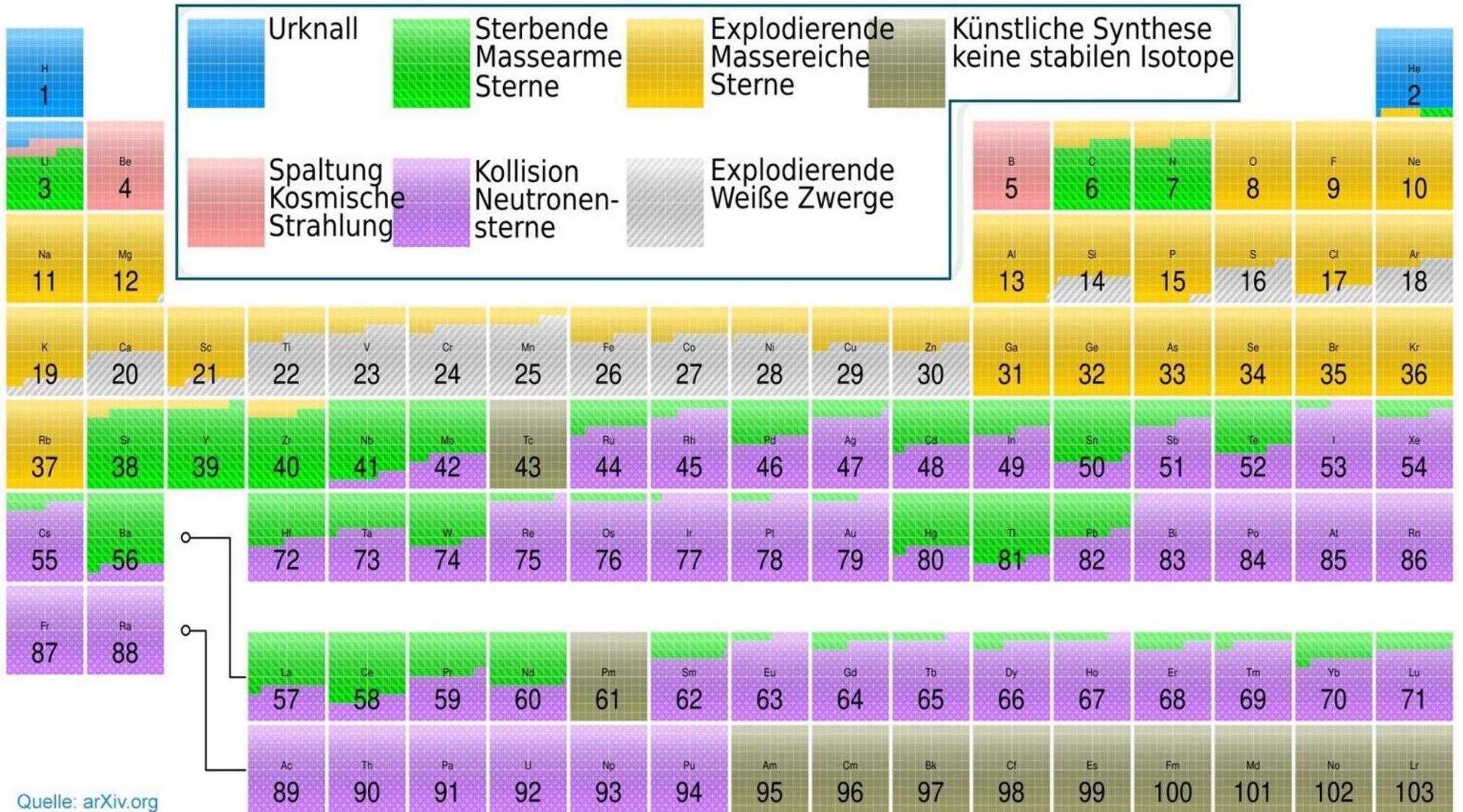
Schraffur: durchgehend = natürliches Element, schraffiert = künstliches Element

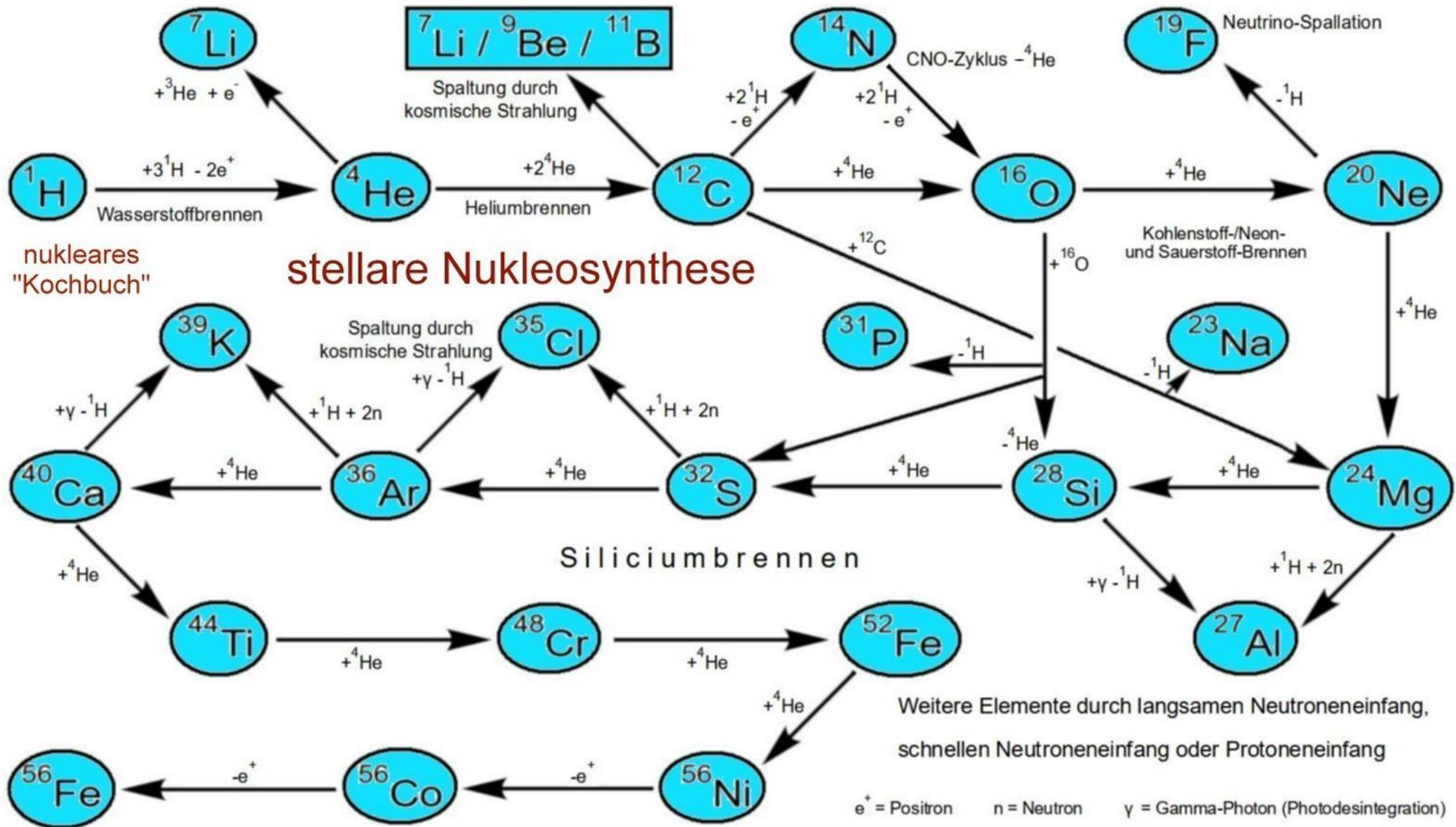
Ordnungszahl, Atomgewicht, Symbol, Name, Elektronegativität, Dichte

Beispiel: **Cl** (Chlor) mit Ordnungszahl 17, Atomgewicht 35,451, Symbol Cl, Name Chlor, Elektronegativität 3,16, Dichte 3,21

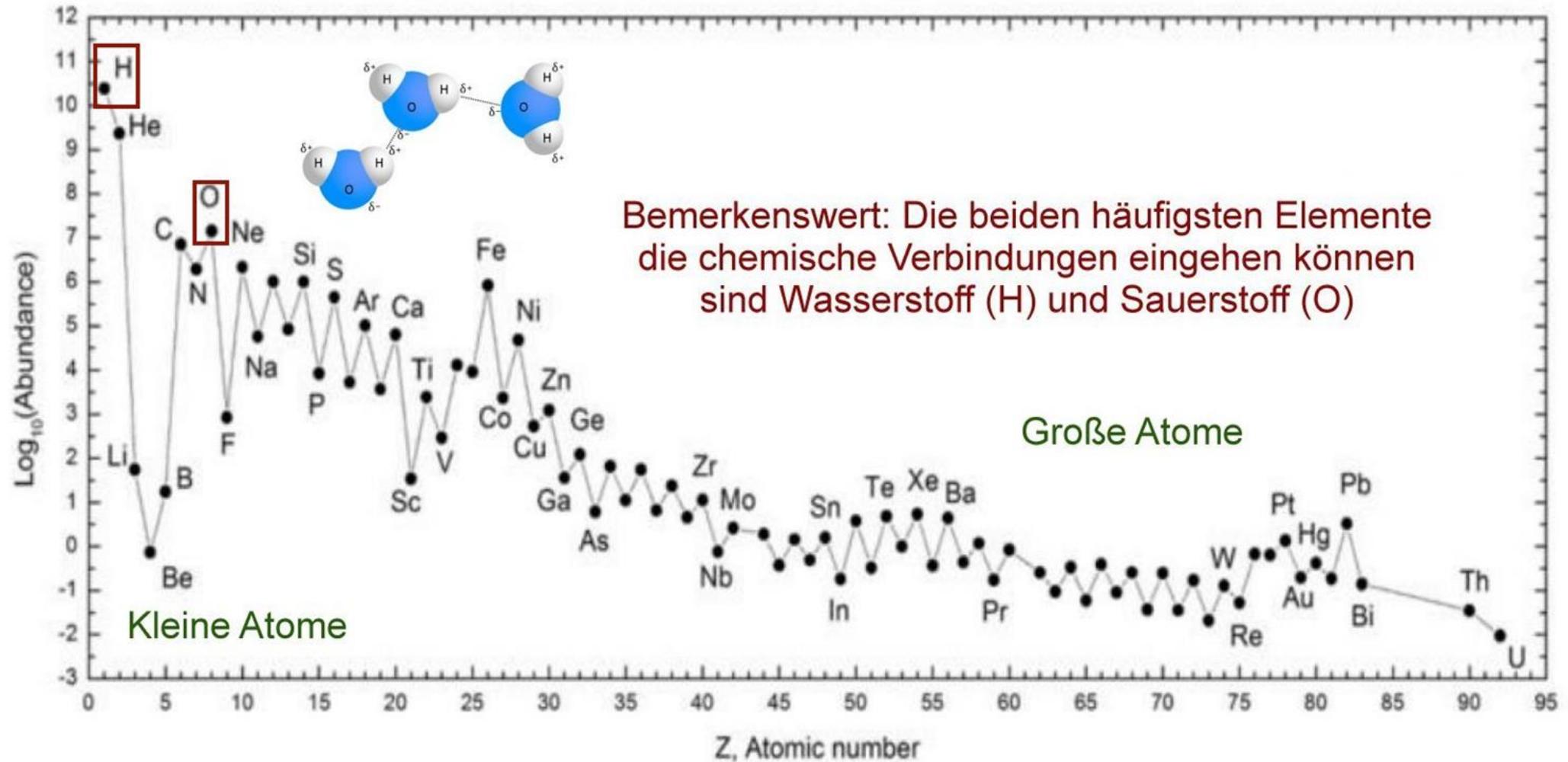
Das Periodensystem mit 118 chemischen Elementen

Lanthanoide	58 140,12 Ce Cer 1,12 6,77	59 140,91 Pr Praseodym 1,13 6,48	60 144,24 Nd Neodym 1,14 7,01	61 144,91 Pm Promethium — 7,22	62 150,36 Sm Samarium 1,17 7,54	63 151,96 Eu Europium — 5,25	64 157,25 Gd Gadolinium 1,2 7,89	65 158,93 Tb Terbium — 8,25	66 162,50 Dy Dysprosium 1,22 8,55	67 164,93 Ho Holmium 1,23 8,78	68 167,26 Er Erbium 1,24 9,05	69 168,93 Tm Thulium 1,25 9,32	70 173,05 Yb Ytterbium — 6,97	71 174,97 Lu Lutetium 1,27 9,84
Actinoide	90 232,04 Th Thorium 1,3 11,72	91 231,04 Pa Protactinium 1,5 15,4	92 238,03 U Uran 1,38 18,95	93 237,05 Np Neptunium 1,36 20,45	94 244,06 Pu Plutonium 1,28 19,82	95 243,06 Am Americium 1,3 13,67	96 247,07 Cm Curium 1,3 13,51	97 247,07 Bk Berkelium 1,3 14,78	98 251,08 Cf Californium 1,3 15,1	99 252,08 Es Einsteinium 1,3	100 257,10 Fm Fermium ?	101 258,10 Md Mendelevium ?	102 259,10 No Nobelium ?	103 262,11 Lr Lawrencium ?

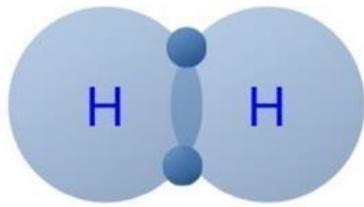




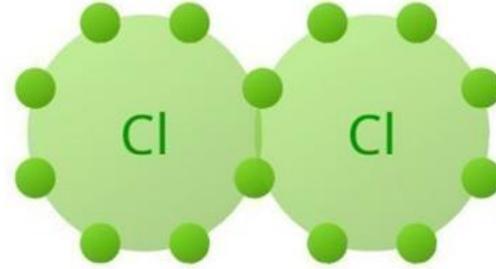
Die Häufigkeit der Elemente in Universum



Wie verbinden
sich Atome zu
chemischen Verbindungen?



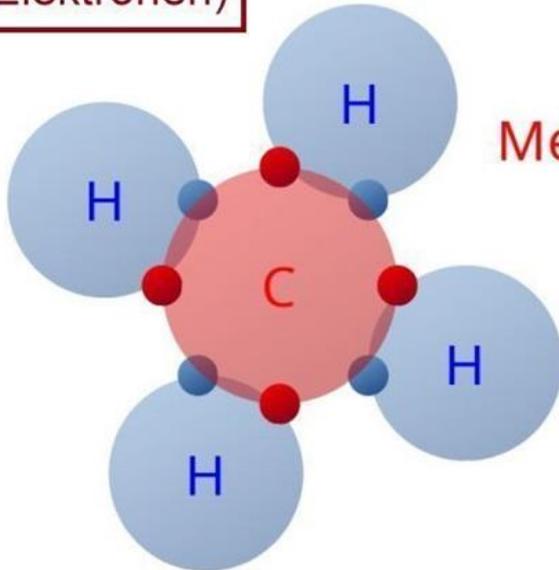
molekularer Wasserstoff (H_2)



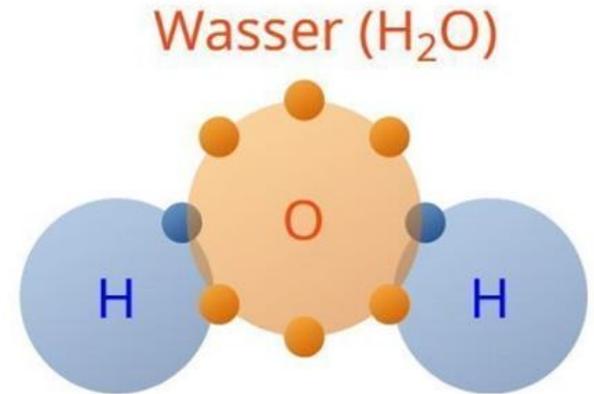
molekulares Chlor (Cl_2)

Verknüpfen
von Atomen

Moleküle mit
kovalenten Bindungen
(Teilen von Elektronen)

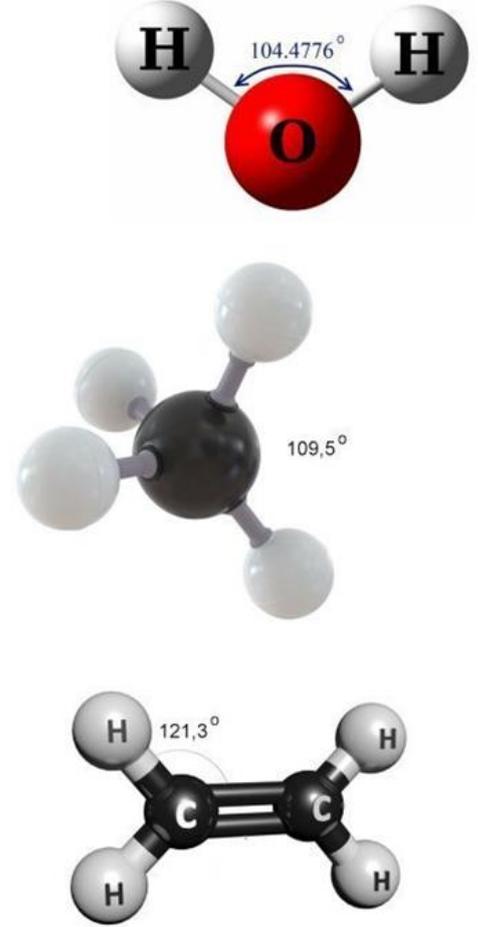


Methan (CH_4)

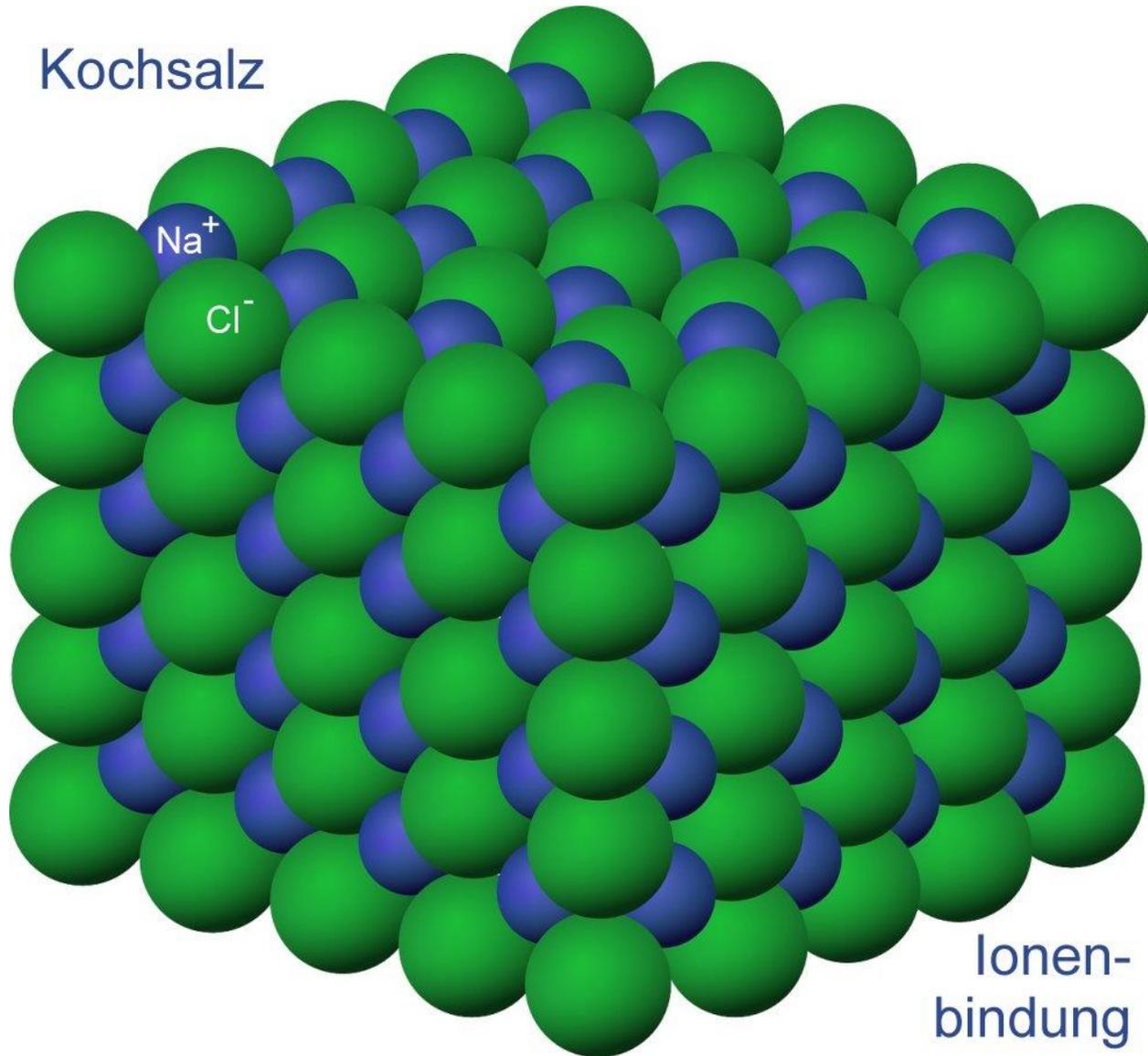


Wasser (H_2O)

Beispiele	Summenformel	Schematische Darstellung	Elektronenformel	Valenzstrichformel
molekularer Wasserstoff	H_2		$H\cdot + H\cdot = H-H$	$H-H$
molekulares Chlor	Cl_2		$\cdot\ddot{Cl}\cdot + \cdot\ddot{Cl}\cdot = \overline{Cl}-\overline{Cl} $	$ \overline{Cl}-\overline{Cl} $
Wasser	H_2O		$2 H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot = \begin{array}{c} \overline{O}-H \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} \overline{O}-H \\ \\ H \end{array}$
Methan	CH_4		$4 H\cdot + \cdot\ddot{C}\cdot = \begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$
Kohlenstoffdioxid	CO_2	—	$\cdot\ddot{C}\cdot + 2\cdot\ddot{O}\cdot = \begin{array}{c} \text{Doppelbindung} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \langle O=C=O \rangle \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Doppelbindung} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \langle O=C=O \rangle \end{array}$
Ethylen	C_2H_4	—	$2\cdot\ddot{C}\cdot + 4 H\cdot = \begin{array}{c} H & & H \\ & \diagdown \quad \diagup & \\ & C=C & \\ & \diagup \quad \diagdown & \\ H & & H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & & H \\ & \diagdown \quad \diagup & \\ & C=C & \\ & \diagup \quad \diagdown & \\ H & & H \end{array}$



Kochsalz



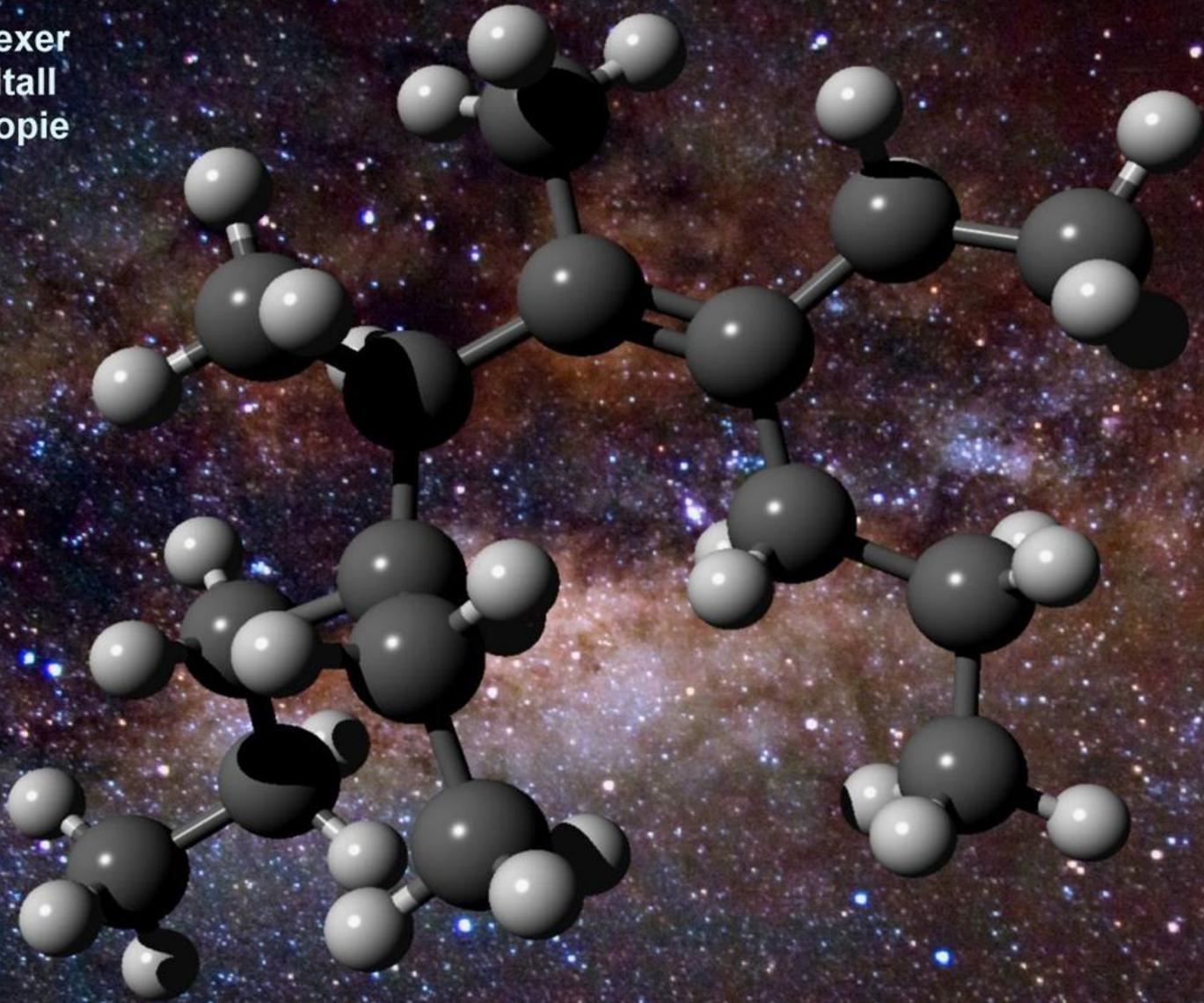
Na⁺

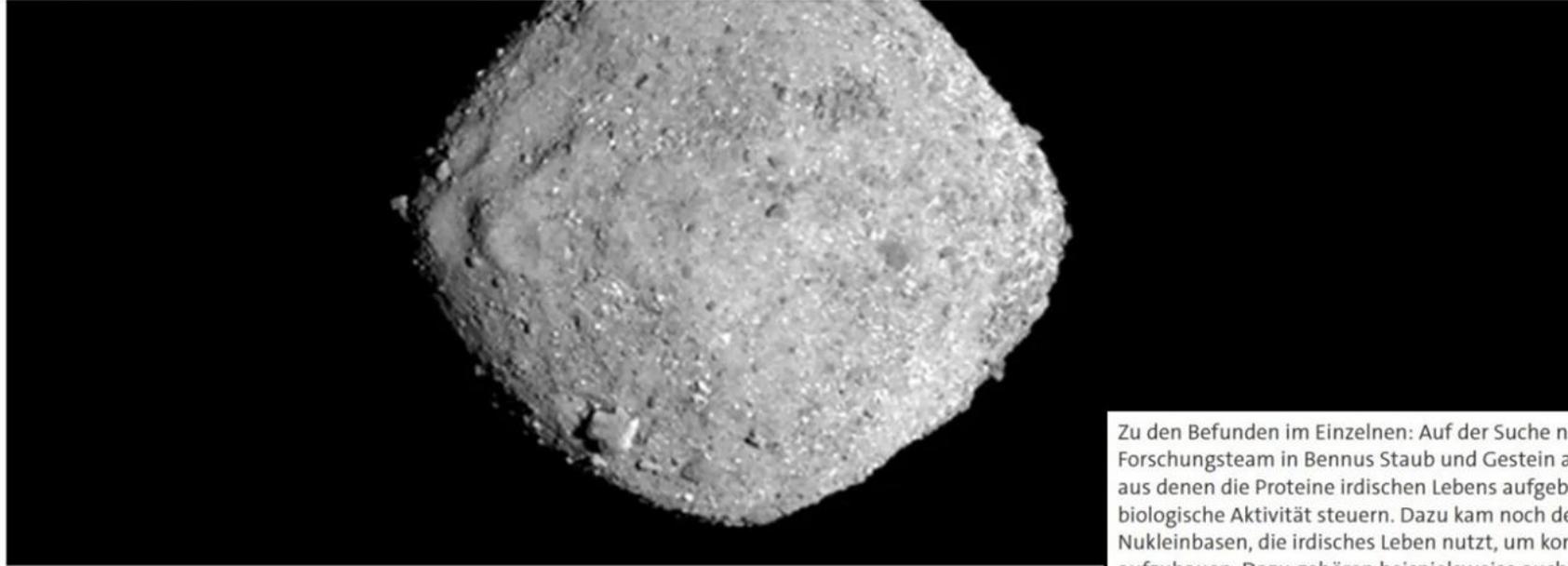
Cl⁻

Ionen-
bindung

**Nachweis komplexer
Moleküle im Weltall
durch Spektroskopie**

Quelle:
Chemie
Online





Asteroid Bennu

Bausteine des Lebens im All entdeckt

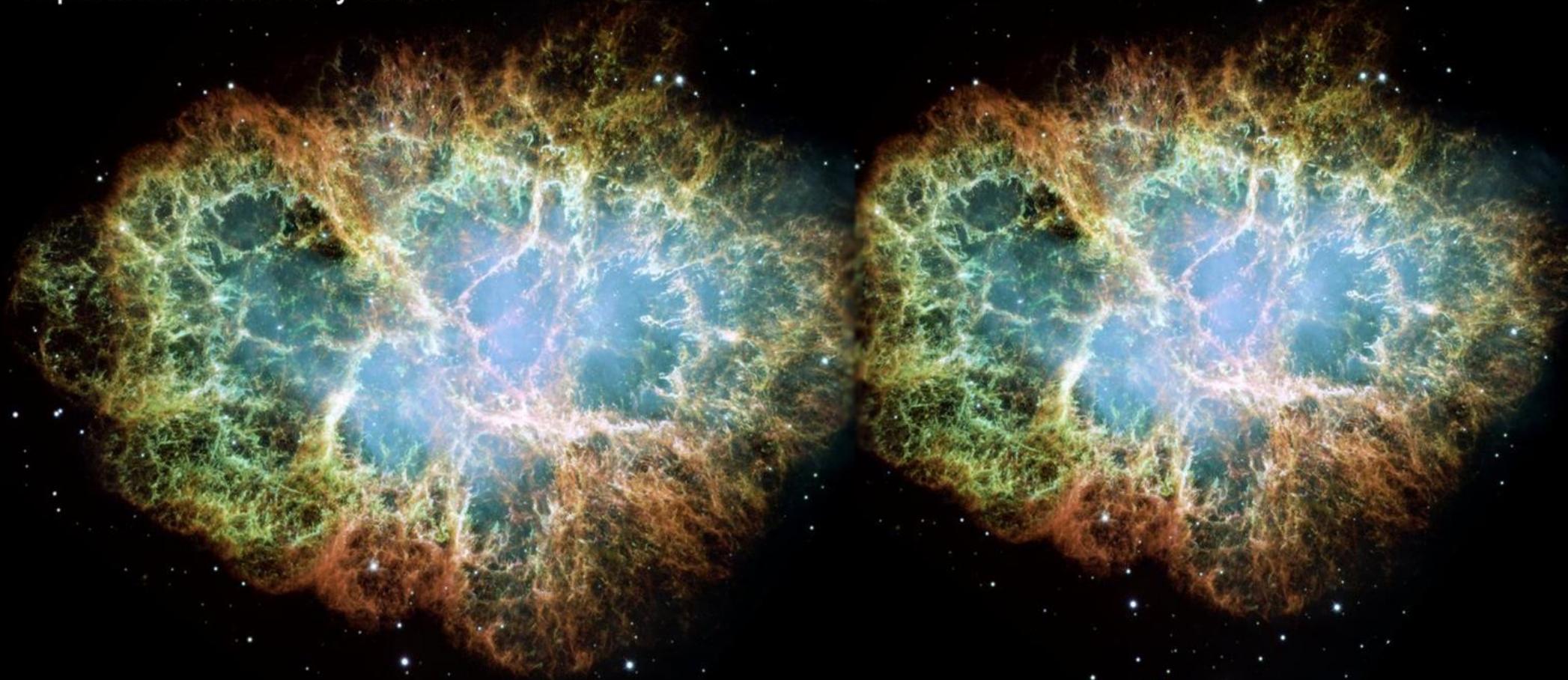
Stand: 04.02.2025 10:38 Uhr

Der Asteroid Bennu ist eine Zeitkapsel aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems. Nun belegen Gesteinsproben von Bennu, dass die Grundbausteine für Leben im frühen Sonnensystem weit verbreitet waren.

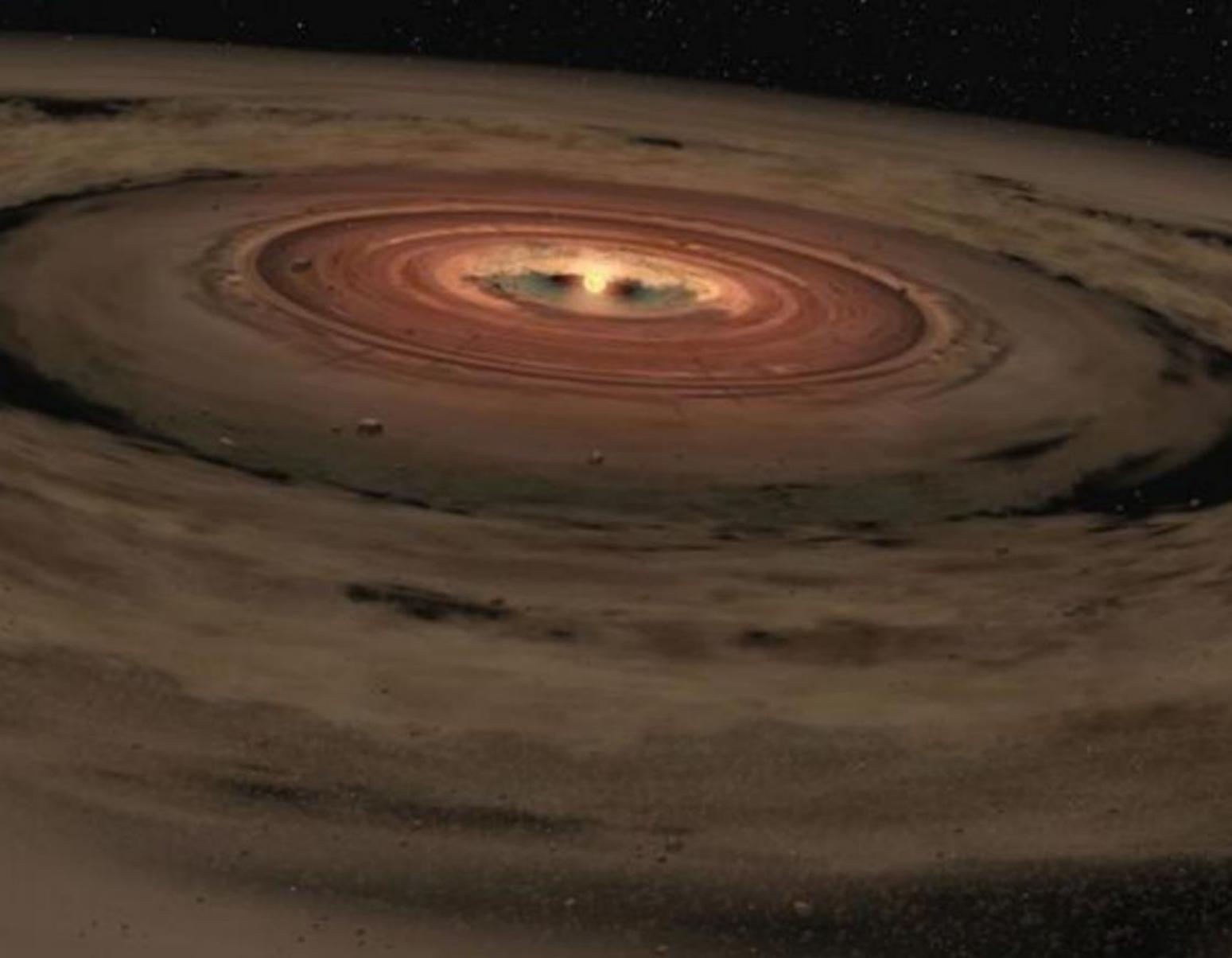
Zu den Befunden im Einzelnen: Auf der Suche nach Biomolekülen stieß ein Forschungsteam in Bennus Staub und Gestein auf 14 der 20 Aminosäuren, aus denen die Proteine irdischen Lebens aufgebaut sind und die nahezu jede biologische Aktivität steuern. Dazu kam noch der Nachweis von allen fünf Nukleinbasen, die irdisches Leben nutzt, um komplexere Biomoleküle aufzubauen. Dazu gehören beispielsweise auch DNA und RNA, in denen Erbinformationen und Baupläne für Proteine gespeichert sind.

Wie entstand
unsere Erde?

Reich an Elementen der
explosiven Nukleosynthese



Kollidierende Supernova-Überreste

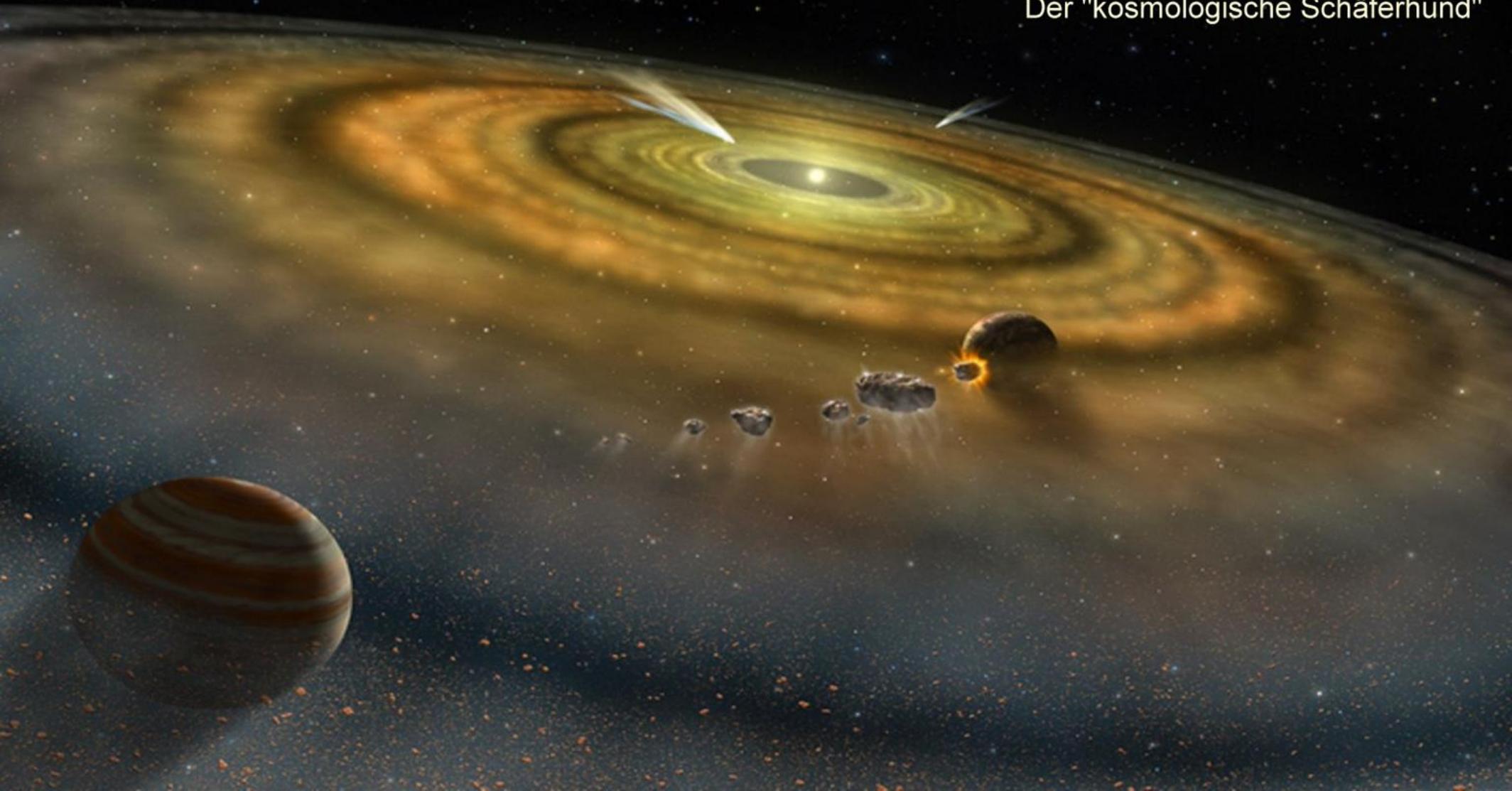


Zusammenballung
eines Wolkenfragments
führt zur Bildung
der Sonne und
Planetesimalen

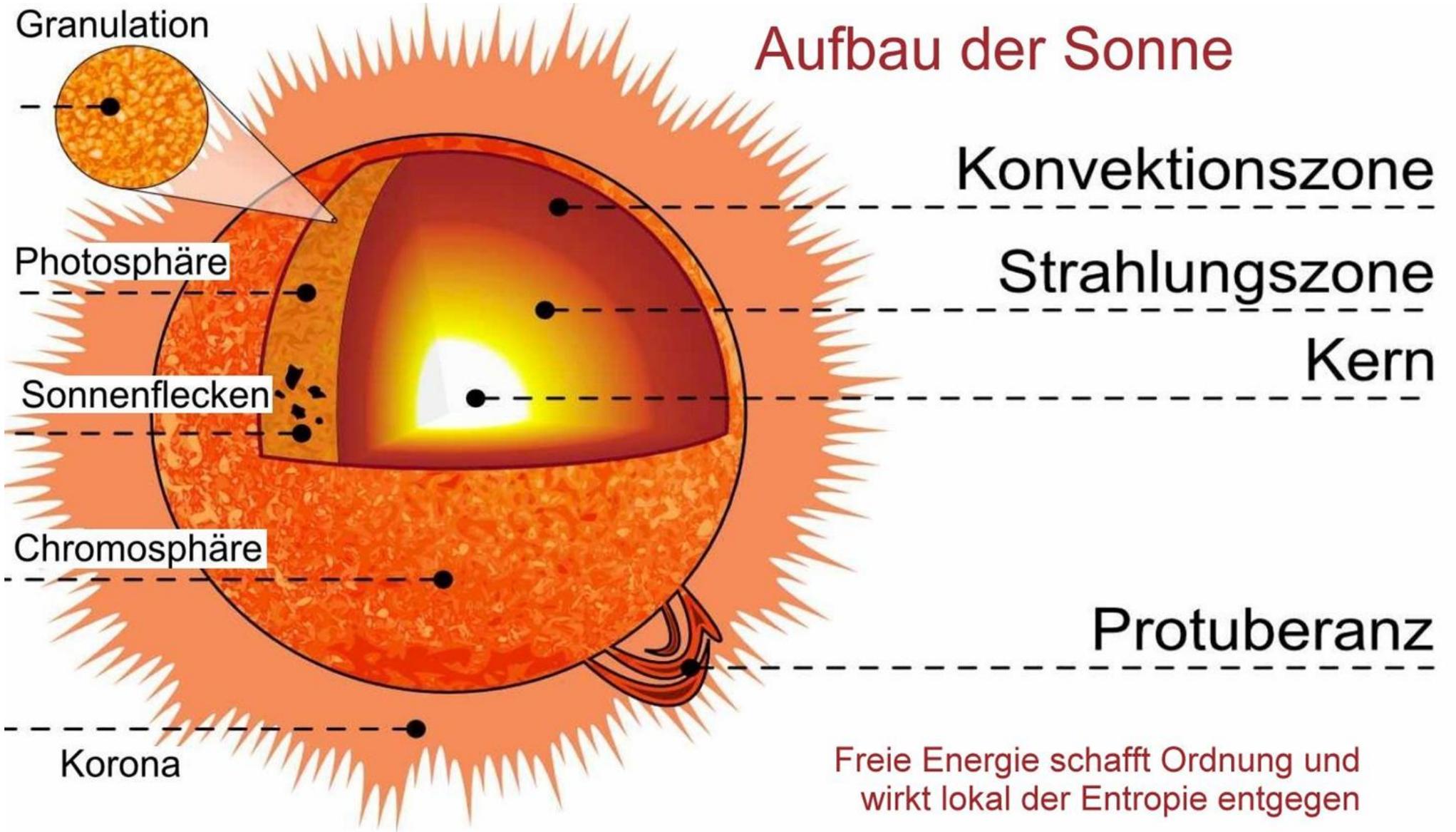
Welche Kollisionen fördern
Zusammenballungen generell:

- Supernova-Überreste
- planetarische Nebel
- Galaxien

Gravitation:
Der "kosmologische Schäferhund"



Aufbau der Sonne



Freie Energie schafft Ordnung und wirkt lokal der Entropie entgegen

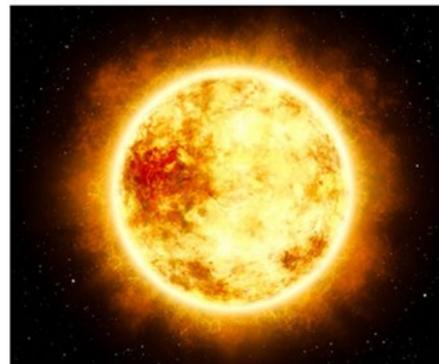
Größenverhältnisse im Sonnensystem



Sonne entstand
vor ca. 4,567 Milliarden Jahren

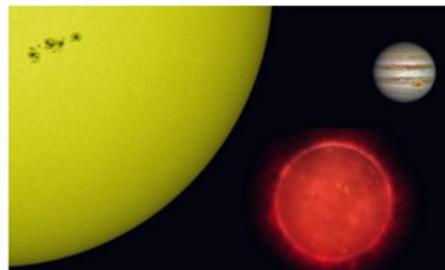


**Ist die Sonne ein
großer Stern ?**



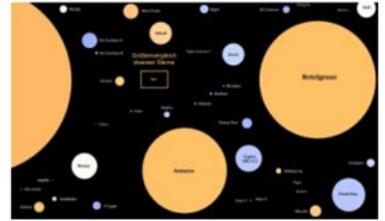
Ja und Nein

Ja, weil ... ?

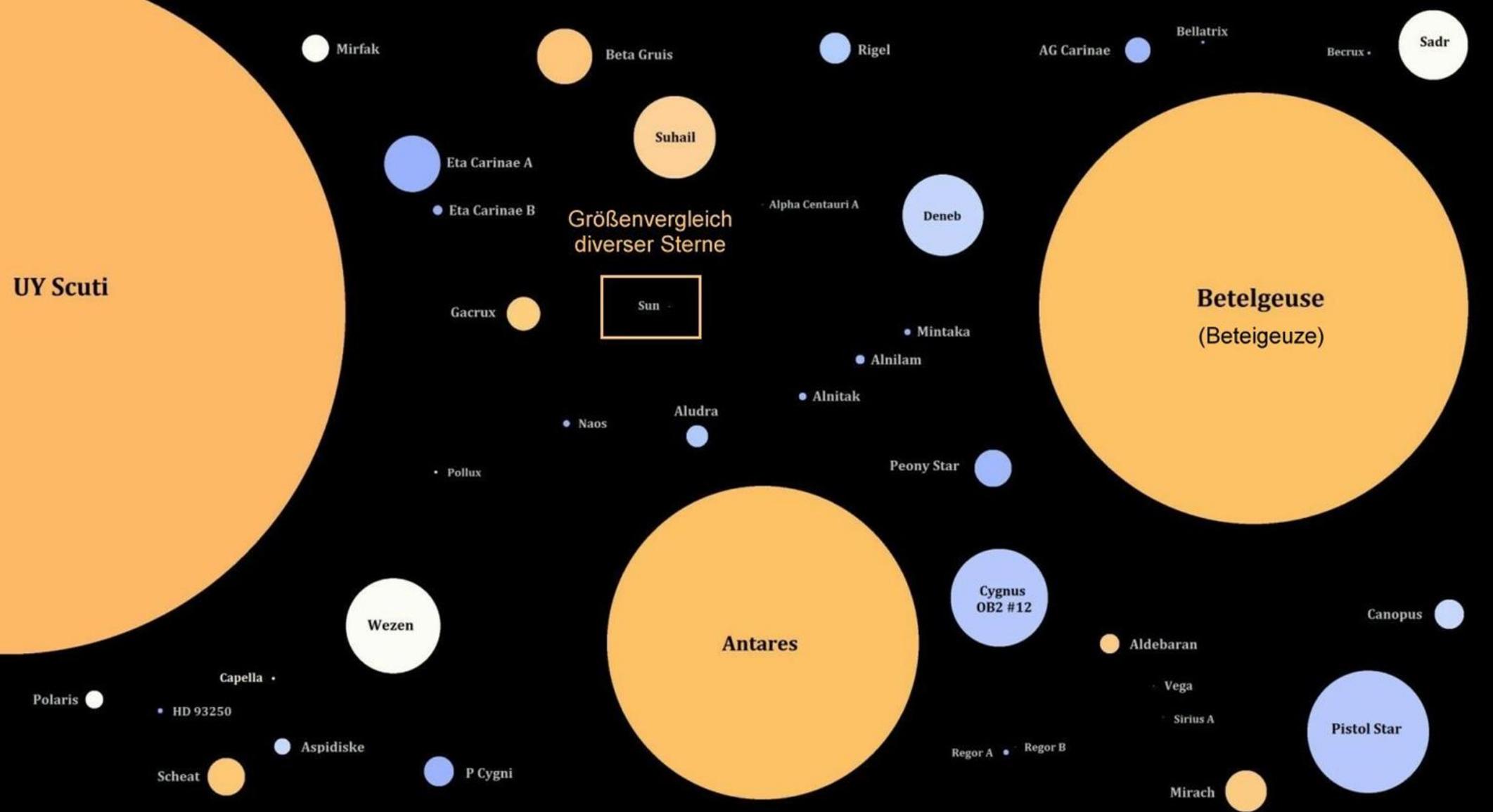


**... 95 % aller Sterne in der
Milchstraße kleiner sind**

Nein, weil ... ?



**... es Sterne gibt, die einen
mehr als tausendfachen
Durchmesser aufweisen**





Mondentstehung vor
ca. 4,53 Mrd. Jahren

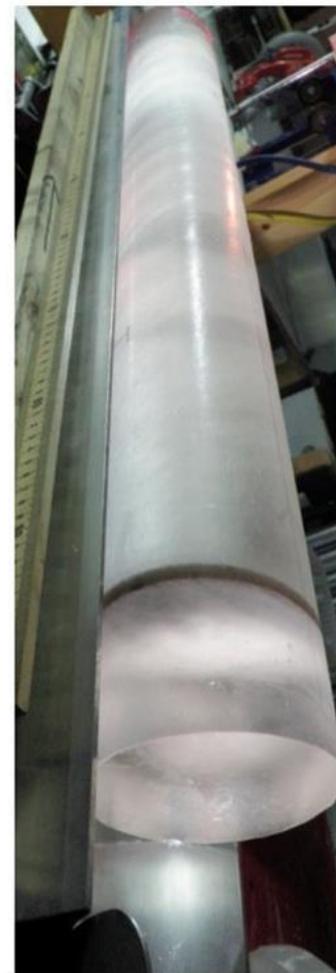
Theia

Mrd. = Kurzform für Milliarde

Erdentstehung vor ca. 4,543 Mrd. Jahren

Die Chronometrische Revolution und ihr Einfluss auf neue Erkenntnisse

Methode	Zeitraum, der gemessen werden kann	Einfluss auf neue Erkenntnisse
Astronomische Datierung (z. B. Spektralanalysen von Sternen)	Milliarden Jahre	Bestimmte das Alter von Sternen und Galaxien und bestätigte die kosmische Zeitskala des Urknalls.
Uran-Blei-Datierung	Bis zu 4,5 Milliarden Jahre	Bestimmte das Alter der ältesten Gesteine der Erde und des Mondes, bestätigte die geologische Zeitskala.
Genetische Uhren (Molekulare Phylogenetik)	Millionen Jahre	Klärte die Evolution von Arten, inklusive des modernen Menschen, durch Vergleich von DNA-Mutationen.
Thermolumineszenz & Optisch stimulierte Lumineszenz (OSL)	Bis zu 500.000 Jahre	Half, das Alter von Keramik, Sedimenten und frühen menschlichen Siedlungen genauer zu bestimmen.
Eisbohrkern-Analyse	Bis zu 800.000 Jahre	Rekonstruierte vergangene Klimaveränderungen, was entscheidend für das Verständnis von Klimawandel und Eiszeiten ist.
Radiokohlenstoffdatierung (C-14)	Bis zu 50.000 Jahre	Ermöglichte präzise Datierungen organischer Materialien, revolutionierte die Archäologie und frühe Menschheitsgeschichte.
Dendrochronologie (Jahresringe von Bäumen)	Bis zu 13.000 Jahre	Verfeinerte Klimarekonstruktionen und präziserte Datierungen historischer Ereignisse.



Quelle: ChatGPT

Radiometrische

Datierung

Eines dieser mikroskopisch kleinen Zeitarchive, ist Zirkon, das „Starmineral“ für das Verständnis der Erdgeschichte.



Uran zerfällt langsam zu Blei

Uran - gefangen im Kristallgitter

Verhältnis Uran/Blei messbar



Bis zu einem Zentimeter große Zirkon-Kristalle in einem Gesteinsstück aus Quarz und Biotit.

© [Rob Lavinsky, iRocks.com](https://www.rob-lavinsky.com/) / CC-by-sa-3.0

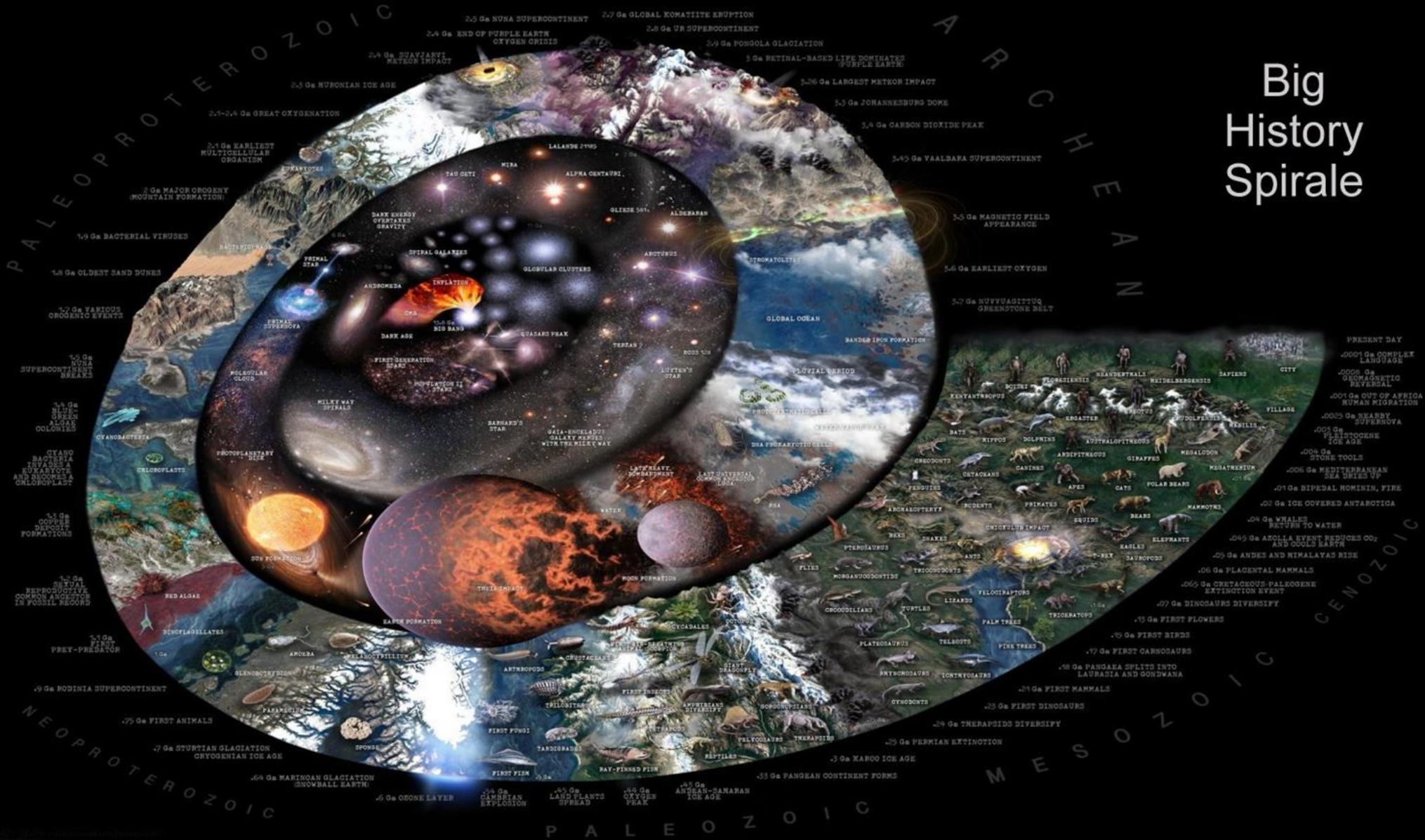
Eines dieser mikroskopisch kleinen Zeitarchive, ist Zirkon, das „Starmineral“ für das Verständnis der Erdgeschichte. Diese Verbindung aus Zirkonium, Silizium und Sauerstoff das älteste bekannte Mineral der Erde, es existierte bereits vor rund 4,4 Milliarden Jahren. Gleichzeitig ist Zirkon in der Erdkruste auch relativ häufig. Es findet sich den Gesteinen als mikroskopisch kleine Partikel von 0,05 bis 0,3 Millimetern.

Quelle: <https://www.scinexx.de/dossierartikel/ein-chronometer-namens-zirkon/>

Uran - gefangen im Kristallgitter

Für die Datierung ist aber eine andere Eigenschaft des Zirkons das Spannende: In seiner Kristallstruktur enthält es Spuren von Uran. Da dieses radioaktive Element im Laufe der Zeit zu verschiedenen Bleisotopen zerfällt, lässt sich das Verhältnis von Uran zu Blei für die Datierung nutzen.

Big History Spirale



Weitere Einschläge
vor 4,1 Mrd. Jahren



Großes Bombardement
oder viele kleinere

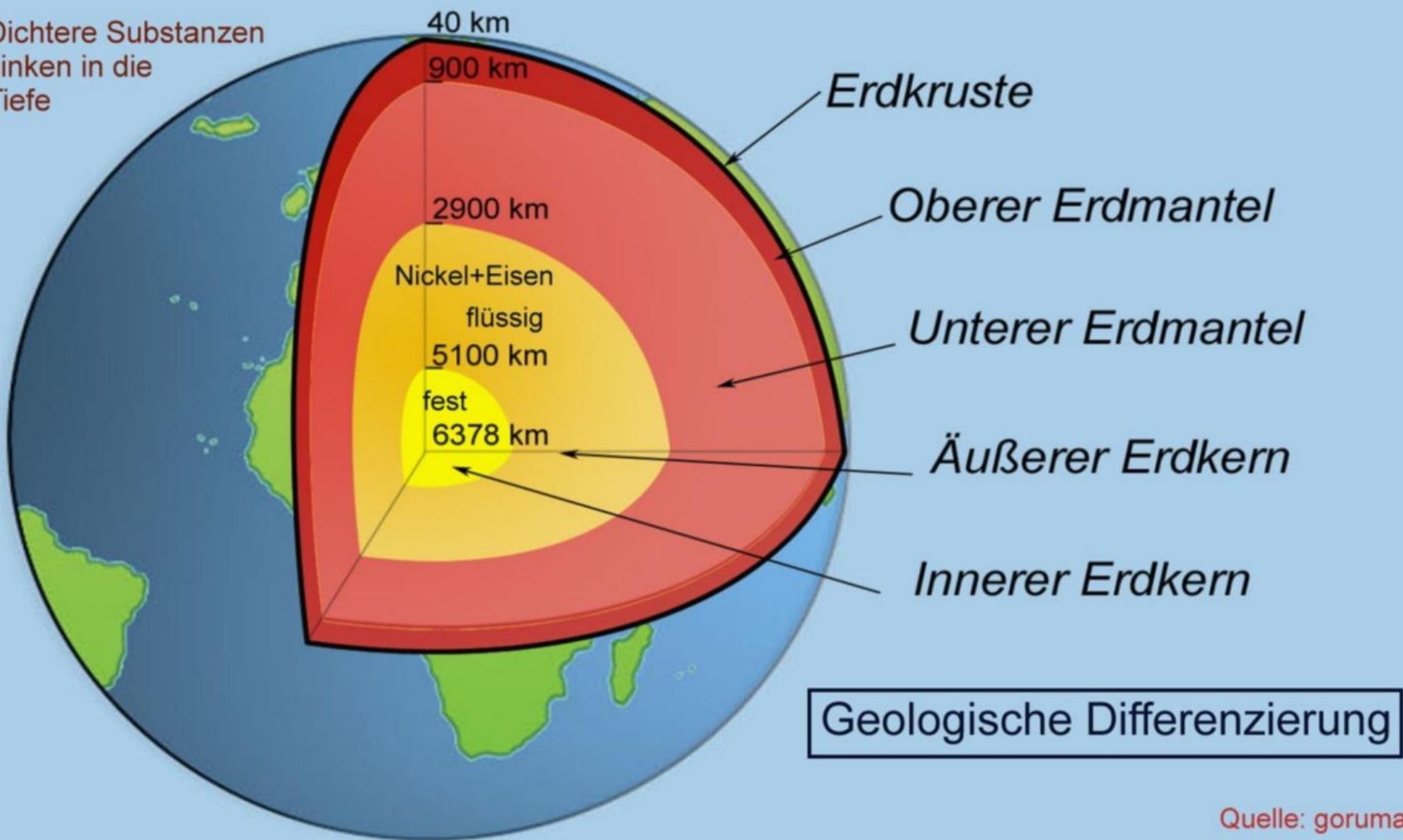


Mondkrater dokumentieren die
zahlreichen Meteoriteneinschläge der Vergangenheit

Frühphase der Erde mit
viel näherem Mond



Dichtere Substanzen
sinken in die
Tiefe



Zentrale Begriffe von Big History

- Evolution
- Komplexität
- Energie
- Entropie
- Emergenz

- Goldilocks-Konditionen
- Schwellen (Thresholds)
- Muster (Pattern)
- Selbstorganisation
- Veränderungsbeschleunigung

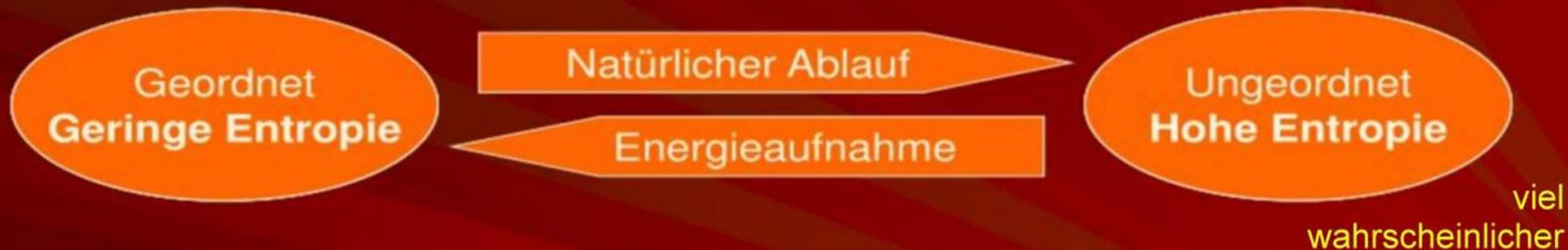


Warum spielt Entropie
für Big History eine
wichtige Rolle?

Was ist Entropie?



- Maß für die möglichen Zustände bzw. für die Unordnung eines Systems:



- **In einem geschlossenen System nimmt die Entropie immer weiter zu.**
- Mit abnehmender Temperatur steigt die Tendenz für Ordnung (geringe Entropie).
Mit zunehmender Temperatur steigt die Tendenz für Unordnung (hohe Entropie).

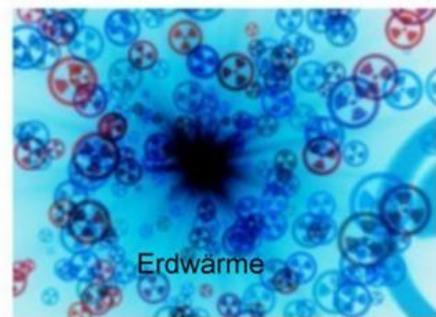
Gegenspieler der Komplexität ist die Entropie, ein Maß für die Unordnung

K o m p l e x i t ä t

b r a u c h t

E n e r g i e

Zudem gilt: Komplexe Dinge zerfallen schneller



Big-History-
Muster
(Pattern)

Energieformen

Gebundene Energie: Nicht nutzbare Energie (Abwärme)

Freie Energie: Energie mit der Fähigkeit, Arbeit zu verrichten (umwandelbare Energie)

Arbeit: Die Fähigkeit den Ort von Teilchen zu verändern

Beispiele für freie Energie:

- Höhenenergie (potenzielle Energie)
- Bewegungsenergie (kinetische Energie)
- Elektrische Energie
- Chemische Energie
- Druckenergie in Gasen
- Federenergie
- Temperaturunterschiedsenergie



Wie wird tote

Materie lebendig?

Entstand das Leben in „Weißen Rauchern“?

Hypothese:
Leben entstand in
der Nähe von
Unterwasservulkanen

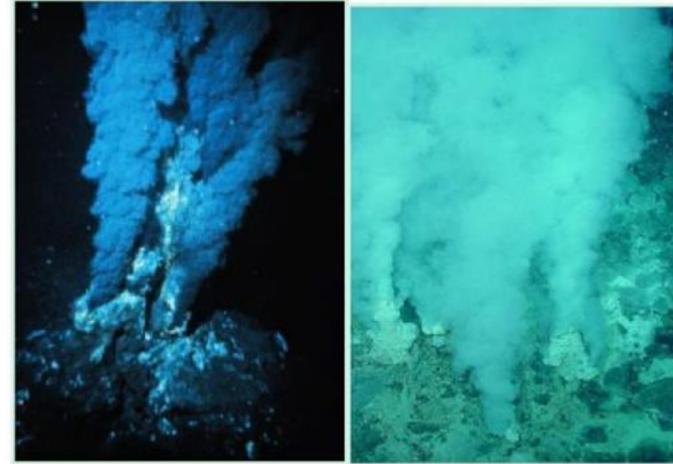


Abbildung 5: Hydrothermale Schlote am Meeresboden:
„Schwarze“ Raucher (links) und die „weiße“ Variante
(rechts) (Fotos: NOAA).

Kohlenstoff (C)
Wasserstoff (H)
Sauerstoff (O)
Stickstoff (N)
Phosphor (P)
Schwefel (S)

Entstand das Leben in „Weißen Rauchern“?

Wenn das Leben, wie wir es kennen, auf der Erde entstanden ist, in welcher Umgebung können wir seinen Ursprung vermuten? Drei Komponenten müssen dafür vorhanden gewesen sein: flüssiges Wasser, gelöste Verbindungen mit essenziellen Elementen (vor allem C, H, N, O, P, S) und Energie liefernde Moleküle, um die mit dem Leben einhergehenden endergonen Prozesse zu speisen. Es gibt mehrere Orte, die diesen Anforderungen gerecht werden, wie z. B. den Ozean, den Meeresboden, das Land oder Risse in der Erdkruste. Aber unter all diesen Orten scheinen die „Weißen Raucher“ besonders geeignet zu sein (Abbildung 5). Darunter versteht man Schlote, die aus dem Meeresboden der Tiefsee wachsen und warmes Wasser ausstoßen, das viele Mineralstoffe enthält und alkalisch reagiert.

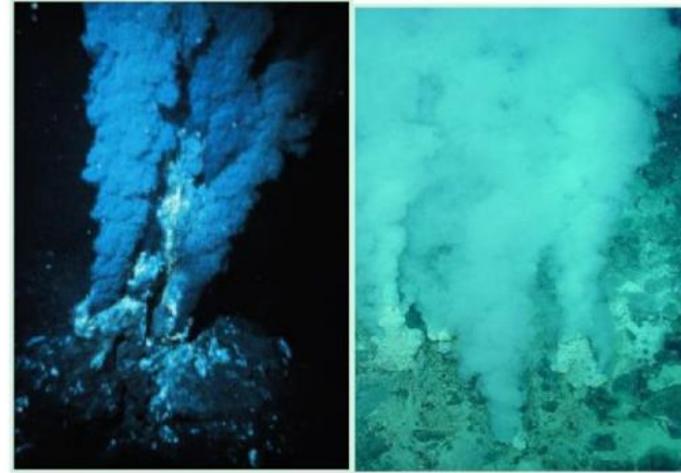
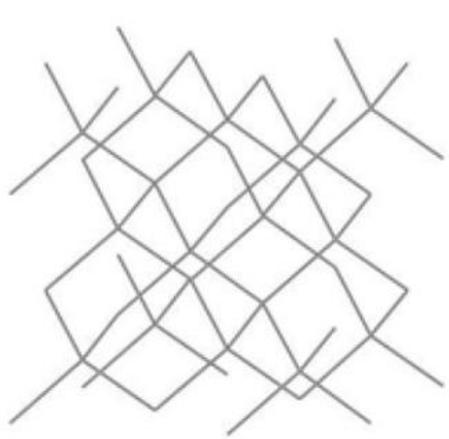


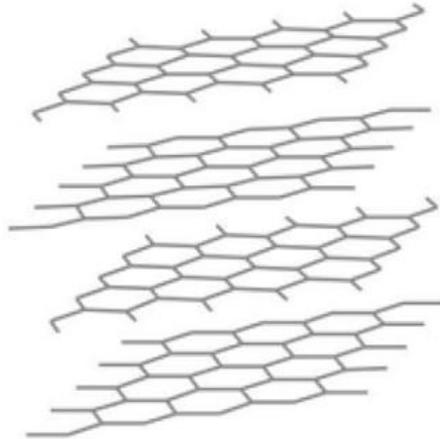
Abbildung 5: Hydrothermale Schlote am Meeresboden: „Schwarze“ Raucher (links) und die „weiße“ Variante (rechts) (Fotos: NOAA).

Kohlenstoff (C)
Wasserstoff (H)
Sauerstoff (O)
Stickstoff (N)
Phosphor (P)
Schwefel (S)

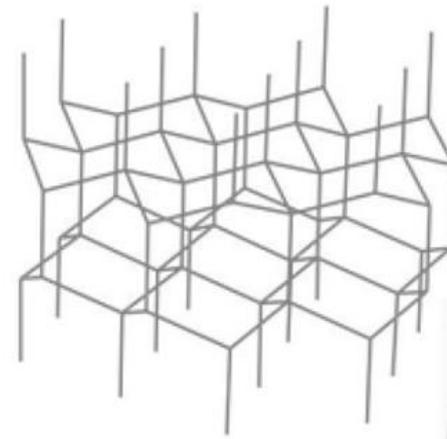
Hydrothermale Schlote bilden sich in der Nähe von Regionen, in denen tektonische Platten aneinanderstoßen. Sie entstehen durch die Reaktion der Erdkruste mit Meerwasser, das durch Risse im Meeresboden einsickert. Dort findet sich Olivin ($(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$), ein Mineral mit einem hohen Gehalt an zweiwertigen Eisen- und Magnesiumionen bei gleichzeitig niedrigem Silikatgehalt.



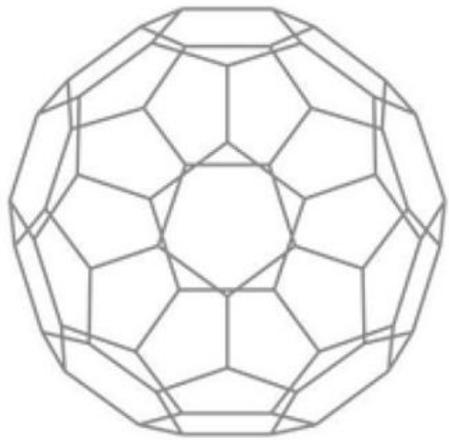
a



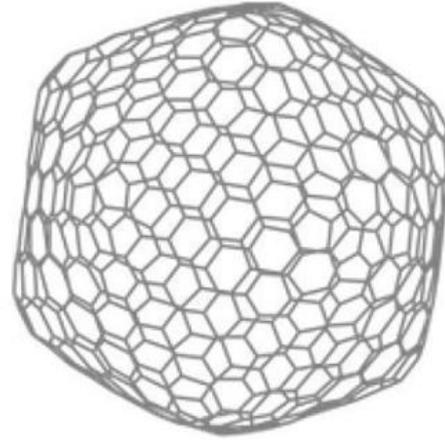
b



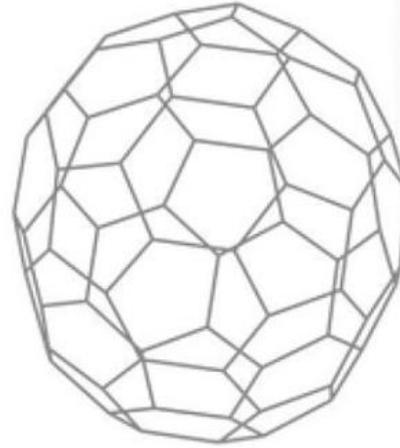
c



d

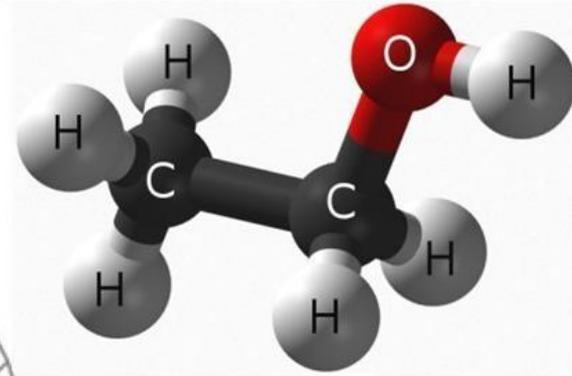


e



f

Flexibilität des Kohlenstoff



Ethanol-Molekül

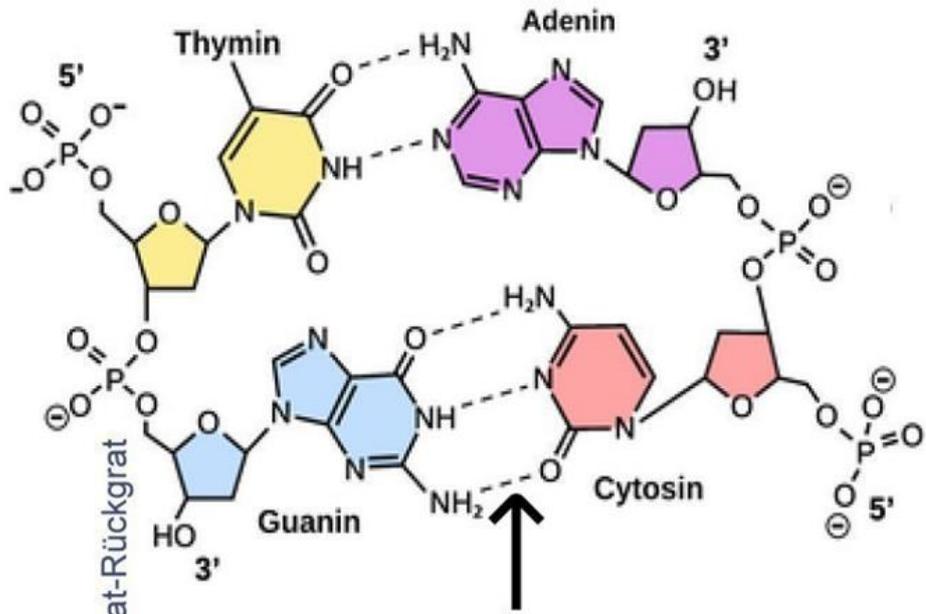
a) Diamant, b) Graphit c) Lonsdaleit d) Buckminsterfulleren (C60)
e) Fulleren C540 f) Fulleren C70

Im frühen Urozean ging es um das Überleben der erfolgreichsten Produkte chemischer Reaktionen

Wie funktioniert
die Blaupause
für Lebewesen?

Wachsende chemische Komplexität

Basenpaare



Wasserstoffbrücken

Und eine neue Form der Komplexität: Information

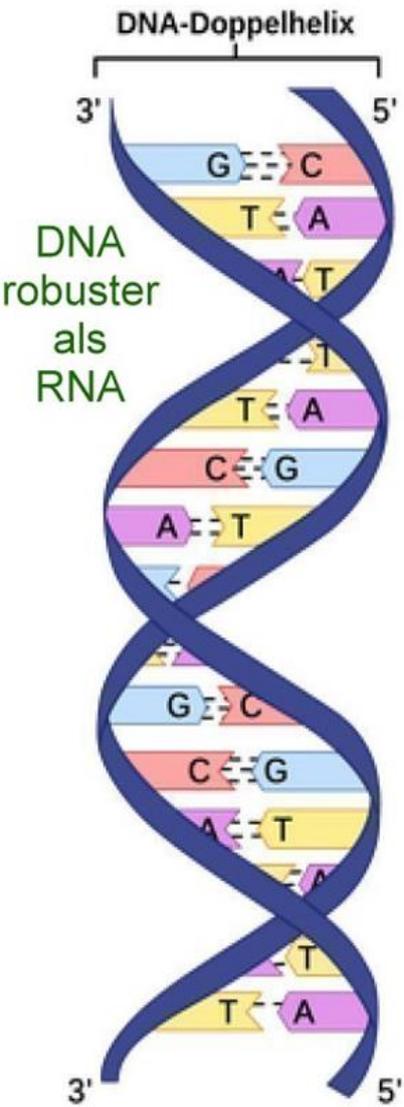
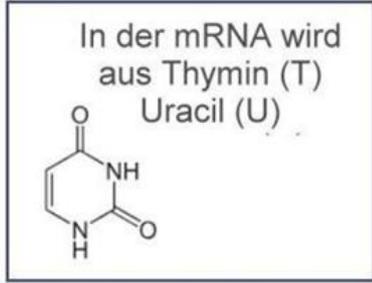
DesoxyriboNucleic Acid (DNA)

Deutsch:
Desoxyribonukleinsäure

RiboNucleic Acid (RNA)

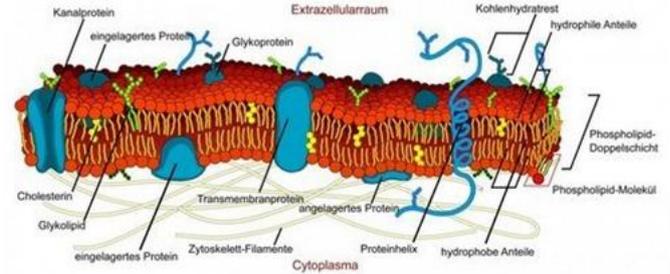
Genom =
komplette Bauanleitung
eines Lebewesens

RNA kann
Information
+ Enzym sein



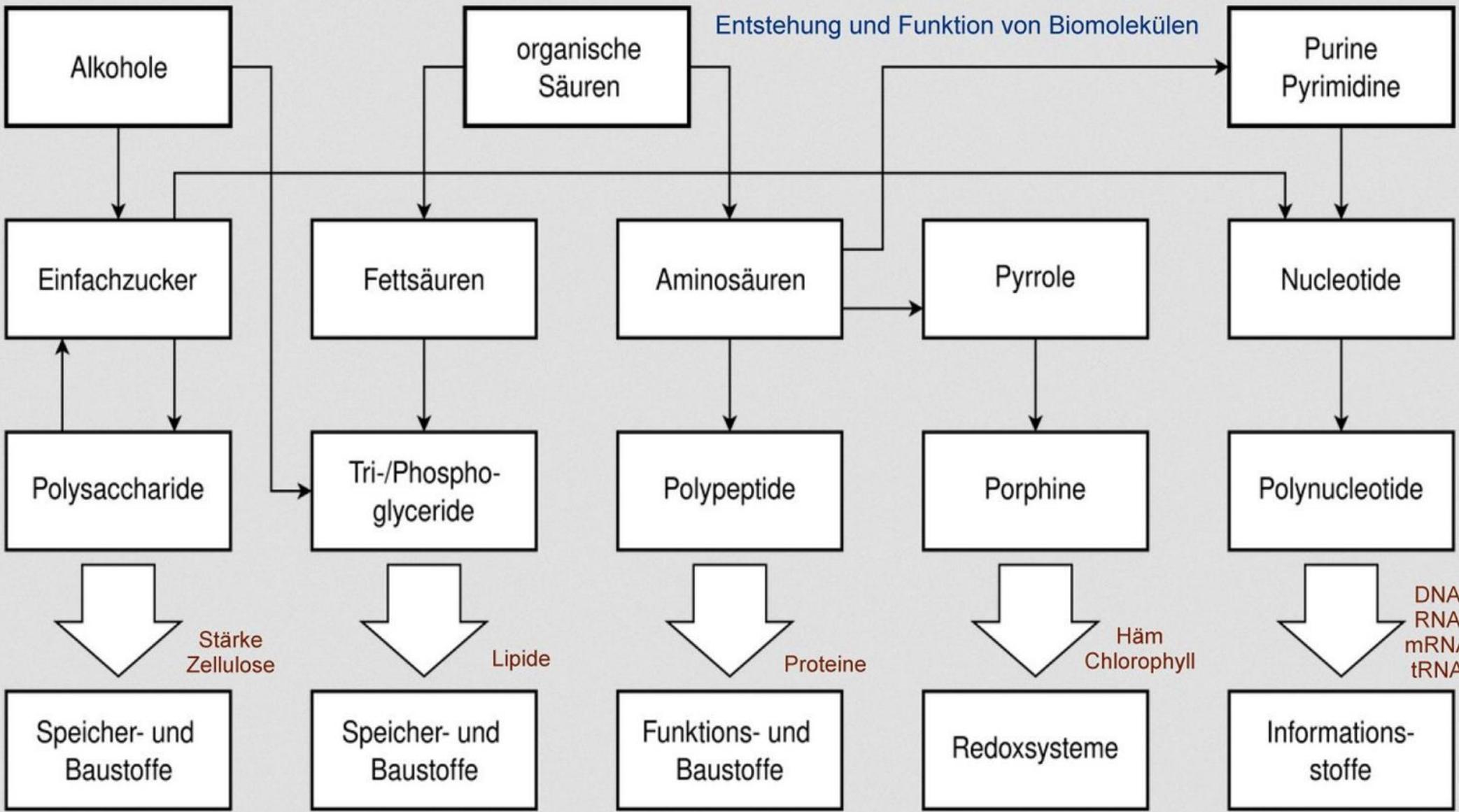
Die ersten Meilensteine in der Frühphase der Erde: Entstehung

- 1) des Erdmondes
- 2) der Ozeane
- 3) der Aminosäuren
- 4) der Nukleinsäuren
- 5) der Lipidmembrane
- 6) der Protobionten (vor ca. 4 Mrd. Jahren)
- 7) der Mikroorganismen mit RNA (vor ca. 3,8 Mrd. Jahren)
- 8) der Mikroorganismen mit DNA (vor ca. 3,5 Mrd. Jahren)



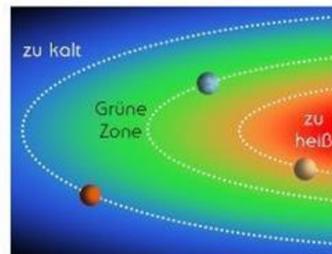
teilweise aus dem Weltall
Glycin
Uracil

Entstehung und Funktion von Biomolekülen

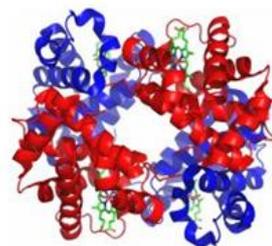


**Was fördert die
Bildung von komplexen
Biomolekülen?**

Komplexe Biomoleküle durch



- Planet in der habitablen Zone mit moderaten Temperaturschwankungen
- langlebiger Mutterstern mit wenigen Flares
- flüssiges Wasser mit Gezeiten
- Üppiges Angebot an CHNOPS-Elementen
- Meteoriteneinschläge und Vulkanismus
- hydrothermale Quellen, schwarze Raucher
- flache Lagunen und moderate UV-Strahlung
- Blitze von Gewittern



Kosmische und planetare Entwicklung

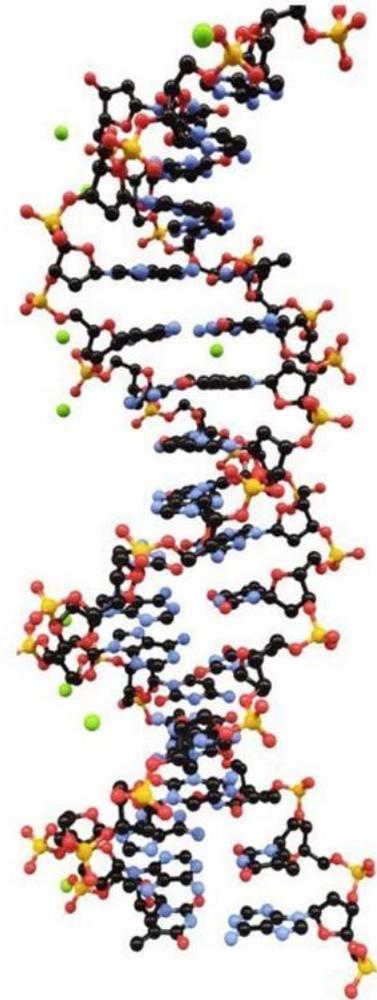
Phase	Goldilocks-Konditionen
Urknall (13,8 Mrd. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Exakte Dichte der Energie verhindert Kollaps oder unkontrollierte Expansion.- Feinabgestimmte Naturkonstanten ermöglichen die Bildung von Materie.- Leichter Materieüberschuss verhindert vollständige Vernichtung durch Antimaterie.
Entstehung von Sternen & Galaxien (12-13 Mrd. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Perfekte Materiedichte ermöglicht Strukturentstehung.- Dunkle Materie stabilisiert Galaxien.- Supernovae erzeugen schwere Elemente für Planetenbildung.
Entstehung der Erde (4,5 Mrd. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Habitable Zone der Sonne ermöglicht flüssiges Wasser.- Stabile Sonne sorgt für konstante Energieversorgung.- Der Mond stabilisiert die Erdachse, Jupiter schützt vor Asteroiden.



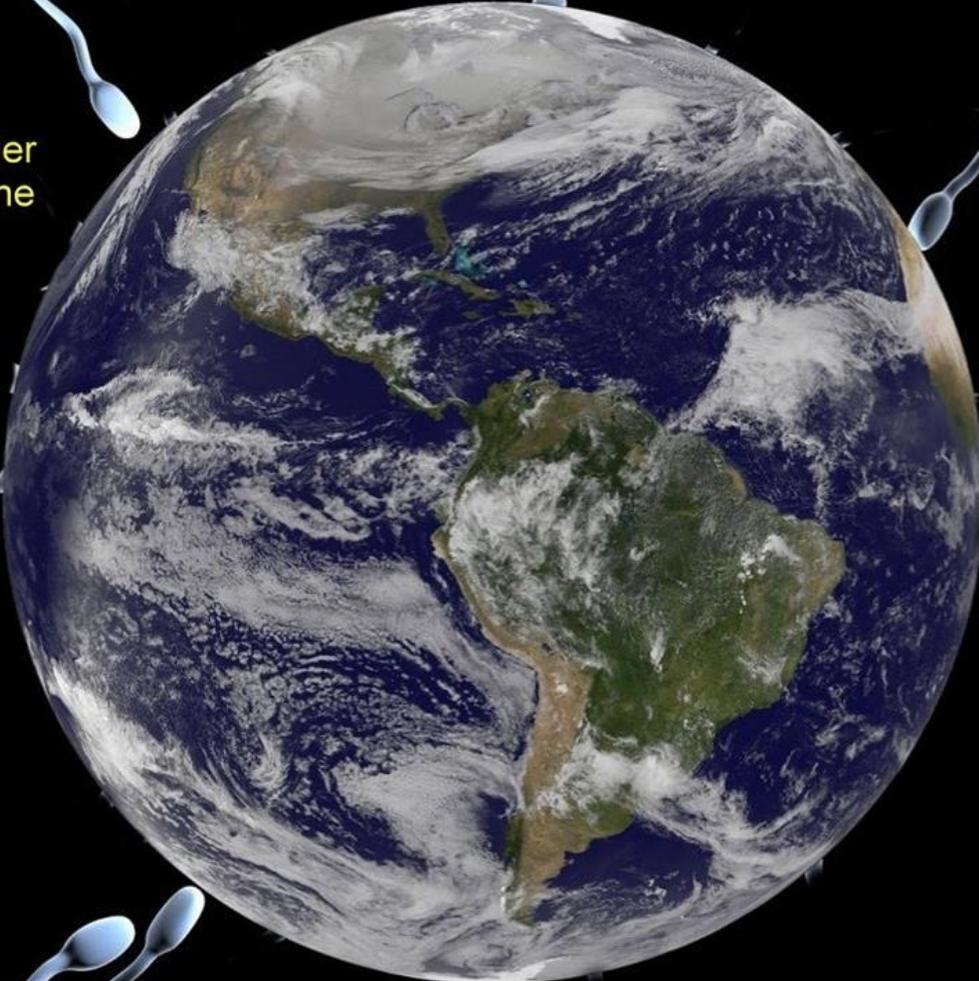
Quelle: ChatGPT

Biologische Evolution und Menschwerdung

Phase	Goldilocks-Konditionen
Frühe biologische Evolution (3,8-2 Mrd. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Flüssiges Wasser als Medium für biochemische Prozesse.- CHNOPS-Elemente als Bausteine des Lebens.- Energiequellen wie Sonnenlicht oder chemische Reaktionen treiben Stoffwechsel an.
Entwicklung komplexeren Lebens (2 Mrd. – 600 Mio. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Endosymbiose verbessert Zellenergieproduktion.- Sauerstoffgehalt steigt, ermöglicht größere Organismen.- Geologisch stabile Meere und Erdkruste fördern Evolution.
Evolution von Tieren und Pflanzen (600-65 Mio. Jahre)	<ul style="list-style-type: none">- Kambrische Explosion durch ökologische Stabilität.- Ozonschicht schützt vor UV-Strahlung, Landbesiedlung wird möglich.- Massensterben setzen evolutionäre Prozesse in Gang.
Evolution des Menschen (65 Mio. Jahre – heute)	<ul style="list-style-type: none">- Stabile Klimabedingungen in Afrika fördern frühe Hominiden.- Aufrechter Gang verbessert Mobilität und Werkzeugnutzung.- Sprache und Kognition ermöglichen soziale Strukturen



Kamen
das Leben oder
die Lebensbausteine
aus dem Weltall ?



Panspermie-Hypothese

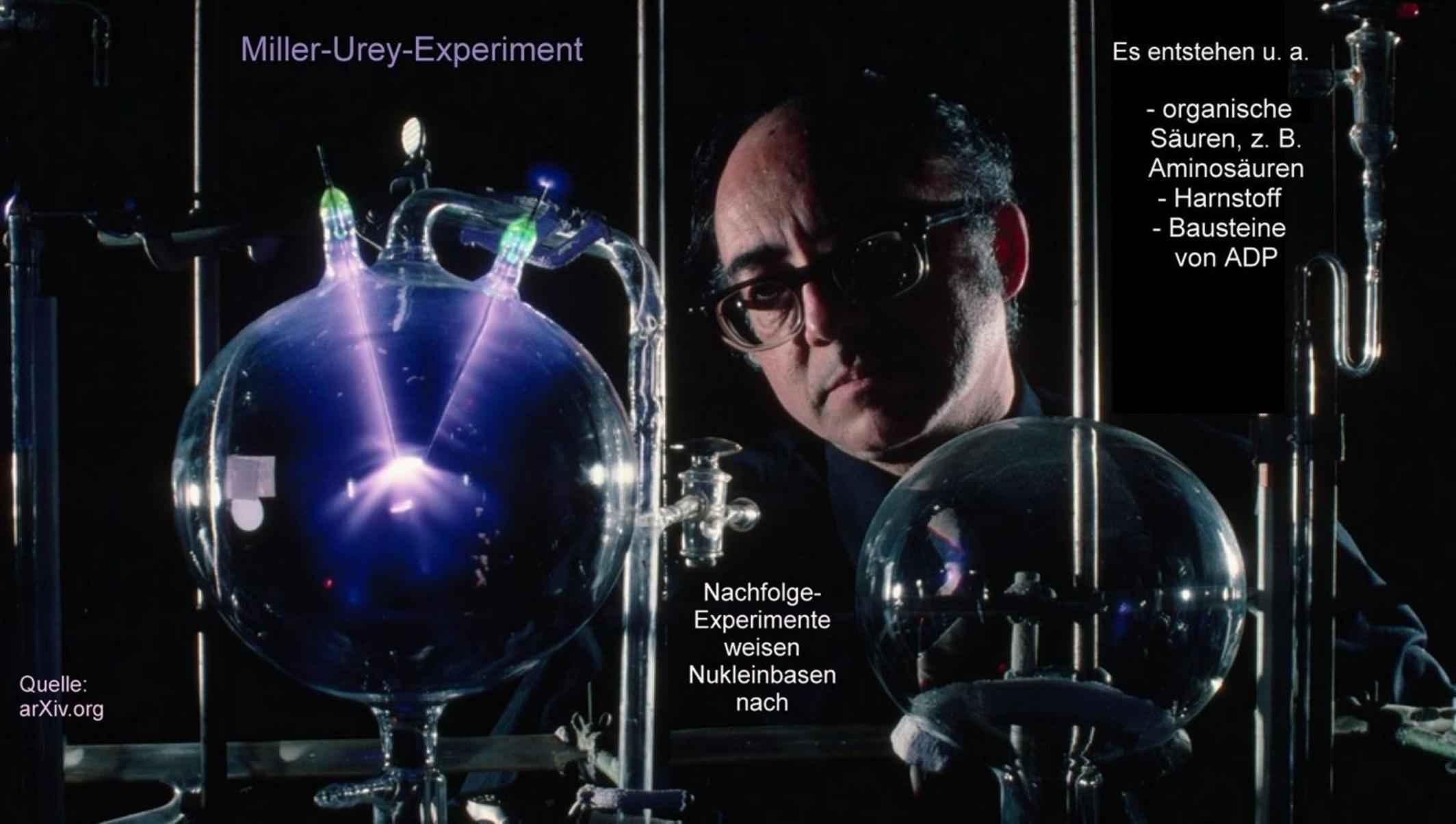
Miller-Urey-Experiment

Es entstehen u. a.

- organische Säuren, z. B. Aminosäuren
- Harnstoff
- Bausteine von ADP

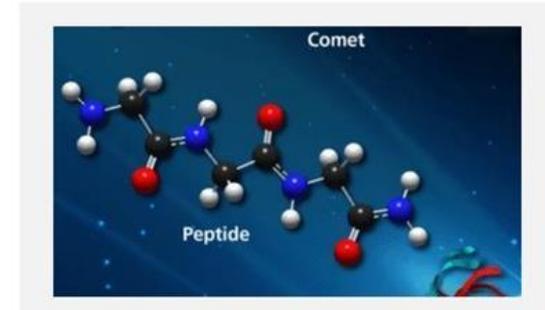
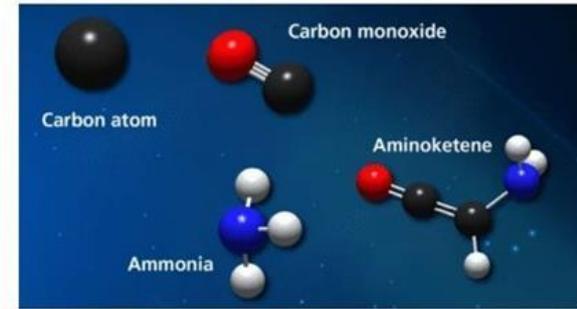
Nachfolge-Experimente weisen Nukleinbasen nach

Quelle: arXiv.org



Experiment:

Aminosäureketten können unter kosmischen Bedingungen an den eisigen Oberflächen von Staubkörnern entstehen



Peptide auf interplanetarem & interstellarem Eis

Quelle: Universität Jena &

<https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2022/02/ausserirdische-bausteine-des-lebens-komplexe-molekuele-im-weltall>

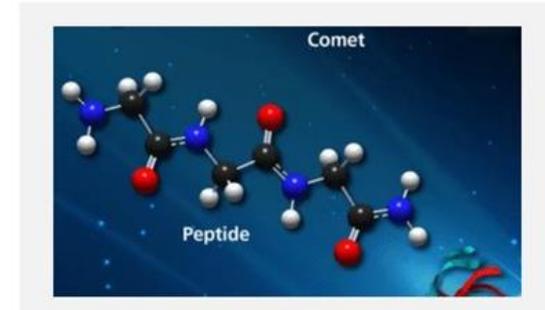
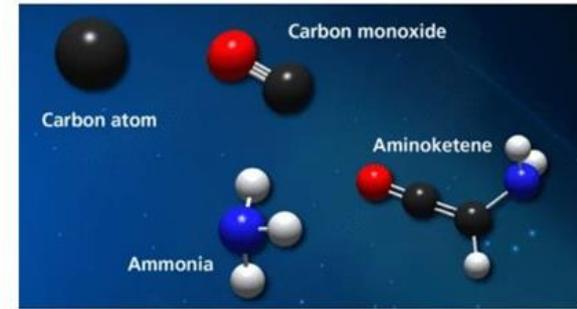
Chemie der Entstehung irdischen Lebens

Das Forschungsteam hat mit seiner Arbeit einen bisher unbekanntem chemischen Weg zur Bildung von Peptiden und Proteinen gefunden. Serge Krasnokutski zufolge können die Ergebnisse der Studie dabei helfen, die Chemie der Entstehung des Lebens besser zu verstehen. „Bei diesen Experimenten haben wir die völlig spontane Bildung relativ kurzer Peptide beobachtet. Für weitere Untersuchungen könnte es interessant sein, die Bildung von längeren Peptiden, die man bereits als Proteine bezeichnen könnte, und solchen, die nicht nur aus Glycin bestehen, zu erforschen.“

Dass nicht nur Aminosäuren, sondern auch Peptide unter kosmischen Bedingungen auf der eisigen Oberfläche von Staubkörnern entstehen können, könnte potentiell ausschlaggebend dafür gewesen sein, dass sich auf der Erde Leben entwickelte. Laut Serge Krasnokutski gibt bis heute kein eindeutiges Verständnis vom Mechanismus der Bildung von Biopolymeren und Peptiden vor der Entstehung von Leben. Aber man könne ein Szenario nicht vollständig ausschließen, „in dem die Bildung von Peptiden im Weltraum und ihre Lieferung auf die Erde nicht nur die Evolution beschleunigten, sondern ein Schlüsselmoment für die Entstehung des Lebens waren.“

Quelle: Universität Jena &

<https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2022/02/ausserirdische-bausteine-des-lebens-komplexe-molekuele-im-weltall>



Peptide auf interplanetarem
& interstellarem Eis

Emergente Eigenschaften



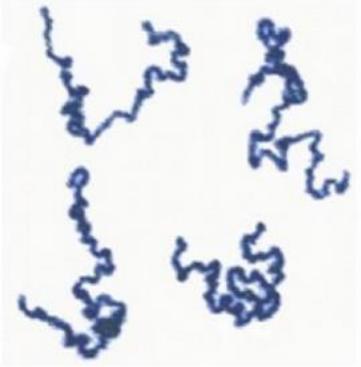
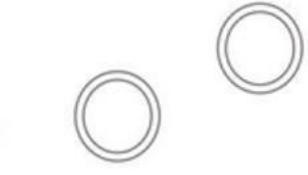
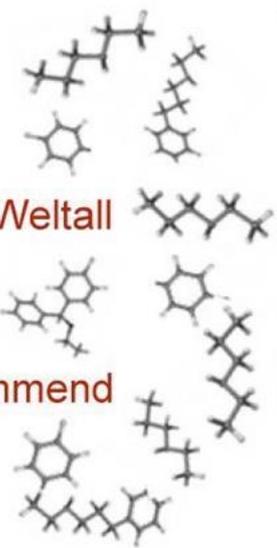
Aus Weltall

Im Ozean schwimmend

Habitable world

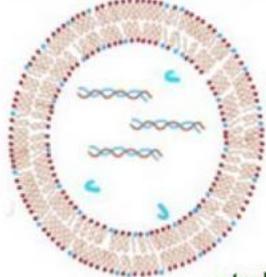
Wasser als ideales Lösungsmittel für Reaktionen

kleine runde oder ovale Bläschen



Polymers, vesicles

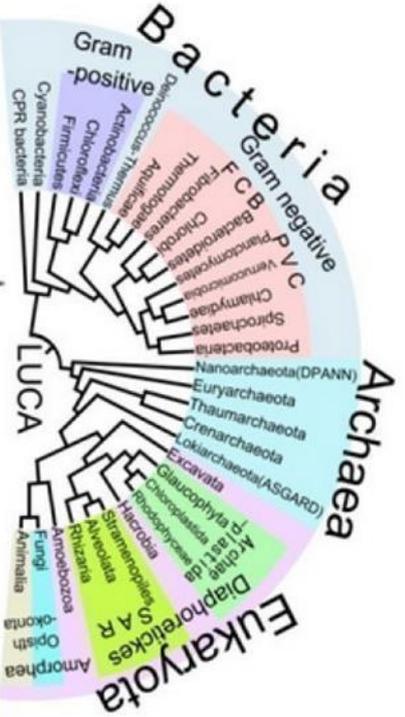
Doppellipidschicht mit zwei wasserliebenden Außenschichten und zwei wasserabweisenden Innenschichten (Fettsäureketten)



stabile Struktur zum Experimentieren

Protocells
Protobionts
FUCA

mit einer blasenartigen Schutzstruktur



LUCA

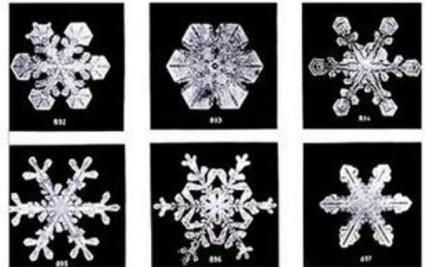
Diversity of life



Quelle: Academic Earth

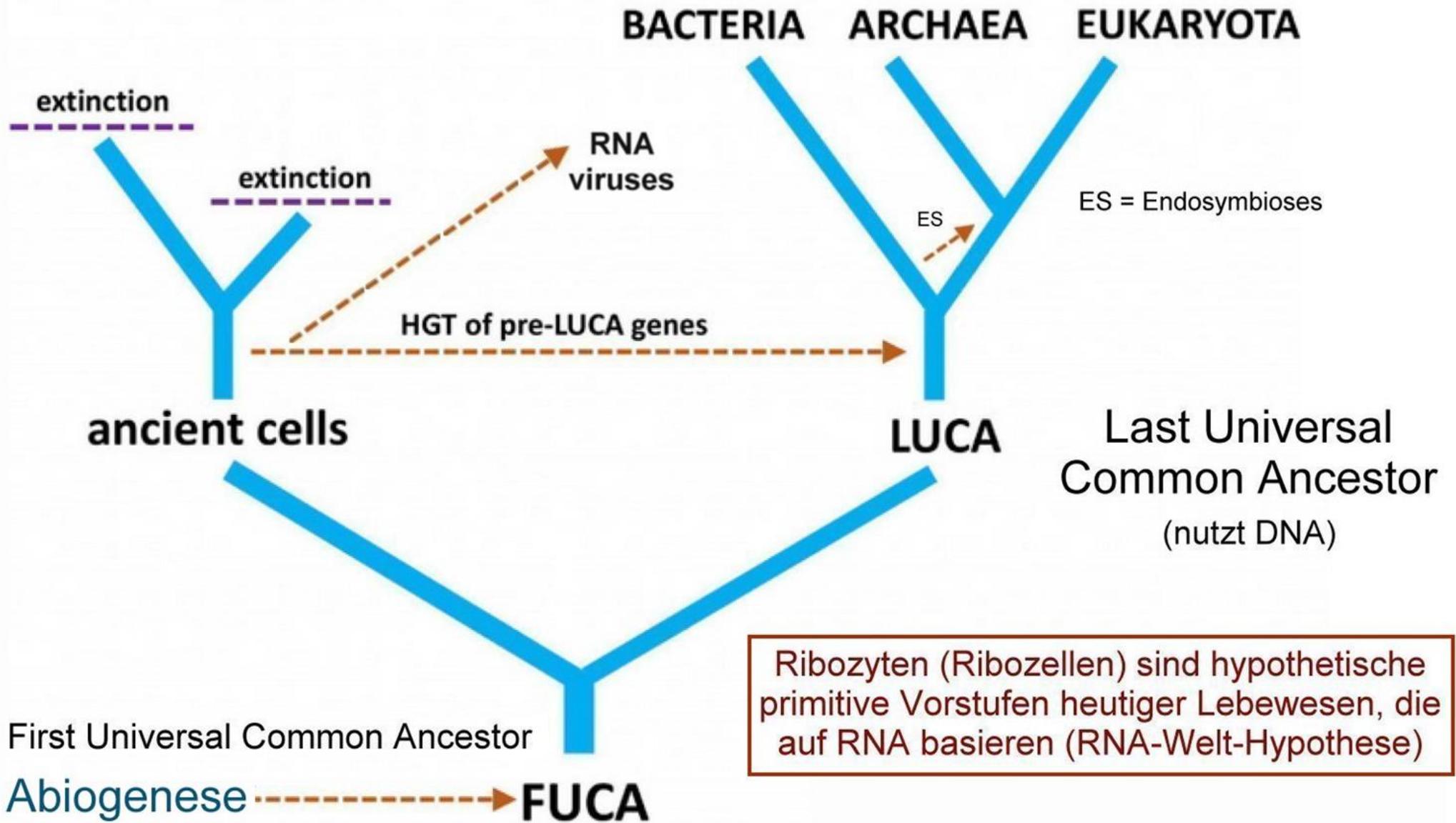


Emergenz



(vom Lateinischen emergere für Auftauchen, Herauskommen, Emporsteigen)

bezeichnet die Möglichkeit der Herausbildung von neuen Eigenschaften (Systemeigenschaften) oder Strukturen eines Systems infolge des Zusammenspiels seiner Elemente. Dabei lassen sich die emergenten Eigenschaften des Systems nicht – oder jedenfalls nicht offensichtlich – auf Eigenschaften der Elemente zurückführen, die diese isoliert aufweisen.



Stromatolites



Nitrogen fixation

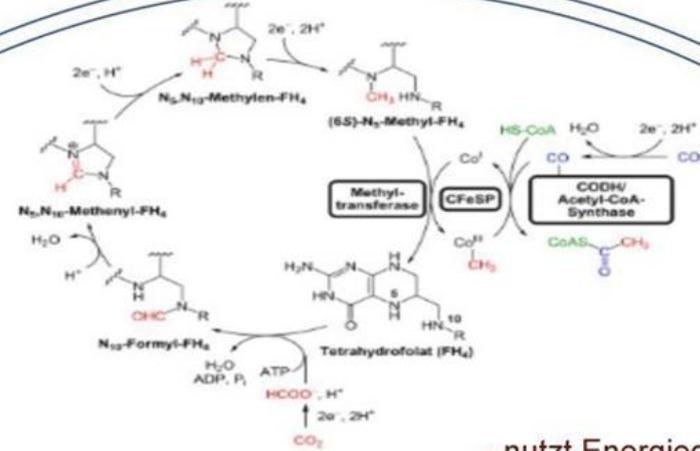


Carbon fixation

Ion transport

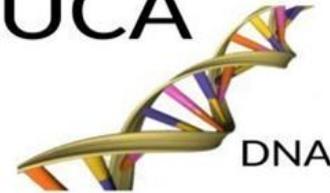


Hydrothermal vent



- nutzt Energiequelle (z. B. Schwefel)
- nutzt ATP und DNA
- stellt Proteine her
- kann sich kopieren

LUCA



DNA

Genetic code, mRNA, tRNA, ribosomes

Transcription



Cell division

Translation



Proteins: Enzymes

Leben will:

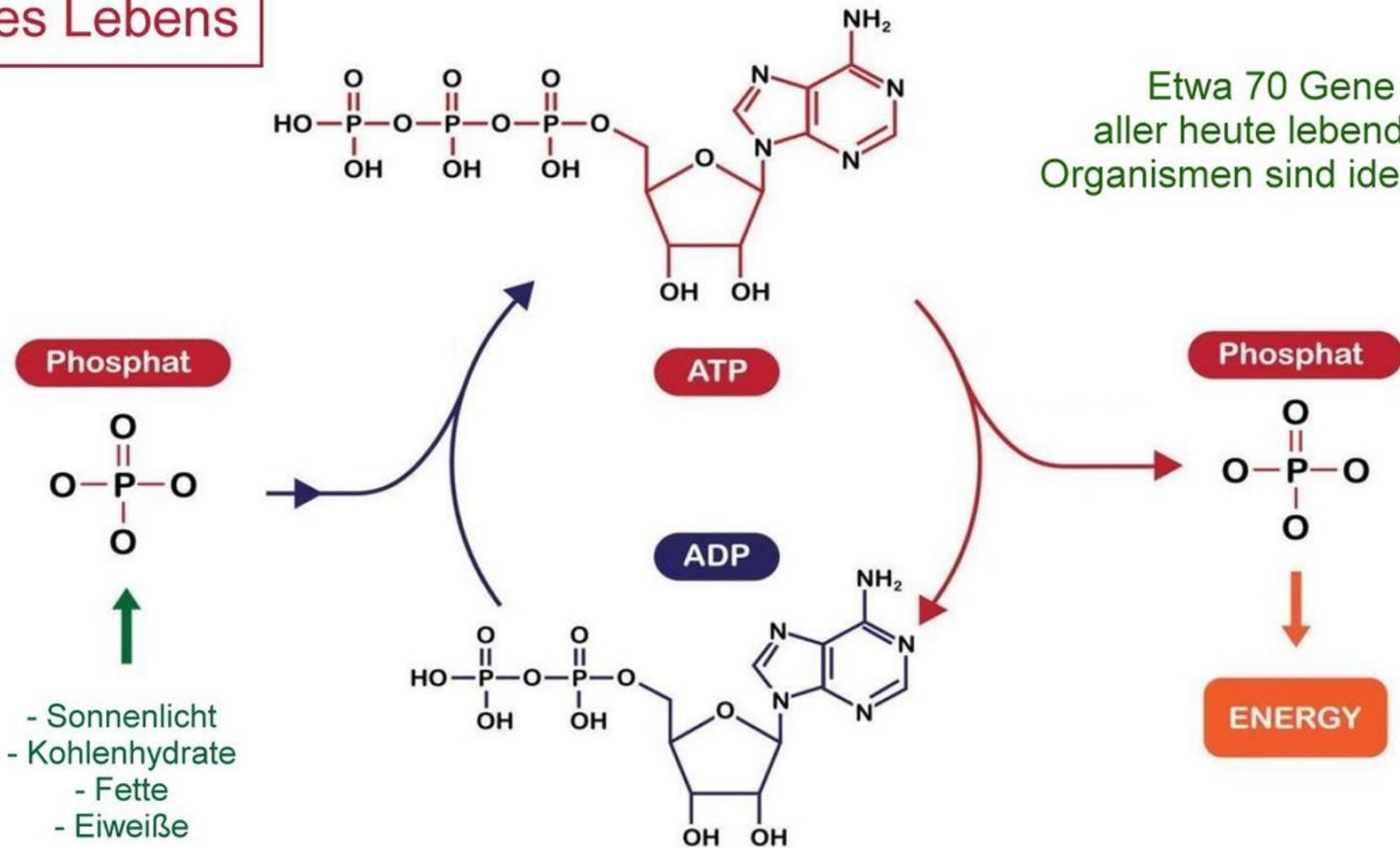
- 1) Ziele erreichen
- 2) Negatives vermeiden

Lipid bilayer membrane

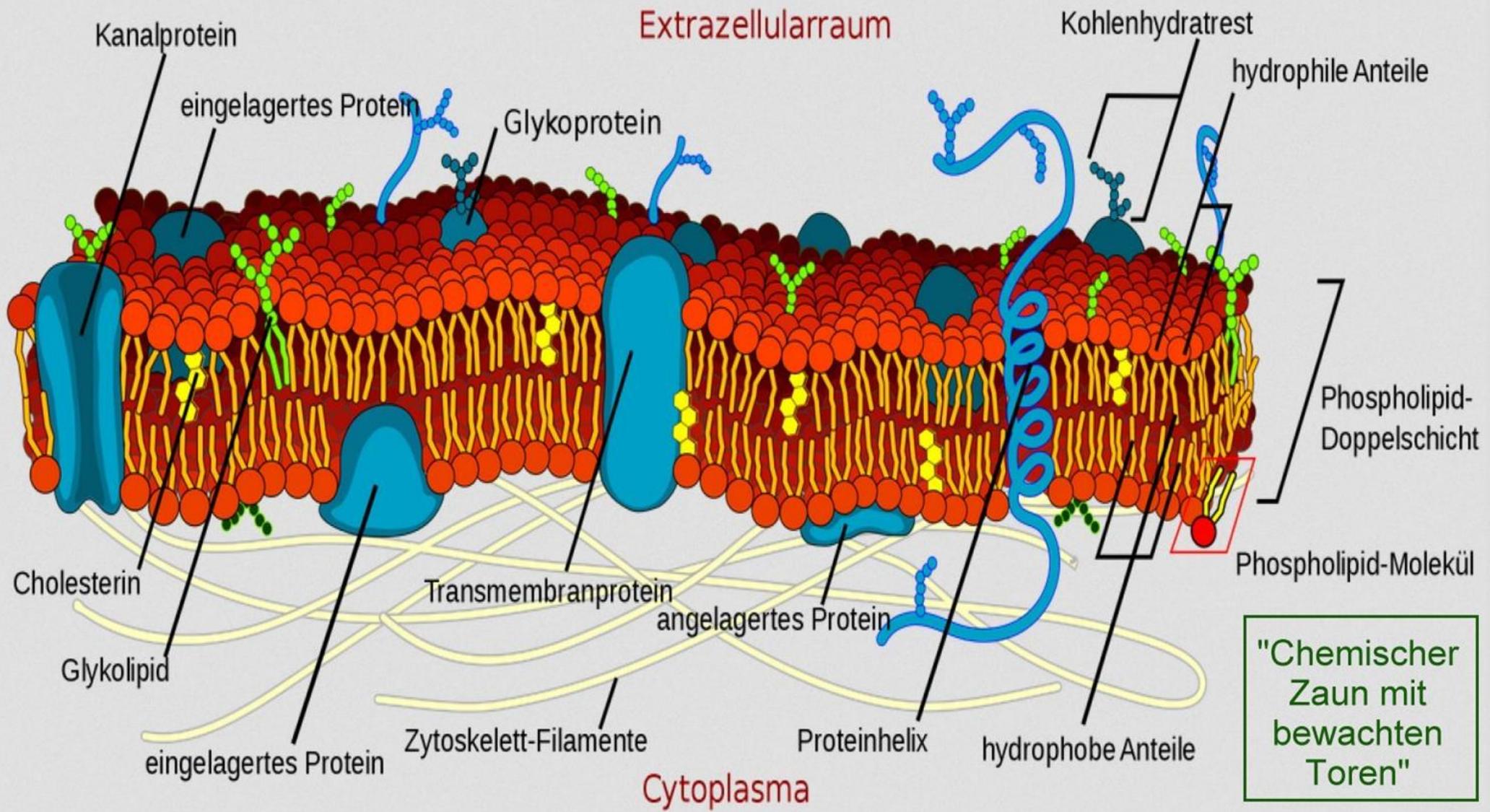
Der universelle
Akku des Lebens

Adenosin Triphosphat (ATP)

Etwa 70 Gene
aller heute lebenden
Organismen sind identisch



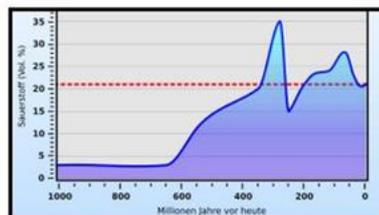
Schematische Darstellung einer Zellmembran



Wie veränderte sich die die Erdatmosphäre (A) ?

- 1) Ur-A: Wasserstoff, Helium, Neon...
- 2) Erste-A: Wasserdampf, CO₂, H₂S...
- 3) Zweite-A: CO₂, Stickstoff, Methan...
- 4) Dritte-A: Stickstoff, Sauerstoff,

Argon, wenig CO₂,
Ozon in der Stratosphäre



Domäne
Eukarya

Crenarchaeota

Nanoarchaeota

Euryarchaeota

Domäne
Archaea

Protozoen

Algen

Pflanzen

Schleimpilze

Tiere

Pilze

Protoeobacteria

Acidobacteria

Thermophile
Sulfatreduzierer

Cyanobakterien
(Blaugrünalgen)

Fusobakterien

Spirochaeten

Planctomyceten

Actinobacteria

Grüne Nichtschwefelbakterien

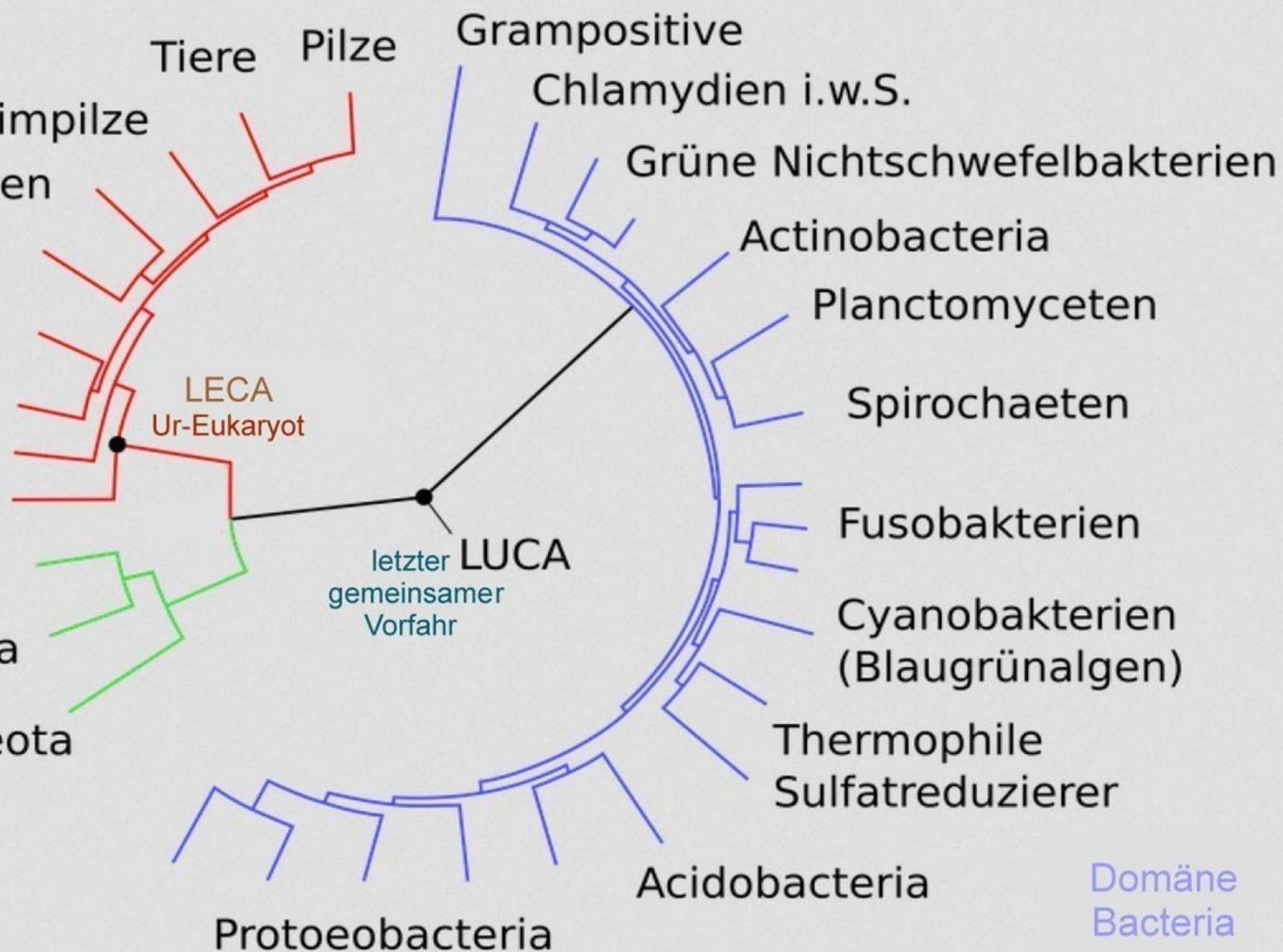
Chlamydien i.w.S.

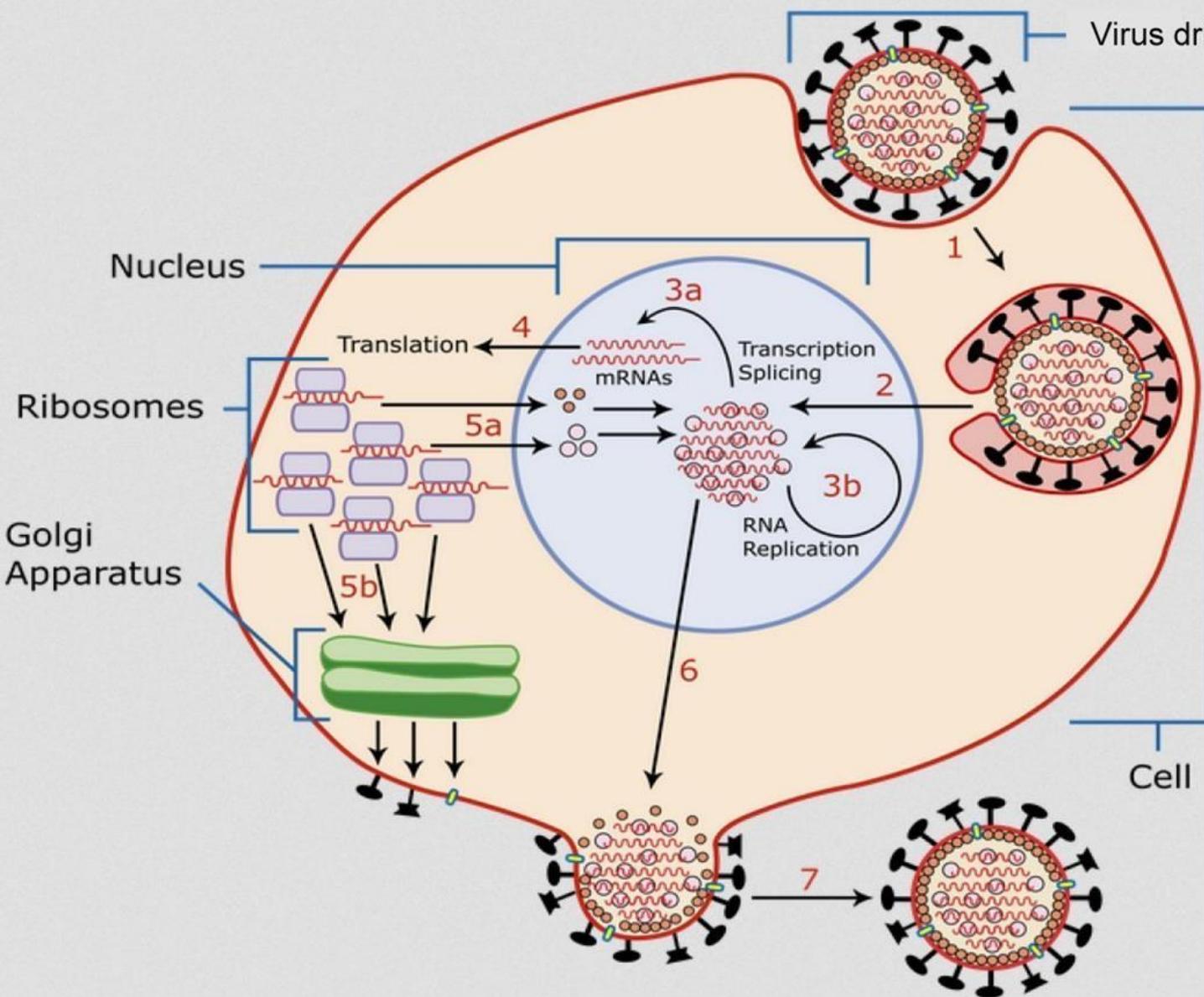
Grampositive

Domäne
Bacteria

letzter
gemeinsamer
Vorfahr
LUCA

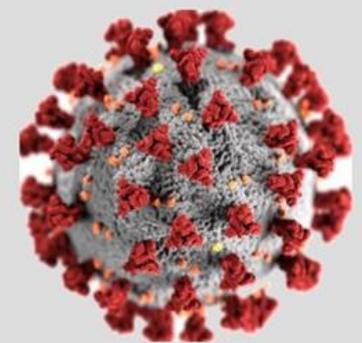
LECA
Ur-Eukaryot





Virus dringt in Zelle ein und nutzt Ribosomen

Im Gegensatz zu den Archaea, Bacteria und Eukarya basierend auf einem LUCA, besteht zwischen den Virengruppen im Allgemeinen keine genetische Beziehung, die auf gemeinsamer Abstammung beruht. Viren sind kein Vorläufer des zellulären Lebens, sondern Gene von Lebewesen, die sich aus Lebewesen herauslösten.



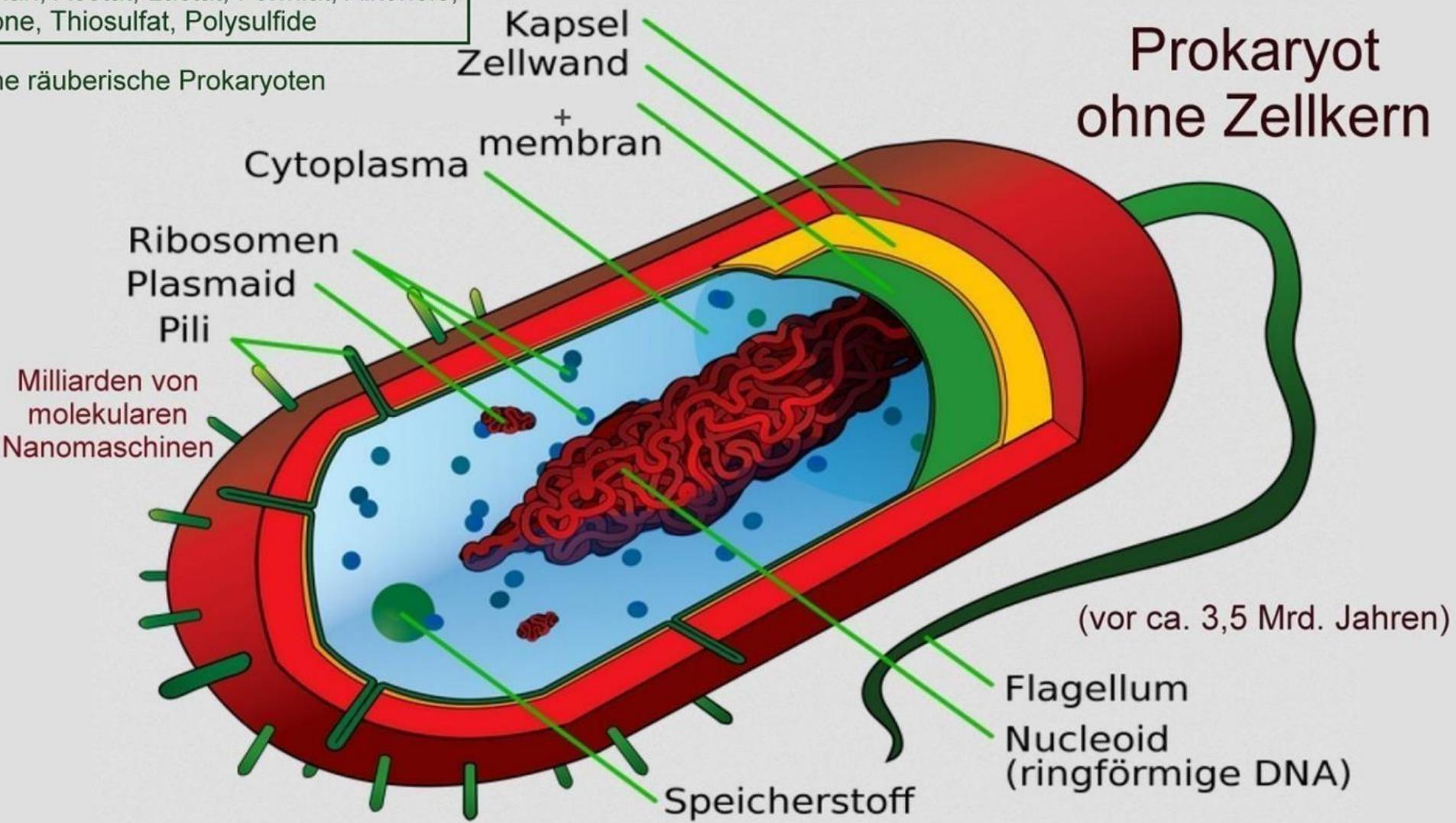
Welche Eigenschaften hatten
die ersten Nachfahren des Luca?

Nahrung: Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Eisen, Methan, Acetat, Lactat, Formiat, Alkohole, Ketone, Thiosulfat, Polysulfide

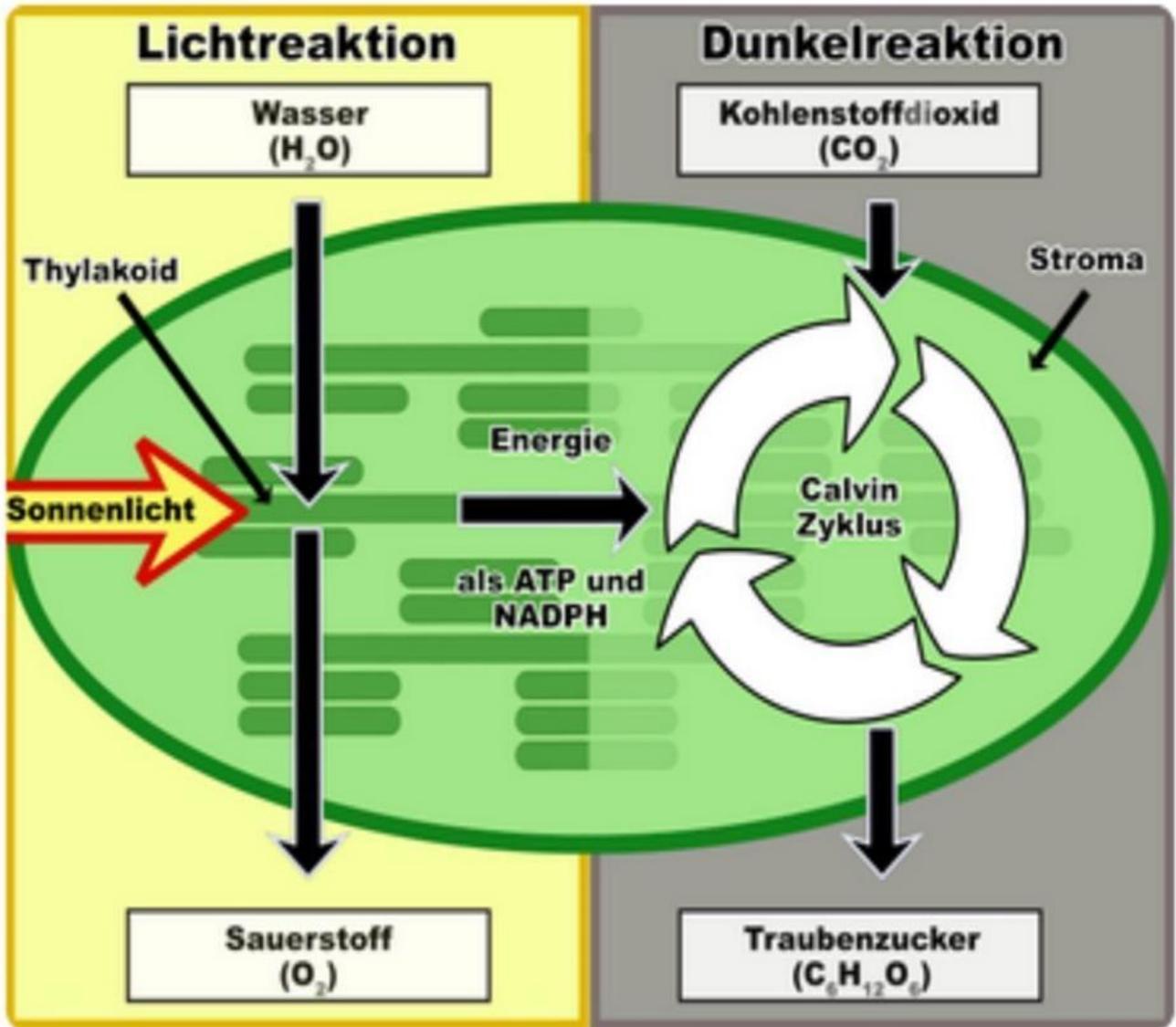
sowie frühe räuberische Prokaryoten

chemotroph

Prokaryot ohne Zellkern



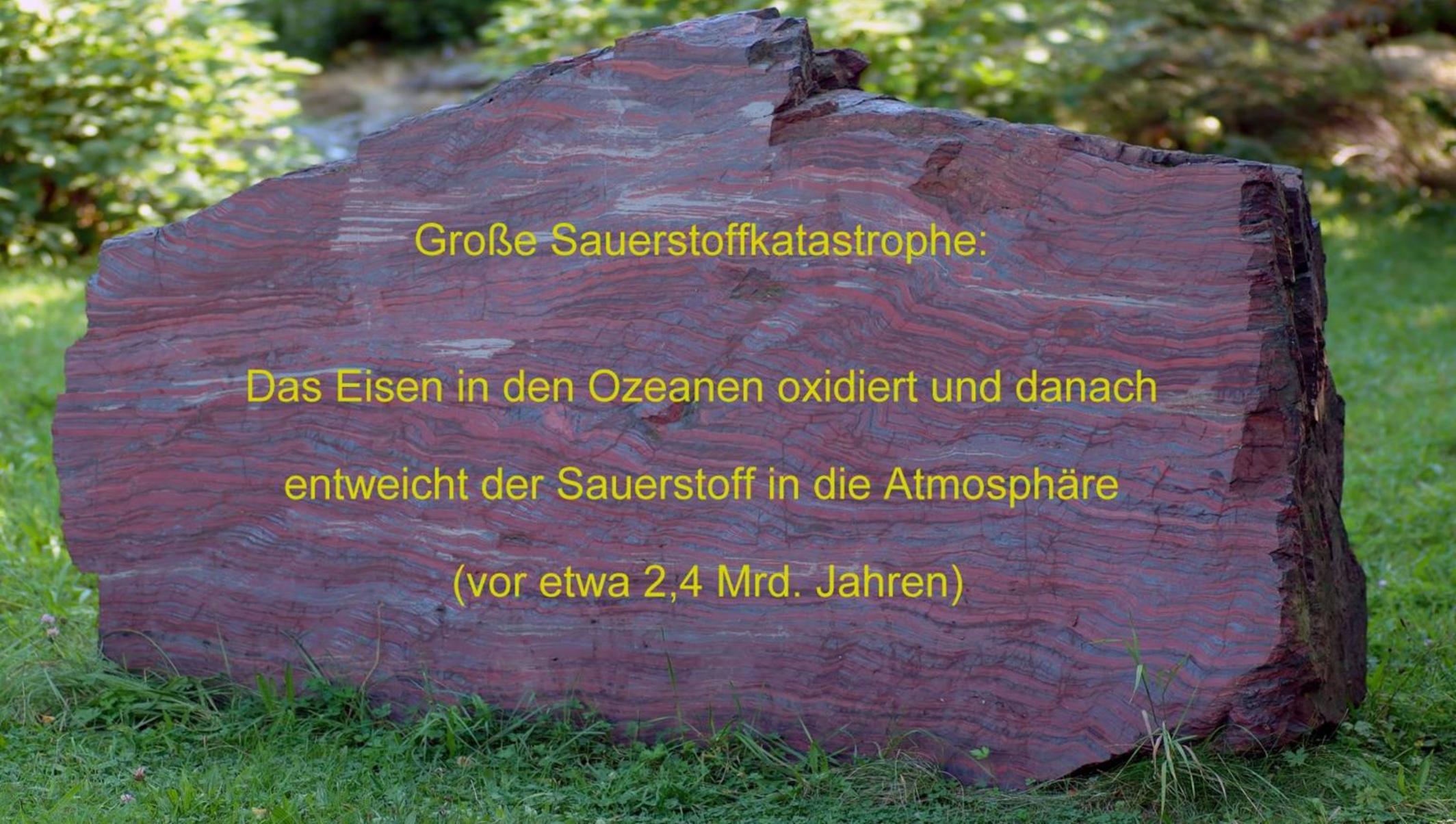
(vor ca. 3,5 Mrd. Jahren)



Erfindung der
Photosynthese
durch
Cyanobakterien
(vor ca. 3 Mrd. Jahren)

Grundsätzlich gilt:

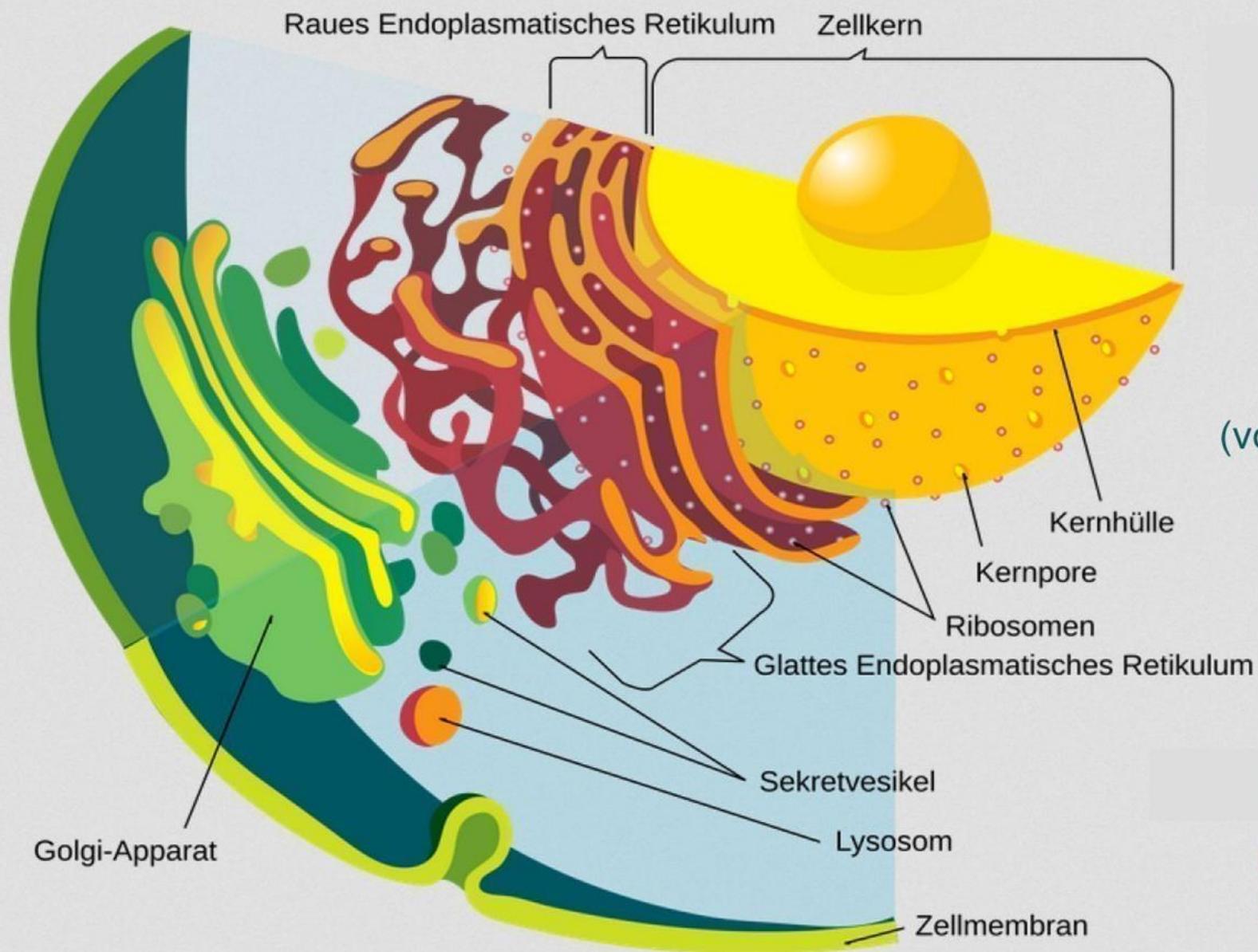
- freie Energie verursacht Veränderung
- Information steuert Veränderung



Große Sauerstoffkatastrophe:

Das Eisen in den Ozeanen oxidiert und danach
entweicht der Sauerstoff in die Atmosphäre

(vor etwa 2,4 Mrd. Jahren)



Eukaryot mit Zellkern

erfindet
die Atmung

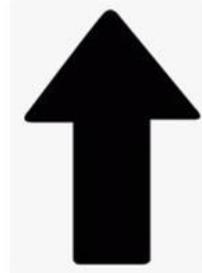
(vor ca. 2,1 Mrd. Jahren)

Schutz vor
Genaustausch
mit anderen
Prokaryoten

Endosymbiose

(vor ca.
1,4 Mrd. Jahren)

Zweite



(vor ca.
1,8 Mrd. Jahren)

Erste

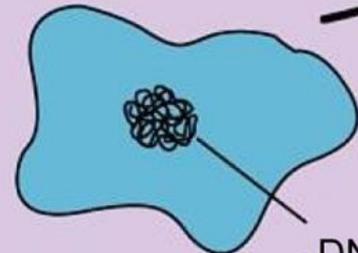
Zelle mit Mitochondrien und
Plastiden (pflanzlicher Eukaryot)

2

Zelle mit
Mitochondrien

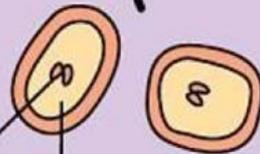
blaualgenähnlicher
Prokaryot (mit Photosynthese)

1

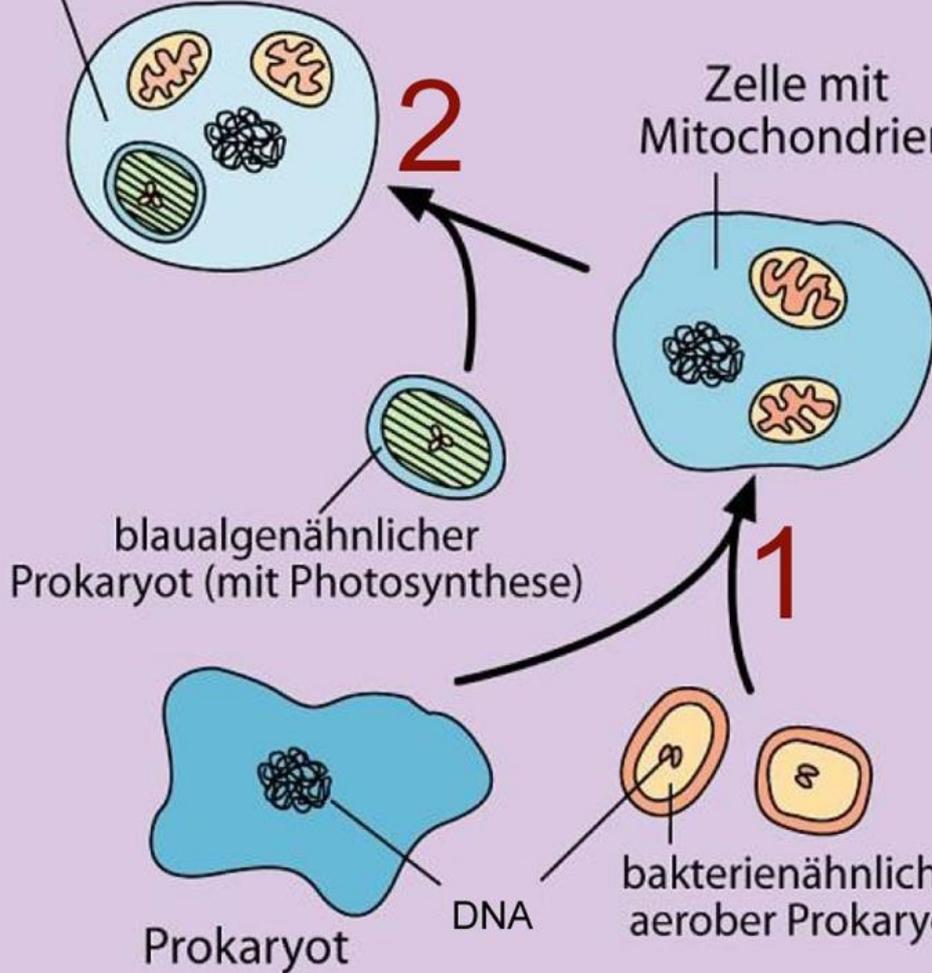


Prokaryot

DNA



bakterienähnlicher
aerober Prokaryot



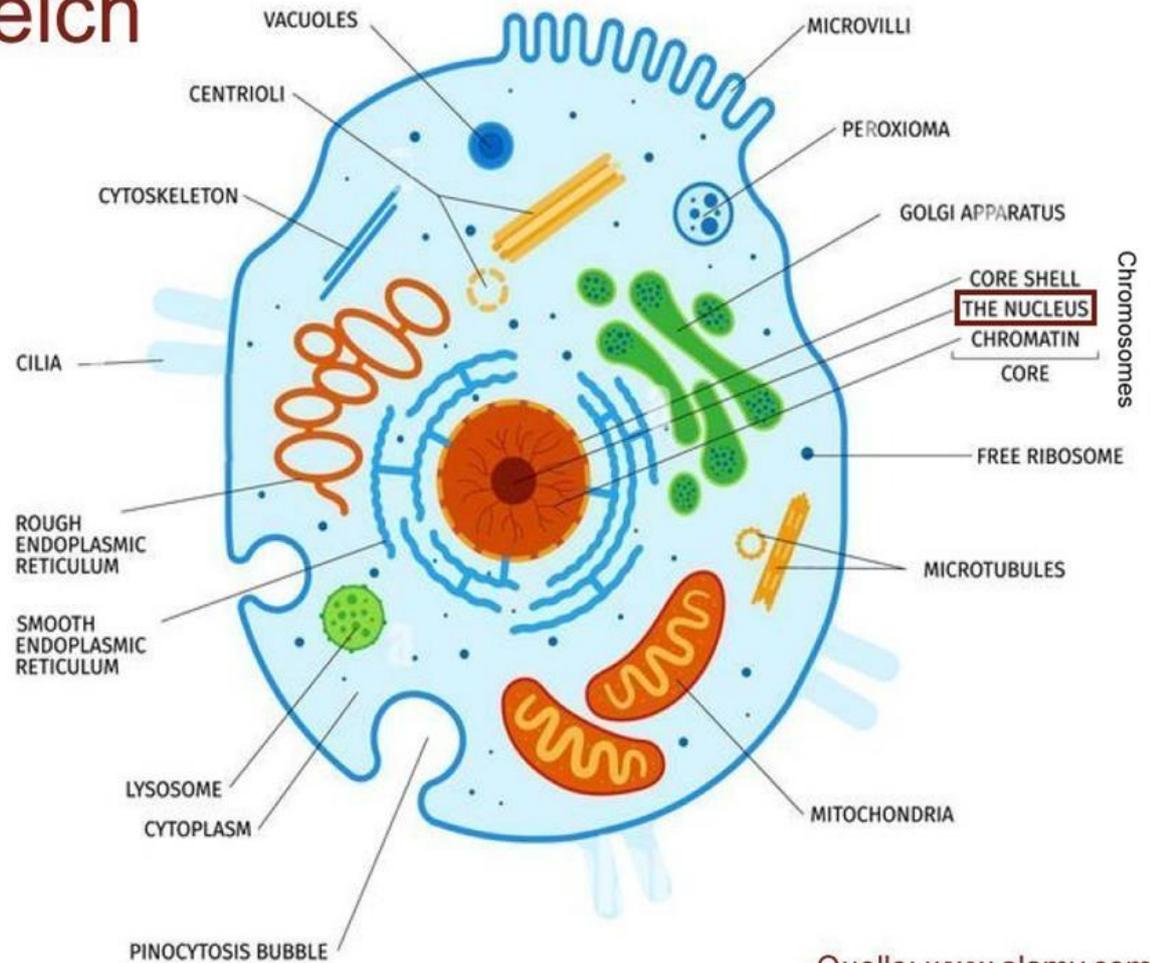
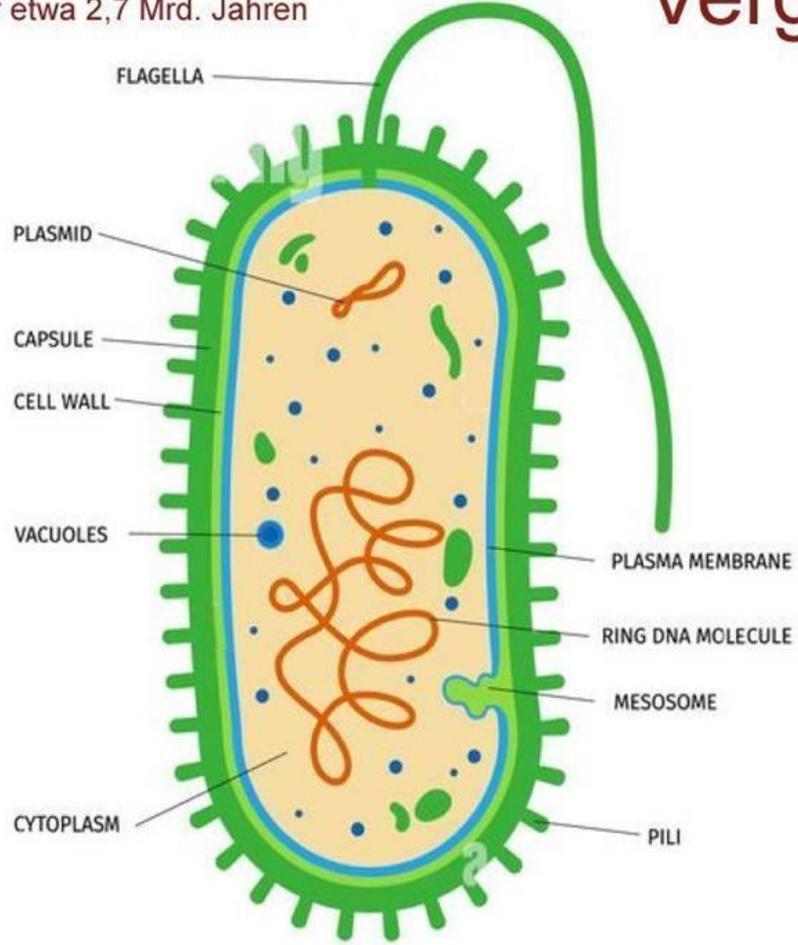
PROKARYOTIC CELL

EUKARYOTIC CELL

mehr
Organellen

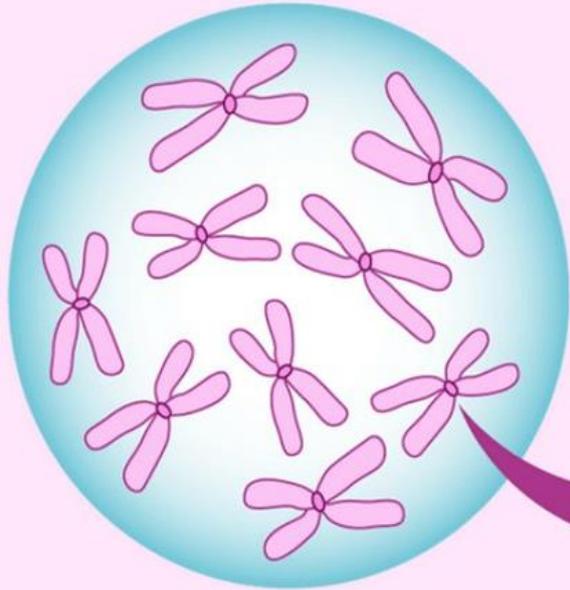
frühstes Leben an Land
in gesteinsartigen Strukturen
vor etwa 2,7 Mrd. Jahren

Vergleich



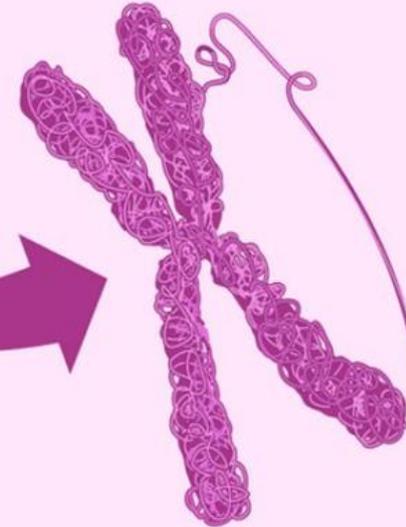
Chromosomes

Quelle: www.invitra.de



Zellkern

(engl. nucleus)



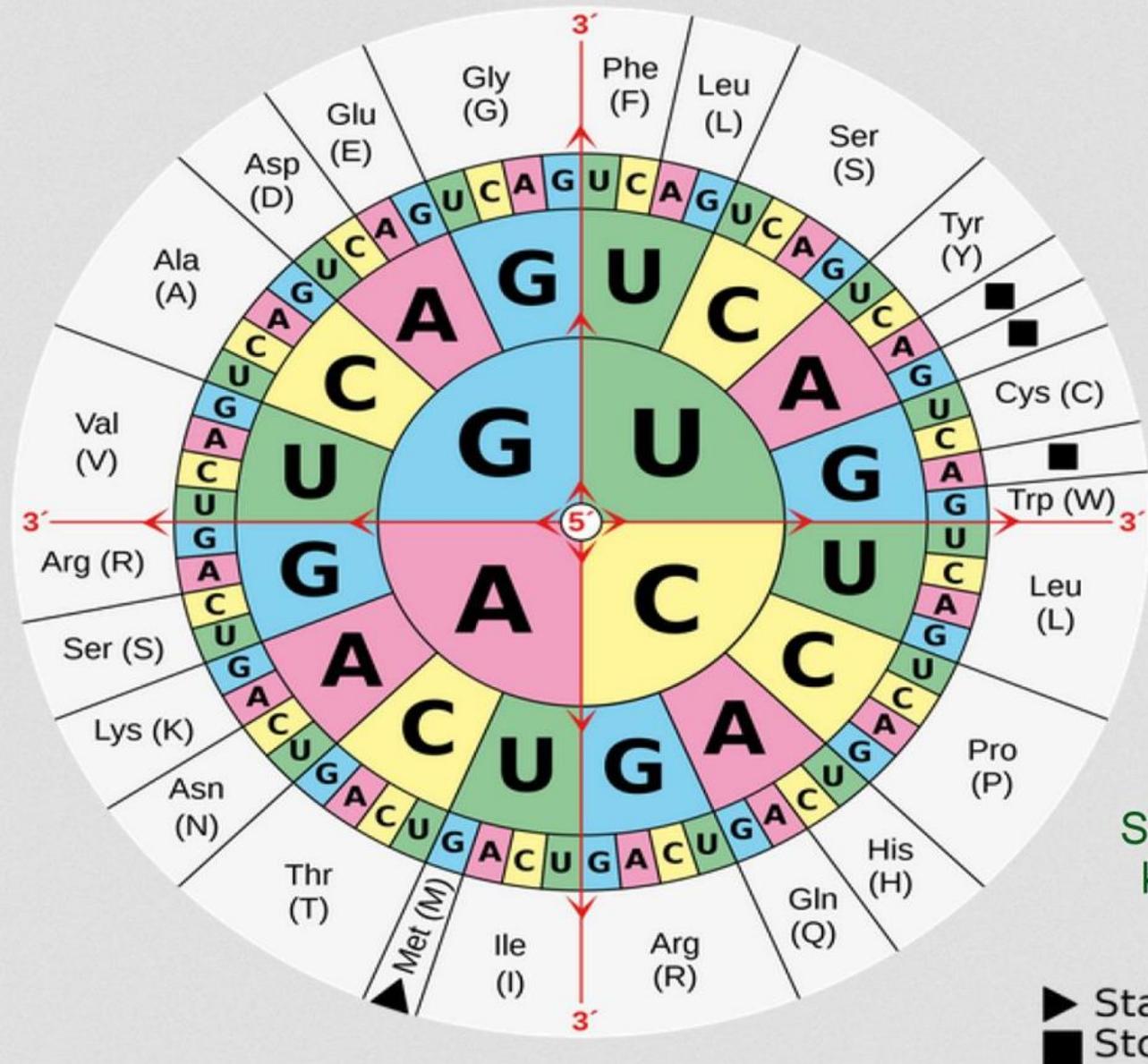
Chromosom



DNA

Wie entstehen aus
Genen Proteine?

Code-Sonne

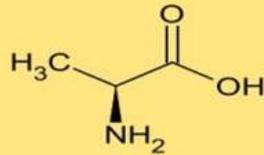


T der DNA wird in U der mRNA übersetzt

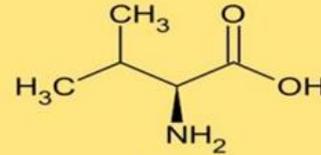
Sequenz von 3 Nukleinbasen (Codon) kodieren ein Start- oder Stoppsignal oder eine von 20 Aminosäuren

unpolar/hydrophob

Aminosäuren
(Bausteine
der Proteine)



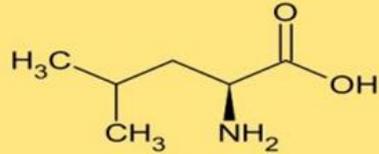
Alanin



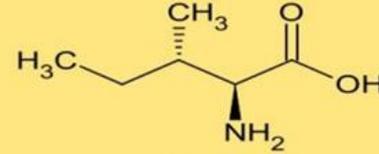
Valin



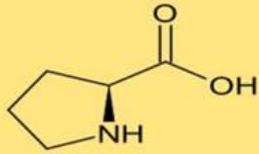
Methionin



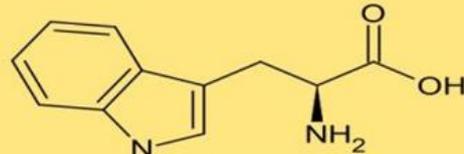
Leucin



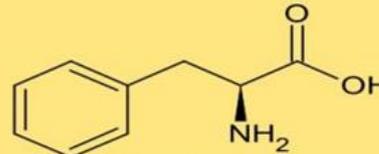
Isoleucin



Prolin



Tryptophan



Phenylalanin

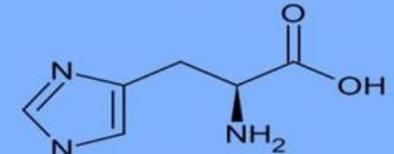
basisch



Lysin

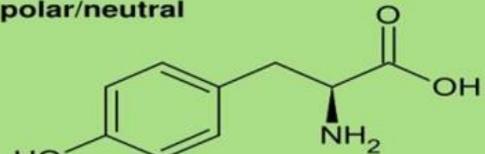


Arginin

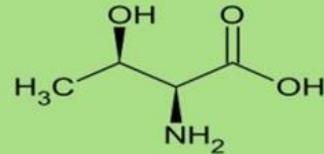


Histidin

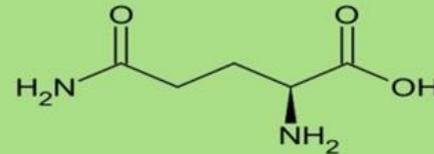
polar/neutral



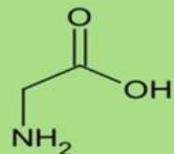
Tyrosin



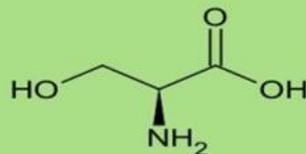
Threonin



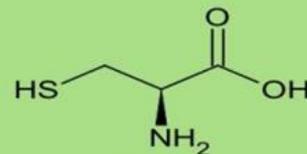
Glutamin



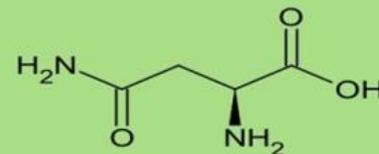
Glycin



Serin

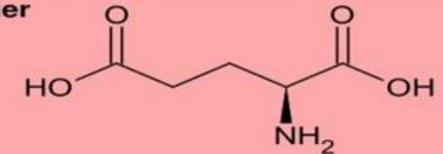


Cystein

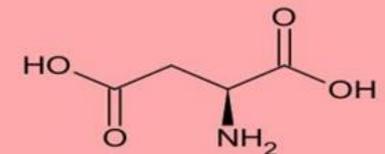


Asparagin

sauer



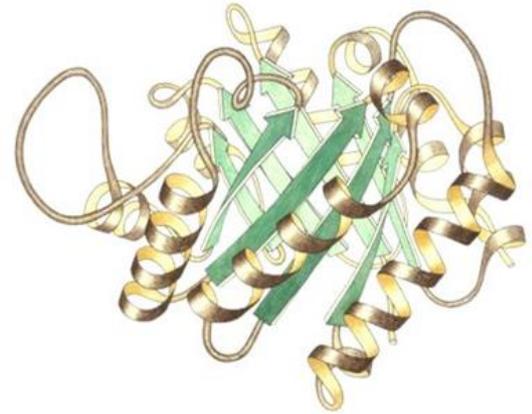
Glutaminsäure



Asparaginsäure

Hauptfunktionen der Proteine

1) Baumaterial



2) Botenstoff für Informationen

3) Biokatalysator (Enzym)

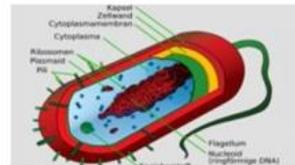
Kurzer Rückblick:

Wie haben sich

einfache Lebewesen

entwickelt?

Rückblick einfachste Lebewesen

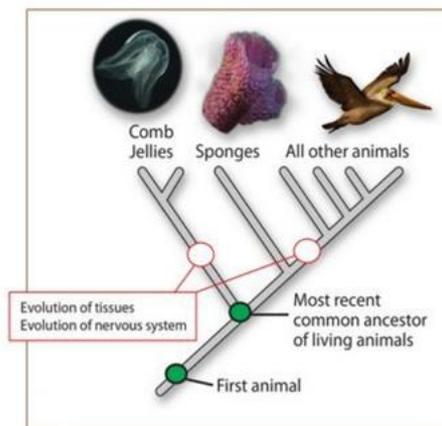


Schätzung des Zeitpunkts vor etwa ...	Hypothese
4,0	Polymere, ovale Bläschen, Protobionten im Ozean
3,8	FUCA auf ATP- und RNA-Basis mit weniger C13 im Verhältnis zu C12
3,5	LUCA auf DNA-Basis, erste Prokaryoten mit Flagellum, horizontaler Gentransfer
3,0	erste Photosynthese durch Cyanobakterien
2,4	Photosynthese als Massenphänomen im Ozean
2,1	Eukaryot mit Zellkern zum Schutz vor horizontalem Gentransfer
1,8	Eukaryot mit Mitochondrien zur effizienteren Nutzung von Nahrung und Sauerstoff
1,4	Eukaryot mit Chloroplasten-Vorläufer für eine effizientere Photosynthese
... Milliarden Jahren	

Die nächsten Meilensteine der biologischen Evolution

- Sexuelle Fortpflanzung (vor ca. 1,2 Mrd. Jahren)
- Braunalgen (vor ca. 1,1 Mrd. Jahren)
- Rotalgen (vor ca. 1 Mrd. Jahren)
- Einfache Mehrzelligkeit (vor ca. 800 Mio. Jahren)
- Älteste Tiere: Schwämme und Quallen (vor ca. 700 Mio. Jahren)
- Mehrzelligkeit mit Differenzierung (vor ca. 555 Mio. Jahren)
- Kambrische Radiation (vor ca. 541 Mio. Jahren)

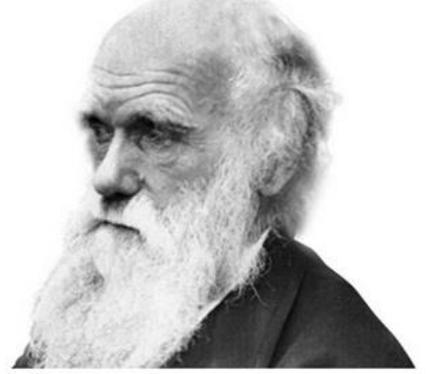
Mio. =
Kurzform für Million



Wie funktioniert

Evolution?

Mutation



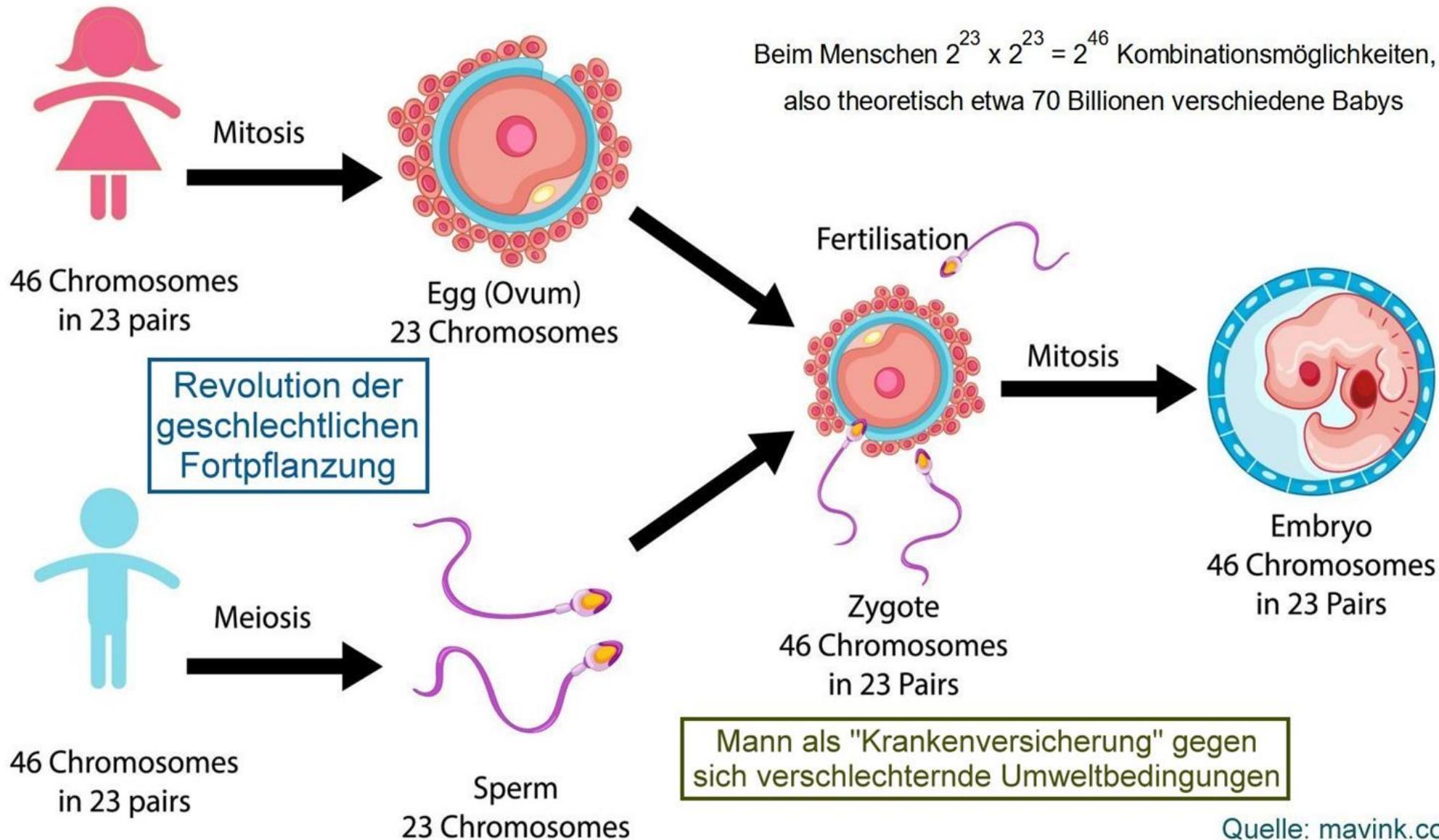
Evolution

Selektion durch

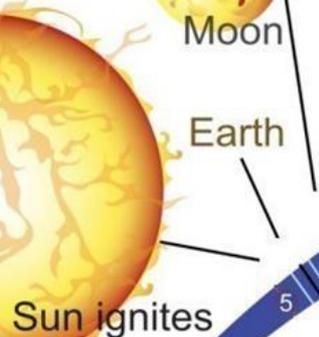
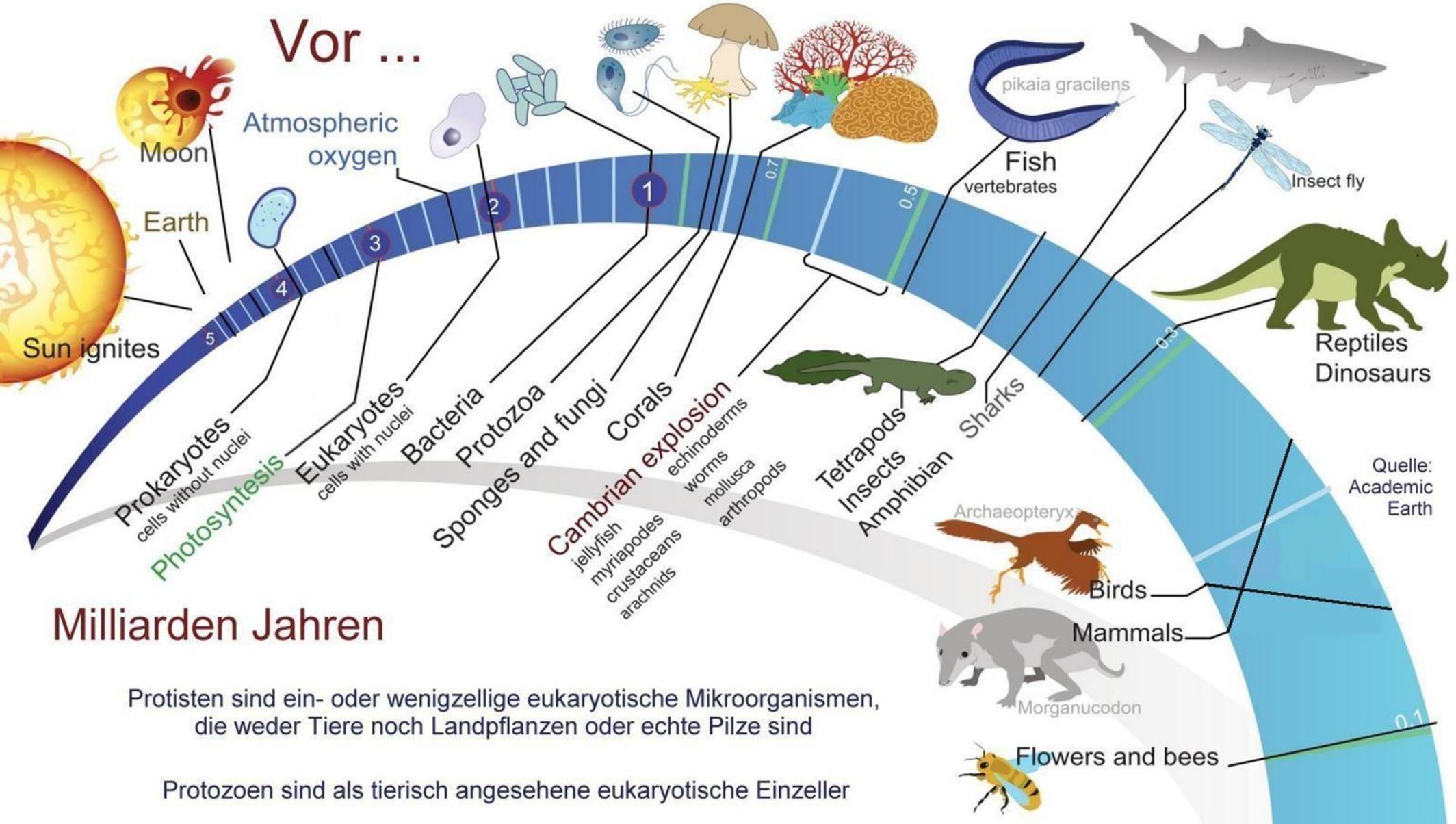
veränderte

Umweltbedingungen

Sexualpartner



Vor ...



Atmospheric oxygen

Sun ignites

5
 Prokaryotes
 cells without nuclei
 Photosynthesis

4
 Eukaryotes
 cells with nuclei

3
 Bacteria

2
 Protozoa

1
 Sponges and fungi

0.7
 Cambrian explosion
 jellyfish
 myriapodes
 crustaceans
 arachnids
 corals
 echinoderms
 worms
 mollusca
 arthropods

0.5
 Tetrapods
 Insects
 Amphibian

Sharks

Archaeopteryx

Birds

Mammals

Morganucodon

Flowers and bees

pikaia gracilens

Fish
vertebrates

Insect fly

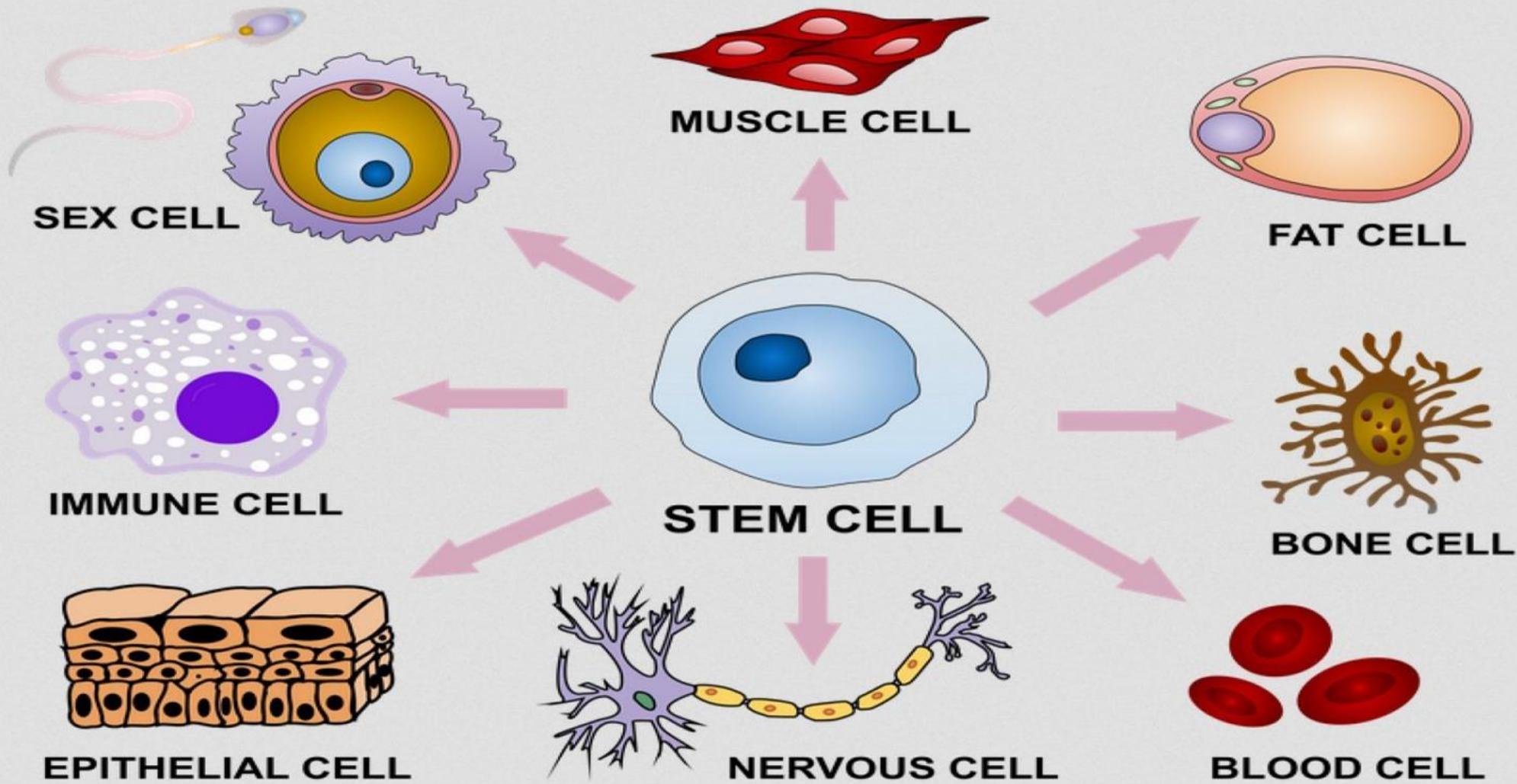
Reptiles
Dinosaurs

Quelle:
Academic
Earth

Milliarden Jahren

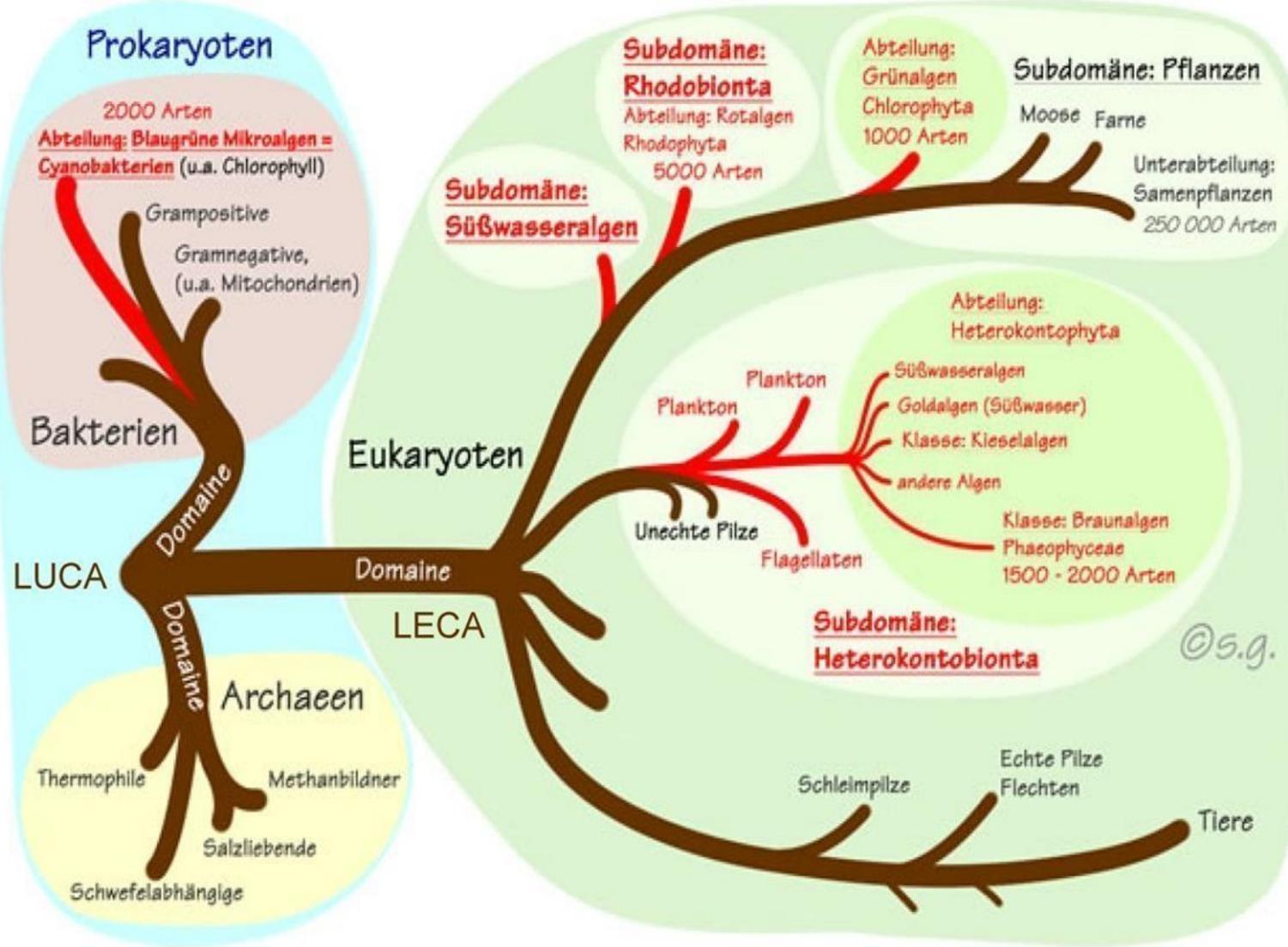
Protisten sind ein- oder wenigzellige eukaryotische Mikroorganismen, die weder Tiere noch Landpflanzen oder echte Pilze sind

Protozoen sind als tierisch angesehene eukaryotische Einzeller

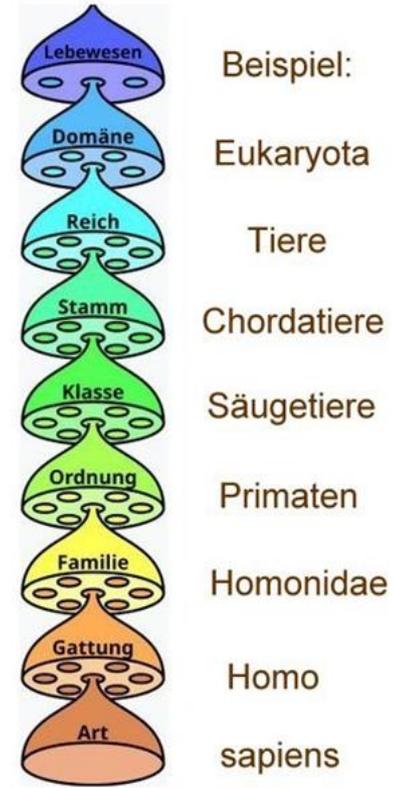


Vielzelligkeit mit Arbeitsteilung lässt sich als eine Extremform der Symbiose verstehen

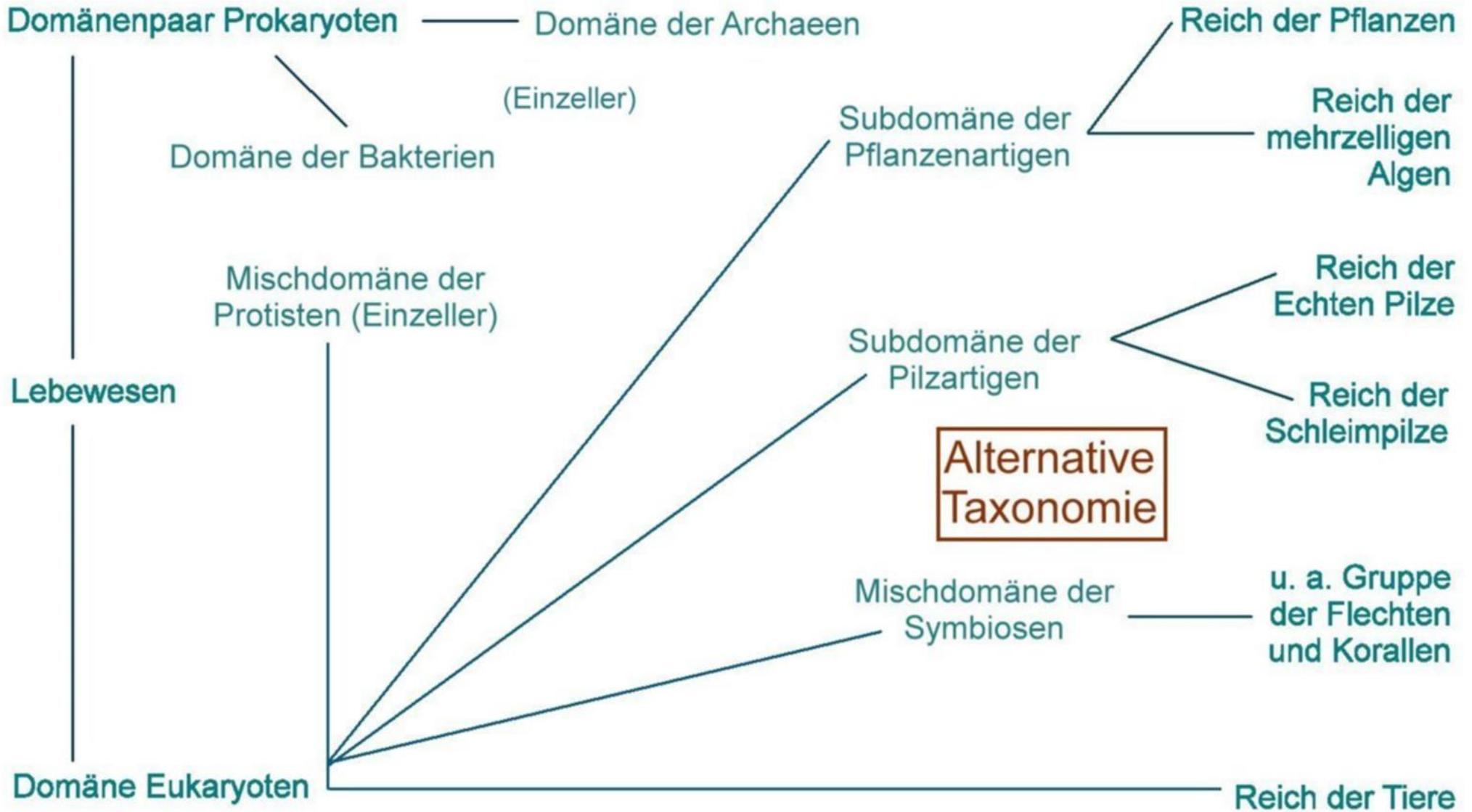
Genom jedes Lebewesens ist eine Folge der 4 Nukleinbasen, z. B. ACGTCCATTGAAATCGGGTAA...T

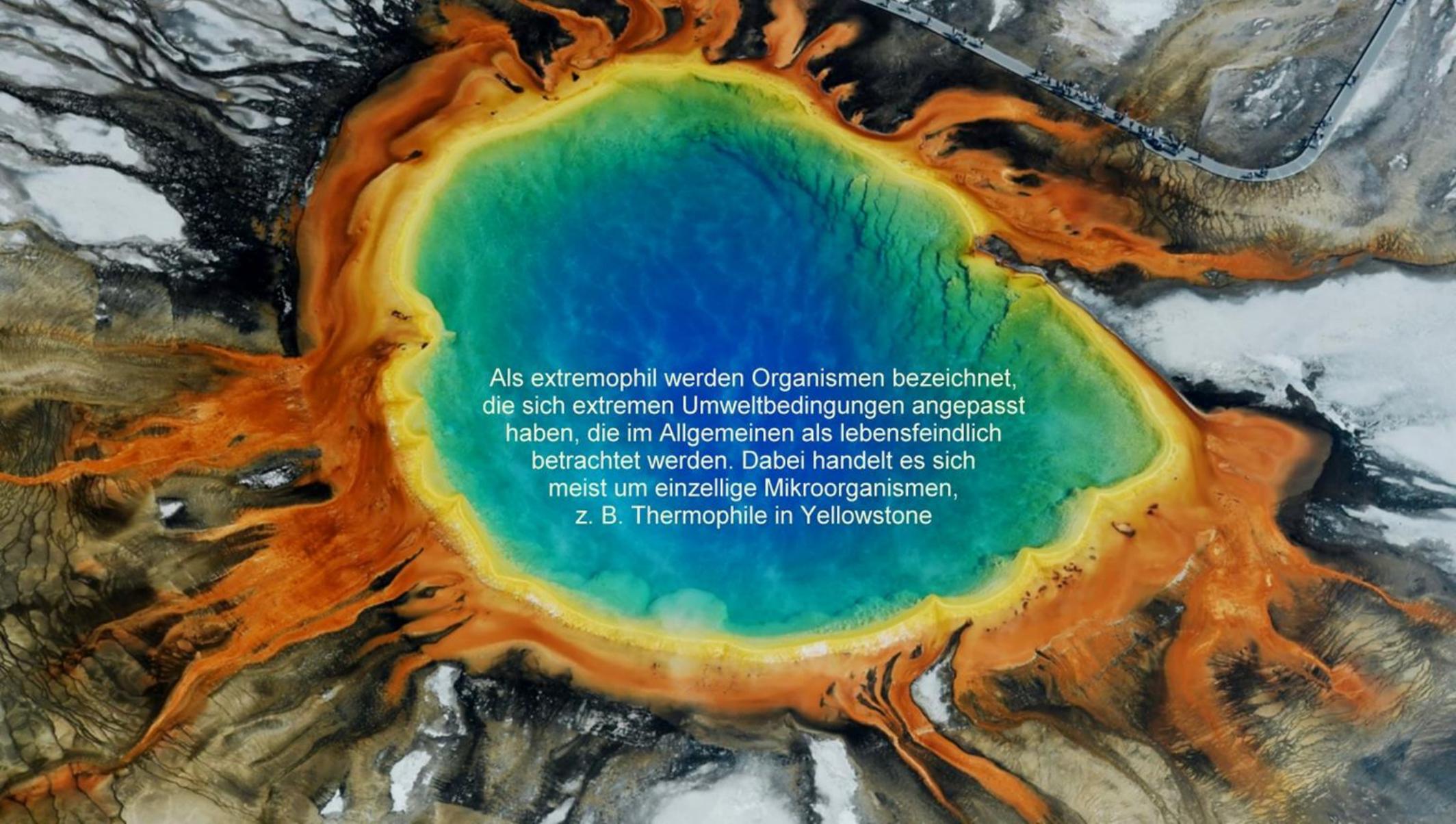


Darstellung der Evolution mit dem Fokus auf Algen



Taxonomie





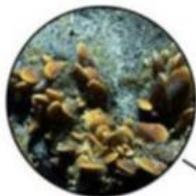
Als extremophil werden Organismen bezeichnet, die sich extremen Umweltbedingungen angepasst haben, die im Allgemeinen als lebensfeindlich betrachtet werden. Dabei handelt es sich meist um einzellige Mikroorganismen, z. B. Thermophile in Yellowstone

Weitere Vorkommen von extremophilen Archaeen

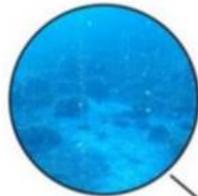
SEA ICE, PERMAFROST
AND POLAR REGIONS



COLD SEEPS AND
MUD VOLCANOES



SHALLOW-WATER
HYDROTHERMAL
VENTS



HOT-SPRINGS,
FUMAROLES AND
MUD VOLCANOES



HYPERACIDIC LAKES
AND VOLCANOES



DESERTS AND
ARID ENVIRONMENTS



ACID MINE
DRAINAGE



DEEP-SEA ANOXIC
LAKES AND BRINES



DEEP-SEA
HYDROTHERMAL
VENTS



SERPENTINIZING
ENVIRONMENTS



DEEP-SEA
SEDIMENTS
AND TRENCHES



MARINE AND
CONTINENTAL
SUBSURFACE



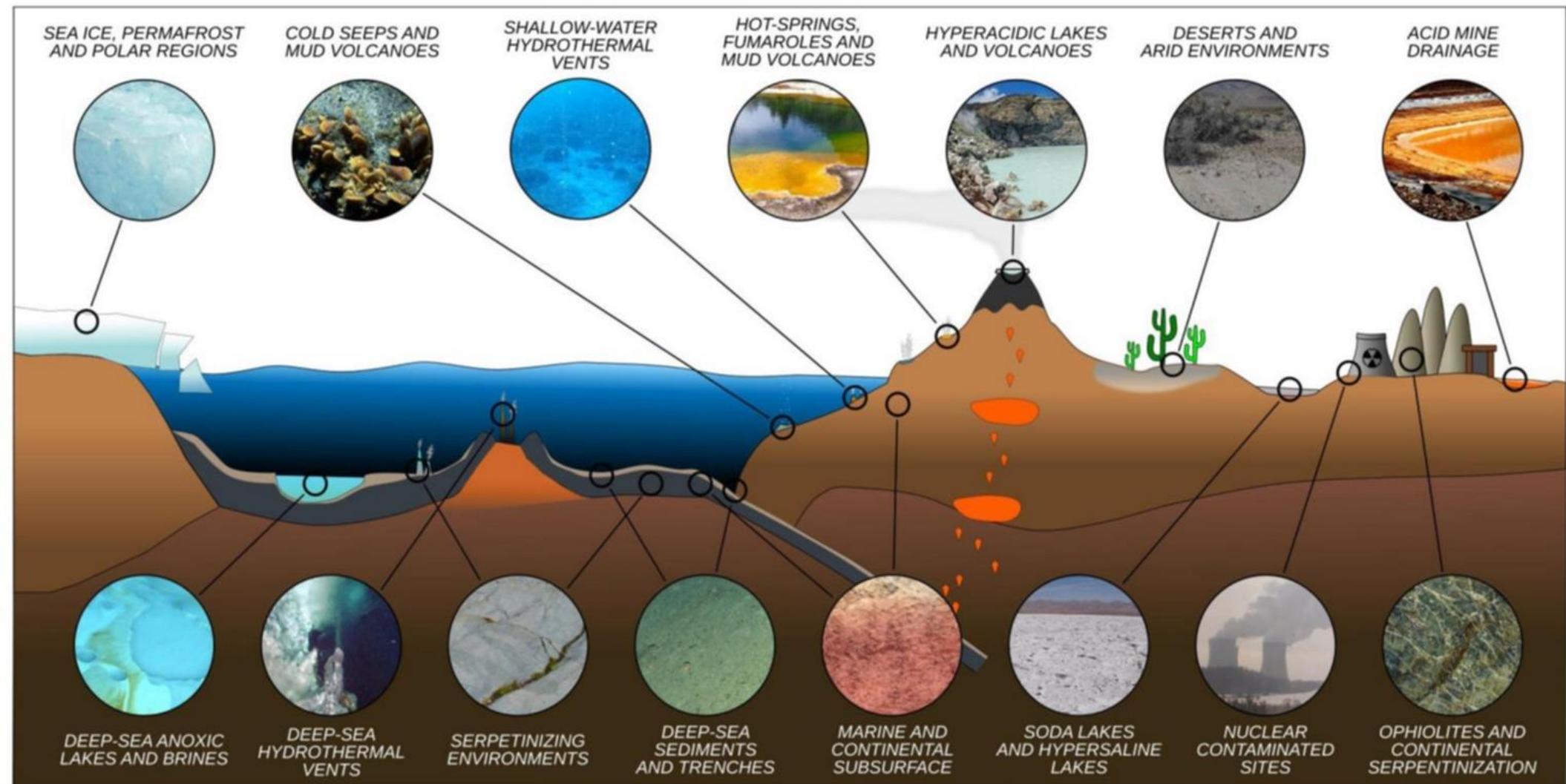
SODA LAKES
AND HYPERSALINE
LAKES



NUCLEAR
CONTAMINATED
SITES



OPHIOLITES AND
CONTINENTAL
SERPENTINIZATION

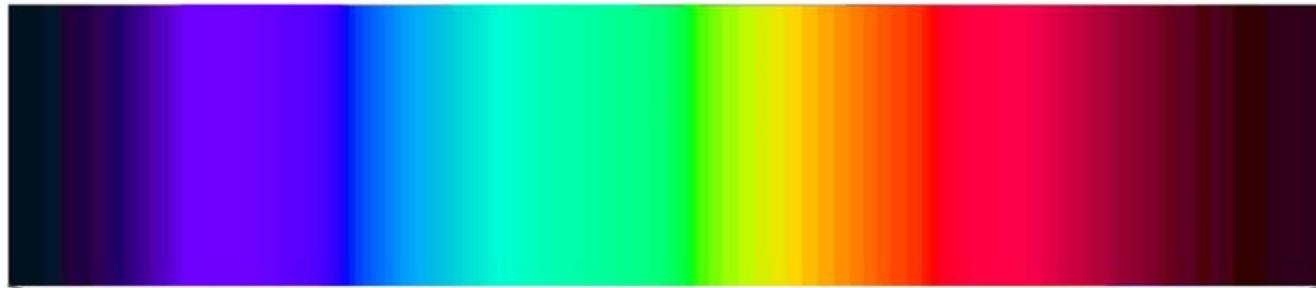


Großflächige
Vereisungen der
gesamten Erde:

Huronische Eiszeit
(vor 2,4 - 2,1 Mrd. J.)

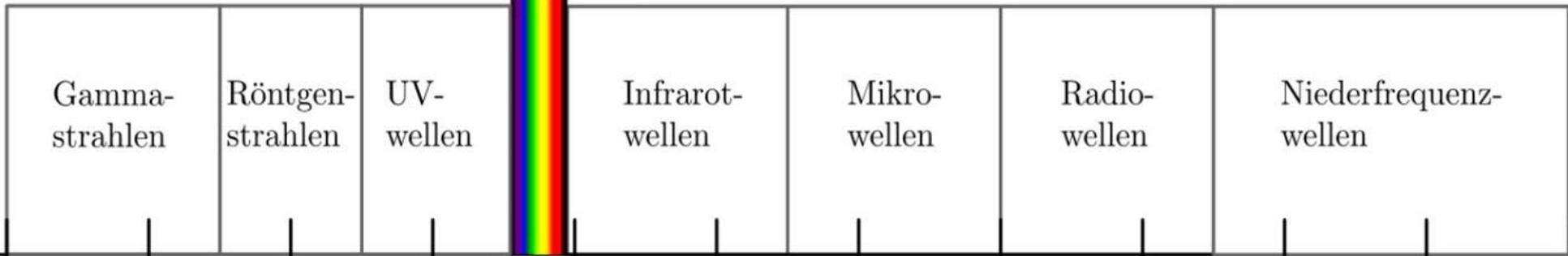
Cryogenium
"Schneeball Erde"
(vor 717 - 635 Mio. J.)





Elektromagnetisches Spektrum

Sichtbares
Licht



10^{-14} 10^{-12} 10^{-10} 10^{-8} 10^{-6} 10^{-4} 10^{-2} 10^0 10^2 10^4 10^6 10^8

Wellenlänge in m



energiereichste
UV-Strahlung

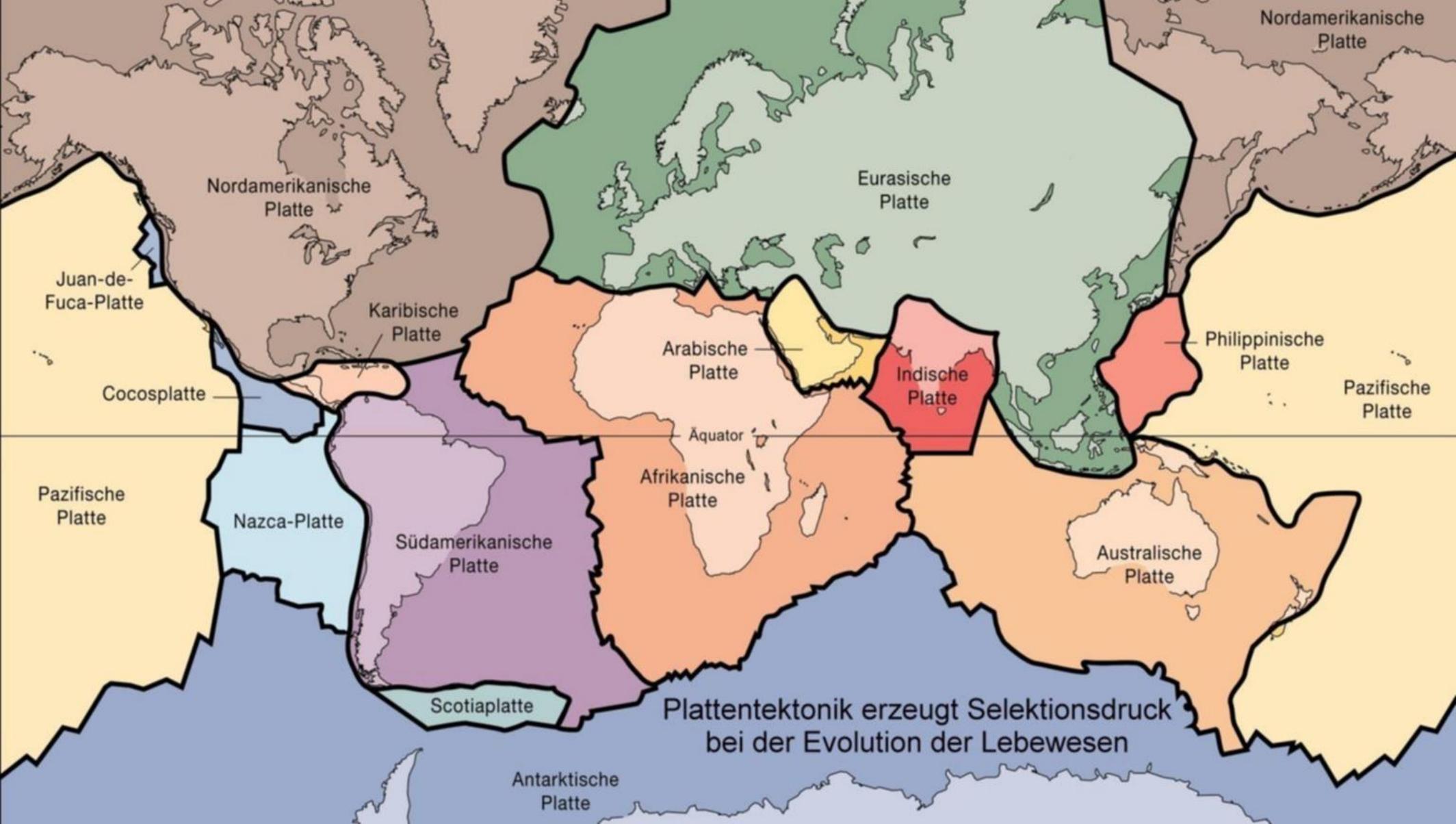
UV-C

UV-B

UV-A

Ozonschicht

Hinreichend robuste Ozonschicht
erlaubt komplexes Leben an der
Meeresoberfläche und an Land



Plattentektonik erzeugt Selektionsdruck bei der Evolution der Lebewesen

der Gesteinskreislauf

Vulkanismus → **Verwitterung** → **Transport**
 (Magma dringt bis an die Erdoberfläche)

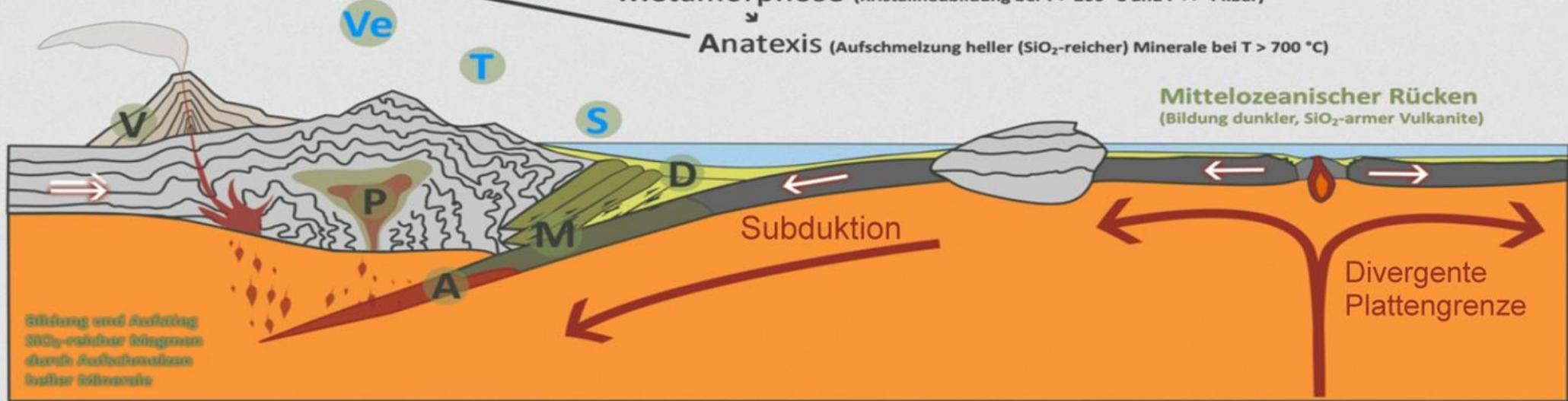
Plutonismus →
 (Magma kristallisiert (erstarrt) unterirdisch)

↓
Sedimentation

↓
Diagenese (Entwässerung und Verfestigung bei $T < 200\text{ °C}$, $P < 4\text{ kbar}$)

↓
Metamorphose (Kristallneubildung bei $T > 200\text{ °C}$ und $P \gg 4\text{ kbar}$)

↓
Anatexis (Aufschmelzung heller (SiO_2 -reicher) Minerale bei $T > 700\text{ °C}$)



Orange: Oberer Erdmantel

Dunkelgrün: Ozeanische Erdkruste

Hellgrün: Ozeanische Erdkruste (neu gebildet)

Blau/weiß gestreift: Kontinentale Erdkruste (gefaltet / t.w. metamorph)

↔: Teil einer Konvektionszelle

↔: Plattenbewegungen

↔: Auf- / Abschiebungen an Störungszonen

Orange: Plutonite

Blau/weiß gestreift: Vulkanite

Grün: Sedimente / Sedimentite

Blau/weiß gestreift: Meta-Sedimentite

Blau/weiß gestreift: Meta-Vulkanite /- Plutonite (aus ozeanischer Kruste)

Orange: Anatexis

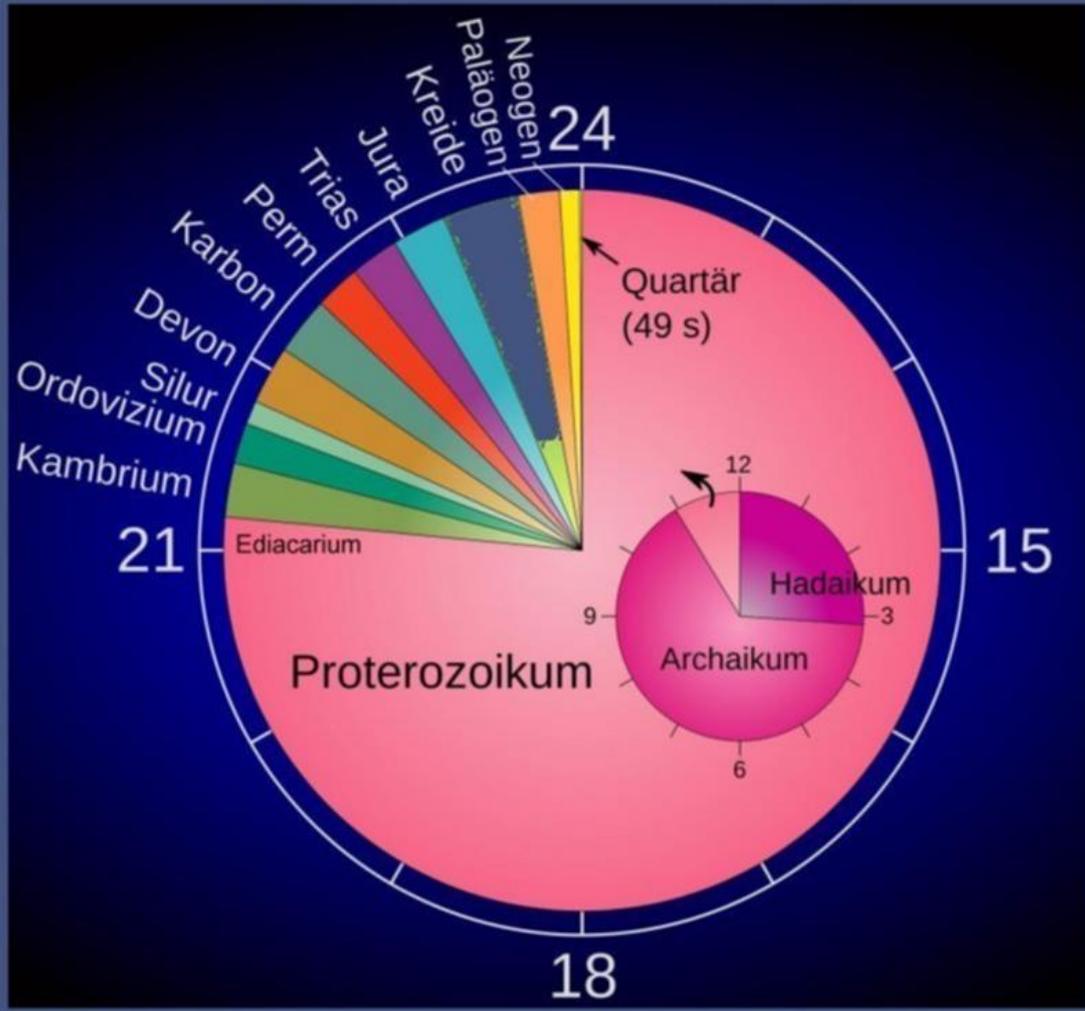
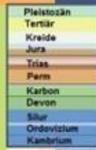
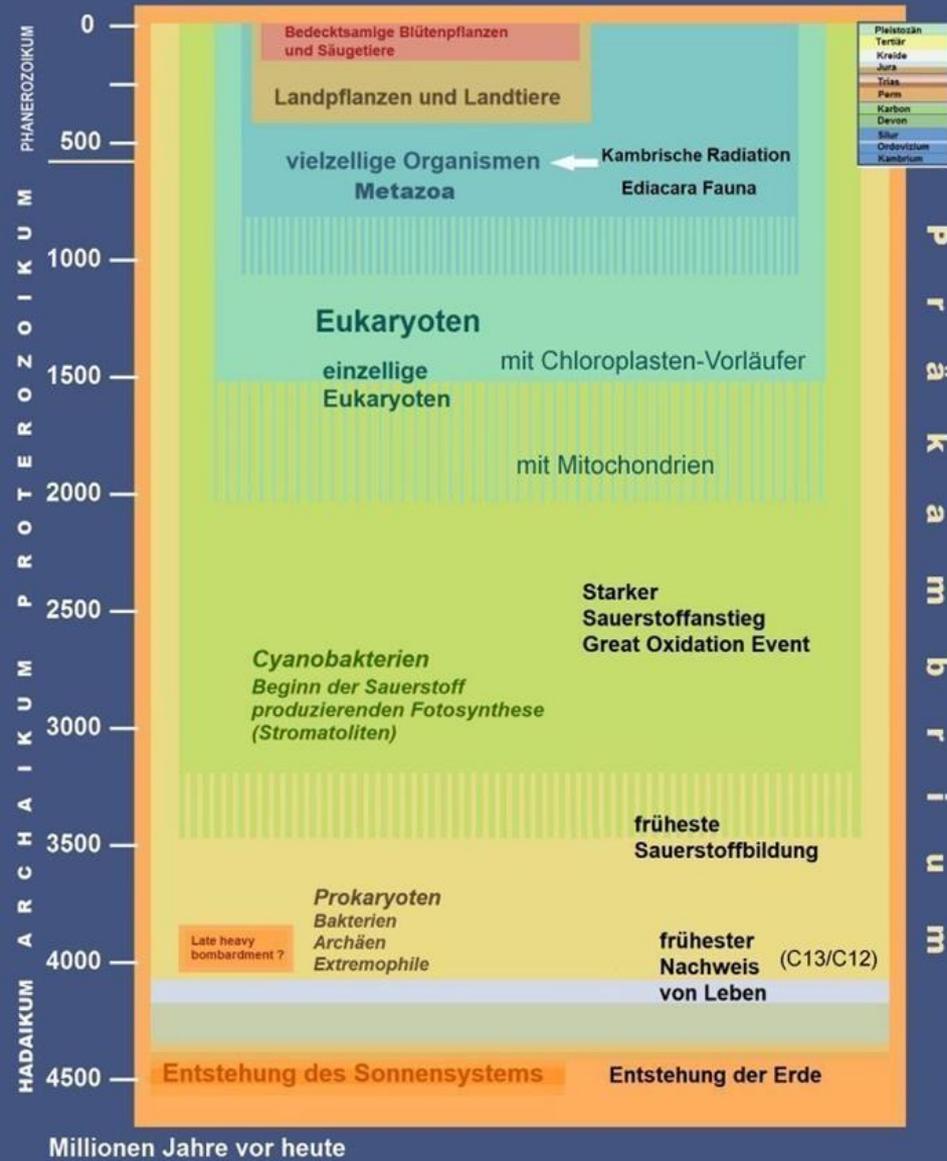
Grün: Kontaktmetamorphose

↕: Aufstieg SiO_2 -reicher Schmelzen

↕: Aufstieg SiO_2 -armer Schmelzen



Wie entstehen
aus einfachen Lebewesen
schließlich Menschen?





Quelle:
derstandard.de

Ediacara-Fauna beginnt vor etwa 635 Mio. Jahren

Ein

Ediacarium

König

Kambrium

Ohne

Ordovizium

Schloss

Silur

Esels-
brücke

Erdzeitalter

Darf

Devon

Keine

Karbon

Prinzessin

Perm

Treffen,

Trias

Jedoch

Jura

Kunstvoll

Kreide

Polierte

Paläogen

Noble

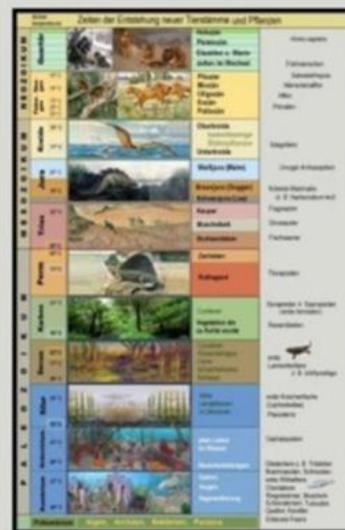
Neogen

Perlen

Pleistozän

Horten

Holozän



Even Crocodiles Observe Several Dainty Creatures Playfully Jumping, aCross Peaceful Natural Prestigious Habitats

Devon

32° C

17° C

28° C



Cycadeen
Riesenbärlappe
Farne
Schachtelhalme
Bärlappe

erste



Landwirbeltiere

z. B. *Ichthyostega*

Silur

24° C

16° C



frühe
Landpflanzen
in Uferzonen

erste Knochenfische
(Lophosteidae)

Placodermi

(Panzerfische mit Kiefer)

Ordovizium

27° C

28° C



alles Leben
im Wasser

Cephalopoden

(Kopffüßer-Weichtiere)

Neuentwicklungen

Gliedertiere z. B. Trilobiten

Brachiopoden, Schnecken

erste Wirbeltiere

Chordatiere



Ringelwürmer, Muscheln

Echinodermen, Tunicaten

Quallen, Korallen

Kambrium

27° C

26° C



Gehirn

Entstehung
der Modularität

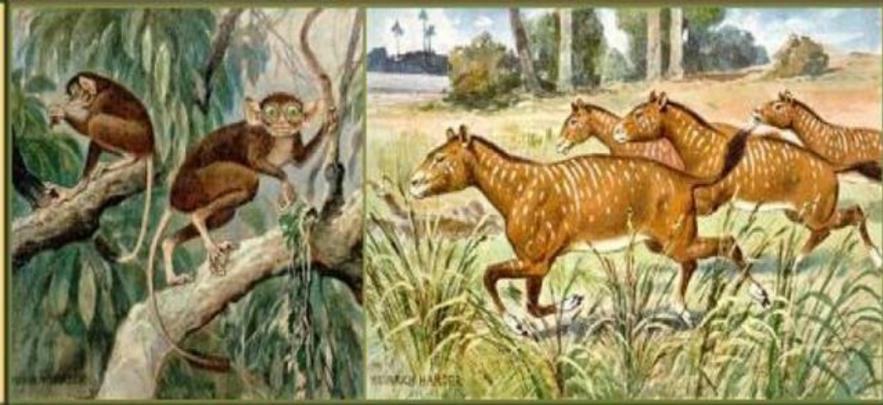
Augen

Segmentierung

Jura 25° C 19° C		Weißjura (Malm)	Urvogel <i>Archaeopteryx</i>
		Braunjura (Dogger)	früheste Mammalia (z. B. <i>Hadrocodium wui</i>)
		Schwarzjura (Lias)	
Trias 22° C 36° C 26° C		Keuper	Flugsaurier
		Muschelkalk	Dinosaurier
		Buntsandstein	Fischeosaurier
Perm 11° C		Zechstein	Therapsiden
		Rotliegend Zersetzung des Lignins im Holz	(amniotische Landwirbeltiere, Vorfahren der Saurier und Säugetiere)
Karbon 21° C 16° C		Coniferen	Synapsiden u. Sauropsiden (erste Amnioten mit vom Wasser unabhängigen Nachwuchs)
		Vegetation die zu Kohle wurde	Riesenlibellen

Heute

Anthropozän?

Quartär		Holozän Pleistozän Eiszeiten u. Warmzeiten im Wechsel	<i>Homo sapiens</i> Frühmenschen
Neo- gen Paleo- gen		Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paläozän	Menschenaffen Affen Primaten
Kreide		Oberkreide bedecktsamige Blütenpflanzen Unterkreide	Säugetiere

16° C

18° C

15° C

26° C

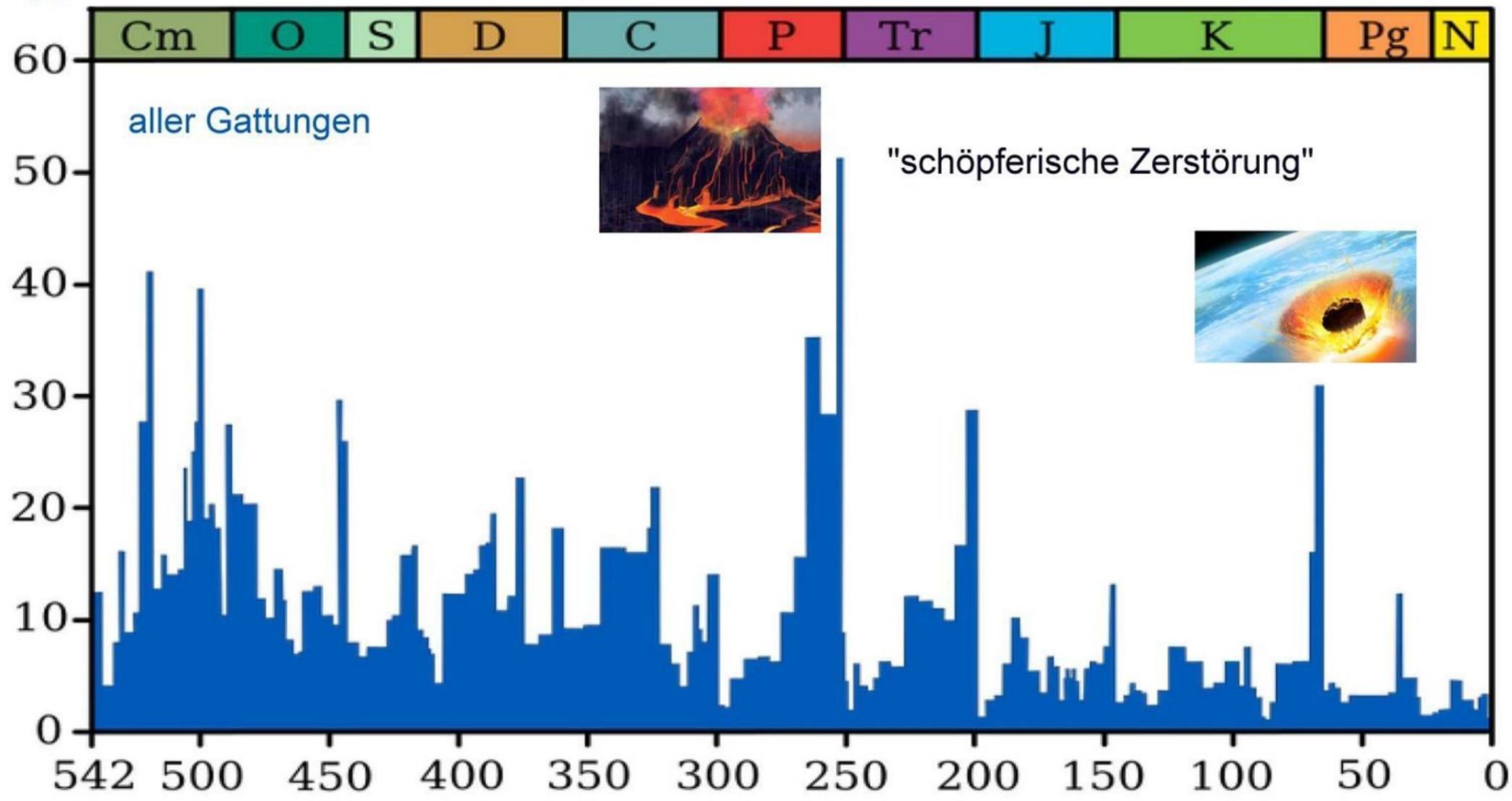
20° C

30° C

17° C

Massenaussterben vor Millionen von Jahren

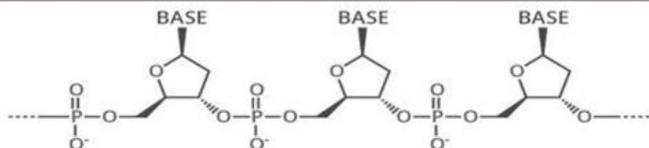
%



THE CHEMICAL STRUCTURE OF DNA

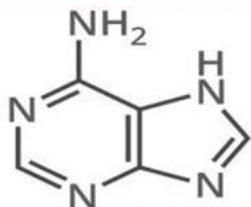
DNA (deoxyribonucleic acid) carries genetic information in all multicellular forms of life. It carries instructions for the creation of proteins, which carry out a wide range of roles in the body.

THE SUGAR PHOSPHATE 'BACKBONE'

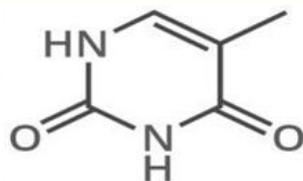


DNA is a polymer made up of units called nucleotides. The nucleotides are made of three different components: a sugar group, a phosphate group, and a base. There are four different bases: adenine, thymine, guanine & cytosine.

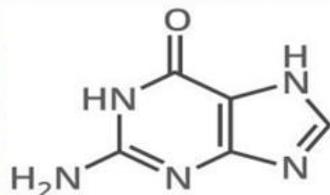
A ADENINE



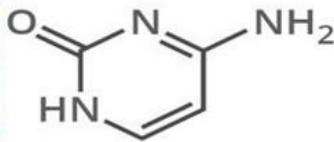
T THYMINE



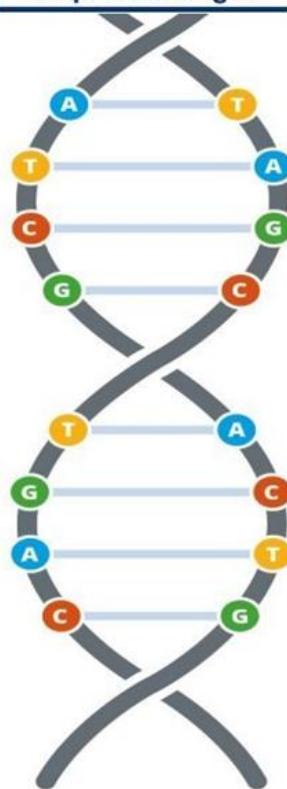
G GUANINE



C CYTOSINE

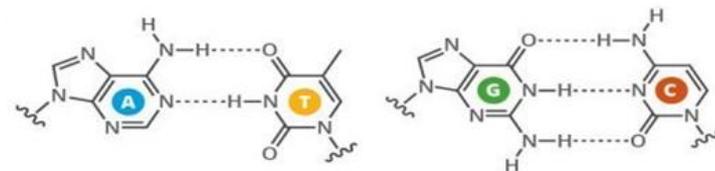


Die Basis der Genomsequenzierungen



WHAT HOLDS DNA STRANDS TOGETHER?

DNA strands are held together by hydrogen bonds between bases on adjacent strands. Adenine (A) always pairs with thymine (T), whilst guanine (G) always pairs with cytosine (C).



FROM DNA TO PROTEINS



The bases along a single strand of DNA act as a code. The letters form three letter 'words', or codons, which code for different amino acids - the building blocks of proteins.

An enzyme, RNA polymerase, transcribes DNA into mRNA (messenger ribonucleic acid). It does this by splitting apart the two strands that form the double helix, then reading a strand and copying the sequence of nucleotides. The only difference between the RNA and the original DNA is that in the place of thymine (T), another base with a similar structure is used: uracil (U).

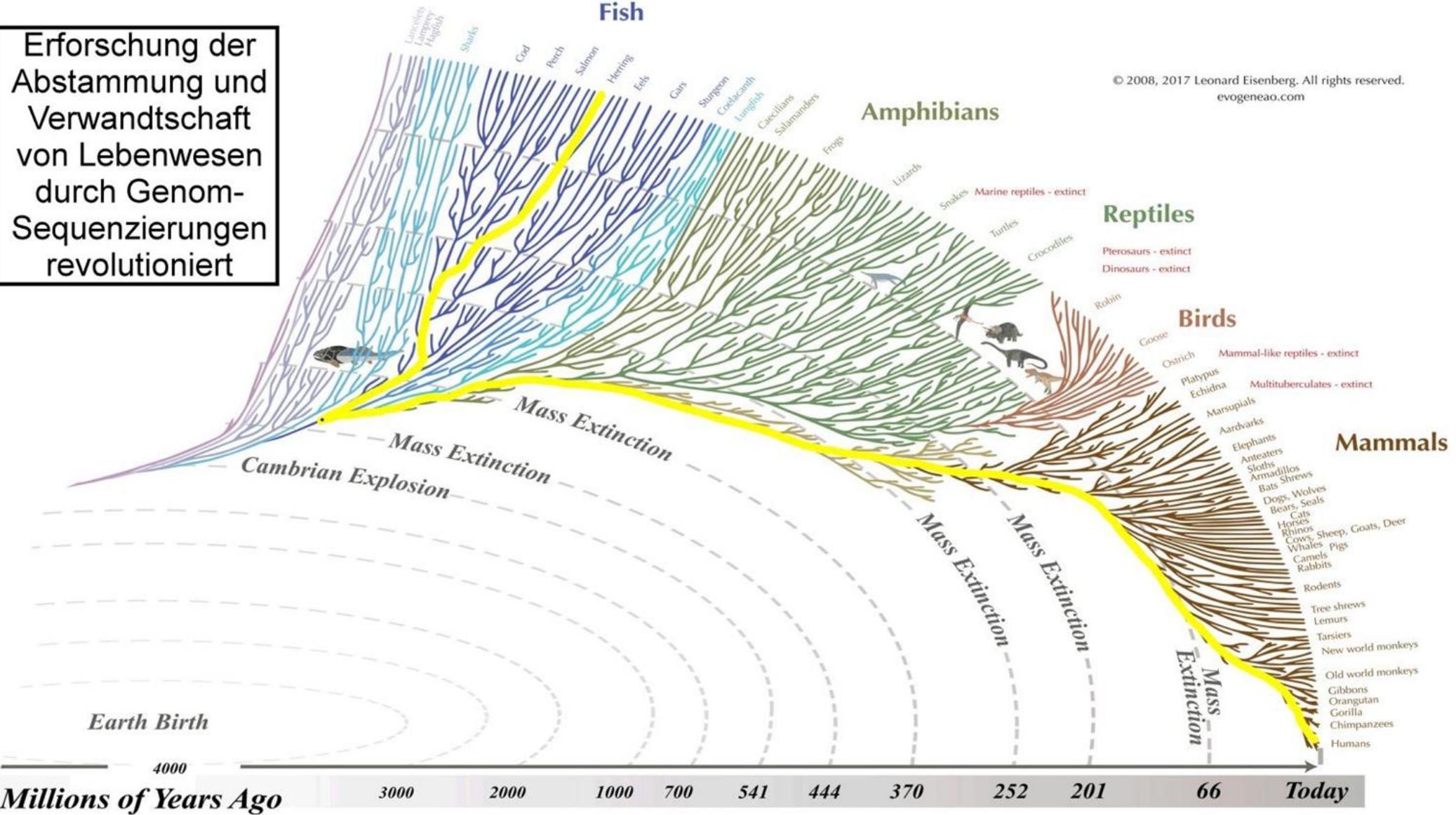


In multicellular organisms, the mRNA carries genetic code out of the nucleus, to the cell's cytoplasm. Here, protein synthesis takes place. 'Translation' is the process of converting turning the mRNA's 'code' into proteins. Molecules called ribosomes carry out this process, building up proteins from the amino acids coded for.



Erforschung der Abstammung und Verwandtschaft von Lebewesen durch Genom-Sequenzierungen revolutioniert

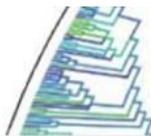
© 2008, 2017 Leonard Eisenberg. All rights reserved. evogeneao.com



Ein Evolutionsweg, auch Evolutionspfad, ist ein Lehrpfad, der den zeitlichen Verlauf der Evolution räumlich darstellt. Der Anfangspunkt symbolisiert den kosmischen Urknall vor 13,8 Milliarden Jahren oder für eine bessere Anschaulichkeit die Entstehung der Erde vor etwa 4,5 Milliarden Jahren. Der Endpunkt ist das Auftreten des Homo sapiens oder der aktuelle Zeitpunkt. Es gibt auch Evolutionswege, die nur Teilgebiete der Evolution darstellen, etwa die der Pflanzen. Ein Beispiel dafür ist der „Evolution Walk“ des Wildfire Lab in Exeter.

Auf Evolutionswegen gibt es Markierungen, auf denen Ereignisse der Evolution erläutert werden. Die Markierungen befinden sich in Abständen, die den zeitlichen Abständen der Ereignisse entsprechen. Diese können virtuell, GPS-basiert sein, wie in Vejen, Dänemark, oder materiell wie etwa Tafeln oder auch Plakatständer mit Postern, wie die Evolutionswege in Leimen, Plön und der „Gaia Evolution Walk“ des Museums WindGrove bei Nubeena in Tasmanien. Einige Evolutionswege weisen diese Wegstreckenrelation zum Zeitverlauf nicht auf. Bei zeitsynchron aufgebauten Evolutionswegen wird die Abfolge der Markierungen mit den Erläuterungen im Laufe eines Evolutionsweges immer kürzer, da sich das Auftreten wichtiger Veränderungen in der Evolution zur Gegenwart hin verdichtet.

Quelle:
<https://de.wikipedia.org/wiki/Evolutionsweg>



Evolutionsweg

Start Standorte ▾ **Wegpunkte** ▾ Exkurse ▾ Blog Downloads Kontakt & Impressum 

Dieser **Lehrpfad zur Evolution** stellt wichtige Stationen der 4100 Millionen Jahre langen Geschichte des Lebens auf der Erde dar. Von den ersten Lebensspuren bis heute ist der Weg 1000 m lang.

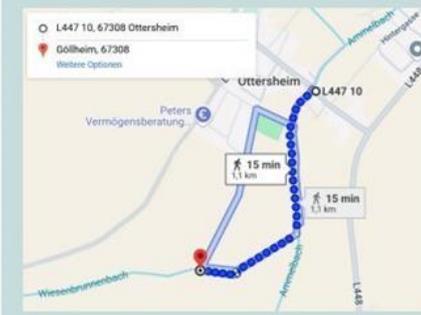
Mit **jedem Meter**, mit jedem großen Schritt überwindest du gut **4 Millionen Jahre**, jeder Millimeter steht für ca. 4000 Jahre, also die Zeit, die seit dem Bau der Pyramiden in Ägypten bis heute verging.

Fühle mit jedem Schritt, wie viel Zeit das Leben auf der Erde brauchte, sich zu entwickeln, bis – vor vergleichsweise sehr kurzer Zeit – mit uns Menschen Lebewesen entstanden, die Pyramiden bauen und zum Mond fliegen können.

Quelle: <https://evolutionsweg.de>

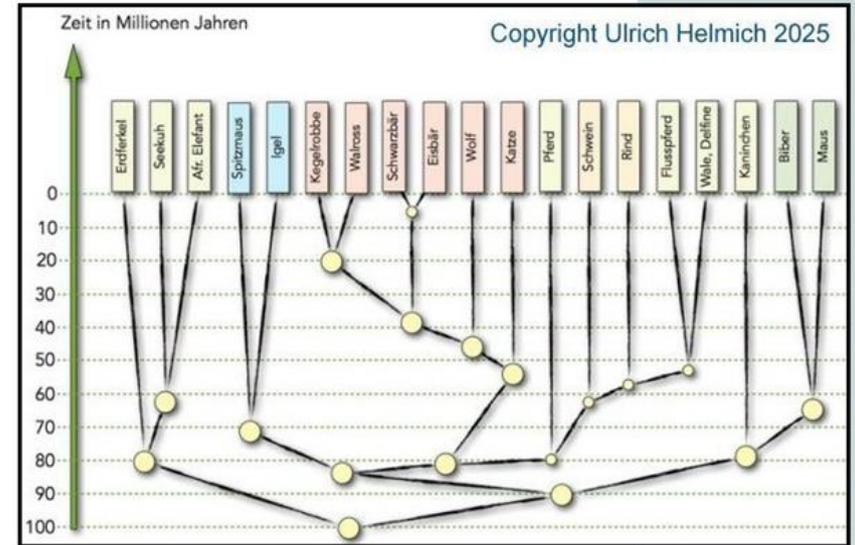
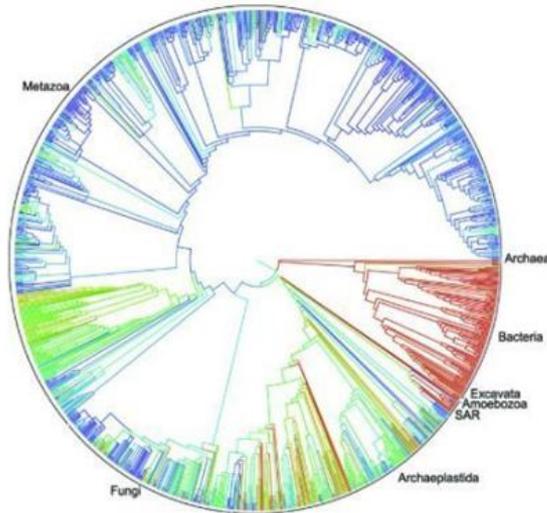
Copyright Säkulare Humanisten Rhein-Neckar e.V.

Düsseldorfer Aufklärungsdienst e.V.



Molekulare Uhr

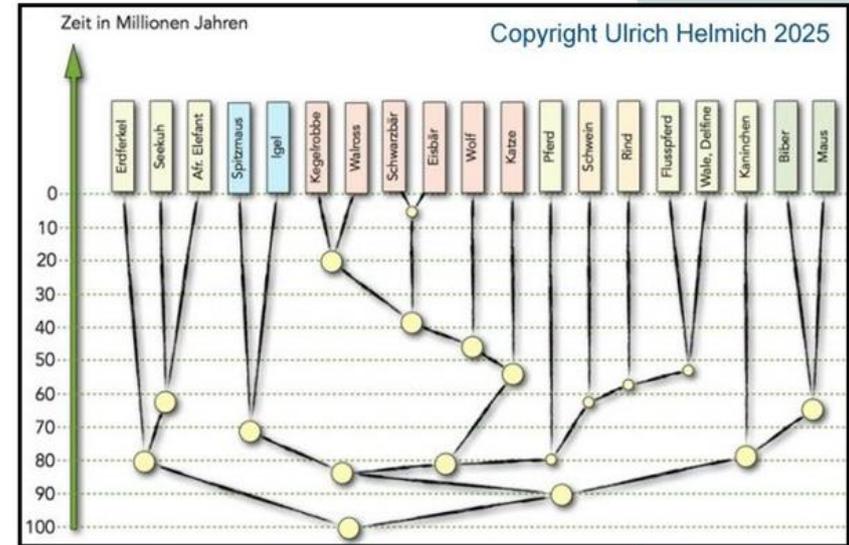
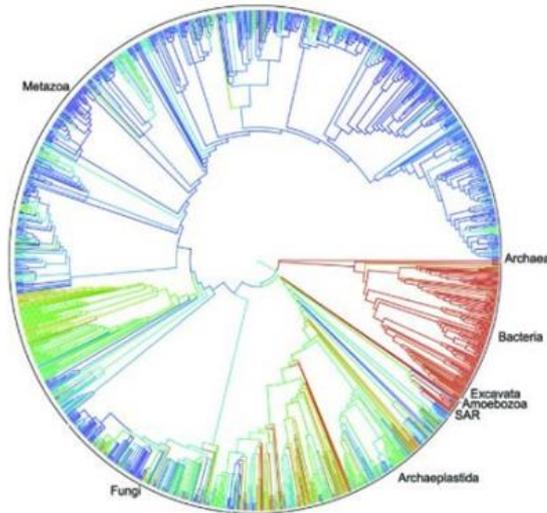
Aus Zahl der Mutationen lässt sich der Zeitpunkt des letzten gemeinsamen Vorfahren berechnen



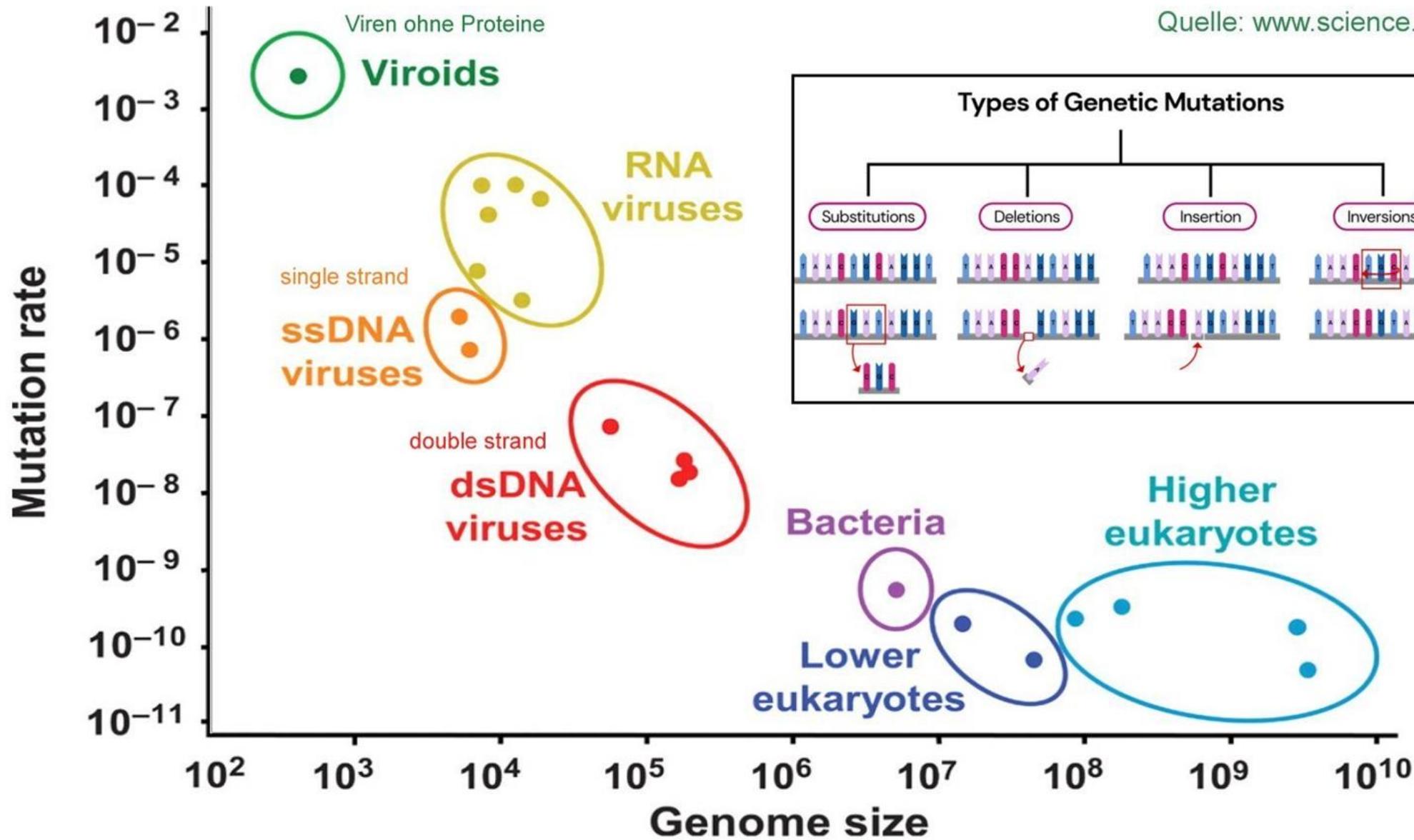
Molekulare Uhr

Als Molekulare Uhr bezeichnet man eine Methode, anhand der Anzahl von Mutationen im Genom zweier eng miteinander verwandter Arten auf den Zeitpunkt zurückzuschließen, zu dem sich die beiden Arten im Stammbaum voneinander abgezweigt haben.

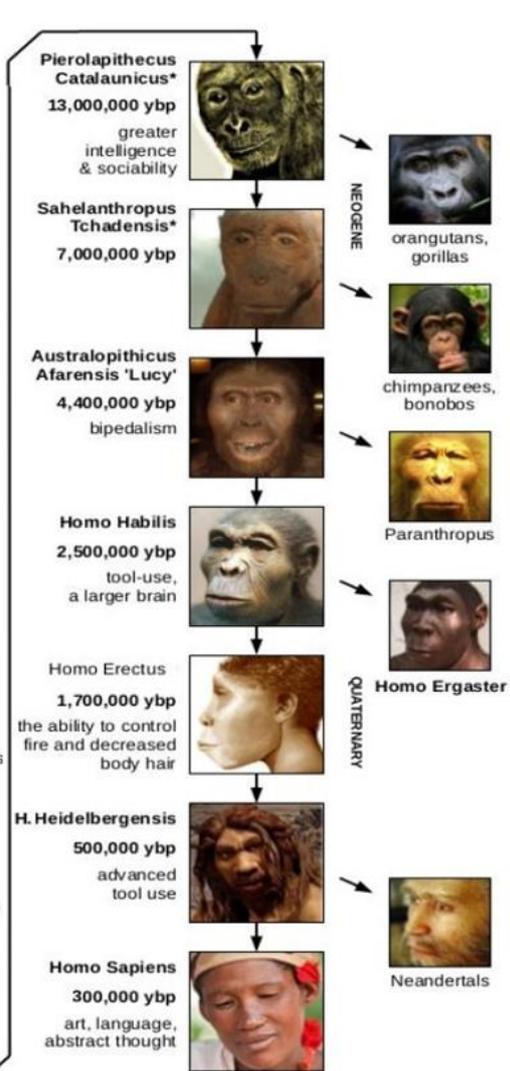
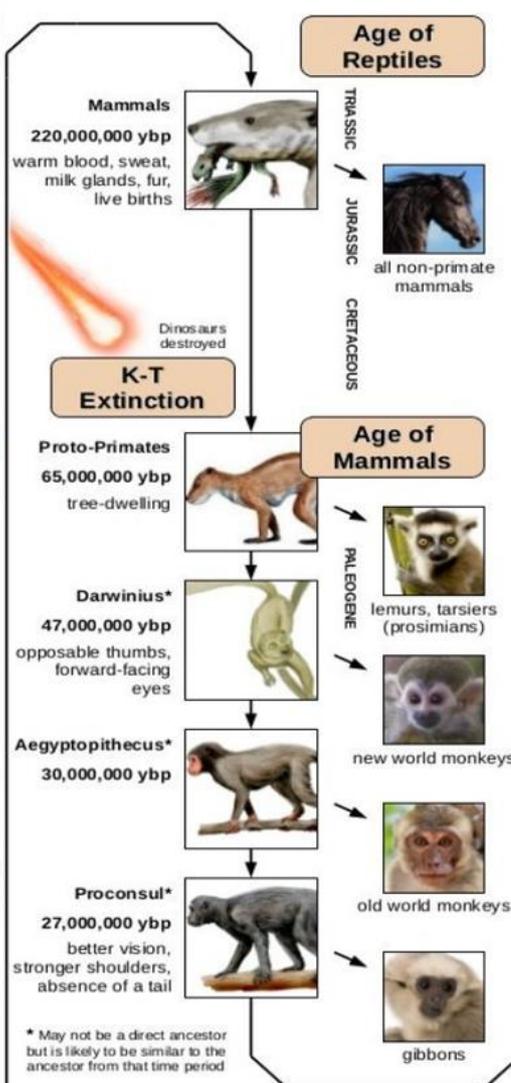
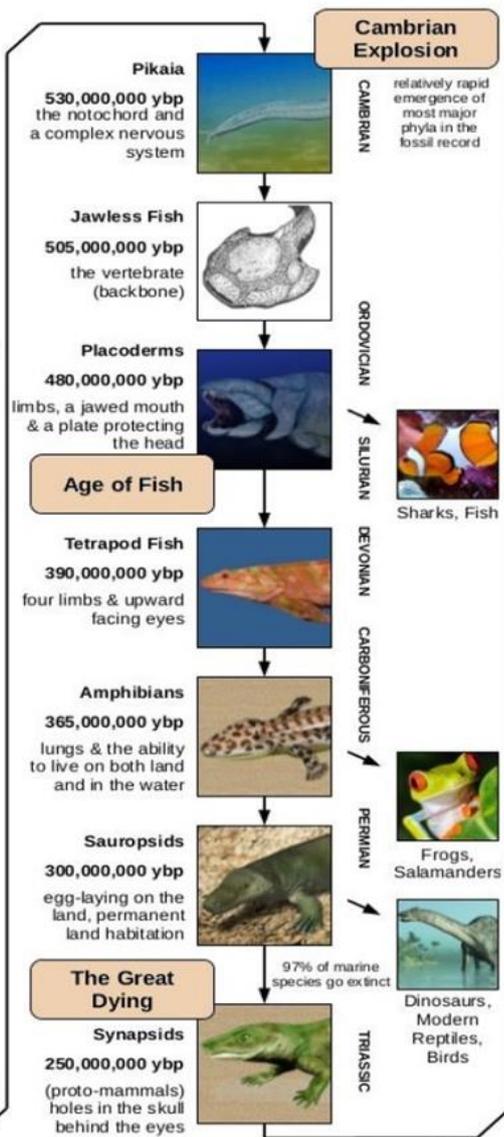
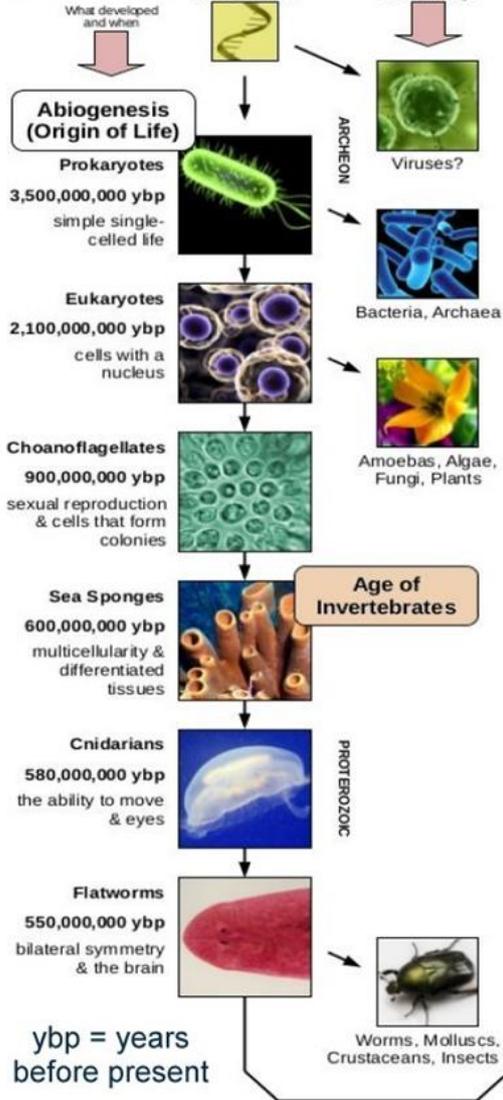
Grundbedingung für dieses Konzept ist die Annahme, dass das Leben auf der Erde monophyletisch ist, dass also alles Leben auf der Erde von demselben Ur-Lebewesen abstammt. Dies bedeutet, für zwei beliebige Lebewesen gibt es immer einen gemeinsamen Vorfahren, von dem ausgehend sich diese Lebewesen entwickelt haben.



Stammbaum des Lebens: Ausgehend von einem allen Lebewesen gemeinsamen Vorfahr haben sich alle Lebewesen durch Aufspaltung in jeweils zwei Äste entwickelt, die sich wiederum in zwei Äste aufgespalten haben und so weiter. (Quelle: opentreeoflife.org).



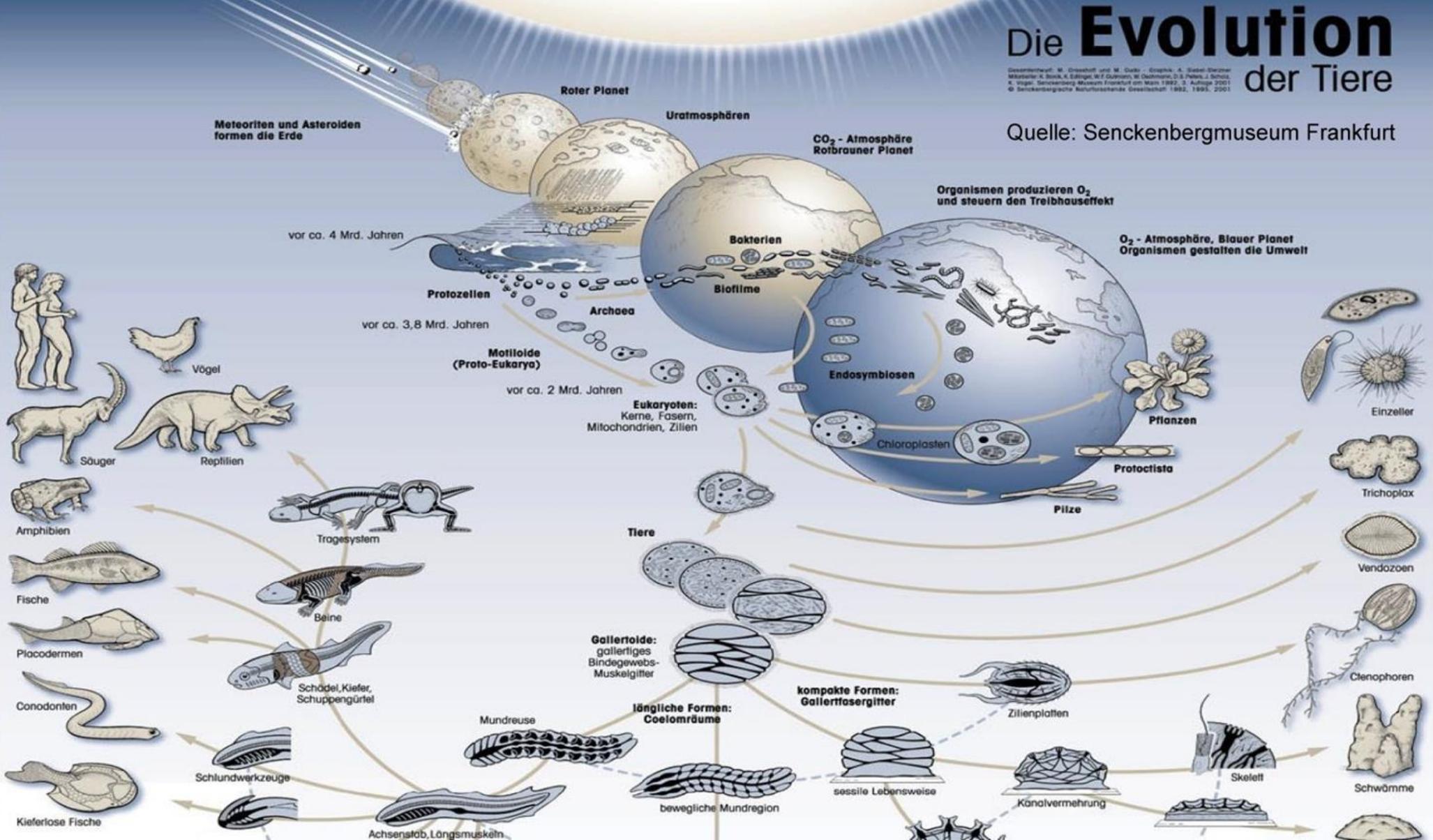
All dates are approximate
ybp = years before present

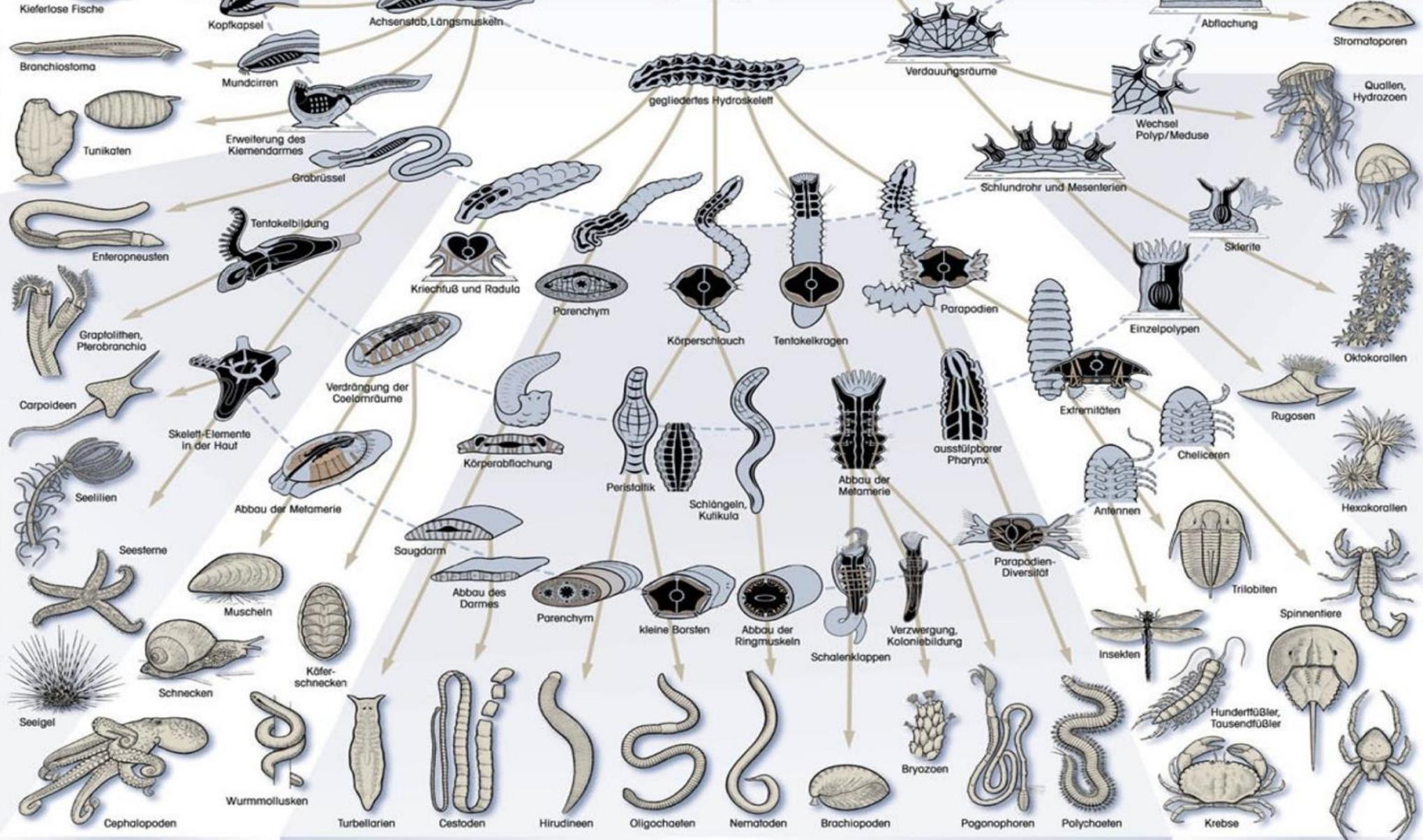


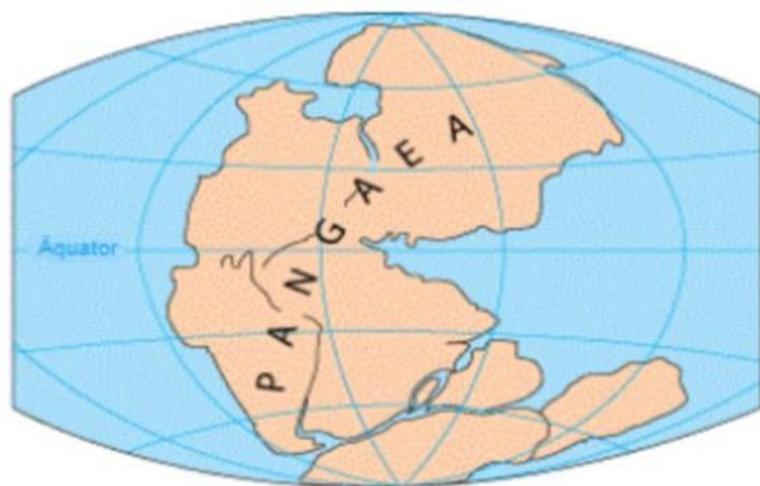
Die Evolution der Tiere

Gesamtkonzept: M. Grasshoff und M. Dabio - Graphik: A. Seidel-Schäfer
 Mitarbeiter: K. Bönigk, K. Lötters, W. F. Opatowitz, W. Dautermann, D. S. Peters, J. Schmalz,
 K. Vogel - Senckenberg Museum Frankfurt am Main 1992, 3. Auflage 2001
 © Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft 1992, 1993, 2001

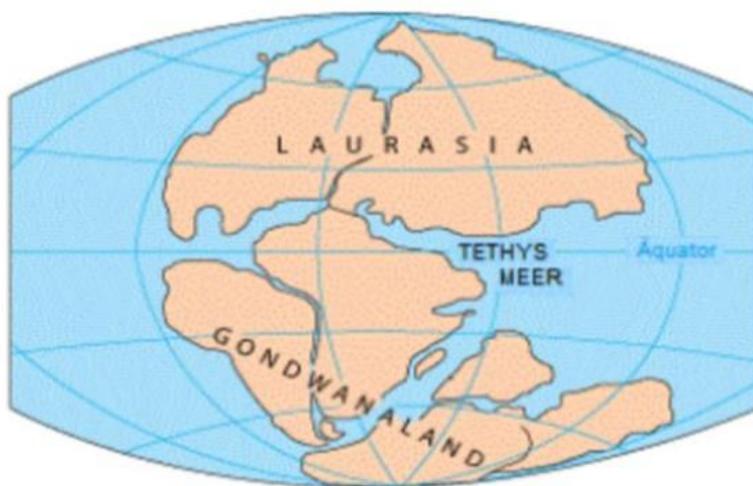
Quelle: Senckenbergmuseum Frankfurt



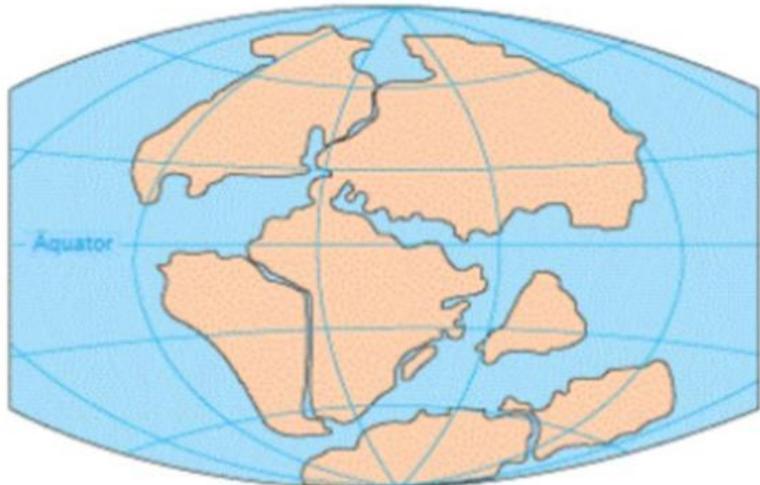




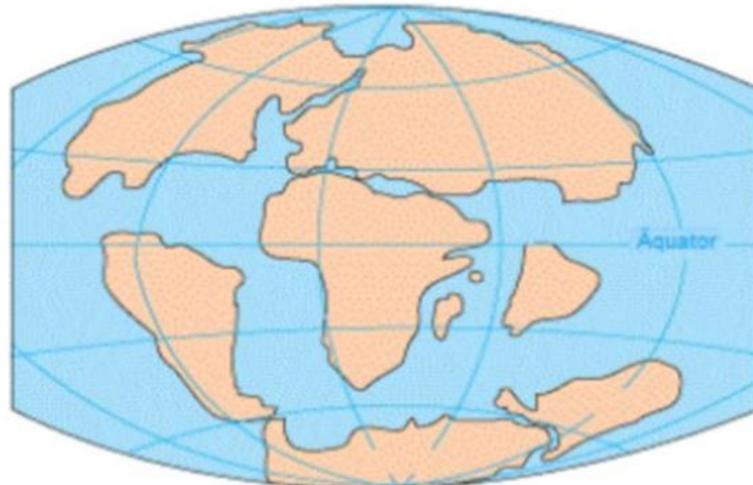
PERM
vor 298 bis 252 Millionen Jahren



TRIAS
vor 252 bis 201 Millionen Jahren

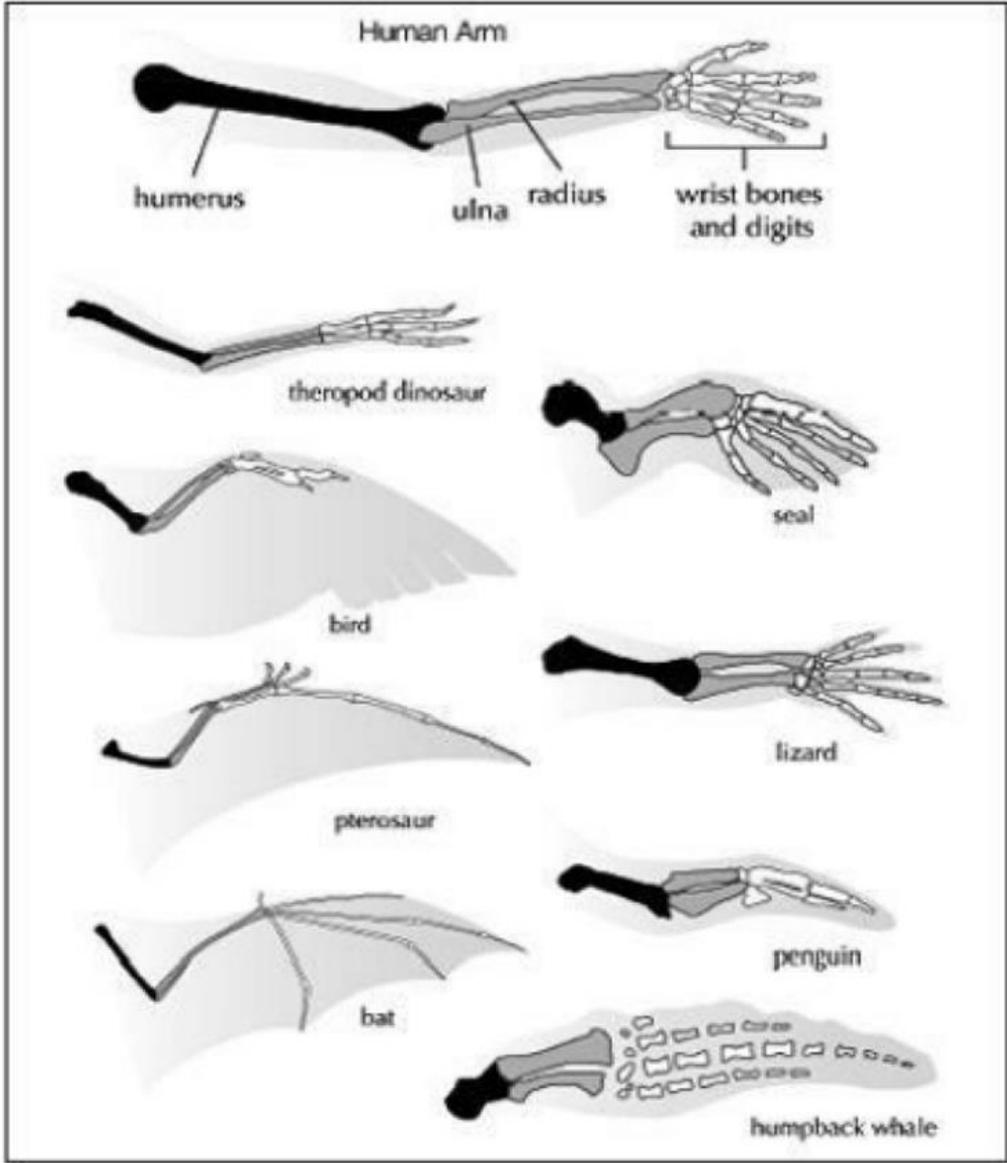


JURA
vor 201 bis 145 Millionen Jahren



KREIDE
vor 145 bis 66 Millionen Jahren

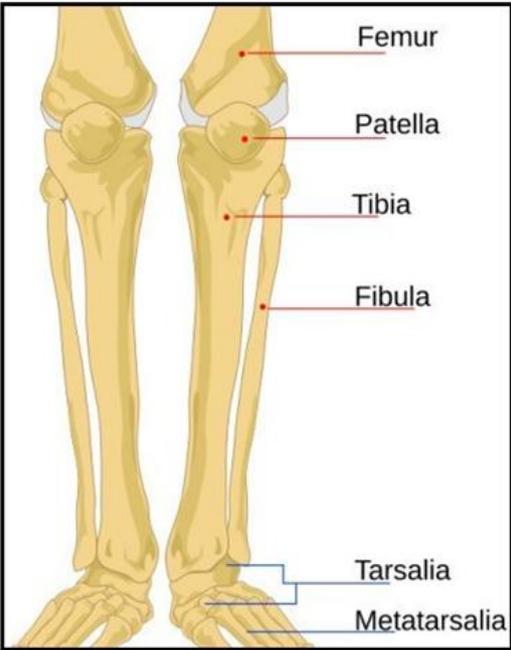
Signifikante
Fragmentierung der
Superkontinente
Columbia (vor 1,5 Mrd. J.)
Rodinia (vor 750 Mio J.)
Pangäa (vor 175 Mio J.)
Zyklus besteht aus maxi-
maler Fragmentierung bis
vollständiger Vereinigung



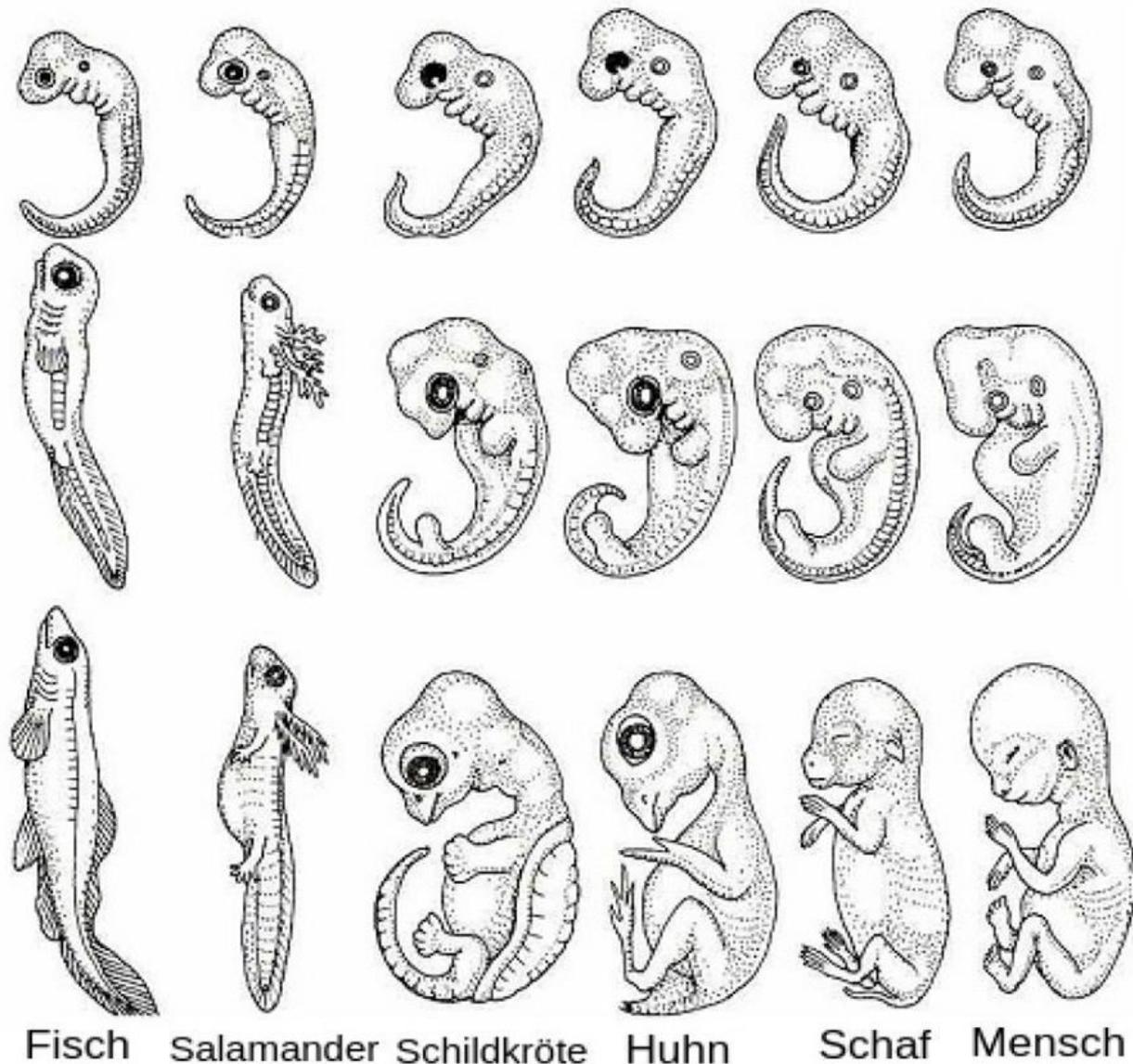
Gleiche
Skelettarchitektur
mit
4 Gliedmaßen
(Wirbeltiere):



- Fische
- Amphibien
- Reptilen
- Vögel
- Säugetiere
- Menschen



(auch sichtbar durch
Embryonalentwicklung)



Fisch Salamander Schildkröte Huhn Schaf Mensch

Jeder Embryo
durchläuft die
Stufen der
Evolution

alle sind zunächst weiblich,
später wird etwa die
Hälfte männlich



Tiktaalik (vor ca. 375 Mio. Jahren)



Nyasasaurus (vor ca. 240 Mio. Jahren)



Archaeopteryx (vor ca. 150 Mio. Jahren)

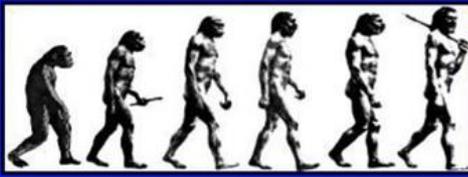
Frühes Säugetier (vor ca. 125 Mio. Jahren)



Ardipithecus ramidus
(vor ca. 4 Mio. Jahren)



Copyright
J.H. Matternes



sucht Muster

H. sapiens H. neanderthalensis

0-
0,5-
1-
1,5-
2-
2,5-
3-
3,5-
4-
4,5-

Millionen Jahre

H. heidelbergensis

H. erectus

P. robustus

P. boisei

?

H. ergaster

H. habilis

Homo rudolfensis

A. africanus

Paranthropus aethiopicus

A. bahrelghazali

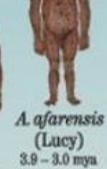
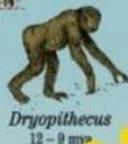
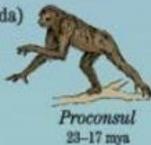
A. afarensis

Australopithecus anamensis

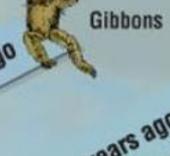
Ardipithecus ramidus



PRIMATES



Menschenaffen



Bonobos



Affen

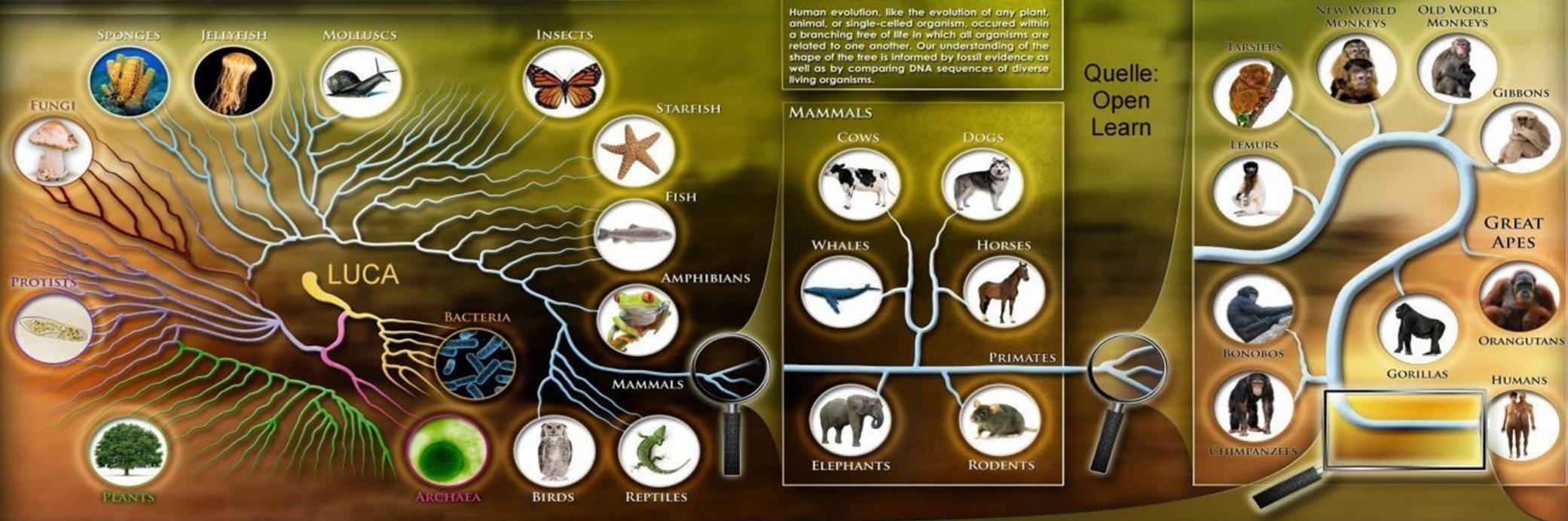


Menschen (Gattung Homo)

ca. 15 - 20 Menschenarten

HUMAN EVOLUTION





ONGOING HUMAN EVOLUTION

Although milk is essential nutrition for human infants, most people lose the ability to digest the lactose in milk after weaning, due to a reduction in the level of the enzyme lactase. Genetic evidence is consistent with the hypothesis that adult milk intolerance is the ancestral human trait. As the cultural practices of livestock herding developed in Europe and Africa, new mutations that caused lactase levels to remain high into adulthood arose independently in these populations. This adaptation allowed people to take advantage of a novel food source—the milk of newly-domesticated mammals. The descendants of these pastoralists are concentrated in East Africa and Europe and have spread worldwide in more recent migrations.

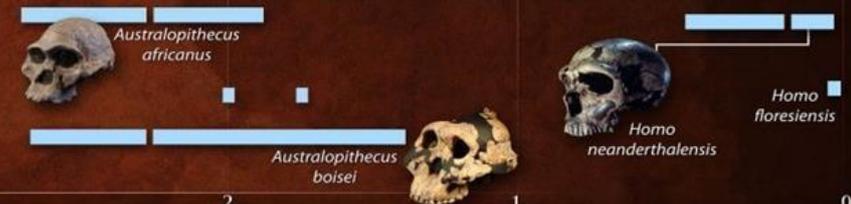


HOMINIDS



HUMAN EVOLUTION

Important fossils of numerous human ancestors have been discovered during the last century, and there are now thousands of fossils documenting human evolution after our lineage split from the lineage that led to chimpanzees. These fossils can be placed on a timeline that reveals the basic course of our evolution, even though details are still being worked out. Shown here are some key hominid skulls chosen to illustrate phases in this evolution, along with examples of contemporaneous stone tools that provide glimpses into how these hominids behaved. Blue bars represent species lineages for humans and their closest, but now extinct, relatives. Our evolution continues today, as selection and other forces act on the genetic variation in the world's human population.



Corpus callosum

Seitenventrikel

Frontallappen

Parietallappen

limbischer
Lappen

dritter Ventrikel

Occipital-
lappen

Hypothalamus

vierter Ventrikel

Temporallappen

Kleinhirn

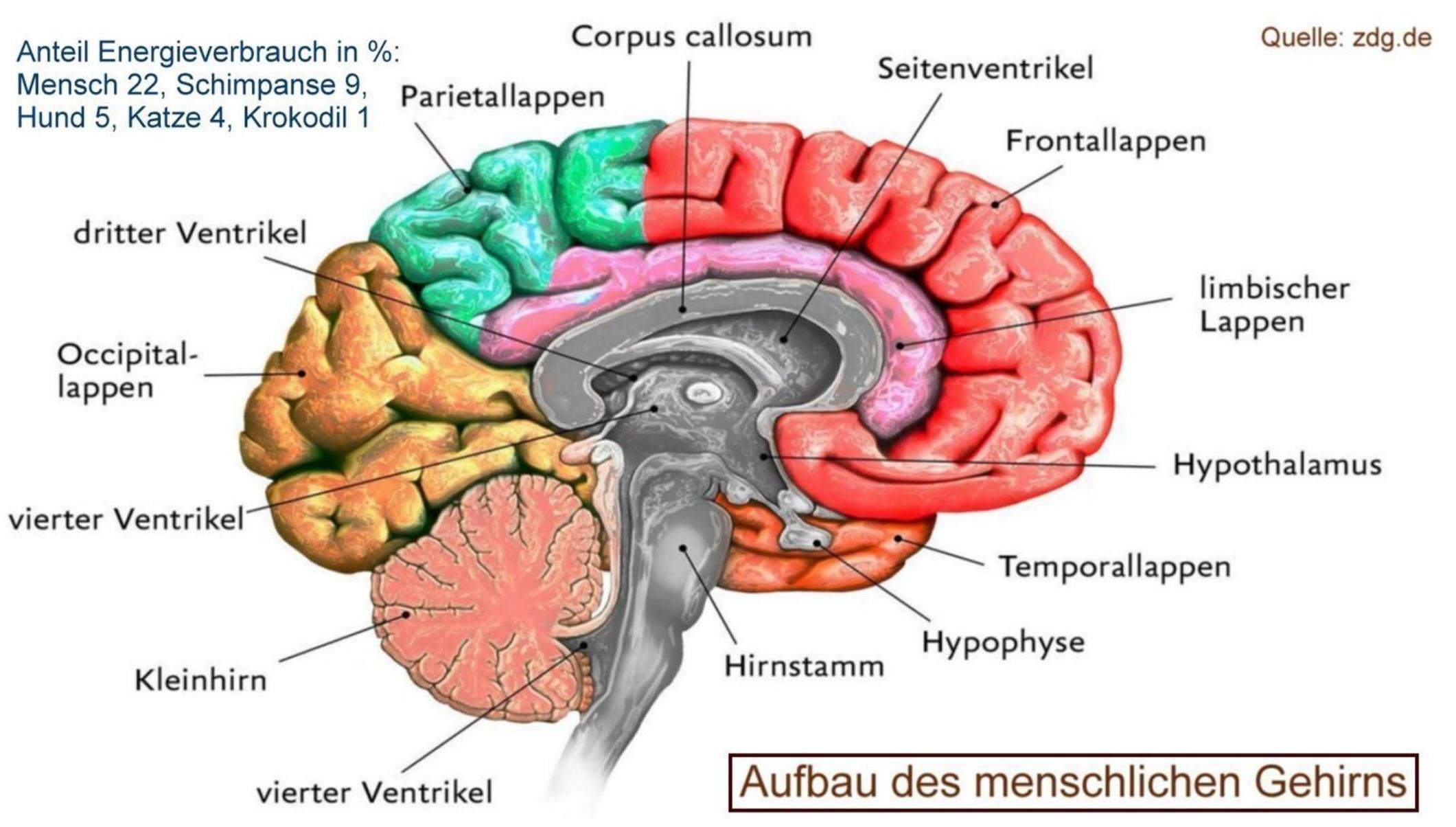
Hirnstamm

Hypophyse

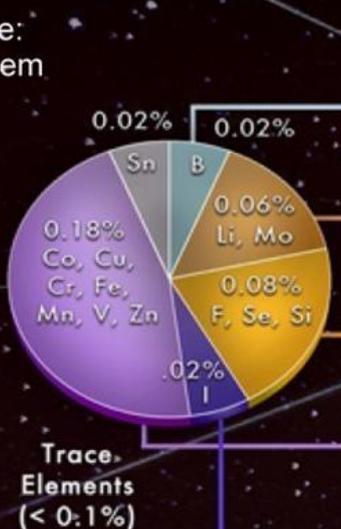
vierter Ventrikel

Aufbau des menschlichen Gehirns

Anteil Energieverbrauch in %:
Mensch 22, Schimpanse 9,
Hund 5, Katze 4, Krokodil 1



Quelle:
PubChem



- Big Bang
- Cosmic Ray Spallation
- Low Mass Stars
- Exploding Massive Stars
- Exploding White Dwarfs
- Exploding Neutron Stars
- Nuclear Decay
- Human Made



9.5 % 9.5 % Hydrogen
 1.1 % 0.85 % Calcium
 0.1 % Phosphorus
 0.1 % Sulfur
 0.05 % Potassium

18.5 % 16.25 % Carbon
 2.25 % Nitrogen

70.5 % 61 % Oxygen
 5.75 % Carbon
 1.1 % Phosphorus
 1 % Sulfur
 0.75 % Nitrogen
 0.75 % Calcium
 0.15 % Potassium

Woher
kommen die
Stoffe im
menschlichen
Körper ?

H 1																	He 2				
Li 3	Be 4															B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12															Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36				
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54				
Cs 55	Ba 56			Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86			

La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

Function in the human body

Symbol Name

Amount (by mass)

Conversion of food into energy	O	Oxygen	61%
Building blocks of the body	C	Carbon	22%
Testosterone, estrogen, etc.	H	Hydrogen	9.5%
Transports nutrients	N	Nitrogen	3%
Removes wastes	Ca	Calcium	1.6%
Regulates body temperature	P	Phosphorus	1.2%
Building blocks of proteins (Amino acids)	S	Sulfur	1%
Essential part of DNA	K	Potassium	0.2%
Rigidity and strenght to bones and teeth	Na	Sodium	0.14%
Nerves, muscles and blood clotting	Cl	Chlorine	0.14%
Building and maintaining bones and teeth	Mg	Magnesium	0.03%
ATP molecules energy provider	Fe	Iron	0.006%
Cartilage	F	Fluorine	0.004%
Insulin	Zn	Zinc	0.003%
Breast milk	Si	Silicon	0.001%
Immune system proteins	Rb	Rubidium	0.001%
Keratine	Sr	Strontium	0.0005%
Nerve signaling			
Balance of water in the body			
Nerve signaling			
Regulate amount of water in the body			
Nerves function			
Gastric juices			
Skeleton			
Muscles			
Energy provider in ATP molecules			
Hemoglobin (carries oxygen in red blood cells)			
Bones solidity			
Enzymes involved in digestion			
Synthesis of collagen and elastin			
Bones, cartilage, tendons and joints			
No known biological role			
Metabolis stimulation			
Bones			

Wo und wie werden die Elemente genutzt ?

MIKROBIOM

Was unsere Bakterien
über uns verraten

Fettleibigkeit

Übergewicht
durch Darmflora

Der Mensch besteht aus
ca. 35 Billionen Körperzellen
und beherbergt
ca. 38 Billionen Bakterien

Darm-Hirn-Achse

Wenn der Bauch das
Gehirn krank macht

Nachgefragt

Besteht der Mensch aus mehr
Bakterien als Körperzellen?



**Was sind Besonderheiten
des Homo sapiens?**

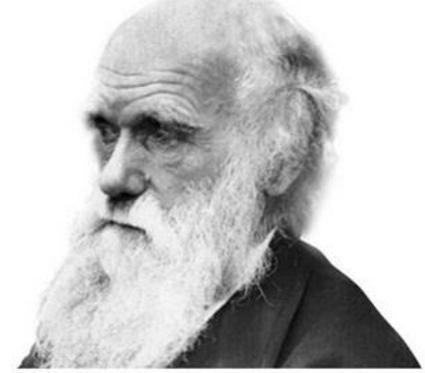
Besonderheiten des Homo sapiens



- Alle Babys sind „Frühgeborene“
- Kinder für sehr viele Jahre unselbstständig
- Großes Gehirn braucht 22 % der Kalorien
- Aufrechter Gang & Langsteckenläufer
- Äußerst flexibler Einsatz der Hände
- Kleinkinder zeigen mit einem Arm auf Dinge
- Hohe Komplexität der Sprache
- Gemeinsame Geschichten schaffen Identität
- Mehr als 8 Milliarden Menschen sind genetisch nahezu identisch

ältestes
Fossil
etwa
300.000
Jahre alt

Mutation



Evolution

Stärke und Anpassungsfähigkeit
beim Menschen betraf vor allem
ganze Gruppen und
weniger Einzelpersonen

Selektion durch — **veränderte Umweltbedingungen**

- Kooperation statt Konkurrenz
- heterogene Fähigkeiten und Interessen
- Neugier
- gute Balance zwischen Vorsicht und Mut

Sexualpartner



Wie hat die
Komplexität seit dem
Urknall zugenommen?

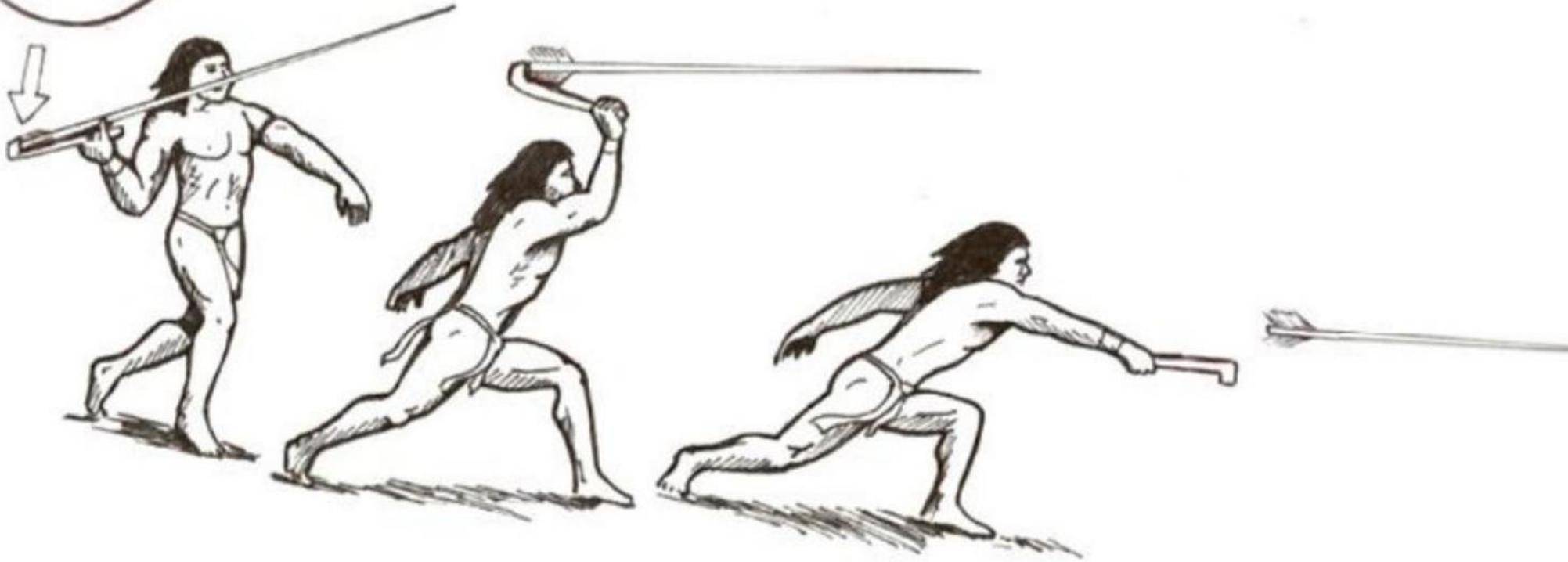
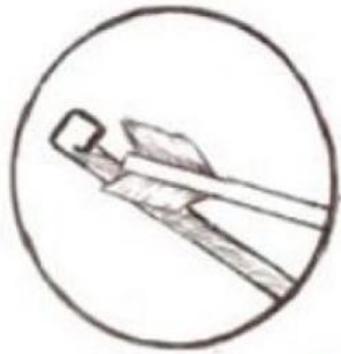
Zunahme der Komplexität

- 94 statt 3 chemische Elemente
- mehr Atome in chemischen Molekülen
- unterschiedliche Gesteinsplaneten
- sich selbst replizierende Moleküle
- Endosymbiosen, Symbiosen, Ökosysteme
- Mehrzelligkeit mit Arbeitsteilung
- Erfindung der Brutpflege für Nachwuchs
- Kooperation in Gruppen
- wenige Nervenzellen der ersten Quallen bis 86 Mrd. des Menschen mit 100 Billionen von Synapsen
- Riesiges Vokabular in Sprachen




Big-History-
Muster
(Pattern)

Wurfspeer



Nutzung von Werkzeugen in vielfältiger Weise

700 000 v. Chr.

600 000 v. Chr.

500 000 v. Chr.

400 000 v. Chr.

300 000 v. Chr.

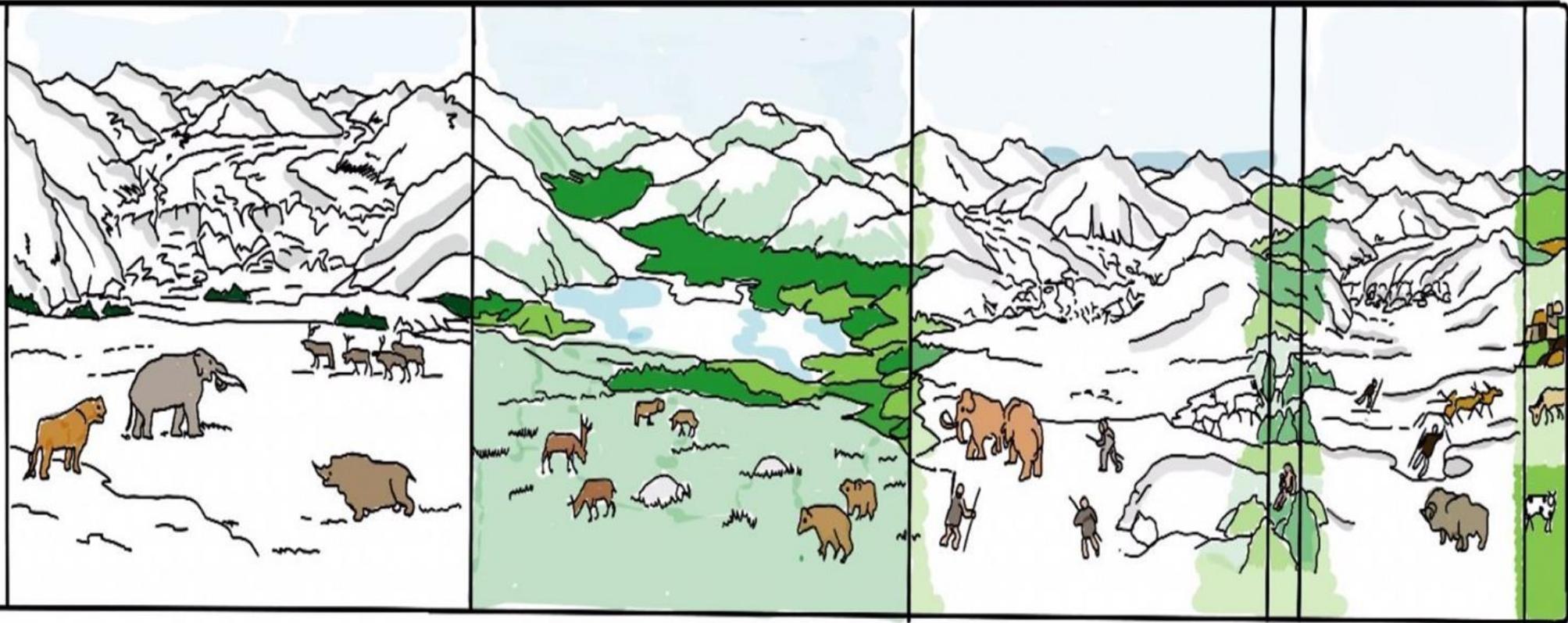
200 000 v. Chr.

100 000 v. Chr.

10 000 v. Chr.

Beginn

vor 2 400 000 Jahren



Kaltzeit

Warmzeit

Kaltzeit

Warmzeit

Kaltzeit

Warmzeit

Eiszeitalter durch Milankovic-Zyklen

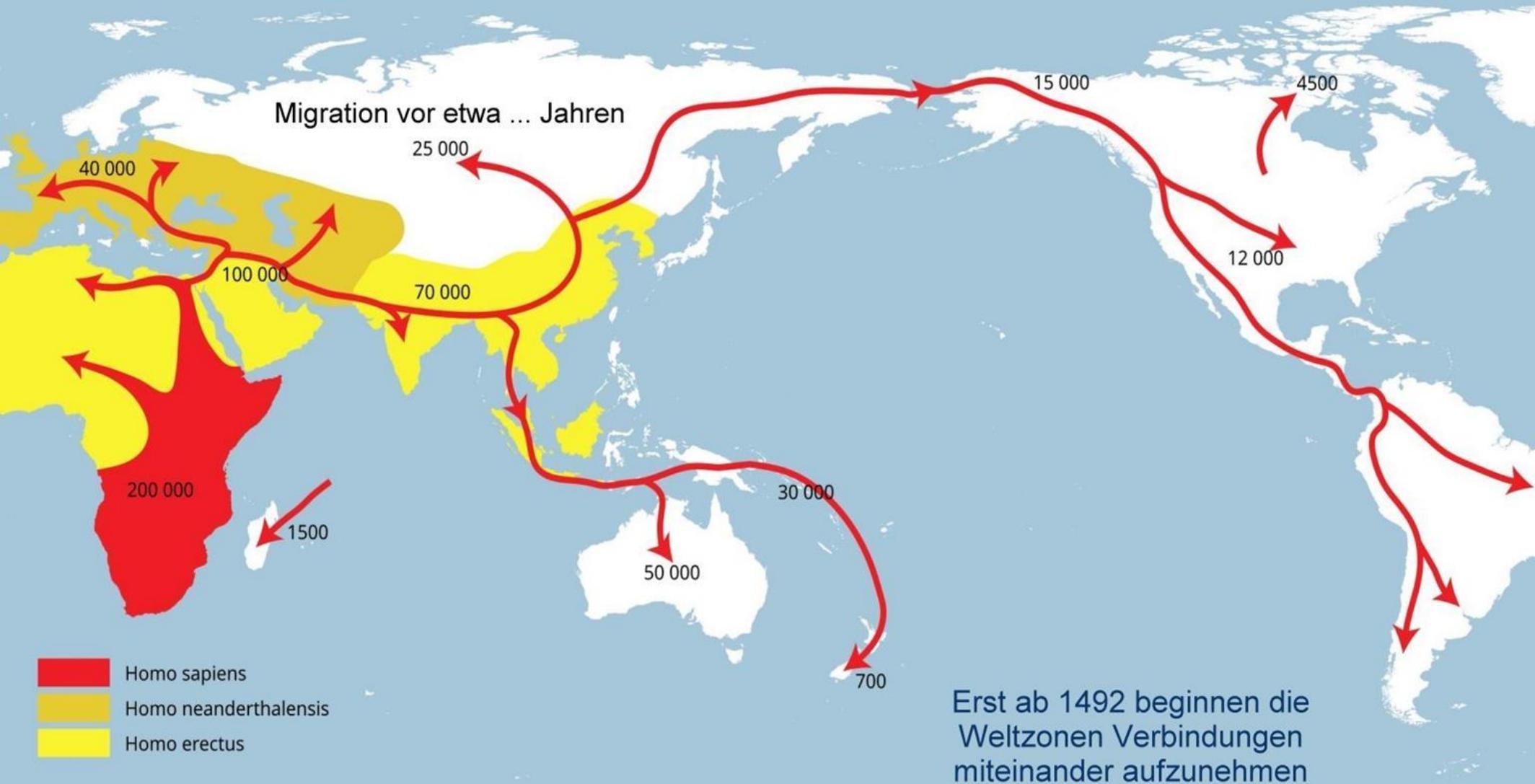
Was half Nomaden
in Afrika, schließlich
Südamerika zu erreichen?

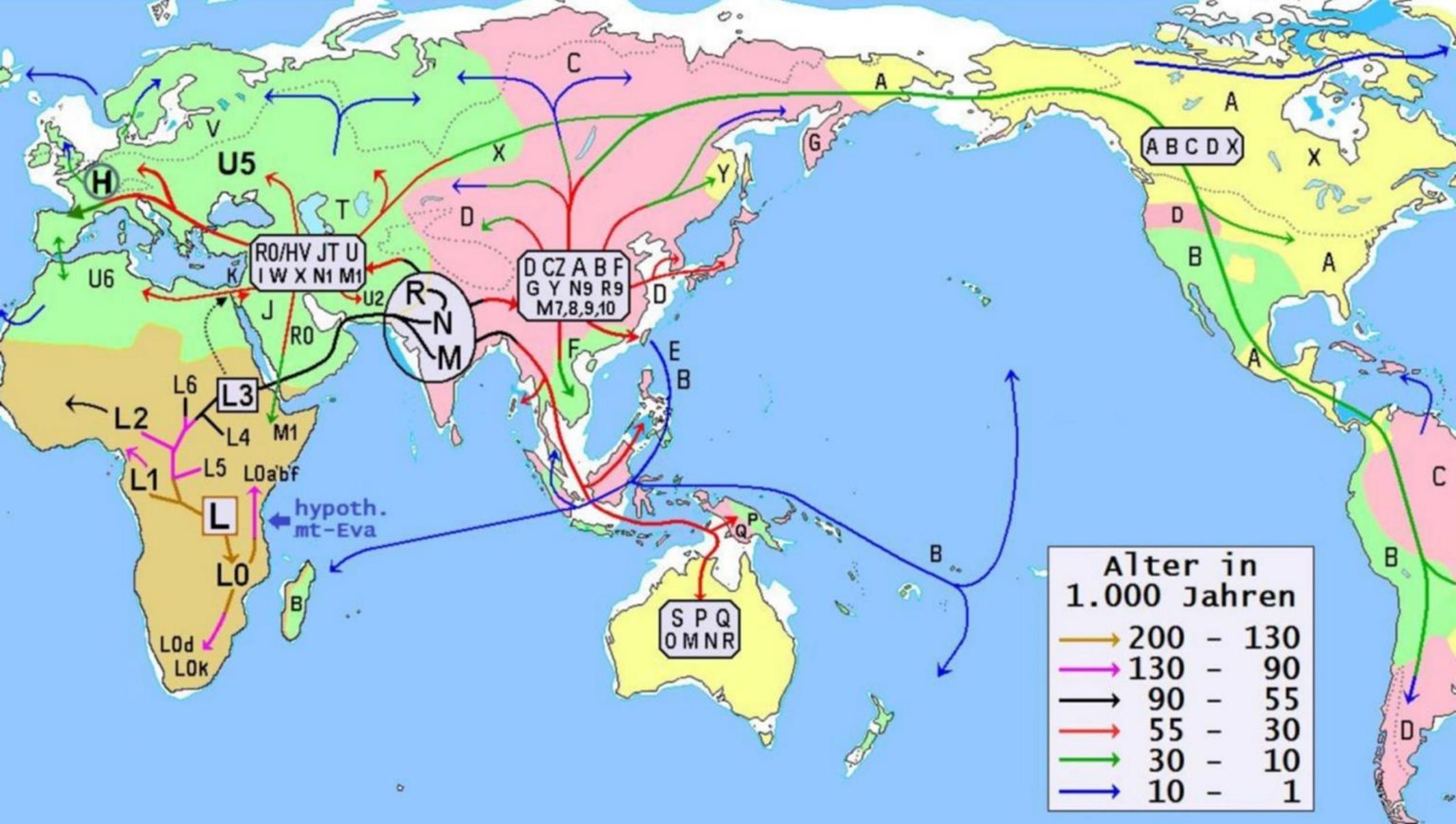
Frühe Entwicklung des Homo Sapiens



- **Jäger und Sammler in Afrika (Wildbeuter/Nomaden)**
- **Nutzung von Werkzeugen (Stein, Holz, Knochen, ...)**
- **Nutzung des Feuers (nach Blitzeinschlag)**
- **Erfindung des Kochens (mehr verdauliche Kalorien)**
- **Beherrschung des Feuers**
- **Entwicklung von Sprachen**
- **Jäger und Sammler außerhalb Afrikas**
- **Hochseetaugliche Boote (nach Australien)**
- **Zähmung des Wolfs, Hund als „Werkzeug“**
- **Überleben im Eis (von Sibirien nach Alaska)**

- Kooperation
mit wildfremden
Menschen
- ständiges
Ausloten
sozialer
Beziehungen





Eine 73.000 Jahre alte geometrische Gravur auf einem Ockerstück aus der Blombos-Höhle (Südafrika)

kognitive Revolution



Quelle:
WorldAtlas

Beginn des symbolischen Denkens beim Homo Sapiens

Älteste derzeit bekannte
Skulptur der Menschheit:

Elfenbeinfigur eines
Löwenmenschen aus
dem Hohlenstein-
Stadel auf der
Schwäbischen Alb



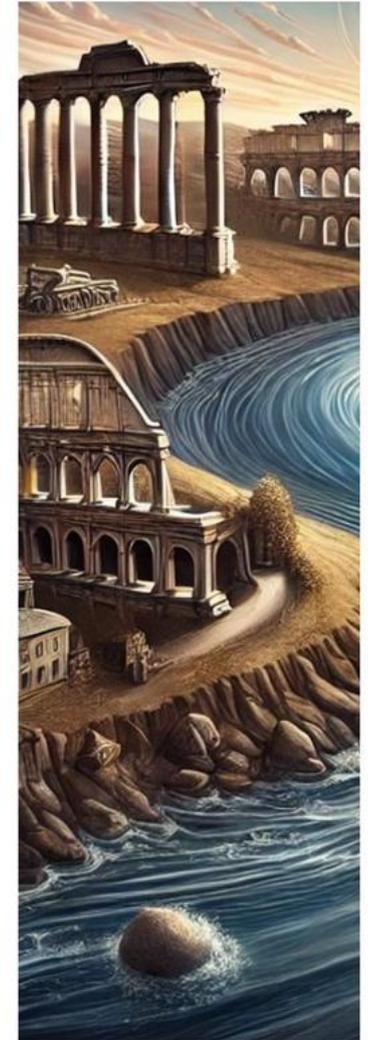
Quelle:
www.ulm.de

Alter etwa
32.000 Jahre





Kriterium	Universalgeschichte	Longue Durée
Definition	Die Universalgeschichte beschreibt die Geschichte der Menschheit in einem globalen Maßstab und versucht, große Entwicklungen und Verflechtungen aufzuzeigen.	Die Longue Durée untersucht über lange Zeiträume hinweg stabile Strukturen, die historischen Wandel überdauern und Gesellschaften langfristig prägen.
Zeithorizont	Oft mehrere Jahrtausende, teilweise die gesamte Menschheitsgeschichte.	Betrachtung von Entwicklungen über Jahrhunderte oder Jahrtausende, mit Fokus auf dauerhafte Strukturen.
Schwerpunkte	Politische, wirtschaftliche, soziale, kulturelle und technologische Entwicklungen mit einer Betonung auf globale Zusammenhänge.	Geographie, Wirtschaftsweisen, Institutionen und kollektive Mentalitäten als prägende Faktoren der Geschichte.
Ansatz	Oft narrativ und umfassend, mit einer Tendenz zu teleologischen (zielgerichteten) Erklärungen.	Strukturalistisch-analytisch, mit Fokus auf zyklische Entwicklungen und tief verwurzelte Muster.
Vertreter	William H. McNeill, David Christian, Jared Diamond.	Fernand Braudel und die Annales-Schule.



Was passierte
nach dem Aussterben
des Neanderthalers?

Die nächsten Meilensteine

- Aussterben des Neanderthalers
- Erfindung des Tauschhandels
- Erfindung des Geldes
- Entstehung der Sesshaftigkeit
- Erfindung der Landwirtschaft
- Siedlungen mit mehr als 150 Menschen
- Domestizierung weiterer Tiere
(Schaf, Ziege, Rind, Schwein, Huhn, Pferd ...)
- Frühe Nutzung von Metallen (Kupfer, Gold, Silber)
- Erfindung des Rads
- Erfindung der Schrift & Bronze (vor ca. 5200 Jahren)
- Gemeinsame Mythen intensivieren die Identität
- Nutzung des Eisens (vor ca. 3400 Jahren)



Konzept des
individuellen
Besitzes



Beginn der Sesshaftigkeit
von Jägern und Sammlern
vor etwa 14.000 Jahren

gemeinsame
Geschichten
stärken die
Identität

Natufien-
Menschen

kollektive
Vorstellungswelt

Mureybet

Abu Hurayra

Hayomin
Nahal Oren

Eynan

El Wad

Ein Gev

Wadi Uwainid

Rosh Zin

Beidha

Göbekli Tepe (vor ca. 11.600 Jahren erbaut)



Rituelles
Zentrum ?

Mögliche Gründe warum die Landwirtschaft vor etwa 10.000 Jahren unabhängig in verschiedenen Regionen der Welt entwickelt wurde

- klimatische
- soziale
- coevolutionäre
- kulturelle

und/oder aufgrund von starkem Bevölkerungswachstum



Mögliche Gründe warum die Landwirtschaft vor etwa 10.000 Jahren unabhängig in verschiedenen Regionen der Welt entwickelt wurde

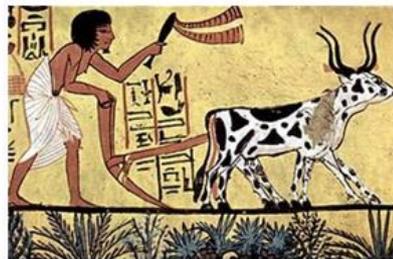
Die Klima-Hypothese: Das Ende der letzten Eiszeit schuf die Bedingungen, die die Domestikation von Pflanzen und Tieren begünstigten.

Die Bevölkerungshypothese: Wachsende Bevölkerungszahlen erzeugt Druck auf Ressourcen zur Entwicklung landwirtschaftlicher Praktiken, um eine stabilere Nahrungsversorgung zu gewährleisten.

Die soziale Hypothese: Soziale und kulturelle Faktoren, wie der Wunsch nach mehr Kontrolle über Nahrungsressourcen und die Schaffung von sozialen Hierarchien führt zur Landwirtschaft.

Die kulturelle Hypothese: Kulturelle Praktiken mit der Weitergabe von Wissen über Pflanzen und Tiere sind entscheidend für die Entwicklung der Landwirtschaft.

Die Coevolution-Hypothese: Menschen und Pflanzen haben in einem wechselseitigen Prozess zusammengearbeitet, was die Domestikation von Pflanzen nach sich zog.





Caucasus

Anatolia

Aşıklı Höyük

Hallan Cemi

Hacilar

Catalhöyük

Nevalı Cori

Tigris

Shanidar

Çayönü

Jerf el Ahmar

Göbekli Tepe

Tell Mureybit

Abu Hureyra

Jarmo

Zeribar

Parekklishia-Shillourokambos

Cyprus

Euphrates

Mesopotamia

Ganj Dareh

Ali Kosh

Tell Aswad

Huleh

Enyan

Jericho

Ain Ghazal

Mehr Kalorien pro Fläche

doch vielseitige Nahrung gesünder

"Fruchtbarer Halbmond" vor etwa 9500 Jahren mit der Erfindung der Landwirtschaft

Erste künstliche Bewässerung vor rund 5000 Jahren

Egypt

Erfindung der Brandrodung zur Landgewinnung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit



Zunahme der Infektionskrankheiten durch immer größere Siedlungen

Beispiele früher Hochkulturen

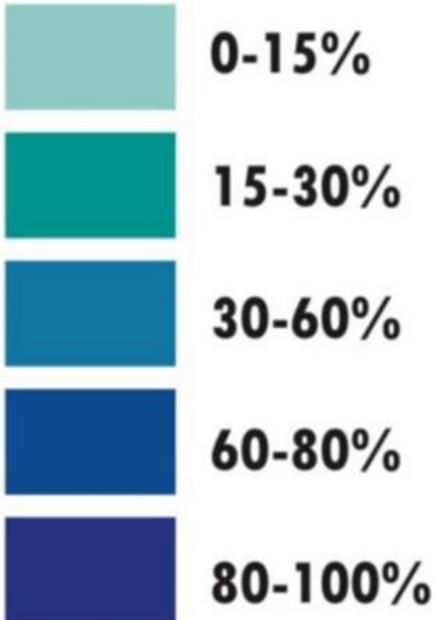


Zeitachse



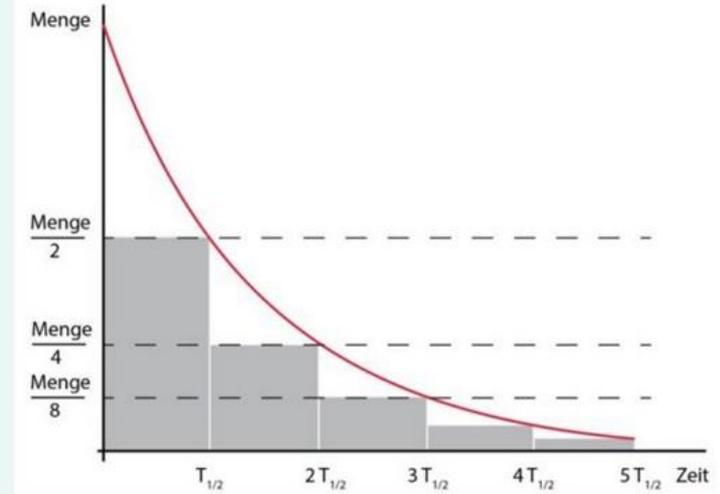
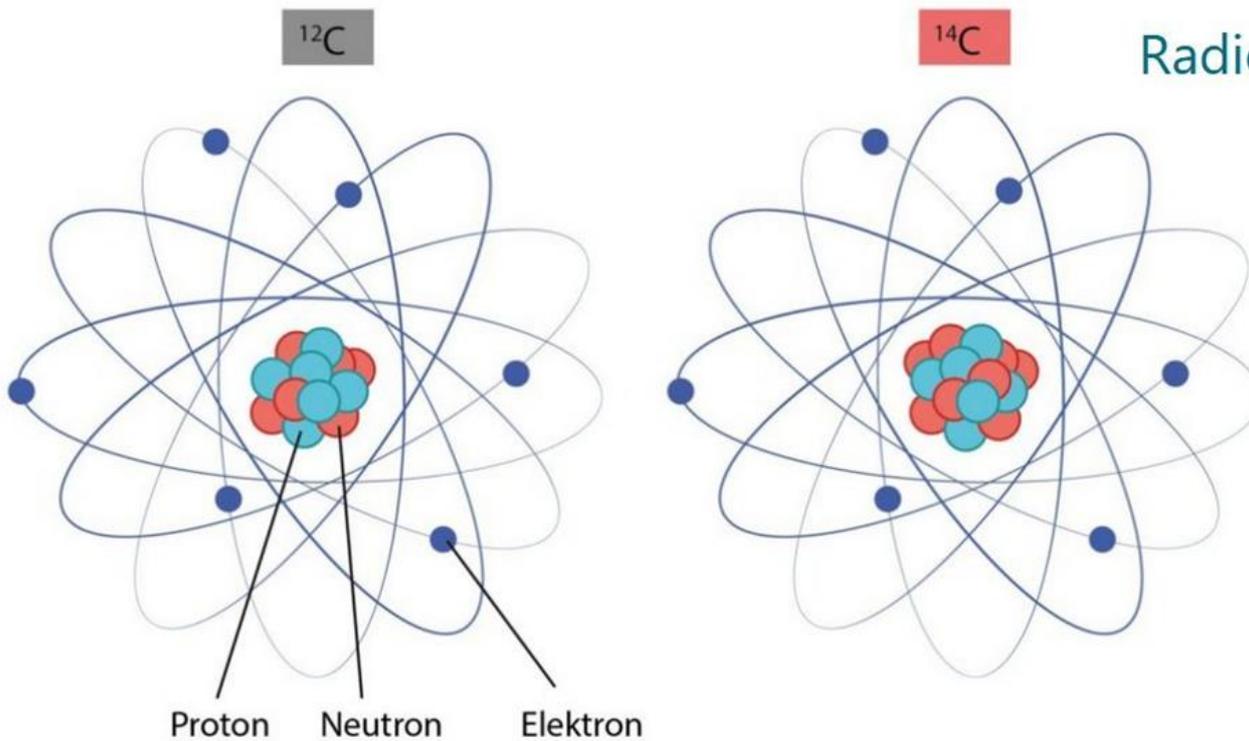


Milch von Säugetieren für jungen Nachwuchs gedacht



Heutige weltweite Häufigkeit der natürlichen Laktoseintoleranz
(erstes vorteilhaftes Auftreten der Genmutation vor etwa 7500 Jahren)

Radiometrische Altersbestimmungen

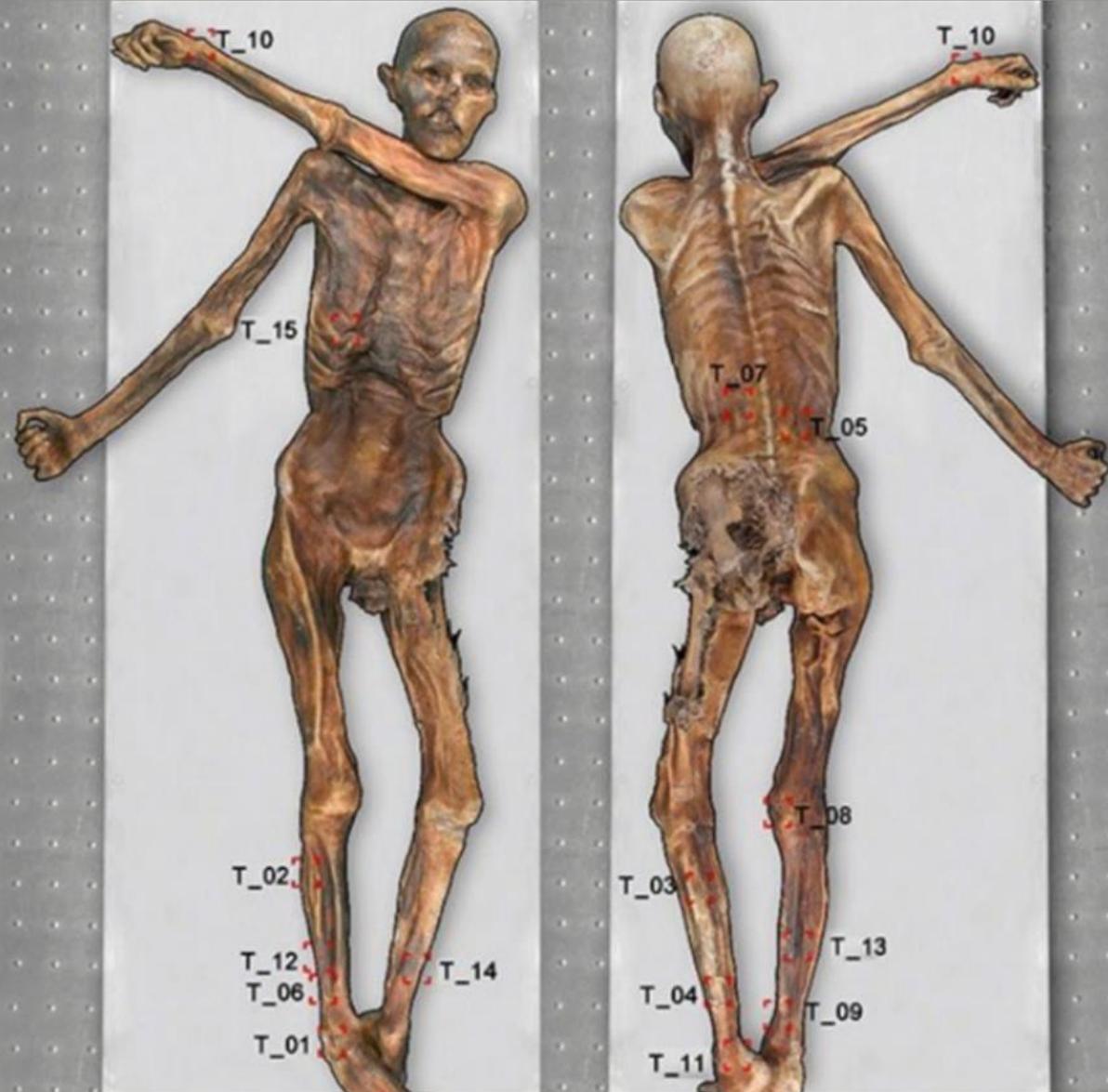


Quelle:

<https://evolutionsweg.de/methoden-zur-altersbestimmung/>

Zwei Isotope des Kohlenstoffs: Der Kern von ^{12}C wird von 6 Protonen und 6 Neutronen gebildet. ^{14}C besitzt ebenfalls 6 Protonen, aber 2 Neutronen mehr, also insgesamt 8 Neutronen. ^{12}C ist stabil, während ^{14}C leicht zerfällt.

Die Zeit, in der sich eine bestimmte Anfangsmenge eines Isotops zur Hälfte umwandelt, nennt man **Halbwertszeit**. Die Halbwertszeit von ^{14}C beträgt beispielsweise 5730 Jahre. Die Halbwertszeiten sind für alle(!) natürlichen radioaktiven Isotope bekannt. Das Besondere am radioaktiven Zerfall ist, dass er völlig unabhängig von Masse, Temperatur, Druck oder anderen Einflussgrößen und für jede ausreichend große Menge eines radioaktiven Isotops immer mit konstanter Geschwindigkeit abläuft.



Ötzi, auch Mann vom Tisenjoch, Mann vom Hauslabjoch, der Mann aus dem Eis, Mumie vom Similaun u. ä. genannt, ist eine Gletschermumie aus der späten Jungsteinzeit bzw. Kupfersteinzeit, die 1991 im Südtiroler Anteil der Ötztaler Alpen gefunden wurde. Mithilfe der Radiokohlenstoffdatierung wurde der Todeszeitpunkt des Mannes auf 3258 ± 89 v. Chr. bestimmt.

Quelle:
<https://de.wikipedia.org/wiki/Ötzi>



Die Tonabrollung eines Rollsiegels mit Handlungselementen des Etana-Mythos (vor ca. 4400 Jahren)

Was charakterisiert

Mythen?

Ein Mythos ist in seiner ursprünglichen Bedeutung eine Erzählung. Anders als verwandte Erzählformen wie Sage, Legende, Fabel oder Märchen gilt für Johannes Engels ein Mythos als eine Erzählung, die Identität, übergreifende Erklärungen, Lebenssinn und religiöse Orientierung als eine weitgehend zusammenhängende Art der Welterfahrung vermittelt.



Beispiele: Gilgamesch-Epos, Sintflut-Mythos, Osiris-Mythos, Paradies-Mythos

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Mythos>

Erinnerung: Schöpfungsmythen sollten als vorwissenschaftliche Welterklärungsversuche verstanden werden

Die Entwicklung des Buchs

- Zunächst Tontafeln, Papyrus und Pergament
- Gilgamesch-Epos auf 12 Tontafeln in Keilschrift (vor ca. 4100 Jahren)
- Jüdische Tora mit den 5 Büchern Mose führt den Monotheismus ein (vor ca. 3200 Jahren)
- Ältestes wissenschaftliches Buch ohne Mythen von Anaximander (vor ca. 2550 Jahren)
- Erste buddhistische Schrift in China auf Papier gedruckt (im Jahr 868)
- Gutenberg-Bibel in Mainz effizienter auf Papier gedruckt (im Jahr 1454)
- Erstes E-Book von Michael Hart (im Jahr 1971)

Intensivierung
des kollektiven
Lernens





Entstehung von
Großreichen, u. a.

- Ägyptisch
- Persisch
- Alexandrisch
- Römisch
- Byzantinisch
- Mongolisch
- Osmanisch
- Britisch

Im Jahr 2024 gab es
193 anerkannte Nationalstaaten
der Vereinten Nationen

Dadurch
weniger Stämme,
Völker und diverse Kulturen

Known from telescopes looking back in time, physical models

Rückblick

Known from geologic record, fossils, genetic drift



The Big Bang, Stars First Appear

Thin Disk of the Milky Way

11 Monate
30 Tage
23 Stunden
60 Minuten



The Solar System, Life

Oxygen from Photosynthesis

Eukaryotic Cells

Multicellular Life

The Month of December...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15 Trace Fossils Only	16		17 Bones and Shells		18 Vertebrates		19 Land Plants		20 Fish with Jaws		21 Insects		
22 Amphibians	23 Reptiles		24 Pangaea Forms		25 Dinosaurs		26 Mammals		27 Birds		28 Flowers		
29 Tyrannosaurids	30 Dinosaurs Extinct, Mammals Take Over on Land and in Sea		31 The Final Day...										
													
			Dawn: Apes and Monkeys Split	8 PM: Humans and Chimpanzees Split	9:25: Humans First Walk Upright	10:30: Human Brain Size Begins Tripling	11:52: Modern Humans Evolve	11:56 to 11:59: Human Migration					

The Final Minute...

A human life only lasts for the blink of an eye on the Cosmic Calendar: $100 \text{ years} * 365 * 24 * 60 * 60 / 13,800,000,000 = 0.23 \text{ Cosmic Seconds}$

Known from artifacts, radiocarbon dating, DNA extraction from remains

Written records



End of Last Ice Age, Sea Level 400 Feet Lower Than Now

Quelle: SlideShare



Agriculture Leads to Permanent Settlements

Columbus Arrives in America (1.2 Seconds Ago)

Christ Born | Mohammed Born

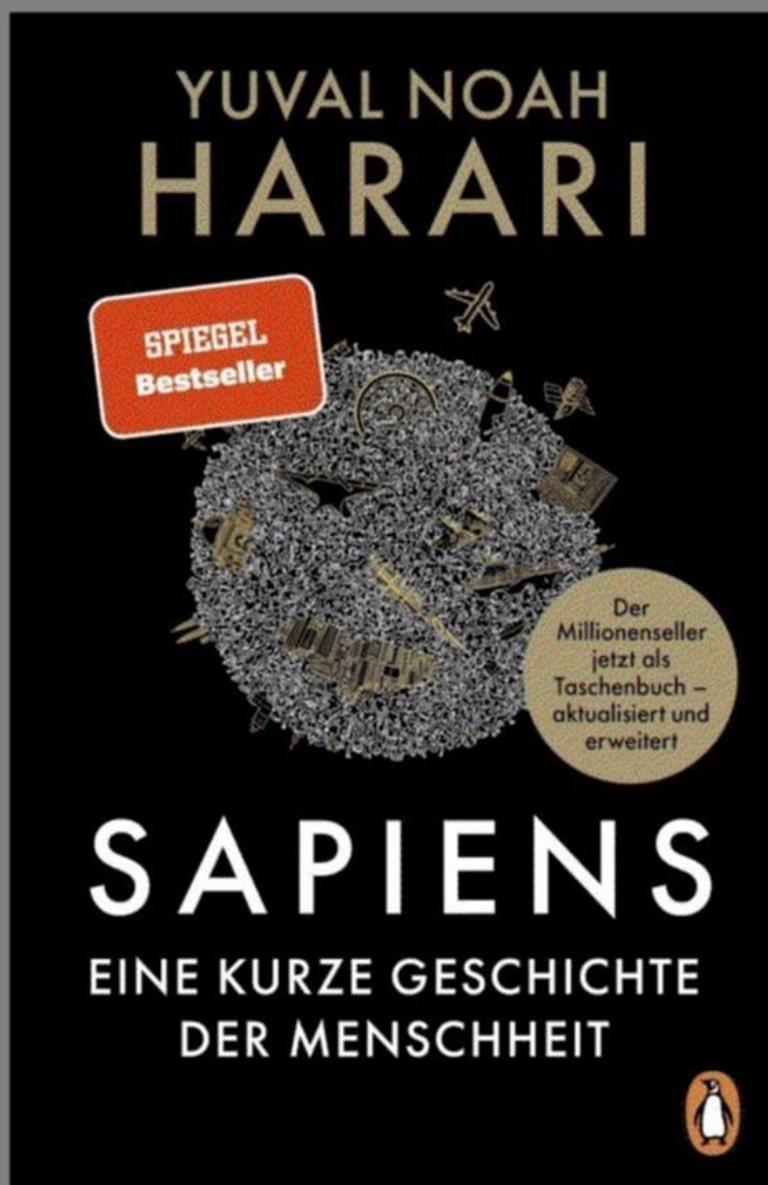
Old Testament, Buddha

Dynastic China Begins

Neuland betreten:

- Eurasien
- Australien (2x)
- Amerika (3x)
- Nordpol, Südpol
- Mount Everest
- Marianengraben
- Erdumlaufbahn
- Mond

Angeborene Neugier
auf Unbekanntes



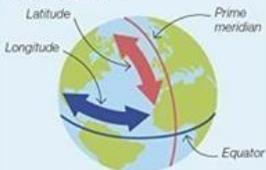
Kartenmacher Martin Waldseemüller (1507) nennt neuen Kontinent Amerika nach Amerigo Vespucci



Die Entdeckung unseres Planeten

Latitude and longitude

You can specify any place on Earth using two measures: latitude and longitude. Based on Earth's spherical shape, these measures are expressed in degrees. Latitude tells you how far north or south of the equator you are. Longitude tells you how far east or west you are from a line running through London, UK (the prime meridian).



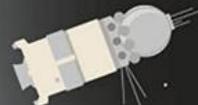
TENZING NORGAY



EDMUND HILLARY

Climbing Everest

Nepalese climber Tenzing Norgay and New Zealander Edmund Hillary become the first people to reach the 8,849 m (29,032 ft) summit of Mount Everest, the world's highest mountain.



Space pioneer

Russian cosmonaut Yuri Gagarin becomes the first person to visit space and orbit Earth. Two years later, Valentina Tereshkova becomes the first woman to visit space.



Walking on the Moon

US astronauts Neil Armstrong and Eugene "Buzz" Aldrin become the first people to land and walk on the Moon. Over the following six years of NASA's Apollo programme, another 10 astronauts visit.



c.70,000 BCE

Out of Africa

Traveling on foot, modern humans (*Homo sapiens*) migrate out of Africa into Asia. They reach Australia by boat from Southeast Asia about 50,000–65,000 years ago, and spread from Asia into Europe at least 40,000 years ago.



3000 BCE

Pacific islands

Using canoes carved from tree trunks and navigating by the stars, Polynesian people, who originate from Asia, explore and settle islands throughout the Pacific. They reach Hawaii by 400 CE and New Zealand by 1300 CE.



c.1200–900 BCE

Mediterranean explorers

The people of Phoenicia (now Lebanon) explore the Mediterranean by ship, travelling close to the coast so as not to get lost. By 400 BCE they reach West Africa, Portugal, and possibly Britain.

Vikings reach America

Leif Erikson crosses the Atlantic Ocean from Scandinavia and founds colonies in Greenland and Canada. Viking woman Gudrid Thorbjarnardottir also sails to Canada and has a son, the first European to be born there.



GUDRID THORBJARNARDOTTIR



c. 1000 CE



Marco Polo

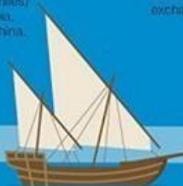
Venetian explorer Marco Polo travels from Italy to China and back on the Silk Road – a network of trading routes spanning Asia. The travels of Marco Polo help bring knowledge of Asian cultures and geography to Europe.

1271–1295

Ibn Battuta

Arab traveller Ibn Battuta leaves Morocco in Africa at the age of 21 to explore the Muslim world and beyond. He travels a total of 120,000 km (75,000 miles) across Africa, Arabia, southern Asia, and China.

1325–1350



Zheng He

With a fleet of more than 300 ships, Chinese explorer Zheng He crosses the Indian Ocean to India, Arabia, and Africa. He returns with ivory and animals such as zebras, bought in exchange for gold, silver, and silk.

1405–1433



Christopher Columbus

1492



Passage to India

Portuguese sailor Vasco da Gama sails around Africa and in 1498 becomes the first European to reach India. The discovery of a sea route to India allows Western powers to exploit Asian and African nations.

1497–1499

Estebanico

Born in Morocco, Estebanico is enslaved and sold to a Spanish nobleman, who takes him on a Spanish expedition to Florida and Mexico. He is the first known African to visit America and one of the expedition's few survivors.

1527



Captain Cook

British explorer James Cook embarks on the first of three expeditions to the Pacific, Australia, and around the world. He charts the coast of New Zealand and eastern Australia and makes the first European contact with peoples of the region.

1768



Sacagawea

The first scientific expedition across the American West to the Pacific coast, led by Meriwether Lewis and William Clark, hires Native American woman Sacagawea. As a guide, she proves vital to the expedition.

1803



1845

Northwest Passage

British explorer Sir John Franklin makes his final attempt to find a sea passage from the Atlantic to the Pacific Ocean via the treacherous Canadian Arctic. His two ships and 129-man crew disappear.



1930

Exploring the deep

US explorer William Beebe and diver Otis Barton begin a series of deep sea dives off the coast of Bermuda in a bathysphere – a spherical steel submersible. In 1934 they reach a depth of 923 m (3,028 ft).



1911

South Pole

Norwegian explorer Roald Amundsen becomes the first person to reach the South Pole, five weeks ahead of a British expedition led by Robert Falcon Scott, who dies in the attempt.

1953

1961

1969

Scale of nature

Greek philosopher Aristotle studies hundreds of animal species and classifies them. He notices they form a natural order in his classification – a “scale of nature”. But he doesn’t realize this pattern is a family tree caused by evolution.

Aristotle classified egg-laying animals, such as birds, lower on the scale of nature than mammals.



4th century BCE

Changing species

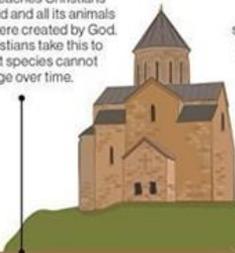
Unlike Greek philosophers, who think species can’t change, Chinese philosopher Zhuang Zhou says they can. He teaches that caterpillars can turn into butterflies, plants can turn into leopards, and horses can turn into humans.



4th century BCE

Bible stories

Christianity spreads across the Western world. The bible teaches Christians that the world and all its animals and plants were created by God. Many Christians take this to mean that species cannot change over time.



5th century CE

World of monkeys

Like Aristotle, Arab historian Ibn Khaldun notices a natural order among animal species, from “lower” animals like snails and shellfish to “higher”, intelligent ones like monkeys. The higher stage of humans, he says, is reached from the world of monkeys.



1377

Classifying nature

Swedish botanist Carolus Linnaeus classifies thousands of different plant and animal species and finds they naturally form a family tree with groups that are clearly related. But Linnaeus is a strict Christian and cannot accept an idea other biologists have begun to discuss: that species can change over time.



1735

How natural selection works

Darwin noticed that animals and plants have more offspring than survive to adulthood. This is due to a “struggle for existence” – a competition to survive that is won only by individuals best suited to their way of life. The winners pass on their qualities to the next generation. Darwin called this natural selection. Repeated over generations, it causes species to change as they adapt to their environment.



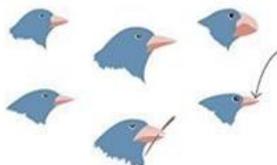
1 The locusts living in a habitat are varied. To survive, the locusts must avoid getting eaten by predators.



2 A change in climate makes the habitat drier. Green locusts are now easier to see and get eaten by birds. Brown locusts are camouflaged and survive.



3 Over time, brown locusts win the struggle to survive. The species has adapted to the changing environment by natural selection.



The finch species Darwin saw have different beak shapes suited to different diets.

Darwin’s observations

Darwin notices that species change, little by little, as he travels from place to place. For instance, in the Galápagos (a cluster of islands in the Pacific) he collects about a dozen similar finch species. Back in England, he discovers that each has a different beak and wonders if they all evolved from a single ancestor that got stranded on the islands.



1835

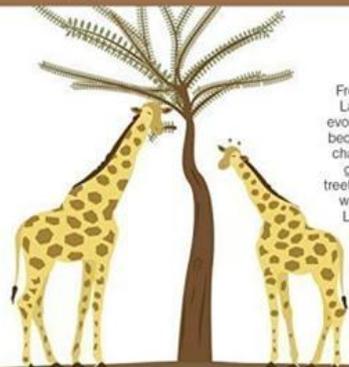
Voyage of the Beagle

Aged 22, English naturalist Charles Darwin sets sail on a round-the-world voyage on HMS Beagle. Darwin is the ship’s naturalist and spends his trip observing animal and plant life in many tropical countries. He keeps detailed notes and collects samples to bring home.

1831–1836

Lamarck’s theory

French naturalist Jean-Baptiste Lamarck publishes a theory of evolution. He says species change because offspring inherit “acquired characteristics”. For instance, if a giraffe stretches to reach the treetops and gets taller, its offspring will be taller too. We now know Lamarck’s theory was wrong.



1809

Darwin’s theory

Darwin forms a theory that species change by a process he calls natural selection. Afraid his theory will upset Christians, he doesn’t publish it until another biologist, Alfred Russel Wallace, writes to Darwin with the same idea. They decide to publish a paper together. The following year, Darwin publishes a book about the theory and becomes famous.

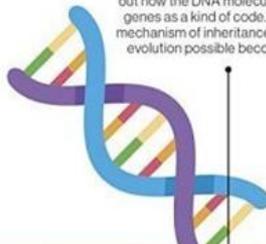


Darwin’s research was incredibly thorough, but there was one thing he couldn’t work out: how are characteristics inherited by offspring from their parents?

1858

The genetic code

Long after Darwin died, scientists work out how the DNA molecule can carry genes as a kind of code. Finally, the mechanism of inheritance that makes evolution possible becomes clear.



Second half of 20th century

Evolution revolution

Why are there so many different kinds (species) of animal and plant, and why do some, like lions and tigers, appear to be related? Questions like these intrigued naturalists for centuries. Many wondered whether species can slowly change, or evolve, over time, giving rise to new species in a kind of family tree. How this might happen was a mystery until two British naturalists – Charles Darwin and Alfred Russel Wallace – solved the puzzle at the same time.

Vergleich: Transnationale Geschichte – Weltgeschichte – Globalgeschichte

Kriterium	Transnationale Geschichte	Weltgeschichte	Globalgeschichte
Definition	Untersucht historische Prozesse, die über nationale Grenzen hinausgehen, aber keine globale Perspektive einnehmen.	Beschreibt die Geschichte der Menschheit in ihrer Gesamtheit, oft epochenübergreifend.	Analysiert historische Prozesse im Kontext der zunehmenden globalen Vernetzung.
Fokus	Grenzüberschreitende Netzwerke, Migration, Ideenzirkulation, wirtschaftliche und kulturelle Verflechtungen.	Große Entwicklungen der Menschheit, Zivilisationen, Imperien, kulturelle Interaktionen.	Globale Interdependenzen, Handelsströme, Umweltgeschichte, ungleiche Entwicklungsdynamiken.
Zeithorizont	Meist moderne oder neuere Geschichte (19.–21. Jh.), kann aber auch frühere Epochen betreffen.	Meist langfristige Betrachtung über Jahrhunderte oder Jahrtausende.	Besonders seit der Frühen Neuzeit (15. Jh.), aber mit Blick auf langfristige Prozesse.
Methode & Perspektive	Vergleichend, interaktiv, netzwerkorientiert, betont Verbindungen zwischen Regionen.	Oft narrativ und umfassend, stellt große Zivilisationen und Epochen gegenüber.	Betrachtet Geschichte als ein zusammenhängendes System mit globalen Wechselwirkungen.
Beispiele	Migration von Ideen und Menschen (z. B. transatlantischer Sklavenhandel, internationale soziale Bewegungen).	Vergleich der europäischen, asiatischen und afrikanischen Hochkulturen.	Globalisierung, Klimawandel, Kapitalismus als weltweites Phänomen.



Quelle: ChatGPT

Informations- bzw. Wissensverdopplung bei der genetischen Evolution und kulturellen Evolution

Zeitraum von vor ... bis vor ... in Jahren	Verdopplung alle ... Jahre
3,5 Mrd. - 541 Mio.	100 Mio.
541 Mio. - 252 Mio.	75 Mio.
252 Mio. - 66 Mio.	25 Mio.
66 Mio. - 2 Mio.	5 Mio.
2 Mio. - 5000	500.000
5000 - 2000	2000
2000 - 1500	1000
1500 - 1000	300
1500 - 1025	100
80 - 25	25
25 - 5	alle 15 Monate

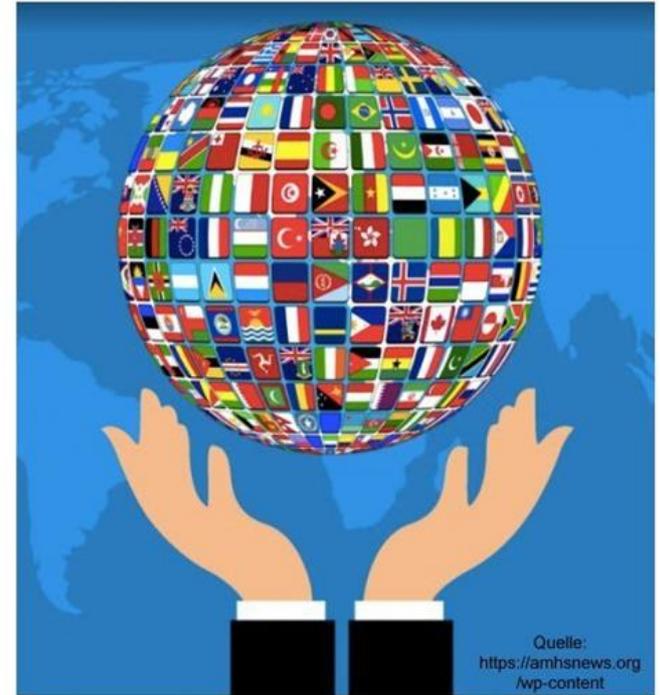
Big-History-Muster
(Pattern)



Wem oder
was fühlen sich Menschen
zugehörig?

Die Zugehörigkeitsentwicklung

- 1) Familie, Sippe
- 2) Wohnort, Region, Nation
- 3) Sprachgruppe
- 4) Religionszugehörigkeit
- 5) Werte-Zugehörigkeit
- 6) Weltbürgertum
- 7) Teil der Biosphäre der Erde
- 8) Teil des Kosmos



Die Entwicklung der Herrschaftsformen

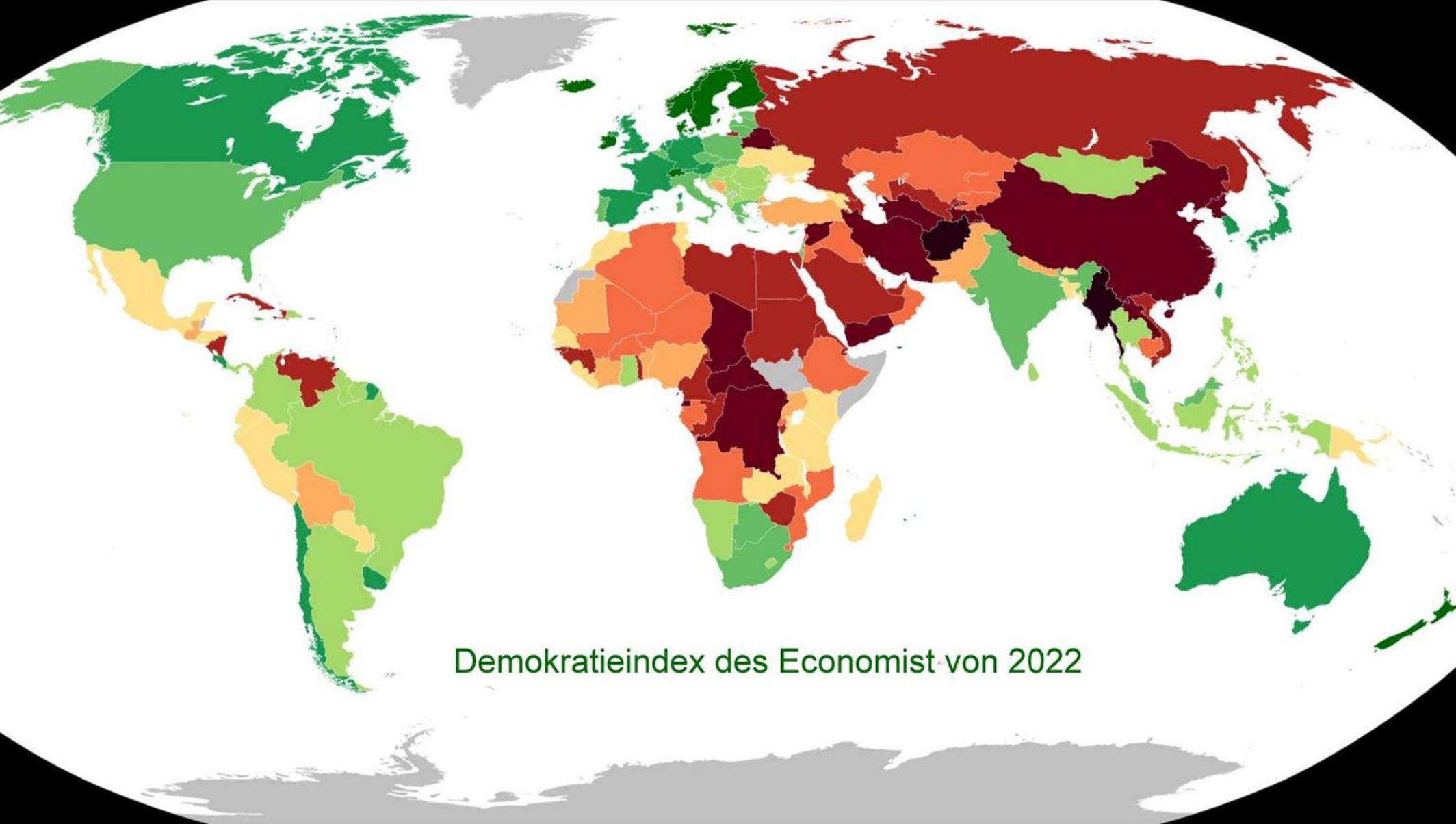


- Herrscher als göttliche Wesen oder direkte Abkömmlinge der Götter
- Herrscher durch göttliche heilige Schrift legitimiert
- Totalitäre Diktaturen ohne vererbte Aristokratie
- Autokratien ohne freie und faire Wahlen, ohne Pressefreiheit und ohne Gewaltenteilung
- Konstitutionelle Monarchien mit Volksvertretern
- Demokratien mit institutioneller Selbstkorrektur und Einhaltung der universellen Menschenrechte („jeder Mensch ist fehlbar, auch der Regierungschef“)

Meilensteine der Verfassungen + Gesetze



Name, Ort, Zeitpunkt	Inhalt
Kodex des Ur-Nammu (ca. 2100 v. Chr., Sumer)	Einführung der Verhältnismäßigkeit der Strafe
Kodex Hammurabi (ca. 1754 v. Chr., Babylonien)	Strafen und Rechte, Reduktion der Willkür
Solonische Reformen (594 v. Chr., Athen)	Abschaffung der Schuldknechtschaft und Neuordnung des Rechtswesens
Römisches Zwölftafelgesetz (449 v. Chr., Rom)	Grundlage für das spätere römische Recht, das viele moderne Rechtssysteme beeinflusste
Magna Carta (1215, England)	Begründung des Prinzips, dass der König an Gesetze gebunden ist (Vorläufer moderner Verfassungen)
US-Verfassung (1787, USA)	Die erste schriftliche Verfassung der Moderne mit Gewaltenteilung sowie Checks and Balances zur Verhinderung von Machtmissbrauch
Code Civil (1804, Frankreich)	Einheitliche Grundlage für das Zivilrecht
Allgemeine UN Erklärung der Menschenrechte 1948	Universeller Standard für Menschenrechte
Deutsches Grundgesetz 1949	Grundlage für den freiheitlich-demokratischen Rechtsstaat mit föderalem Prinzip und der Unantastbarkeit der Menschenwürde



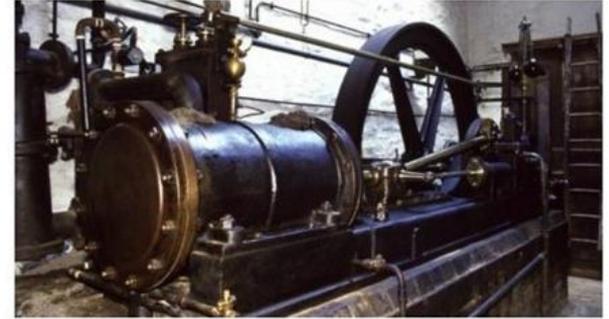
Demokratieindex des Economist von 2022

Wichtige Meilensteine
der letzten 6000 Jahre?

Signifikante Umwälzungen

Mangel
verursacht
Innovation

- Entwicklung des symbolischen Denkens
- Neolithische Revolution
- Metallurgische Revolution
- Kopernikanische Wende
- Wissenschaftliche Revolution
- Kredite & Zinsen verbreiten sich
- Industrielle Revolution & Aufstieg der Kaufleute
- Freiheit, Mitbestimmung, Menschenrechte
- Digitale Revolution
- Internet, PC, WWW, E-Commerce, Smartphone
- KI-Revolution (Künstliche Intelligenz)
- Biotechnologische Revolution
- Nanotechnologische Revolution ?




Big-History-
Schwellen
(Thresholds)

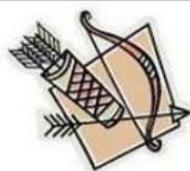
Wichtige Erfindungen



1,5 MILLION BC
FIRST TOOLS OF
CHIPPED
FLINTSTONE



10000 BC
POTTERY-
AGRICULTURE



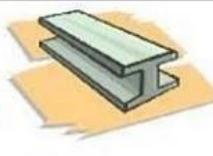
4000 BC
BIRTH OF METAL
WORK



3500 BC
WHEEL



2465 BC
GREAT PYRAMIDS AT
GIZA



1200 BC
IRON AGE



1000 BC
PHOENICIAN
SHIPS



105AD
PAPER



800 AD
GUNPOWDER



1190 AD
MAGNETIC COMPASS



1450 AD
PRINTING
PRESS



1608 AD
REFRACTING
TELESCOPE



1712 AD
STEAM ENGINE



1833 AD
ELECTROMAGNETIC
TELEGRAPH



1876-1878 AD
TELEPHONE-PHONOGRAPH
ELECTRIC BULB



1885 AD
AUTOMOBILE



1896 AD
WIRELESS
RADIO



1942 AD
NUCLEAR
FUSION



1944 AD
FIRST JET
POWERED
AIRCRAFT



1946 AD
COMPUTER



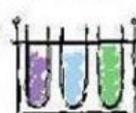
1957 AD
FIRST
ARTIFICIAL
SATELITE



1961 AD
FIRST MAN
IN SPACE



1971 AD
MICROPROCESSOR



1976 AD
FIRST TEST
TUBE BABY



Quelle: OpenLearn

INVENTORS and their INVENTIONS

LES INVENTEURS ET LEURS INVENTIONS • INVENTORES Y SUS INVENTOS • ERFINDEUR UND IHRE ERFINDEUNGEN

Quelle:
Premium
Puzzles



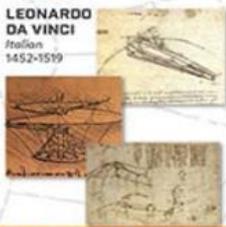
JOHANNES GUTENBERG
German
1398-1468



1450
PRINTING PRESS



LEONARDO DA VINCI
Italian
1452-1519



1452-1519
CONCEPTS FOR FLYING MACHINES



ZACHARIAS JANSEN
German
1580-1638



1590
COMPOUND MICROSCOPE



GALILEO GALILEI
Italian
1564-1642



1609
REFRACTING TELESCOPE



BLAISE PASCAL
French
1623-1662



1642
CALCULATOR



ISAAC NEWTON
English
1642-1727



1680
REFLECTING TELESCOPE



JOSEPH-MICHEL AND JACQUES-ÉTIENNE MONTGOLFIER
French
1743-1799



1783
HOT AIR BALLOON



BENJAMIN FRANKLIN
American
1706-1790



1784
BIFOCALS



ALESSANDRO VOLTA
Italian
1745-1827



1800
BATTERY

GEORGE STEPHENSON
English
1781-1848



1814
LOCOMOTIVE



RENÉE LAËNNEC
French
1788-1826



1816
STETHOSCOPE



BARON KARL VON DRAIS
German
1785-1857



1818
BICYCLE - VELOCIPEDE



JOSEPH NIEPCE
French
1765-1823



1818
PHOTOGRAPHY



LOUIS DAGUERRE
French
1787-1837



ELIAS HOWE
American
1819-1867



1846
SEWING MACHINE



HENRI GIFFARD
French
1825-1882

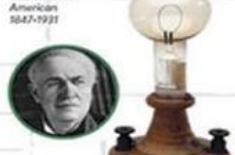
1852
DIRIGIBLE

ALEXANDER GRAHAM BELL
Scottish
1847-1922



1876
TELEPHONE

THOMAS EDISON
American
1847-1931



1879
INCANDESCENT LIGHT BULB

GOTTLIEB DAIMLER
German
1834-1900



1885
MOTORCYCLE

KARL BENZ
German
1844-1929



1886
AUTOMOBILE



WILHELM RÖNTGEN
German
1845-1923



1895
X-RAY

GUGLIELMO MARCONI
Italian
1874-1937



1895
THE RADIO TELEGRAPH

**AUGUSTE LUMIÈRE
LOUIS LUMIÈRE**
French
1864-1928



1895
CINEMATOGRAPH



**WILBUR WRIGHT
ORVILLE WRIGHT**
Americans
1867-1912
1871-1948



1903
THE 1ST POWERED AIRPLANE

**WHITCOMB JUDSON
GIDEON SUNDBACK**
American
1846-1909
Swedish-American
1880-1954



1913
ZIPPER

JOHN LOGIE BAIRD
Scottish
1888-1946



1926
TELEVISION

CHESTER CARLSON
American
1906-1968



1938
PHOTOCOPY MACHINE



IGOR SIKORSKY
Russian
1889-1972



1939
HELICOPTER



1945
MICROWAVE OVEN



PERCY LEBARON SPENCER
American
1894-1970



MARTIN COOPER
American
1928-



1972
MOBILE TELEPHONE



Versorgung der Menschen durch Bauern

Vor etwa ...	versorgte ein Bauer sich selbst und ...
5	75
50	25
100	15
150	10
300	6
500	5
1000	4
2000	3
4000	2
... Jahren	... weitere Menschen

Nutzung fossiler Brennstoffe
auch in der Landwirtschaft

**Mangel-Beispiele
die zu Innovation
geführt haben?**

Big-History-Mangel-Beispiele	Innovations-Beispiele
Nahrungsmangel der frühen Prokaryoten	Photosynthese (Sonne als neue direkte Energiequelle)
Ungünstige Mutationen durch horizontalen Gentransfer	Eukaryotische Zelle mit Zellkern
Platzmangel im Ozean mit Verknappung des Energieangebots	Verlassen des Ozeans
Dominanz der Dinosaurier	Erdhöhlen der frühen Säugetiere
Klimawandel in Afrika (durch Isthmus von Panama)	Vorfahren des Menschen verlassen die tropische Zone
Nahrungsmangel vor 70.000 Jahren	Homo sapiens verläßt Afrika
Bevölkerungswachstum nach Ende der letzten Eiszeit	Erfindung der Landwirtschaft
Unzuverlässige Ernten	Vorratsspeicher + Erfindung der Schrift
Mangel an Holz durch Abholzung	Nutzung der Kohle
Platzmangel in den Städten	Höhere Häuser und Kanalisation
Mangel an landw. Anbaufläche	Erfindung des Kunstdüngers
Überhitzung der Atmosphäre + Meere	Regenerative Energie + Energieeffizienz

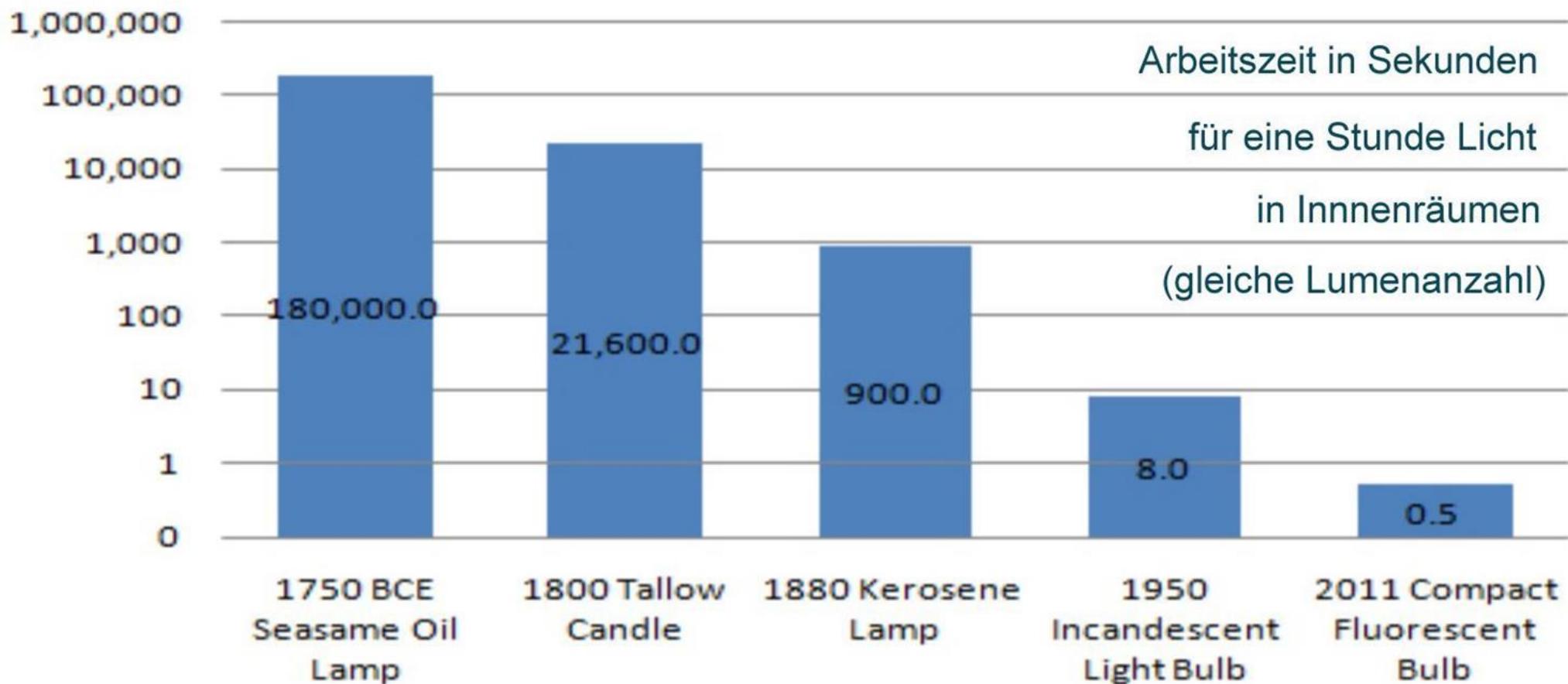
Big-History-Muster (Pattern) 

Meilensteine der Energienutzung

1. Holz (Jäger und Sammler)
2. Holz und getrocknete Pflanzen (Bauern)
3. Wasserkraft direkt
4. Windkraft ineffizient
5. Kohle "100 Mio. Jahre Sonnenlicht"
6. Wasserkraft mit Elektrizität
7. Erdöl und Erdgas
8. Windkraft effizient
9. Sonne (Solarthermie und Photovoltaik)



Seconds Worked at Average Wage for One Hour of Light



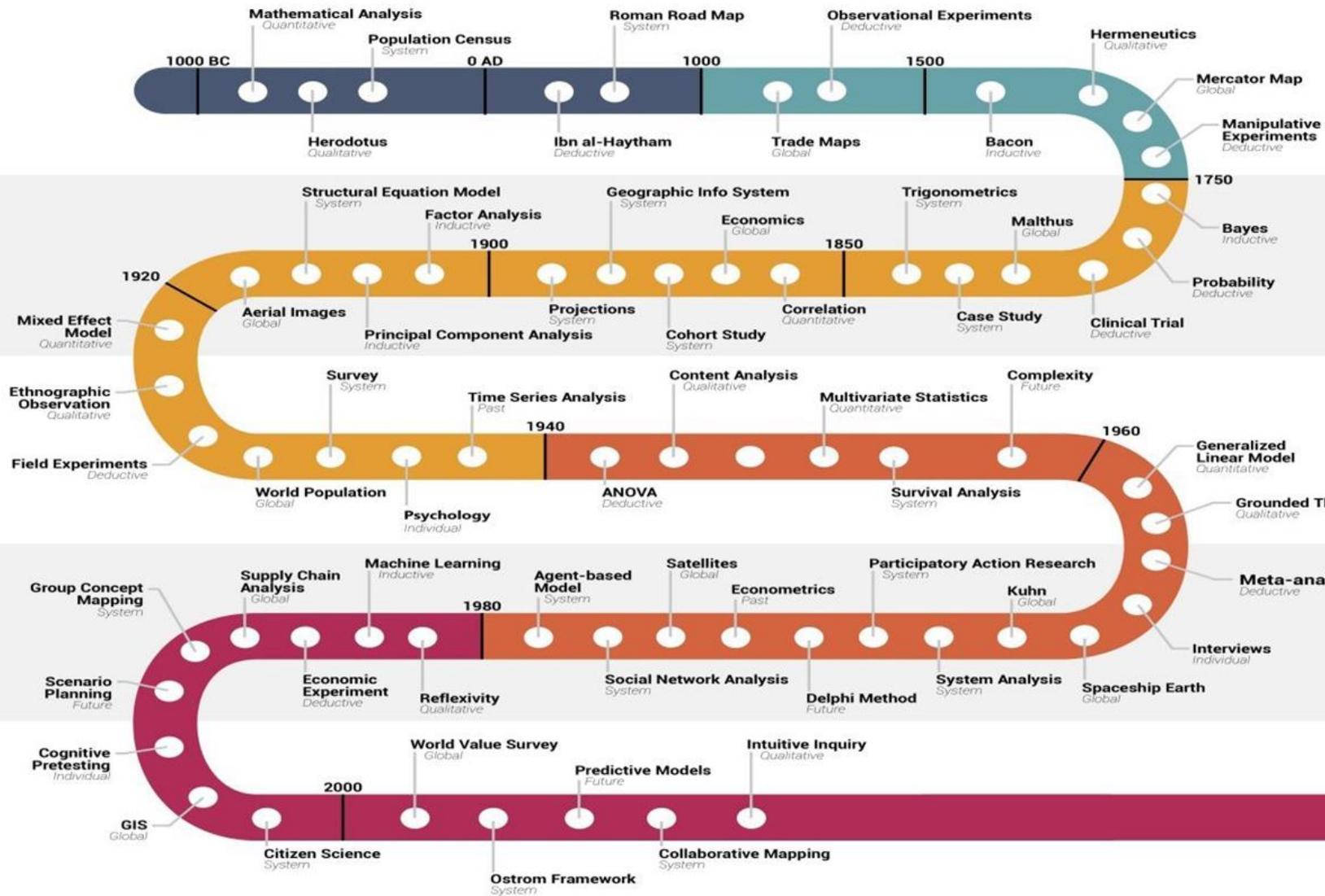
Source: Matt Ridley. *The Rational Optimist: How Prosperity Evolves*. New York: Harper, 2010. 21.

Michael W. Kruse

Entwicklung der Bildungseinrichtungen

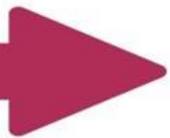
- 1) Mesopotamien: Ausbildung von Schreibern für administrative Aufgaben
- 2) Griechenland: Philosophische Schulen
- 3) Christliche Klosterschulen
- 4) Erste Universität Bologna im Jahr 1088
- 5) Martin Luther fordert allgemeine Schulbildung
- 6) Schulpflicht für Knaben in Württemberg (1559)
- 7) Schulpflicht auch für Mädchen in Schweden (1686)
- 8) Schulpflicht Europa/Nordamerika ab ca. 20 Jhdt.
- 9) Frauen dürfen in Zürich erstmals studieren (1867), in Deutschland erst ab dem Jahr 1908
- 10) Mit dem Internet Entstehung des Fernunterrichts an Universitäten und später auch an Schulen



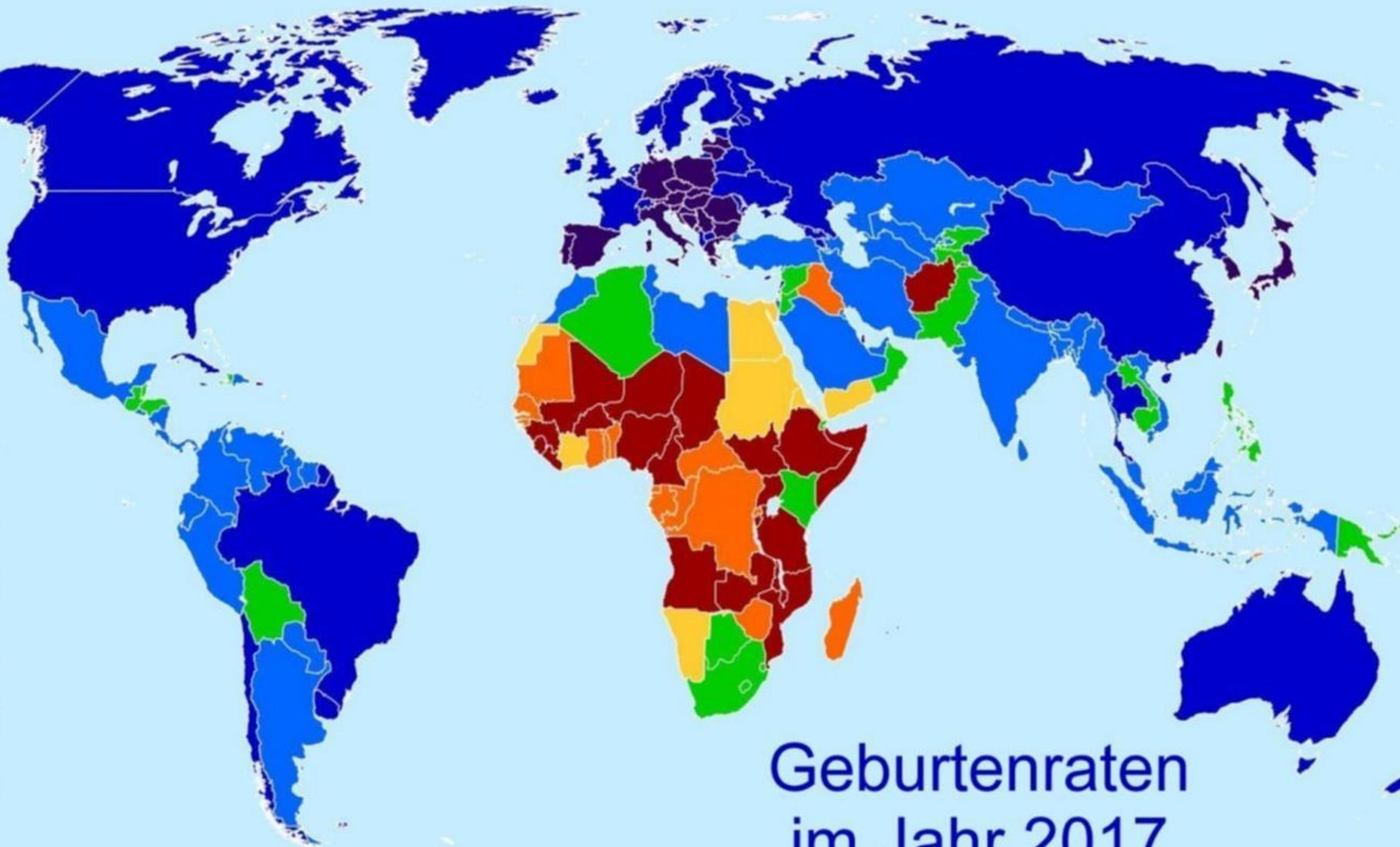
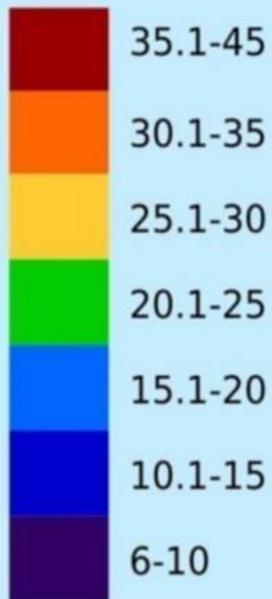


- Antiquity**
Observe and Understand
- Before Enlightenment**
Measure and Solve
- Enlightenment**
Pathway to Scientific Disciplines
- After the Wars**
The Rise of Agency
- Internet and Computers**
The New Science of Interconnectedness

Entwicklung der Untersuchungsmethoden

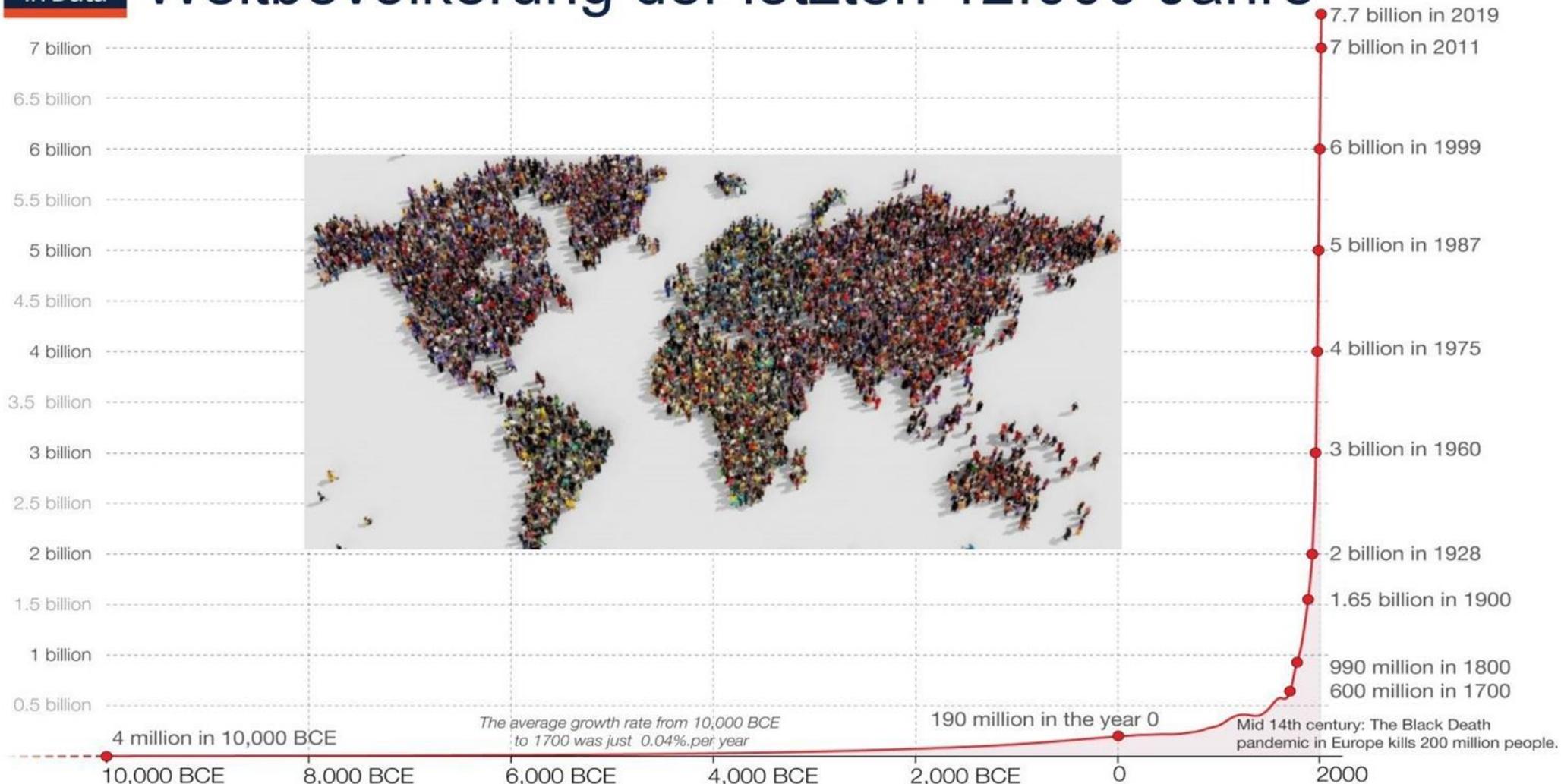


Geburten
pro 1000
Einwohner



Geburtenraten
im Jahr 2017

Weltbevölkerung der letzten 12.000 Jahre



Based on estimates by the *History Database of the Global Environment (HYDE)* and the United Nations. On OurWorldinData.org you can download the annual data.

This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

Entwicklung der Massenmedien

- 1) Brief, Dokument, Buch
- 2) Zeitung, Zeitschrift
- 3) Telegraph per Kabel
- 4) Funk
- 5) Telefon
- 6) Radio
- 7) Fernsehen
- 8) Email
- 9) Videos on Demand, soziale Medien



Big-History-Parallelen:

Dogmen

- **Naturvölker & Stammesgesellschaften**
- **Dogmatische heilige Schriften**
- **Dogmatische Institutionen & Sekten**
- **Absolute Monarchien & Feudalsysteme**
- **Ideologien & extremistische Gruppen**
- **Totalitäre & autokratische Systeme**
- **Pseudowissenschaftliche Gruppen**
- **Verschwörungsglauben**

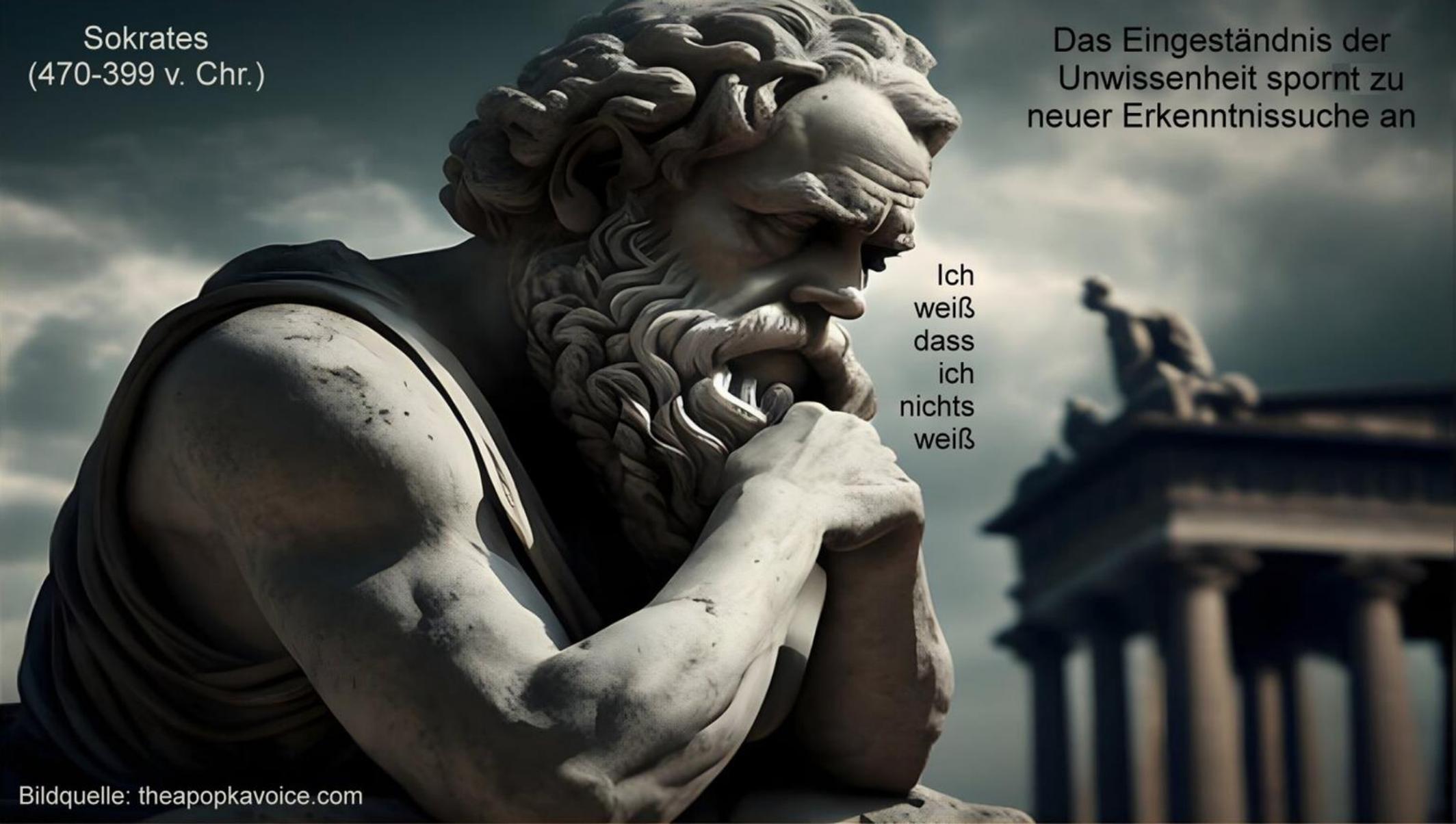


Verschwörungsglauben: Beispiel QAnon

Ist eine Abkürzung von Q Anonymous. Als Initiator gilt eine Person mit dem Pseudonym Q. Zentral ist die Behauptung, eine einflussreiche, weltweit agierende, satanistische Elite entführe Kinder, halte sie gefangen, foltere und ermorde sie, um aus ihrem Blut ein Verjüngungsserum zu gewinnen. Der Kinderhandel sei der Hauptzweck, zu dem die Verschwörer den Staat unterwanderten. Weitere Thesen sind: Der Bankier J. P. Morgan habe 1912 die Titanic versenken lassen, um Konkurrenten aus dem Bankengewerbe aus dem Weg zu räumen. Die ehemalige Bundeskanzlerin Angela Merkel sei mit Adolf Hitler verwandt. Die Corona-Pandemie sei erfunden worden, um Bill Gates einen Vorwand für Impfungen zu liefern bei der Mikrochips implantiert werden, die in der Folge sensible Daten übermitteln können.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/QAnon>



A marble statue of Socrates is shown in a contemplative pose, with his right hand resting on his chin. He has a thick, curly beard and hair. The background features a blurred classical temple structure under a cloudy sky.

Sokrates
(470-399 v. Chr.)

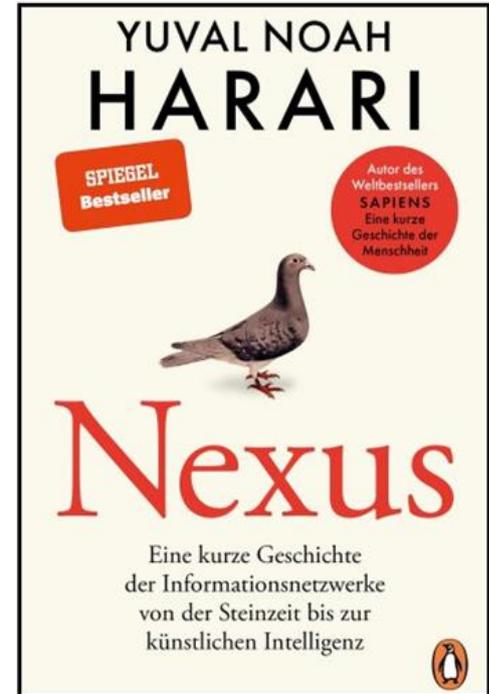
Das Eingeständnis der
Unwissenheit spornt zu
neuer Erkenntnissuche an

Ich
weiß
dass
ich
nichts
weiß

Big-History-Parallelen:

Institutionelle Selbstkorrektur

- Naturwissenschaft auf Basis der wissenschaftlichen Methode
- Moderne Medizin mit ICD
- Moderne Technikprodukte
- Pluralistische Demokratien
- Innovative Unternehmen



Wissenschaftliche Methode (2 Vorgehensweisen)

A1) Beobachte



A2) Erhebe empirisch

A3) Denke nach

A4) Formuliere

A5) Prognostiziere

A6) Widerlege

B1) Denke nach

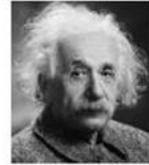
B2) Formuliere

B3) Prognostiziere

B4) Beobachte

B5) Erhebe empirisch

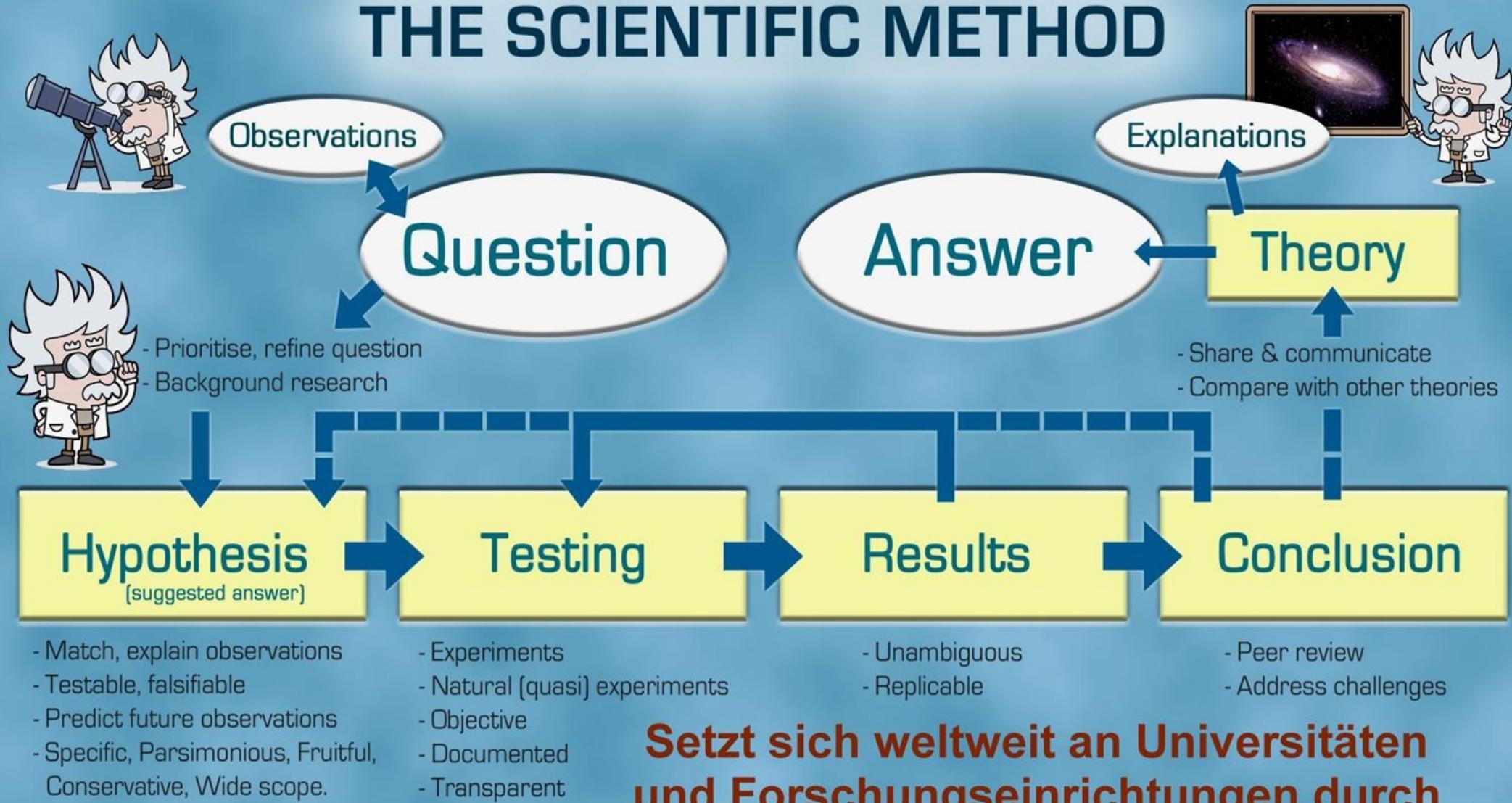
B6) Widerlege



Ergebnisse müssen reproduzierbar sein

Ich definiere ein **Regulationssystem** (engl. regime) in seiner allgemeinsten Bedeutung als „ein mehr oder weniger regelmäßiges, aber letztlich instabiles Muster mit einer gewissen zeitlichen Beständigkeit“, eine Definition, die auf menschliche Kulturen, menschliche und nicht-menschliche Physiologie, nicht-menschliche Natur sowie auf organische und anorganische Phänomene auf allen Komplexitätsebenen angewendet werden kann. Dieser Ansatz ermöglicht einen systematischen Blick auf die Interaktionen zwischen verschiedenen Regulationssystemen, welche gemeinsam eine entscheidende Triebfeder für Big-History-Entwicklungen darstellen (— Fred Spier, 2008).

THE SCIENTIFIC METHOD



Setzt sich weltweit an Universitäten und Forschungseinrichtungen durch



Universelle
Sprache der
Mathematik

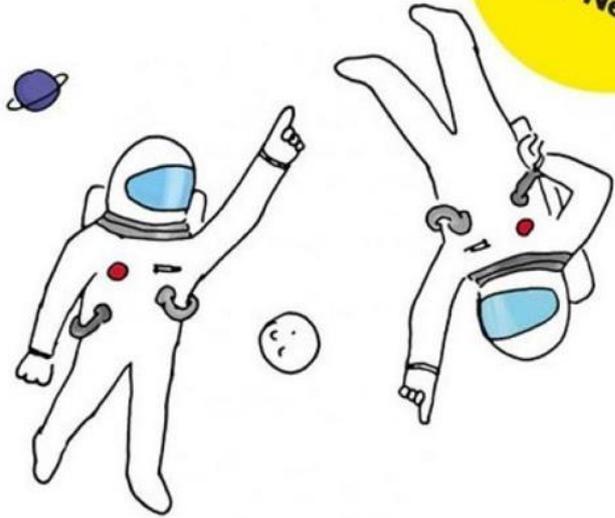
0 1 2 3 4 5

Setzt sich weltweit an Universitäten und Forschungseinrichtungen durch

Quelle:
hhu.de

Florian Aigner

100% frei
von Unsinn,
Aberglauben und
Fake News



DIE SCHWERKRAFT IST KEIN BAUCHGEFÜHL

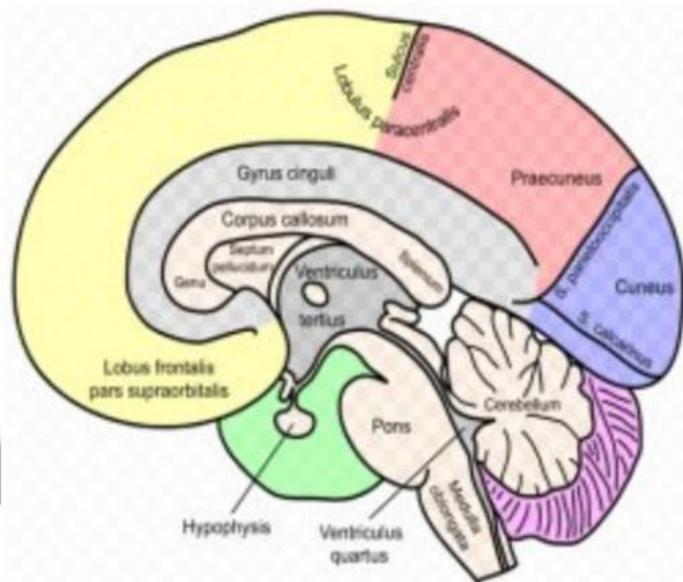
Zitat: "Nichts hält uns bei der Suche nach der Wahrheit so sehr auf wie die voreilige Überzeugung man sei schon am Ziel. Wir müssen lernen was wir noch lernen müssen. Wissenschaft ist die Suche nach dem, worauf wir uns gemeinsam verlassen können."

Eine Liebeserklärung
an die Wissenschaft

Beispiel
Geburtstage

Was ist ein anderes Wort für Bauchgefühl ?

Intuition



(= Ergebnis unbewusster Gedankenprozesse)

Beispiele bei denen das Bauchgefühl hilfreich sein kann !

**Körpersprache deuten
(Mimik, Gestik, Tonfall)**

langjährige Erfahrungen nutzen

in Gefahrensituationen rasch reagieren

Ballsportarten ausüben



**N Personen stoßen
miteinander die Gläser an -
Wie oft klirrt es bei
10 Personen ?**

Formel $(N / 2) \cdot (N - 1)$

Daher 45



**Wahrscheinlichkeit
von 2 Personen im Raum mit gleichem
Geburtstag bei Gruppengröße 50 und 80 ?**



**Wahrscheinlichkeit
von 2 Personen im Raum mit gleichem
Geburtstag bei Gruppengröße 50 und 80 ?**

Bei 50 Personen: 96,5 %

Bei 80 Personen: 99,98 %



Bauchgefühl kann trügerisch sein !

Wie kommt das Ergebnis des Geburtstagsparadoxons zustande ?

$$1 - (364/365)^{25 \cdot 49}$$

$$1 - (364/365)^{40 \cdot 79}$$



(Von 100 % die Annahme abziehen, dass sämtliche Paare
im Raum unterschiedliche Geburtstage haben)

Drei Beispiele für Little Big History

1. Die Geschichte des Salzes

- **Urknall & Sternentstehung:** Die Elemente Natrium und Chlor entstehen durch Nukleosynthese in Sternen.
- **Erde & Geologie:** Salzlagerstätten bilden sich durch Verdunstung von Meerwasser.
- **Biologie:** Salz wird für viele Körperfunktionen von Lebewesen benötigt.
- **Menschliche Geschichte:** Salz wurde zu einer wertvollen Handelsware und führte zu wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen (z. B. Salzstraßen, Salzsteuern).

2. Die Geschichte der Brille

- **Urknall & Chemie:** Die Siliziumatome, aus denen Glas besteht, entstehen in Supernovae.
- **Geologie & Materialwissenschaft:** Menschen lernen, Quarzsand zu Glas zu verarbeiten.
- **Biologie & Medizin:** Die Entwicklung des Sehens und die Notwendigkeit der Korrektur von Fehlsichtigkeit.

Ein Ansatz innerhalb Big History, der darauf abzielt, ein spezifisches Thema, Objekt oder Phänomen in den größeren Rahmen der universellen Geschichte einzuordnen.

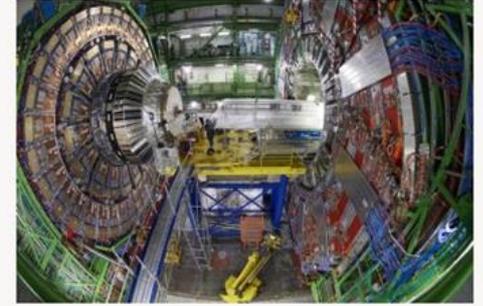
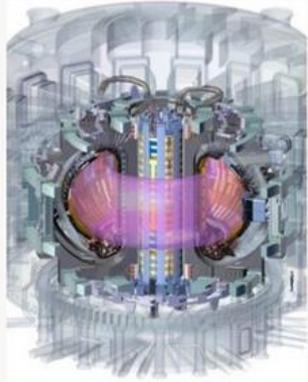


Wissenschaft



Science

Iter Tokamak



LHC am CERN

Seeks to improve

Informs

Technology is the use or application of scientific knowledge for a specific goal or purpose

Demands more

Demands more

Technologie

Gesellschaft



Society

Benefits from

Makes life easier

Technology



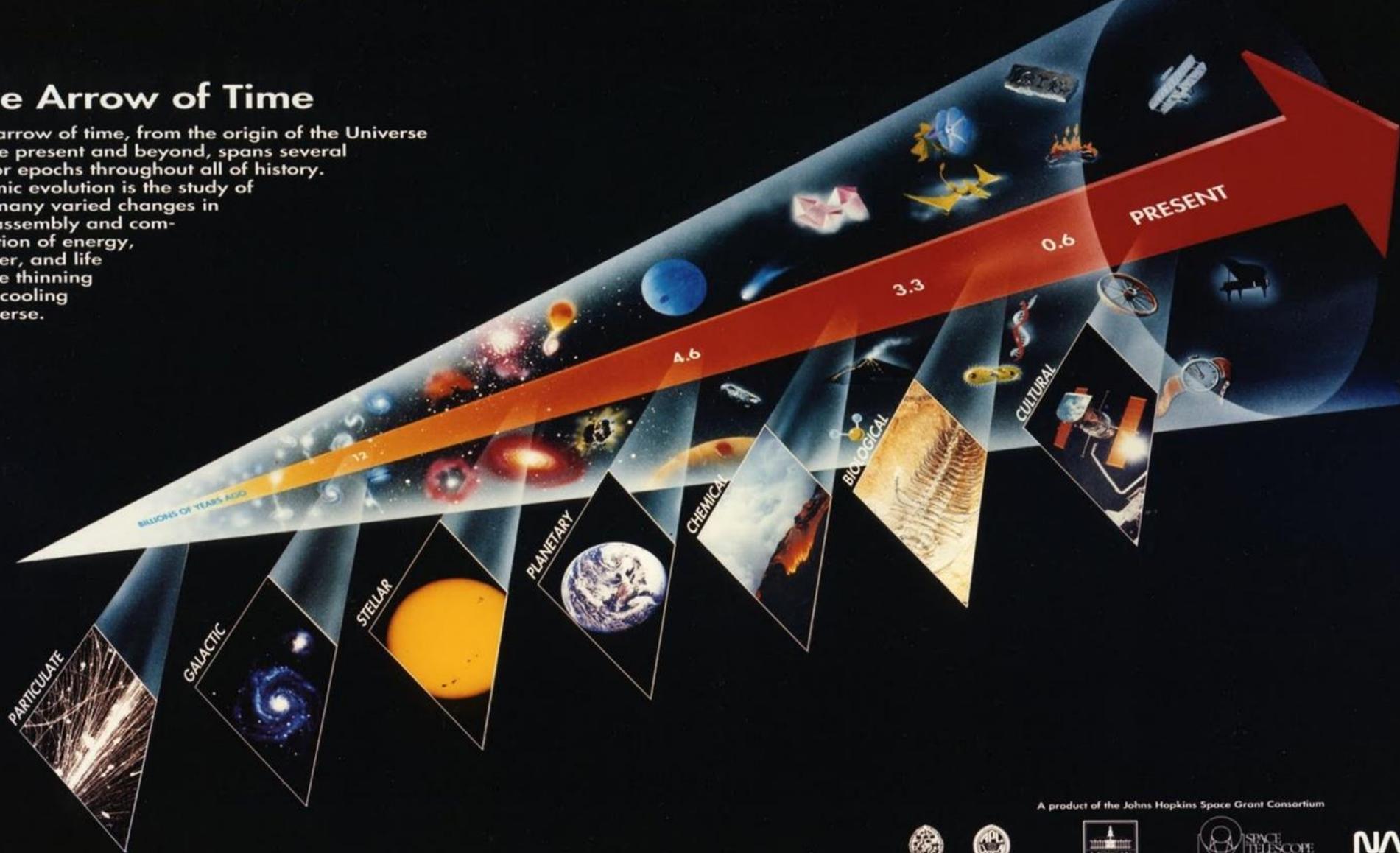
Rückblick: Big-History-Schwellen

- 1) Entstehung der Sterne und Elemente
- 2) Entstehung der Sonne und der Erde
- 3) Entstehung des Lebens auf der Erde
- 4) Evolution führt zum Homo sapiens
- 5) Der Mensch besiedelt die gesamte Erde
- 6) Sesshaftigkeit, Landwirtschaft, Identität durch Mythen
- 7) Wissenschaft und Industrielle Revolution
- 8) Die Menschheit gestaltet die Erde um



The Arrow of Time

The arrow of time, from the origin of the Universe to the present and beyond, spans several major epochs throughout all of history. Cosmic evolution is the study of the many varied changes in the assembly and composition of energy, matter, and life in the thinning and cooling Universe.



A product of the Johns Hopkins Space Grant Consortium



Morgan State University



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

"Was heißt und zu welchem Ende studiert man

Big History?"

verfasst von / submitted by

Tobias Kriegleder



universität
wien

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Philosophie (Mag.phil.)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears
on the student record sheet:

A 190 313 344

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UniStG
UF Geschichte, Sozialkunde, Polit.Bildg. UniStG
UF Englisch UniStG

Betreut von / Supervisor:

Univ.Prof.Dr. Peer Vries

Big History kann in dieser Debatte einen wesentlichen Impuls geben. Denn die Autoren beginnen ihre Erzählung mit dem Urknall und somit mit dem frühesten bekannten Zeitpunkt. Damit machen es sich die Autoren gewissermaßen schwer und leicht zu gleich. Denn einerseits ist es eine gewagte Aufgabe, den immensen Zeitraum überblicken zu wollen und in eine sinnvolle und kohärente Darstellung zusammenzufügen. Andererseits ersparen sie sich damit Diskussionen über den vermeintlichen Beginn der Geschichte und nehmen den aus unserer heutigen Sicht einzig konsequenten Anfangspunkt einer Gesamtdarstellung an.

Damit verbunden ist natürlich der Vorwurf, dass ein solcher groß angelegter Rahmen jegliche Detaillichte verlieren muss, keine sinnvollen neuen Erkenntnisse mehr mit sich bringen kann und notwendigerweise zu einer reinen Zusammenfassung der auf engeren Wissensgebieten erworbenen Erkenntnissen verkommen muss.

Christian zieht öfter den Vergleich zur Geographie, die zwar auf kleineren, detaillierten Karten arbeiten muss, dabei den gesamten Globus jedoch nie aus den Augen verlieren darf. Etwas, das für die Geographie ganz selbstverständlich ist, ist hingegen in der Geschichtswissenschaft eine Seltenheit.

Problematik: Wann beginnt Geschichte ?



Symbiose-Beispiele

seit dem Urknall?

Big-History-Muster (chronologisch)



Symbiosen	Symbionten (Komponenten)
Protonen und Neutronen	Quarks und Gluonen (Austauschteilchen)
Chemische Verbindungen (Moleküle, Mineralien)	Atome bzw. Ionen
Tierische Eukaryoten	Eukaryoten mit Prokaryoten als Mitochondrien
Pflanzliche Eukaryoten	Eukaryoten mit Prokaryoten als Chloroplastenvorläufer
Flechten	Pilze und Algen bzw. Cyanobakterienpartner
Ökosysteme	Pflanzen liefern O ₂ , Tiere liefern CO ₂
Bestäubungssymbiose	Blütenpflanzen und Insekten
Darm-Mutualismus	Mensch/Tier isst, Darmbakterien helfen der Verdauung
Jäger und Sammler und frühe Landwirte	Austausch von Lebensmitteln und Werkzeugen
Kolonisten und indigene Völker (friedlicher Fall)	Austausch von nützlichem Wissen
Herrscher und Kaufleute	Schutz vor Feinden, Teilen von Gewinnen
Arbeitgeber und Angestellte	Produktideen und Produktionsmittel, Arbeitskraft
Start-ups und Investoren	Innovative Ideen, verfügbares Kapital
Interdisziplinäre Forschungsteams	Gemeinsame Lösungsansätze für komplexe Probleme

Big-History-Muster (sortiert nach Größe)

Leben und Tod

- Positronen
- freie Neutronen
- instabile Isotope
- Lebewesen
- Berge
- Superkontinente
- flüssige Ozeane von Planeten
- Sterne
- planetarische Nebel und Supernovaüberreste
- Schwarze Löcher
- Von Menschen geschaffene Sprachen und Großreiche



**Beispiele von
Massensterben und
deren Ursachen?**

Big-History-Muster (chronologisch)



Massensterben	Ursache
Antimaterie	Annihilation mit Materie kurz nach dem Urknall
Sternhaufen	Frühe aktive Galaxienkerne
Frühestes Leben auf der Erde	Massive Meteoriteneinschläge
Anaerobe Prokaryoten	Sauerstoffproduktion durch Cyanobakterien
Phototrophe Lebewesen	Schneeball Erde mit dicker Eisschicht
Ordovizisch-silurisch, devonisch, Perm-Trias, Trias-Jura, Kreide-Paläogen Massensterben	Meteoriteneinschläge, Supervulkane (Supernovae, Gammablitz ?)
vieler Korallen- und Planktonarten	Eiszeitalter beginnend vor ca. 2,6 Mio. Jahren
aller Arten der Gattung Homo bis auf den Sapiens	Fehlende Mobilität und Flexibilität, zu langer Stillstand bei der Werkzeugherstellung
Megafauna in Australien und Amerika	Fehlende Angst vor den neu eingewanderten Menschen
Soldaten und Zivilisten	Industrialisierung der Weltkriege u. a. durch Maschinengewehre und Bombenabwürfe
Aktuelles sechstes große Massensterben	Klimawandel, Mensch

Der Ausdruck **Anthropozän** entstand als Vorschlag zur Benennung einer neuen geochronologischen Epoche: nämlich des Zeitalters, in dem der Mensch zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse auf der Erde geworden ist. Der Begriff wurde 2000 vom niederländischen Chemiker und Atmosphärenforscher Paul Crutzen gemeinsam mit Eugene F. Stoermer in die Diskussion eingebracht. Die beiden Wissenschaftler wollen damit ausdrücken, dass die Menschheit zu einem geologischen Faktor geworden sei.



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Anthropoz%C3%A4n>



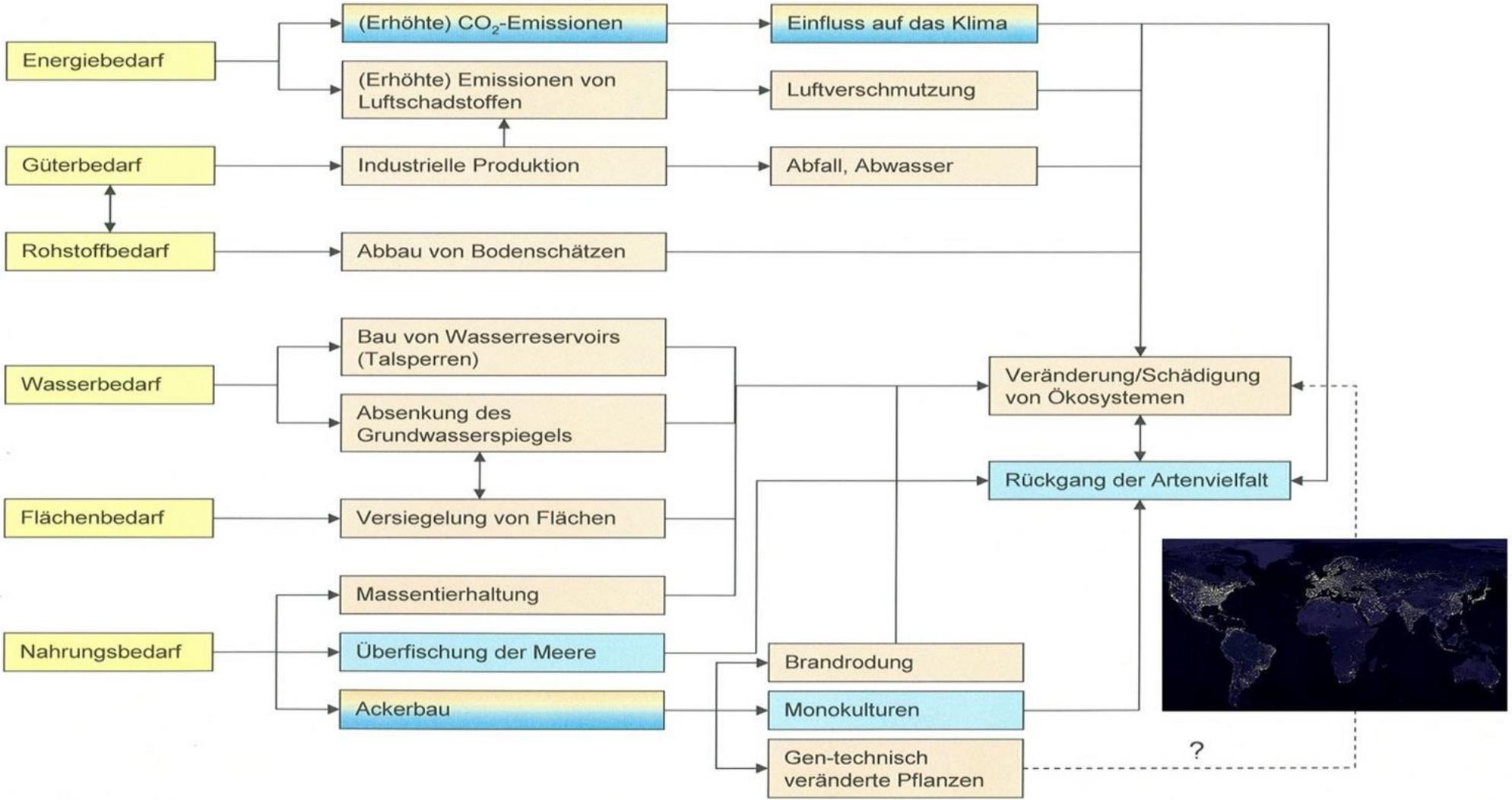
Wüsten dehnen
sich aus

Im Jahr 2024
war es 1,6 Grad
wärmer als vor 1850

Quelle: Planet Wissen

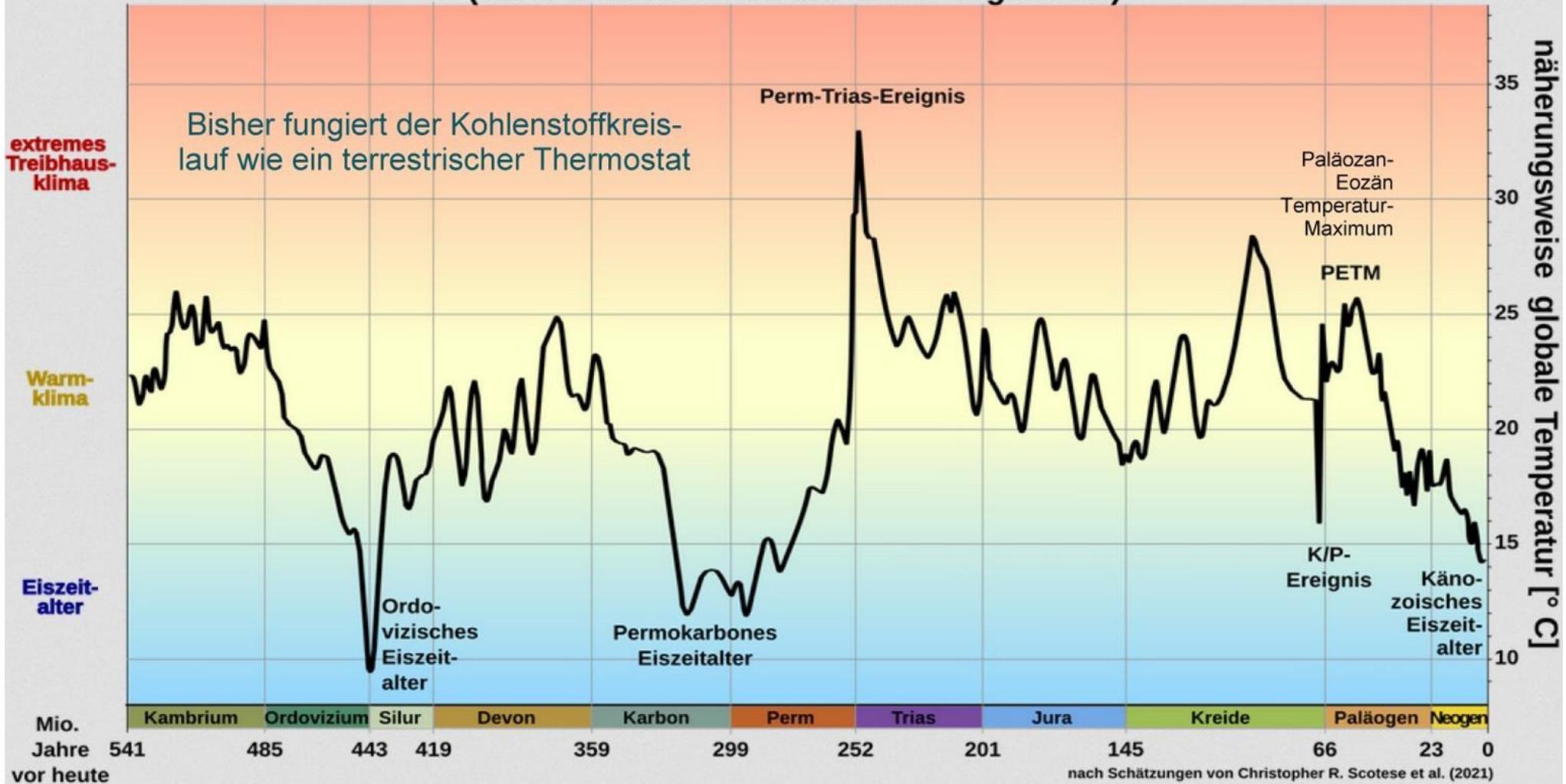
Mensch

Umwelt

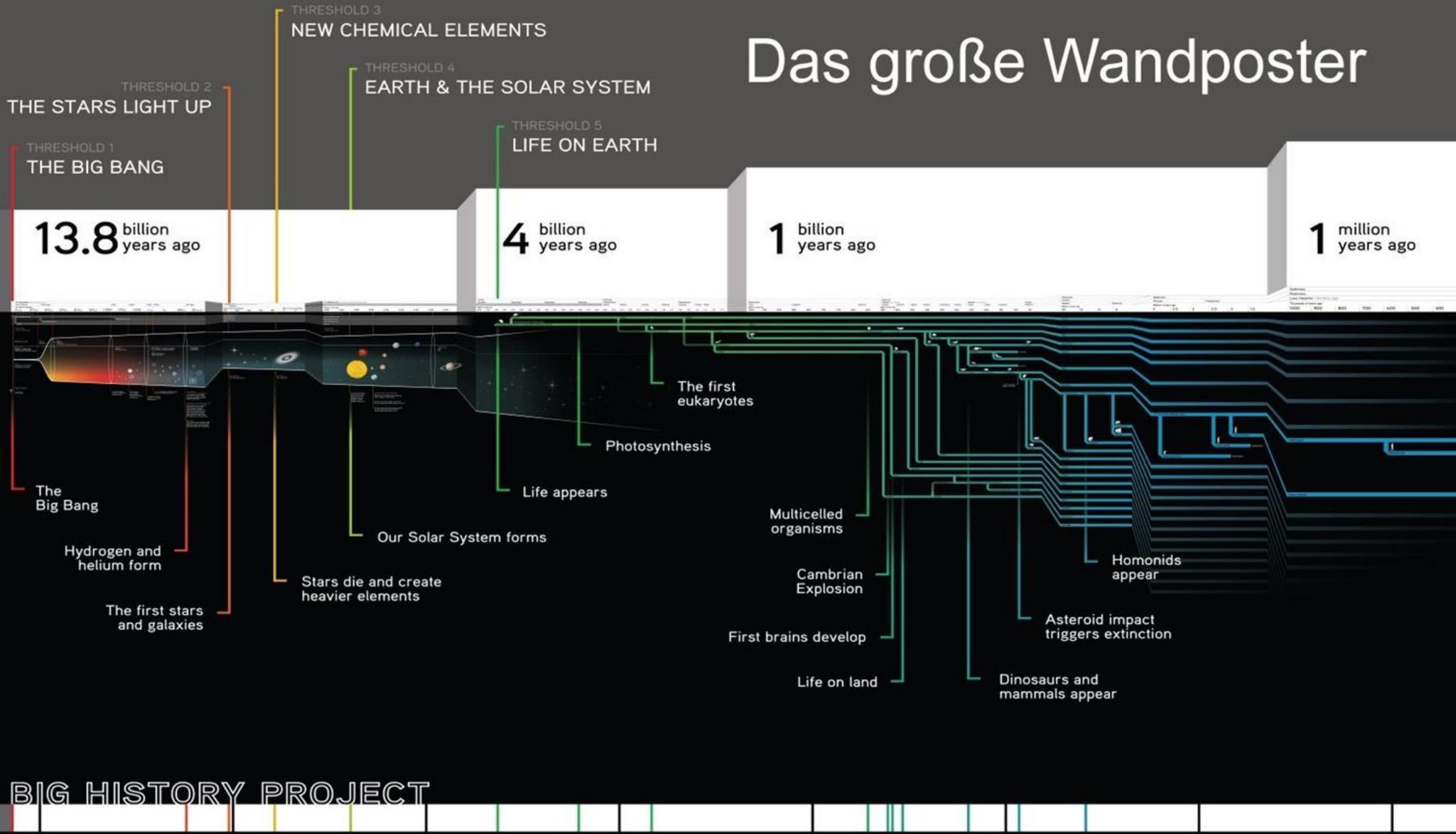


Oberflächennahe Temperaturen der Erde im Phanerozoikum

(vor 541 Mio. Jahren bis in die Gegenwart)



Das große Wandposter



THRESHOLD 6
COLLECTIVE LEARNING

50,000 years ago

THRESHOLD 7
AGRICULTURE

5000 years ago

1000 years ago

THRESHOLD 8
THE MODERN REVOLUTION

today



Early humans and collective learning

Cities and states

Agricultural communities appear

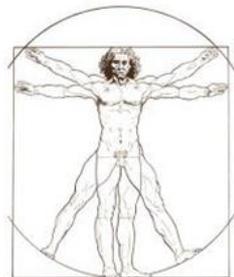
The Anthropocene

Global connection

Future
?

Wo steht Big History nun im Spannungsfeld zwischen den Geschichtswissenschaften und den Naturwissenschaften? Als Ansatz, der die Trennung zwischen Natur- und Geisteswissenschaften komplett aufheben kann, taugt Big History in seiner heute dominanten Form wohl kaum. Dafür sind die Darstellungen und viele der erkenntnistheoretischen Grundlagen zu stark von dem positivistisch-materialistischen Weltbild der Naturwissenschaften geprägt. Die Geschichtswissenschaft, die sich gewissermaßen immer schon in einem gewissen Spannungsfeld zwischen idealistischen und materialistischen Weltbildern bewegt hat, kann jedoch in diesem Zusammenhang eine gewisse Brückenfunktion einnehmen. Wenn es Historikern aus den verschiedensten Bereichen der Ideen- und Kulturgeschichte gelingen sollte, sich an den Debatten von Big History zu beteiligen, kann sich die junge Denkschule zu einem integrativen Ansatz entwickeln, der das Potential besitzt, alte Disziplinschranken zu senken oder gar aufzulösen. Der Mensch ist sowohl ein biologisches als auch ein kulturelles Wesen.

Quelle: Diplomarbeit von Tobias Kriegleder Universität Wien (2016)



Was erwartet uns in der

?

ZUKUNFT



Beispiel Künstliche Intelligenz: ChatGPT der Firma OpenAI

Erkläre mir bitte wer du bist:



Ich bin ChatGPT, ein KI-Modell, das von OpenAI entwickelt wurde. Meine Aufgabe ist es, mit dir auf natürliche Weise zu kommunizieren und dabei auf ein breites Spektrum an Themen einzugehen. Ich habe die Fähigkeit, Text zu analysieren, zu schreiben, zu übersetzen, zu erklären und sogar bei Problemlösungen zu helfen, indem ich auf mein Wissen zugreife, das bis zu meinem letzten Trainingsdatum im Oktober 2023 reicht.

Ich bin darauf ausgelegt, Fragen zu beantworten, Ideen zu diskutieren und Informationen bereitzustellen, um dir zu helfen, produktiver und informierter zu sein. Meine Kenntnisse decken viele Bereiche ab, von Wissenschaft und Technologie bis hin zu Geschichte, Literatur und Kunst, wobei ich mich an einer präzisen und eleganten Ausdrucksweise orientiere.

Copyright: OpenAI Global, LLC

Erkläre den Begriff "Big History" allgemein sowie im Zusammenhang mit dem Thema Komplexität

"Big History" ist ein interdisziplinärer Ansatz, der die Geschichte des Universums in einem umfassenden, langfristigen Rahmen betrachtet. Anstatt sich auf die traditionelle menschliche Geschichte zu beschränken, untersucht Big History die Entwicklung des Kosmos, der Erde, des Lebens und der Menschheit über einen Zeitraum von etwa 13,8 Milliarden Jahren – von dem Urknall bis zur Gegenwart. Der Ansatz integriert Erkenntnisse aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, darunter Astronomie, Geologie, Biologie, Anthropologie und Geschichte, um ein ganzheitliches Verständnis der Entwicklung des Universums und der menschlichen Zivilisation zu ermöglichen. Der Fokus liegt dabei auf den großen Schwellenereignissen, also bedeutenden Wendepunkten, die neue Formen der Komplexität ermöglichen und den Weg für weitere Entwicklungen ebnen. Diese Schwellen beinhalten unter anderem die Entstehung von Sternen und Galaxien, die Bildung der Erde, die Entstehung des Lebens, das Aufkommen des Menschen und die Entwicklung komplexer Zivilisationen.

Ein zentrales Konzept in der Big History ist der Begriff der Komplexität. Im Verlauf der kosmischen und irdischen Geschichte hat sich die Materie in immer komplexere Strukturen organisiert. Jeder der Schwellenmomente markiert einen Übergang zu einer höheren Komplexität. Nach dem Urknall gab es zunächst nur einfache Teilchen. Doch mit der Zeit bildeten sich Atome, dann Sterne und Galaxien – komplexere Strukturen, die mehr Energie und Organisation beinhalteten. Auf der Erde führte die Entstehung von Leben zu einer weiteren Zunahme an Komplexität. Von einfachen Zellen zu mehrzelligen Organismen und schließlich zu intelligenten Lebensformen wie dem Menschen. Mit der Entwicklung der menschlichen Zivilisation nahm die Komplexität weiter zu. Soziale Systeme, Technologien und Kulturen wurden immer ausgefeilter, was neue Arten der Zusammenarbeit, Kommunikation und Wissensweitergabe ermöglichte. Ein entscheidender Punkt in der Big History ist, dass diese Zunahme an Komplexität nicht gleichmäßig verläuft, sondern durch eine Reihe von Übergängen und Schwellen gekennzeichnet ist, die jeweils neue Möglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen mit sich bringen. Komplexität erfordert mehr Energie und Organisation, um aufrechterhalten zu werden, was Systeme anfälliger für Instabilitäten machen kann. ChatGPT kann Fehler machen. Überprüfe wichtige Informationen.



Welche größeren Umwälzungen könnte der Menschheit in den nächsten 50 Jahren bevorstehen?

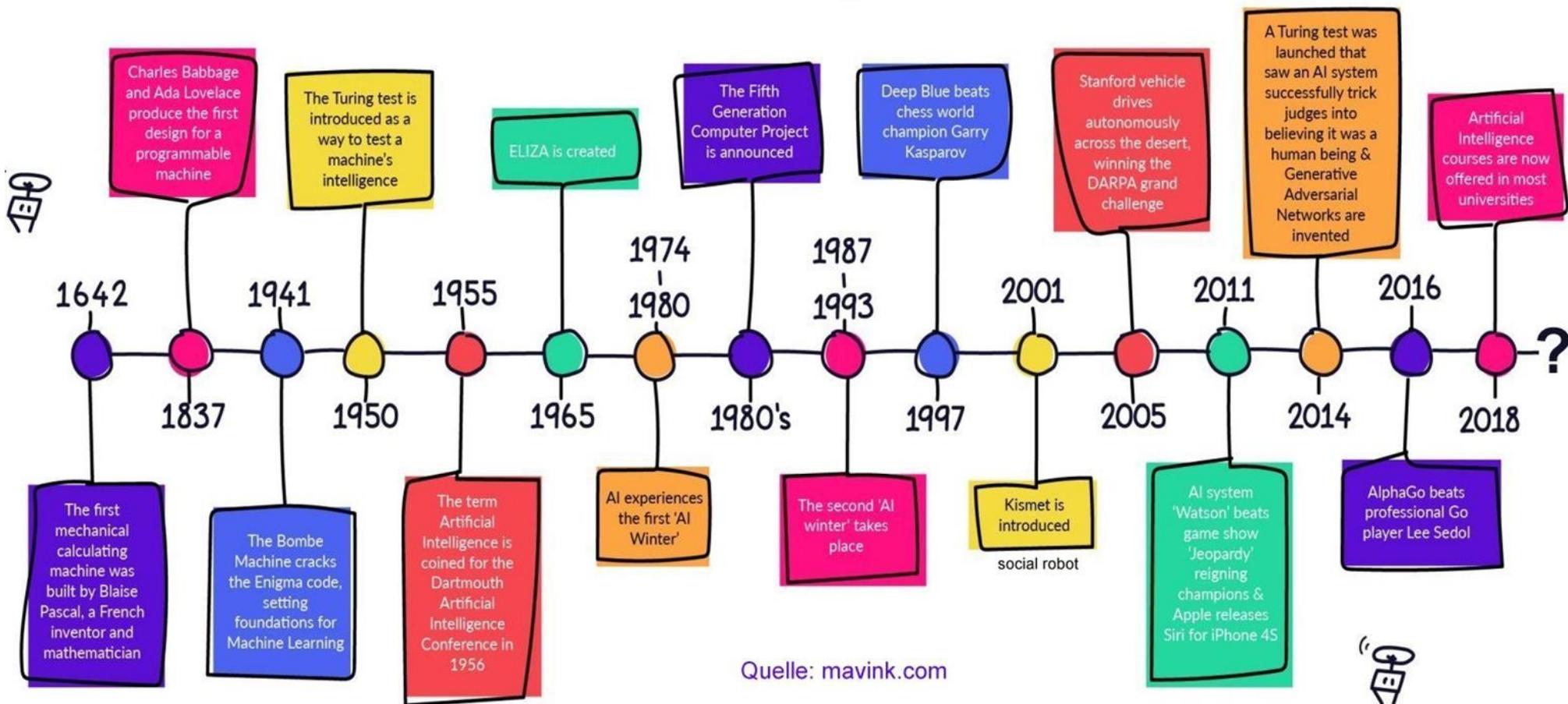
In den nächsten 50 Jahren könnten der Menschheit mehrere bedeutende Umwälzungen bevorstehen, die sowohl Chancen als auch Herausforderungen mit sich bringen. Diese Umwälzungen könnten auf verschiedenen Bereichen basieren, darunter Technologie, Umwelt, Gesellschaft und Politik. Die technologische Entwicklung schreitet mit exponentieller Geschwindigkeit voran, und viele Technologien, die heute noch in ihren Kinderschuhen stecken, könnten in den nächsten Jahrzehnten unser Leben grundlegend verändern. KI hat das Potenzial, nahezu jeden Wirtschaftssektor zu transformieren. Fortschritte in der Automatisierung könnten viele Berufe verändern oder ersetzen, was zu großen Verschiebungen auf dem Arbeitsmarkt führen könnte. Gleichzeitig könnten neue, KI-basierte Branchen entstehen, die neue Möglichkeiten bieten, aber auch Herausforderungen in Bezug auf Arbeitslosigkeit, soziale Ungleichheit und ethische Fragen mit sich bringen. Die Entwicklung von Quantencomputern könnte die Rechenleistung und Datenverarbeitung revolutionieren. Dies könnte Auswirkungen auf viele Bereiche haben, darunter Kryptographie, Medizin, Materialwissenschaften und die globale Sicherheit. Fortschritte in der Gentechnik, insbesondere CRISPR und andere Genbearbeitungstechnologien, könnten die Art und Weise, wie wir Krankheiten behandeln und verhindern, revolutionieren. Dies könnte zu längeren Lebensspannen, aber auch zu ethischen Dilemmata und möglichen gesellschaftlichen Spannungen führen, wenn diese Technologien ungleich verteilt sind. In den nächsten Jahrzehnten könnte die Menschheit bedeutende Fortschritte in der Raumfahrtstechnologie machen, einschließlich bemannter Missionen zum Mars und darüber hinaus. Der Aufbau von Kolonien auf dem Mond oder anderen Planeten könnte eine neue Ära der Exploration und Ressourcenerschließung einleiten. Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen der Menschheit dar und könnte tiefgreifende Auswirkungen auf das Leben auf der Erde haben. Die Zunahme von Hitzewellen, Dürren, Überschwemmungen und extremen Wetterereignissen könnte große Regionen der Erde unbewohnbar machen und zu massiven Migrationsbewegungen führen. Der Verlust von Ökosystemen und das Aussterben von Arten könnte die menschliche Nahrungsversorgung und die Stabilität ganzer Lebensräume gefährden. Der zunehmende Druck auf natürliche Ressourcen, insbesondere Wasser und Land, könnte zu geopolitischen Spannungen und Konflikten führen. Der Zugang zu sauberem Wasser und fruchtbarem Land könnte in vielen Regionen der Welt zu einer kritischen Herausforderung werden. (...)





History of AI Timeline

Wie beeinflusst Künstliche Intelligenz die nächsten Jahrzehnte ?



Quelle: mavink.com



Biosphäre

Noosphäre

- Wissen
- Ideen
- Gedanken

der Menschheit

Geosphäre

Quelle:

<https://www.noolab.ch>

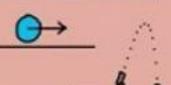
NASA-Vision einer Mondkolonie



Bossinas-Konzept einer Marsmission

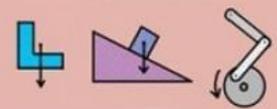


Die Entwicklung der physikalischen Erkenntnisse

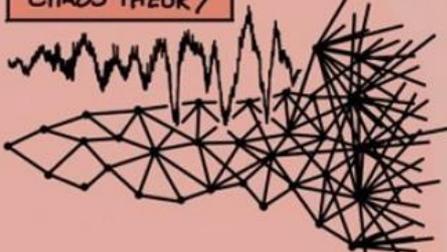
ISAAC NEWTON
LAWS OF MOTION


CALCULUS
 $\int x^2 dx$

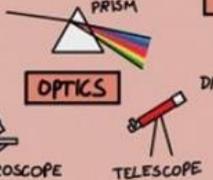
 $\frac{dy}{dx}$

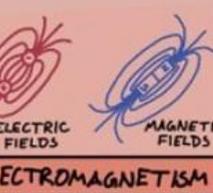
CLASSICAL MECHANICS


FLUID MECHANICS


CHAOS THEORY


LAW OF UNIVERSAL GRAVITATION

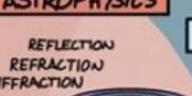

OPTICS


ELECTROMAGNETISM


THERMODYNAMICS
ENERGY

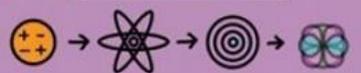
HEAT TEMPERATURE

ENTROPY

COSMOLOGY
ASTROPHYSICS


WAVES


JAMES CLERK MAXWELL

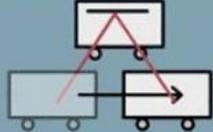

ATOMIC THEORY


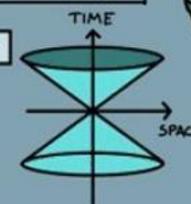
CONDENSED MATTER PHYSICS

QUANTUM INFORMATION
COMPUTERS
LASERS

RELATIVITY

ALBERT EINSTEIN

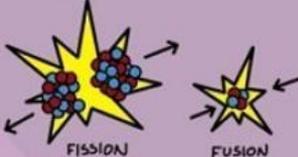
CONSTANT SPEED OF LIGHT


SPECIAL THEORY OF RELATIVITY
 $E=mc^2$


GENERAL THEORY OF RELATIVITY

SPACETIME


QUANTUM FIELD THEORY


NUCLEAR PHYSICS


QUANTUM PHYSICS

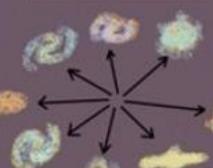
[YOUTUBE.COM/USER/DOMINICWALLIMAN](https://www.youtube.com/user/DominicWalliman) @DOMINICWALLIMAN

PHILOSOPHY

PHILOSOPHY OF SCIENCE
FREE WILL
HOW COME?
NATURE OF REALITY
JUST... WHY?

THE CHASM OF IGNORANCE

THE FUTURE
QUANTUM GRAVITY

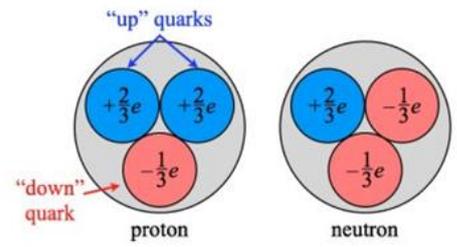
STRING THEORY
LOOP QUANTUM GRAVITY
DARK ENERGY

DARK MATTER

AND MANY MORE...
PARTICLE PHYSICS

drei Generationen der Materie
(Fermionen)

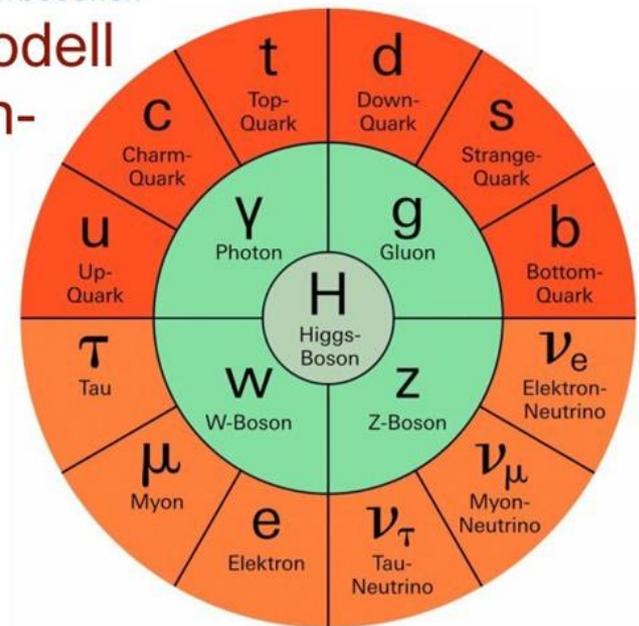
Wechselwirkungen
(Bosonen)

	I	II	III	
Masse	=2,2 MeV/c ²	=1,28 GeV/c ²	=173,1 GeV/c ²	0
Ladung	$\frac{2}{3}e$	$\frac{2}{3}e$	$\frac{2}{3}e$	0
Spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	u Up	c Charm	t Top	g Gluon
	d Down	s Strange	b Bottom	H Higgs
	e Elektron	μ Myon	τ Tau	G Graviton
	ν_e Elektron-Neutrino	ν_μ Myon-Neutrino	ν_τ Tau-Neutrino	γ Photon
				Z Z-Boson
				W W-Boson



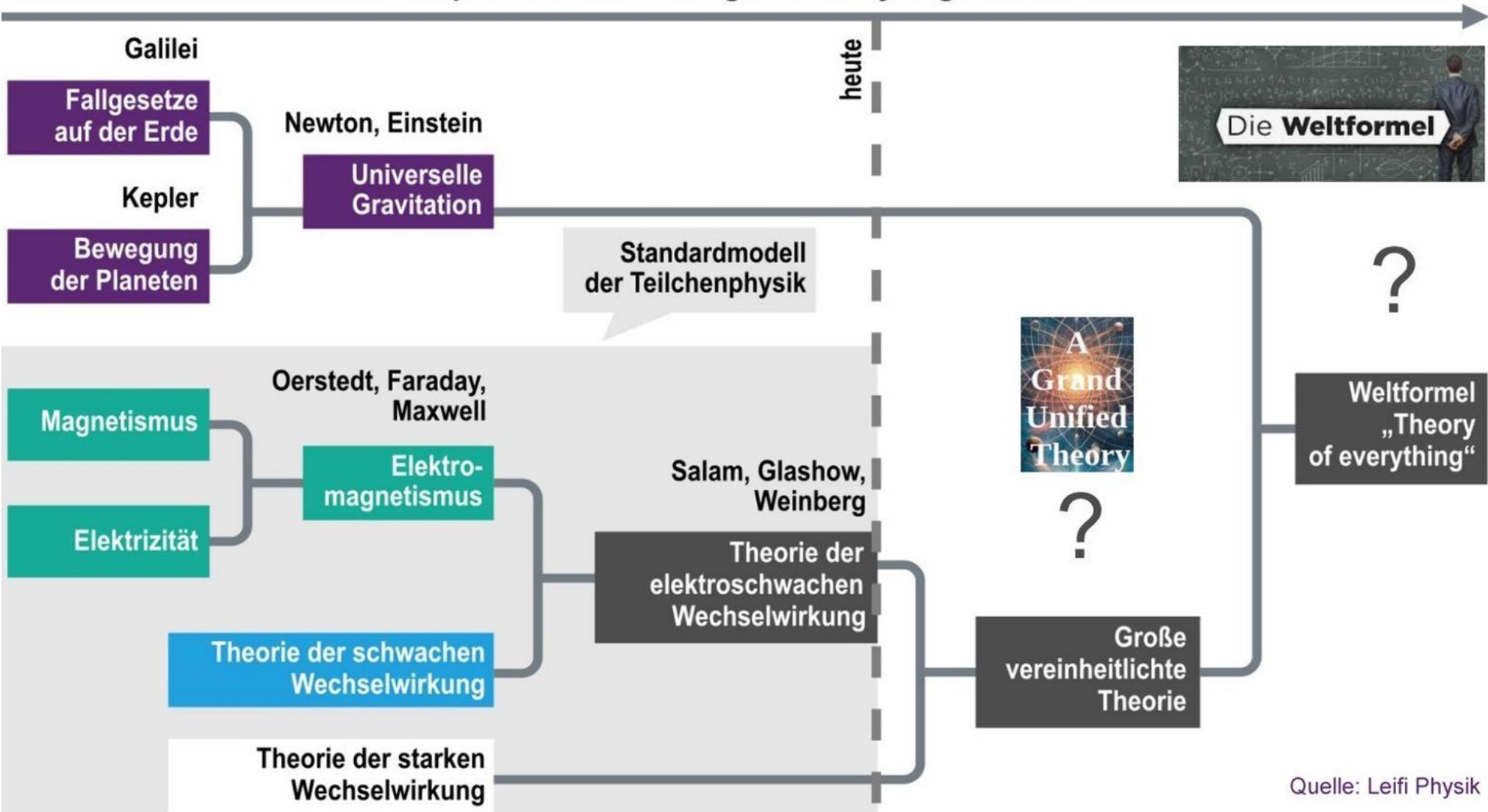
Skalarbosonen Hypothetische Tensorbosonen

Standardmodell der Teilchenphysik



Eichbosonen
Vektorbosonen

Prinzip der Vereinfachung in der Physikgeschichte



Newtonian Gravity



Einstein's General Relativity



Strong Nuclear Force



Quantum Chromodynamics

Quantum Mechanics
Special Relativity



Weak Nuclear Force



Electroweak Theory

Magnetism



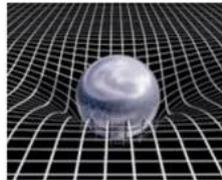
Electricity



Electromagnetism

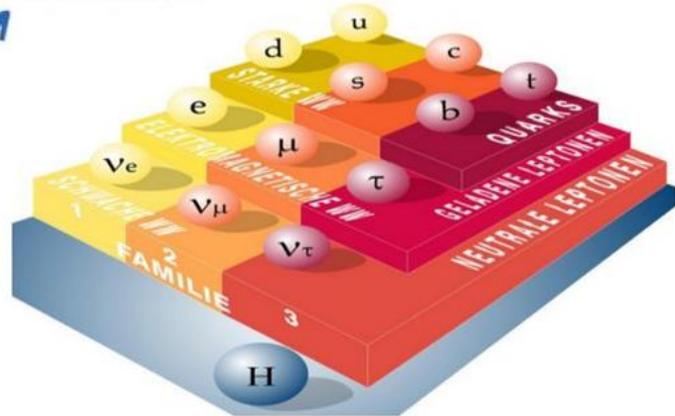


Quantum Electrodynamics

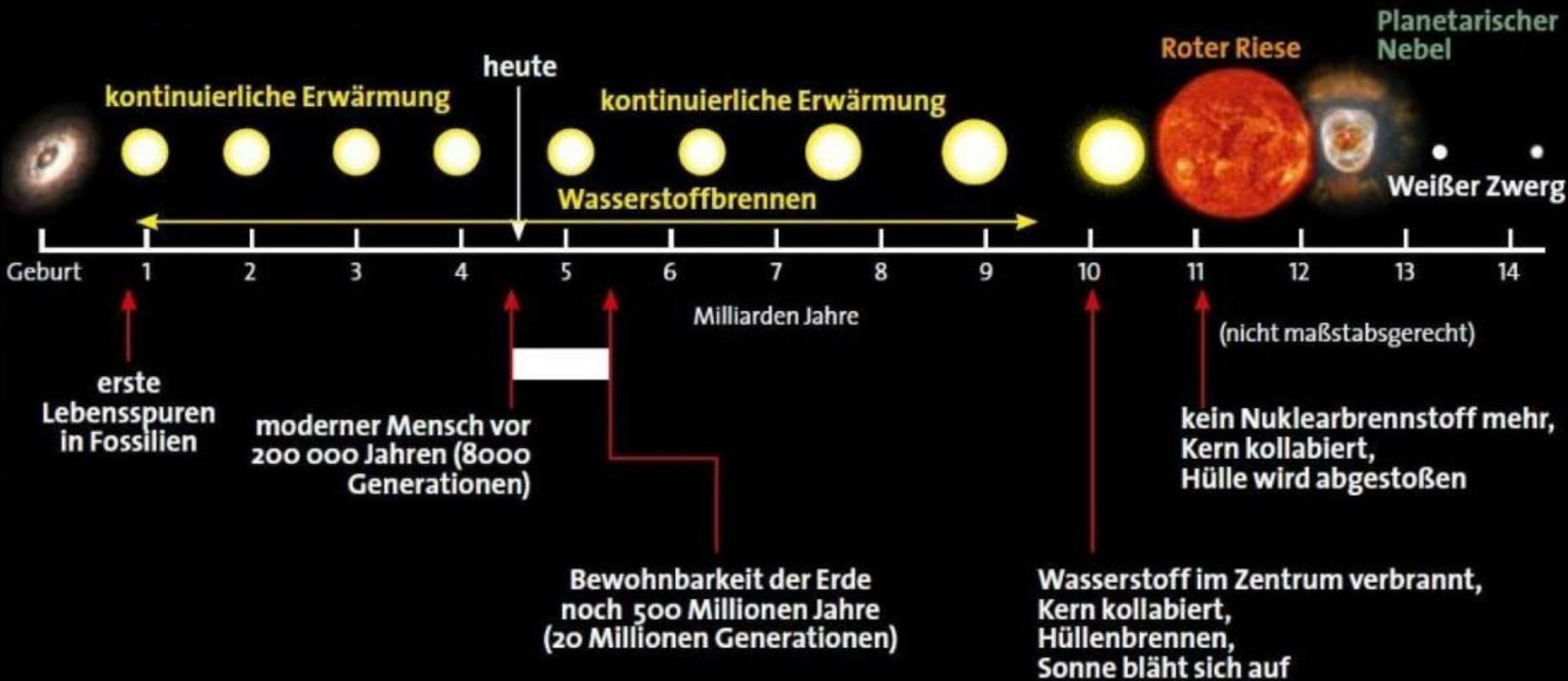


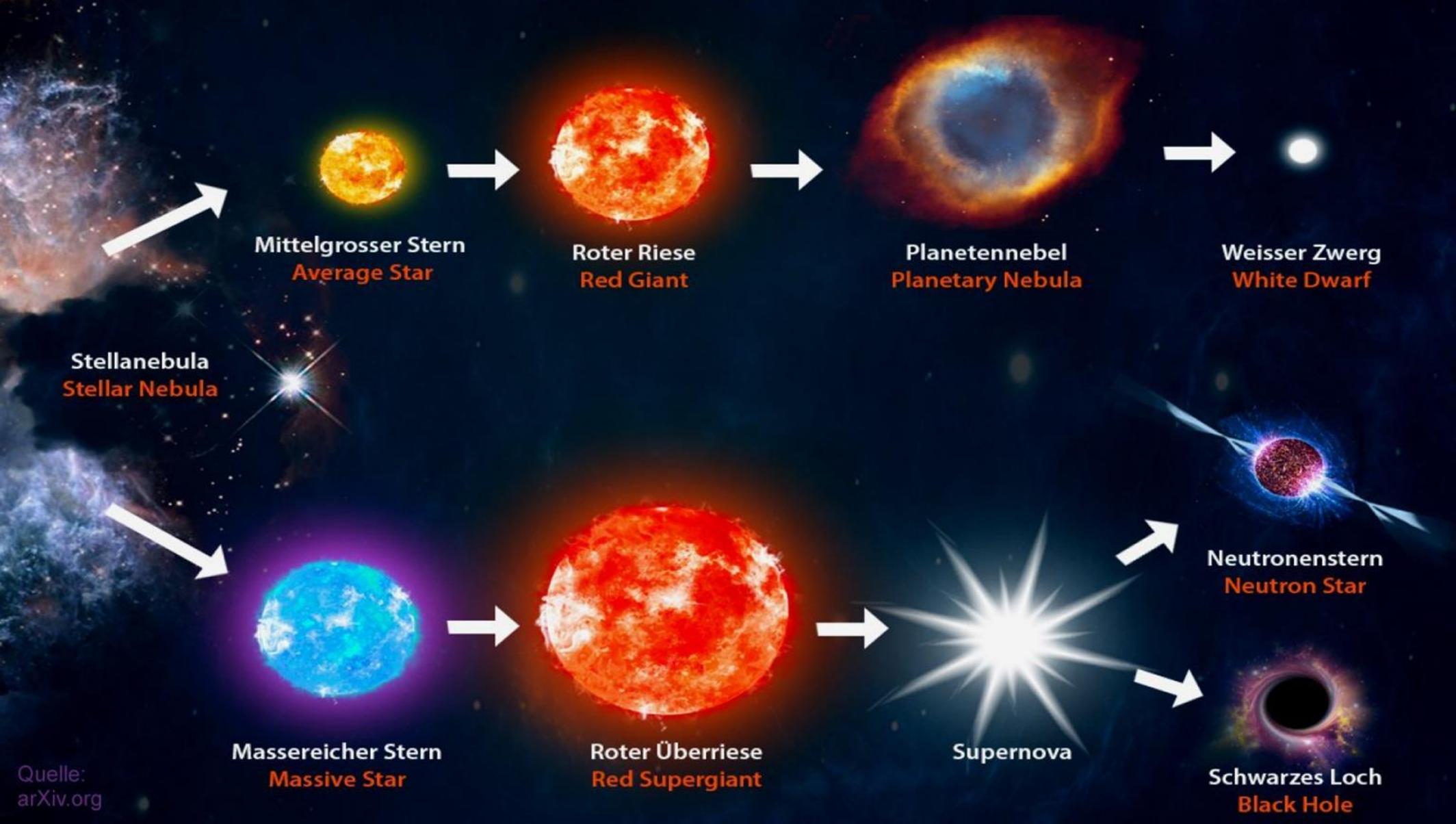
?

The Standard Model



Zukunft unserer Sonne





Mittelgrosser Stern
Average Star

Roter Riese
Red Giant

Planetennebel
Planetary Nebula

Weisser Zwerg
White Dwarf

Stellanebula
Stellar Nebula

Massereicher Stern
Massive Star

Roter Überriese
Red Supergiant

Supernova

Neutronenstern
Neutron Star

Schwarzes Loch
Black Hole

Neutron star merger

On August 17, observatories in Washington and Louisiana, US and Pisa, Italy, picked up a gravitational wave signal from source GW170817.

Blinding light

This is the first time a gravitational wave source was also seen by the eye as it lit up like a beacon.



Elemental factories

The colossal energies released by event GW170817 smashed subatomic particles to create heavier elements.*

Supernovae continually create more light elements, which are dispersed across space in gas clouds that cool and eventually coalesce into stars and planets. But anything more than atomic number 28 needs a mightier collision which is less than a black hole merger because that absorbs everything including light.

Elements of atomic number 1-28, hydrogen to nickel, formed when the universe was about 2 billion years old in a cataclysmic supernova that also created the first neutron stars.

Unique distinction

Signal strength indicated a collision involving neutron stars, the first ever witnessed by astronomers.

The merger of two neutron stars results in a kilonova. GW17082017 is the first in human experience.

Golden airs

One estimate says it created up to 10 earth masses of gold and platinum, part of the 16,000 earth masses of other heavy elements.

New horizons

- The August 17 event provides complete confirmation that the speed of gravitational waves is identical to the speed of light, because this the first time a G-wave source also provided a light signal for comparison.
- Merging neutron stars provide both gravitational and electromagnetic cues, so making it possible to view them from two parallel perspectives, providing invaluable cross-references.
- This type of event unites the gravitational and electromagnetic skies, eventually allowing one to be expressed in terms of the other.
- There are likely to be many more of them so many more observations will be possible.
- Finally, they will provide more information about the universe. Black hole collisions by definition cannot help here as nothing, not even light, escapes a black hole.
- The collision proved once again Einstein's $E=mc^2$ equivalence on a grand scale, converting 28 Jupiter masses into pure energy.

Birth of a pulsar

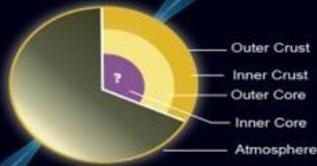
Neutron stars or pulsars form when a star around 8 to 30 times the mass of our sun goes supernova. Some 90 per cent of it is dispersed into space. The remainder, a stellar corpse of neutrons only, is crushed into a compact mass around 20 km in diameter, so dense that one cc could weigh one million tonnes.

Like a hundred billion suns

When two neutron stars orbit each other closely, they spiral inward due to gravitational radiation and eventually merge. The magnetic field created is so strong that the short gamma-ray bursts (GRB) emitted equal the energy output of all the stars in our galaxy combined in a year, in around two seconds.

Such a collision could lead to a heavier neutron star, or a black hole if total mass exceeds 15-20 solar masses.

Beam of X-rays coming from the neutron star's poles, which sweeps around as the star rotates.



INSIDE A NEUTRON STAR

Hydra

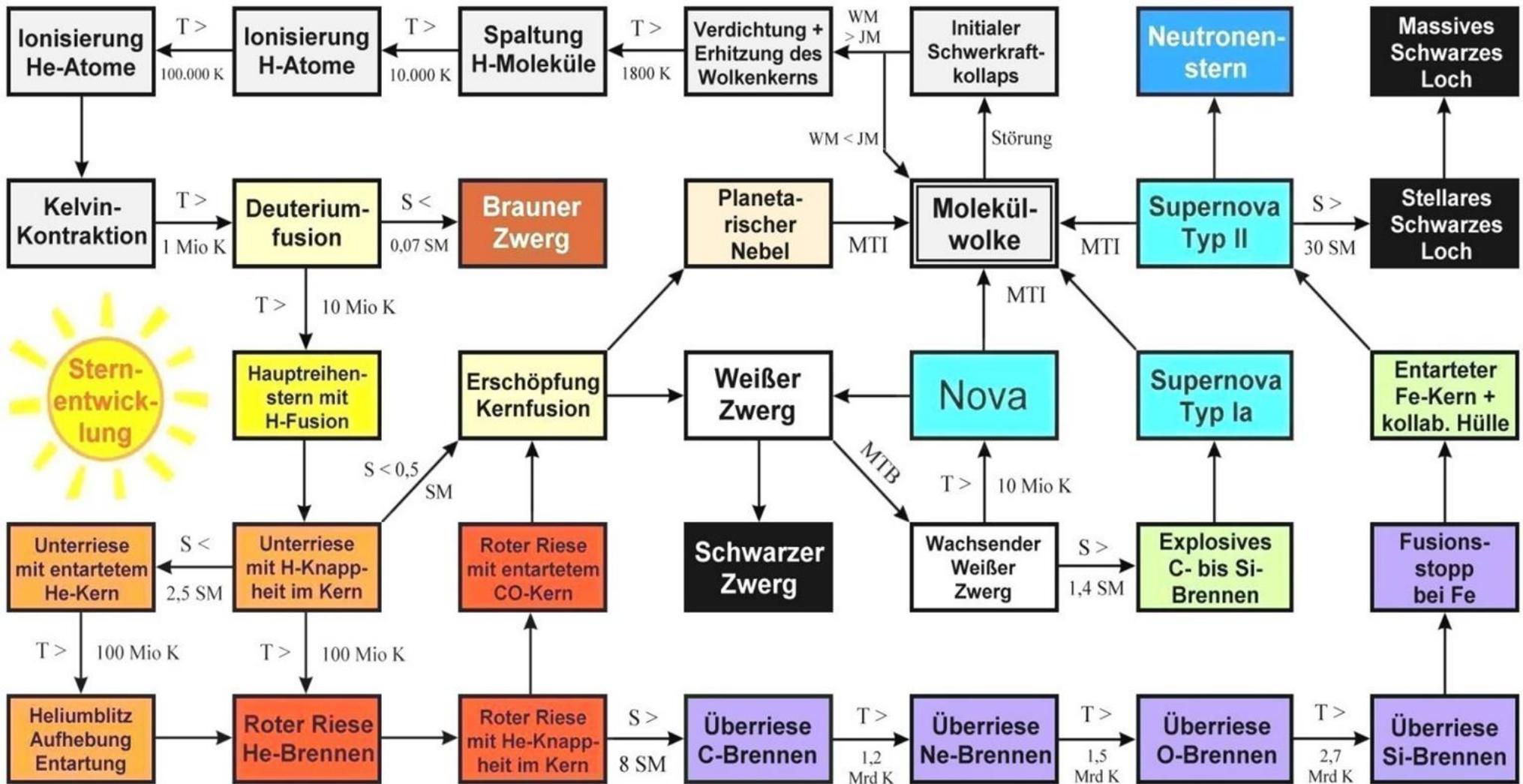
Neutronenstern-Verschmelzung



LIGO systems

LIGO systems in Washington and Louisiana, US, and VIRGO in Pisa, Italy, were central to observing the collision. These observatories are expected to transform astronomy as gravitational wave physics writes a new chapter in the life of stars.





H = Wasserstoff, He = Helium, C = Kohlenstoff, Ne = Neon, O = Sauerstoff, Si = Silizium, Fe = Eisen -- T = Temperatur, K = Kelvin, SM = Sonnenmasse
 S = Stern, WM = Wolkenmasse, JM = Jeans-Masse, MTI = Materietransfer ins interstellare Medium, MTB = Materietransfer von Begleitstern (Roter Riese)

Welche spekulativen Ansätze gibt es für die schnelle interstellare Raumfahrt ?



- 1) Fast lichtschnelle Raumschiffe mit Antimaterieantrieb**
- 2) Künstliche Wurm Löcher („Portale“)**
- 3) Künstliche Raumkrümmung („Warp-Antrieb“)**

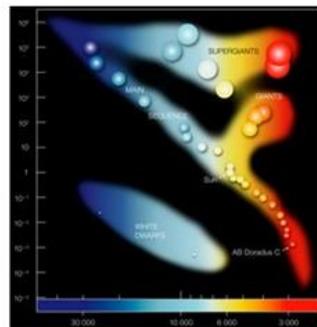
Welche hypothetischen Ansätze gibt es für die langsame interstellare Raumfahrt ?

- 1) Embryonenschiffe
- 2) Kälteschläfer (Kryonik)
- 3) Verlangsamung des Alterns
- 4) Mehrgenerationenschiffe
- 5) Nanotech-Schiffe mit synthetischen Embryonen



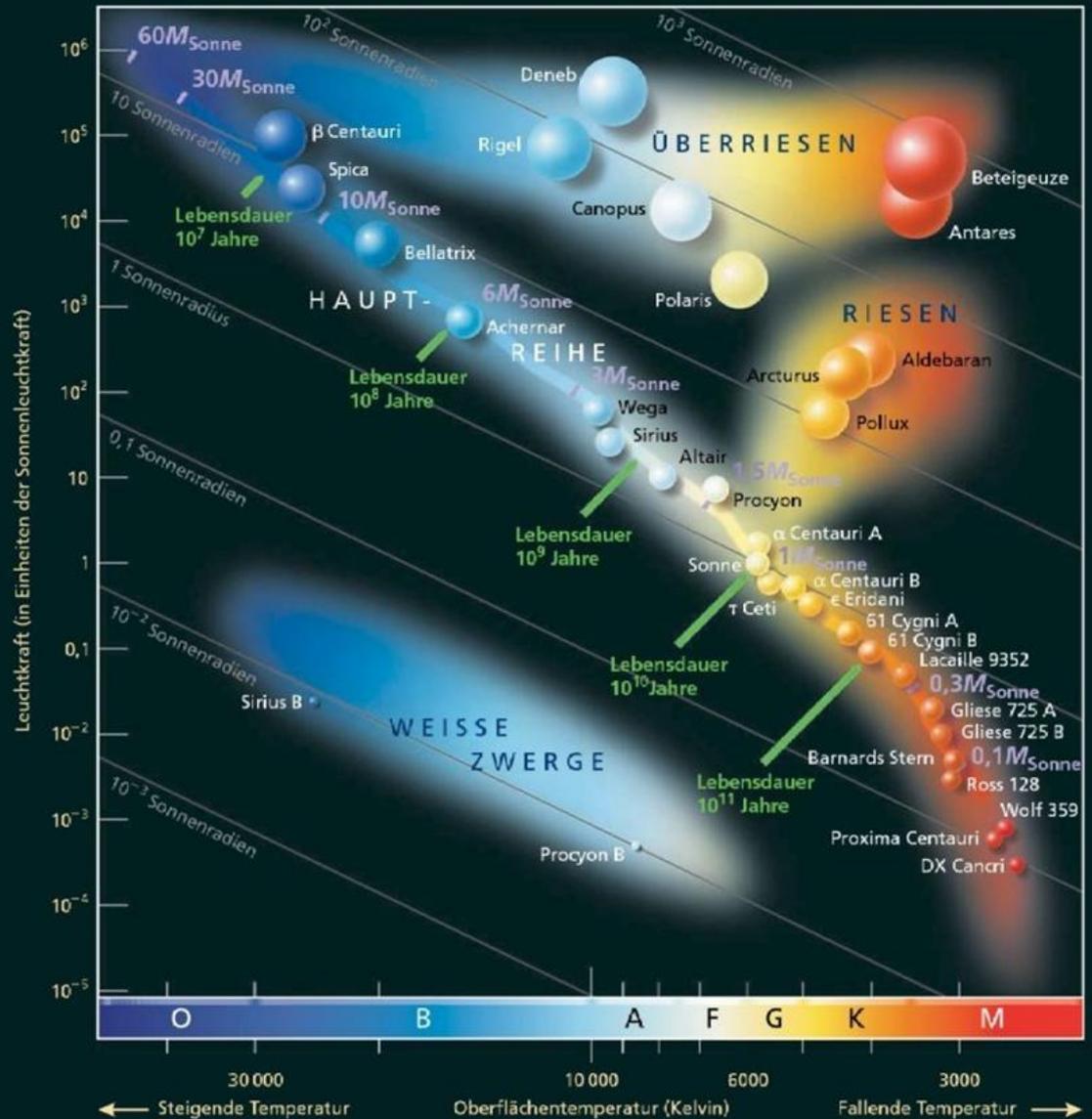
Anhand welcher zwei Faktoren werden Sterne am häufigsten klassifiziert ?

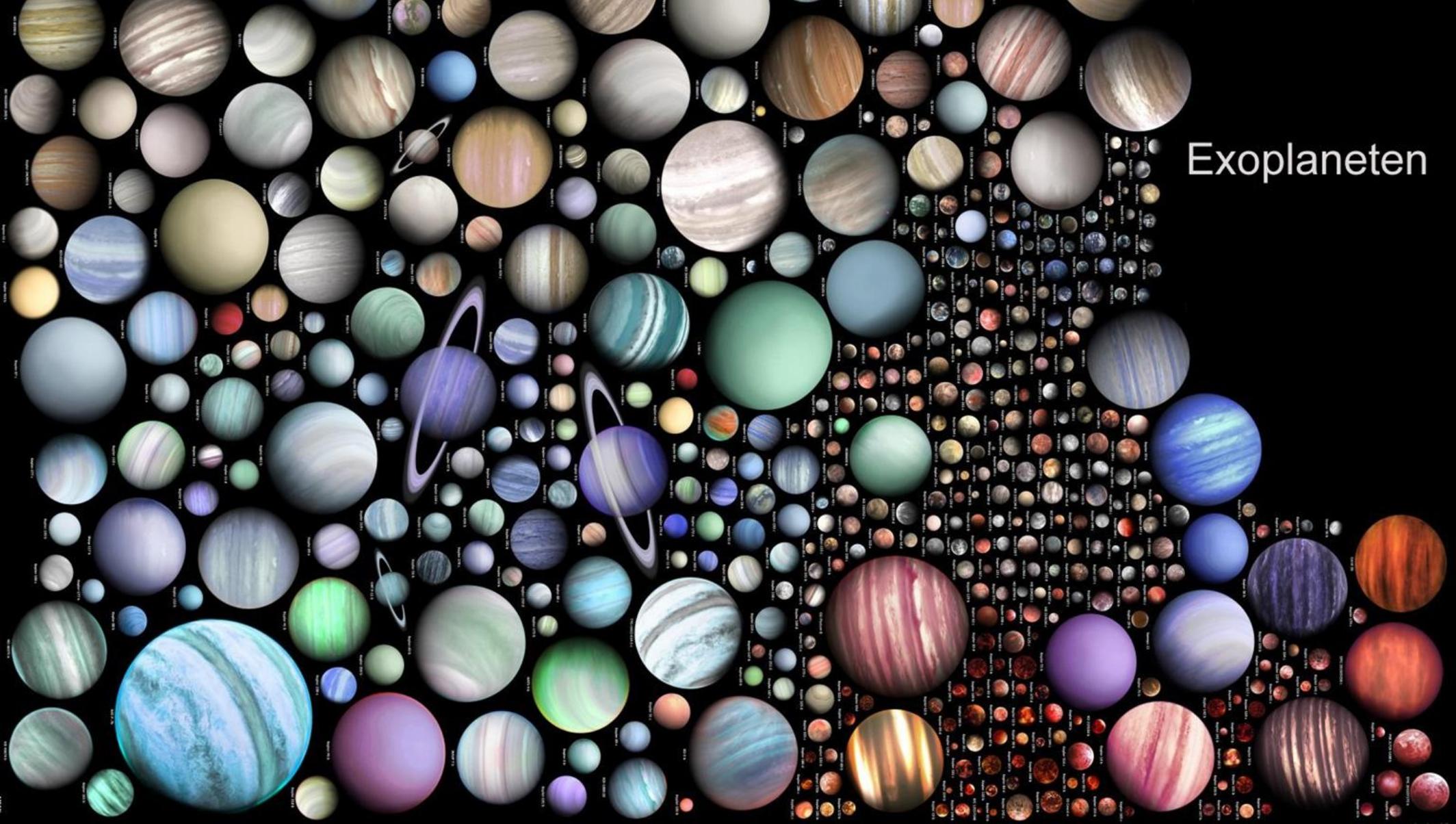
- 1) Spektralklasse (Typ des Lichtspektrums abhängig von der Oberflächentemperatur)
- 2) Leuchtkraft (abgestrahlte Energie)



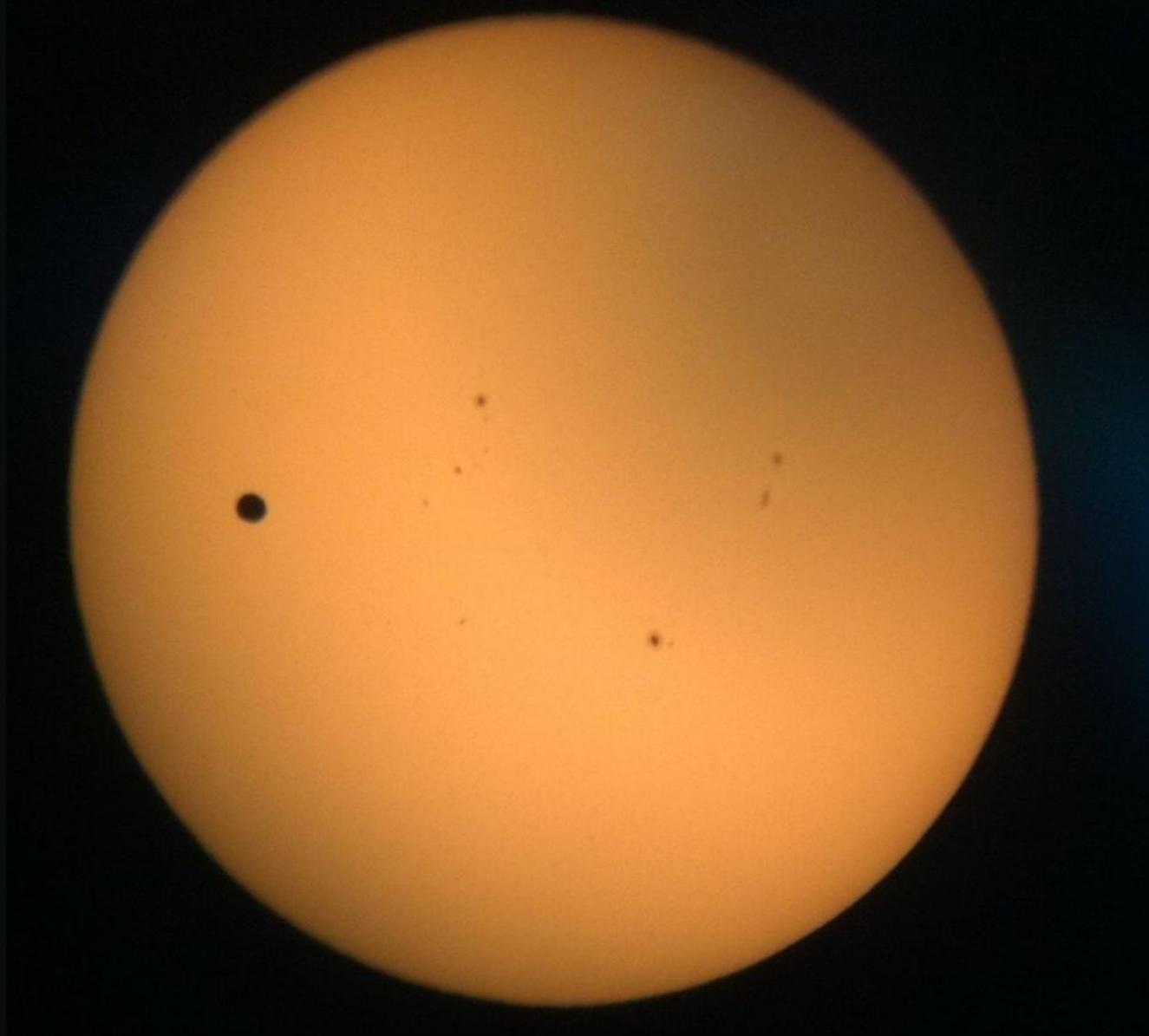
Hertzprung-Russell-Diagramm (HRD)

Zu welchen Sternen aufbrechen?





Exoplaneten



Aufspüren
durch

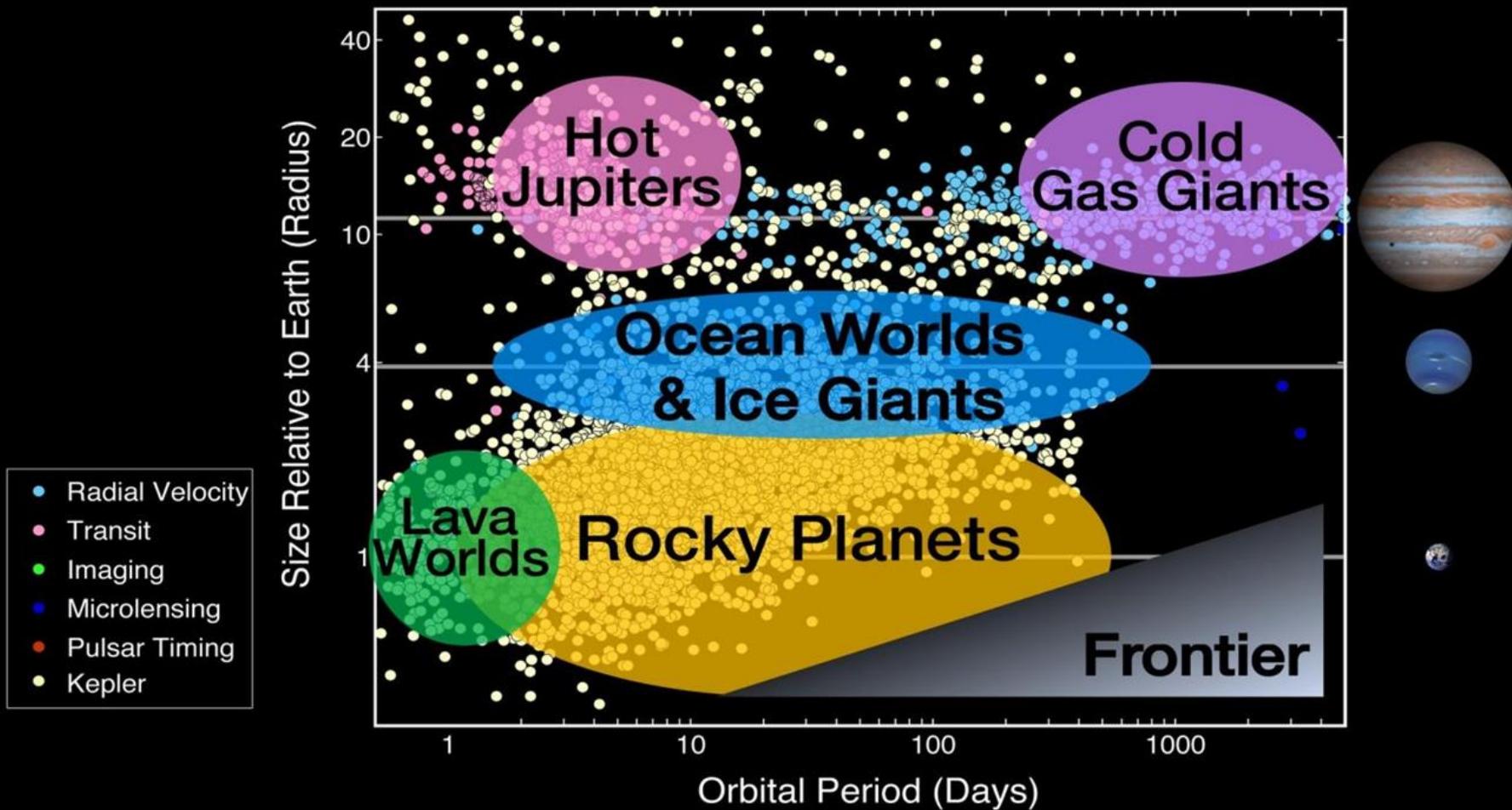
Transitmethode

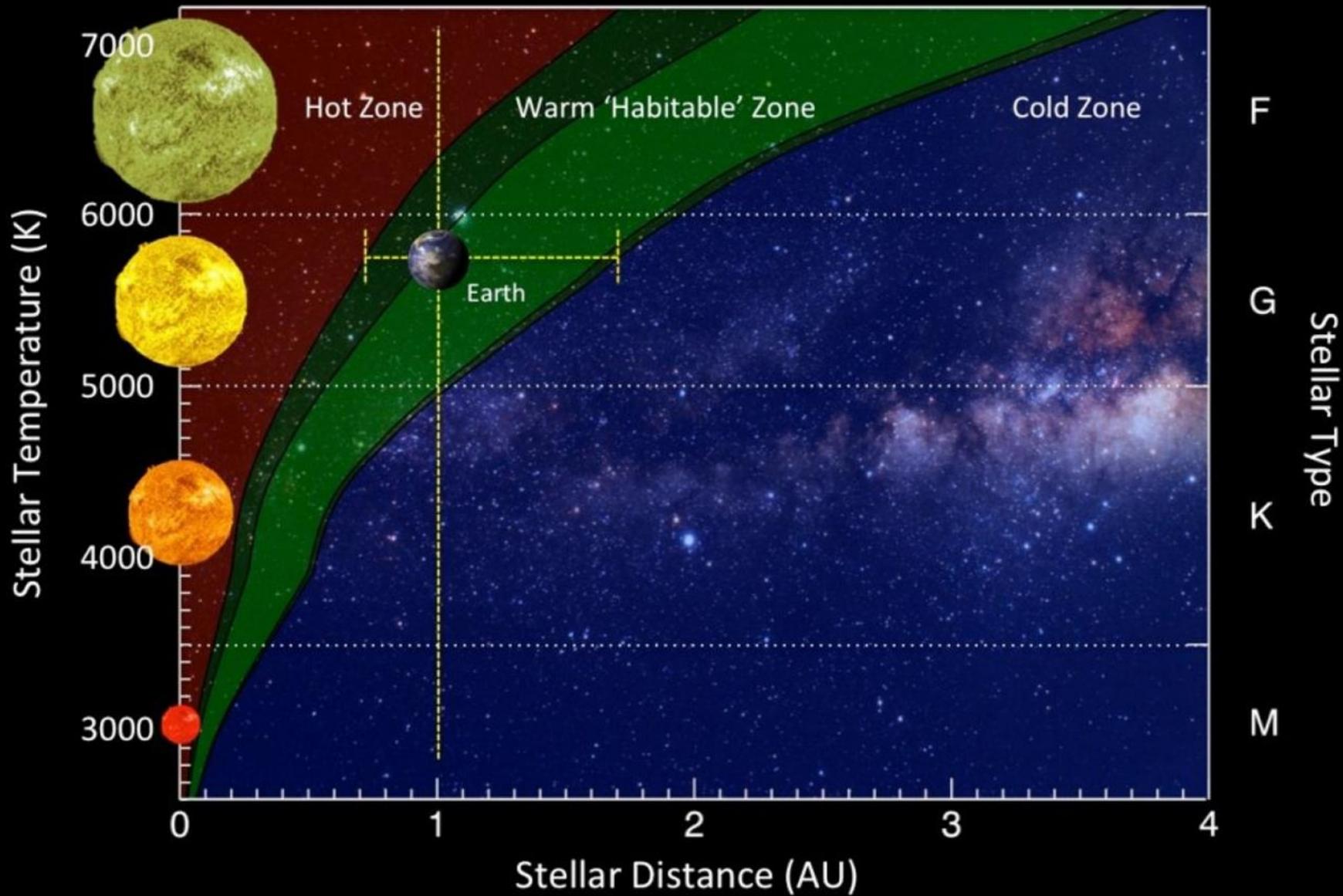
Dopplereffekt bei Sternen

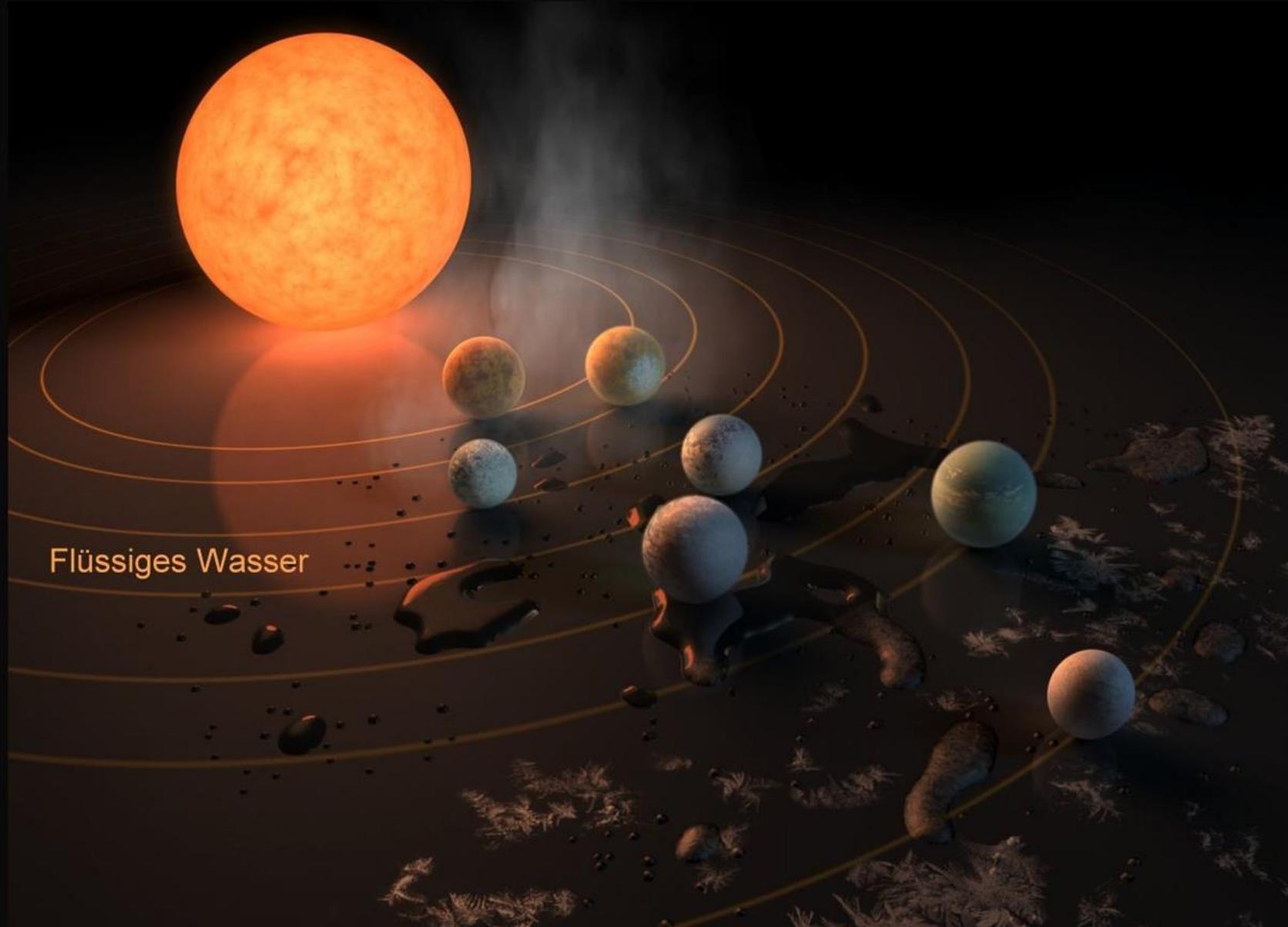


Radialgeschwindigkeitsmethode

Exoplanet Populations



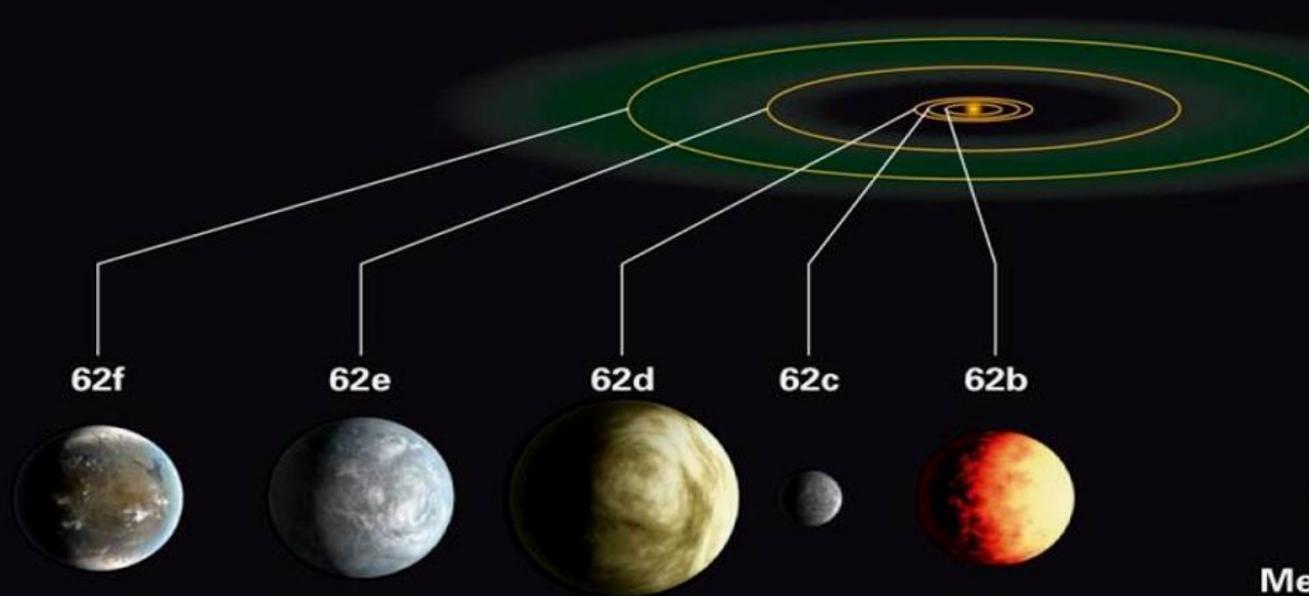




Flüssiges Wasser

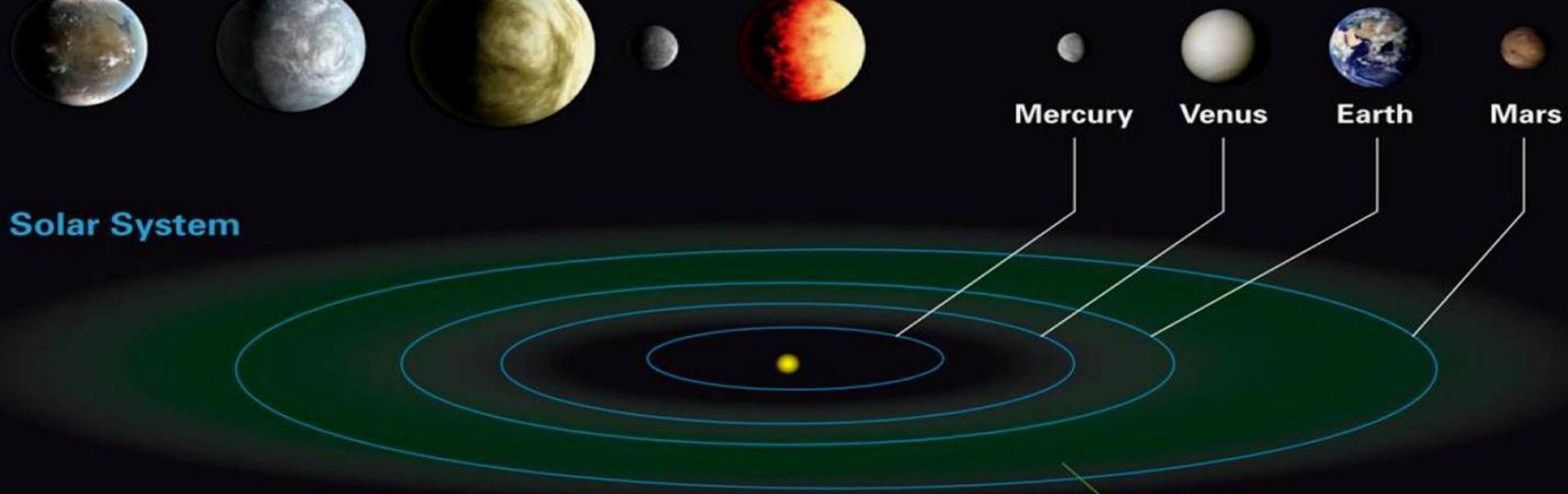
Kepler-62-System

Habitable Zone



Solar System

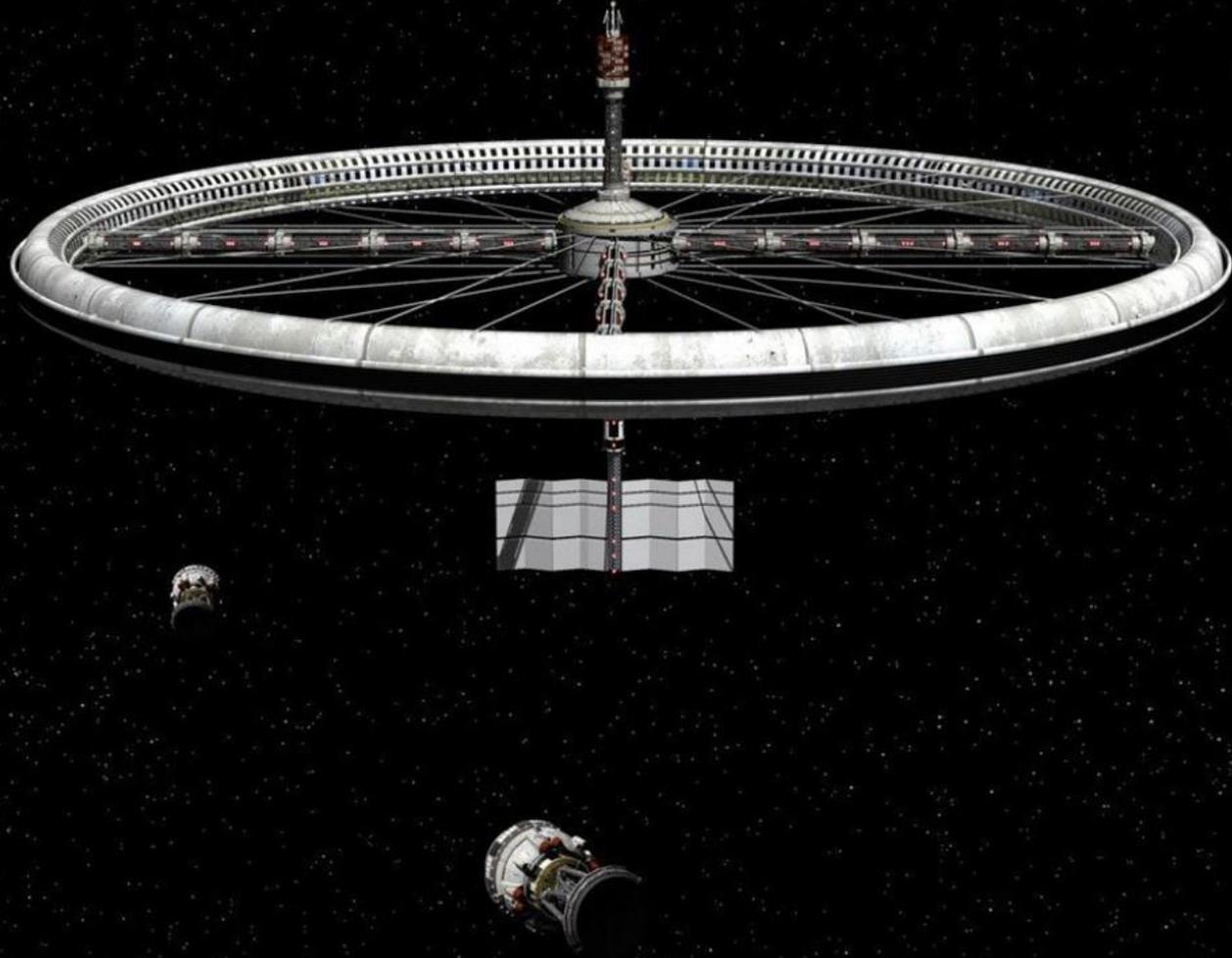
Habitable Zone



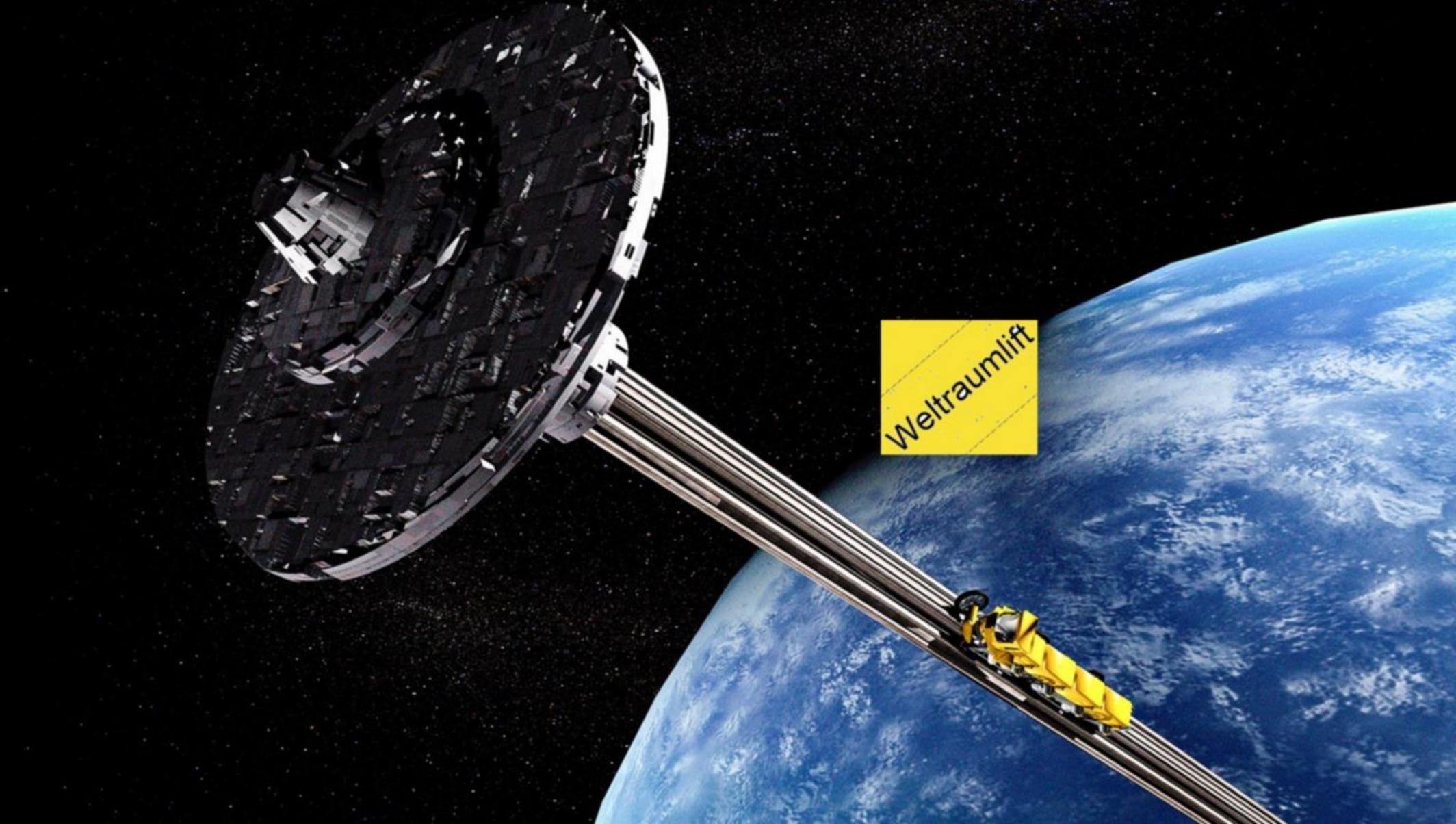
Wir schreiben
das Jahr 2070



Zukunft der Raumfahrt

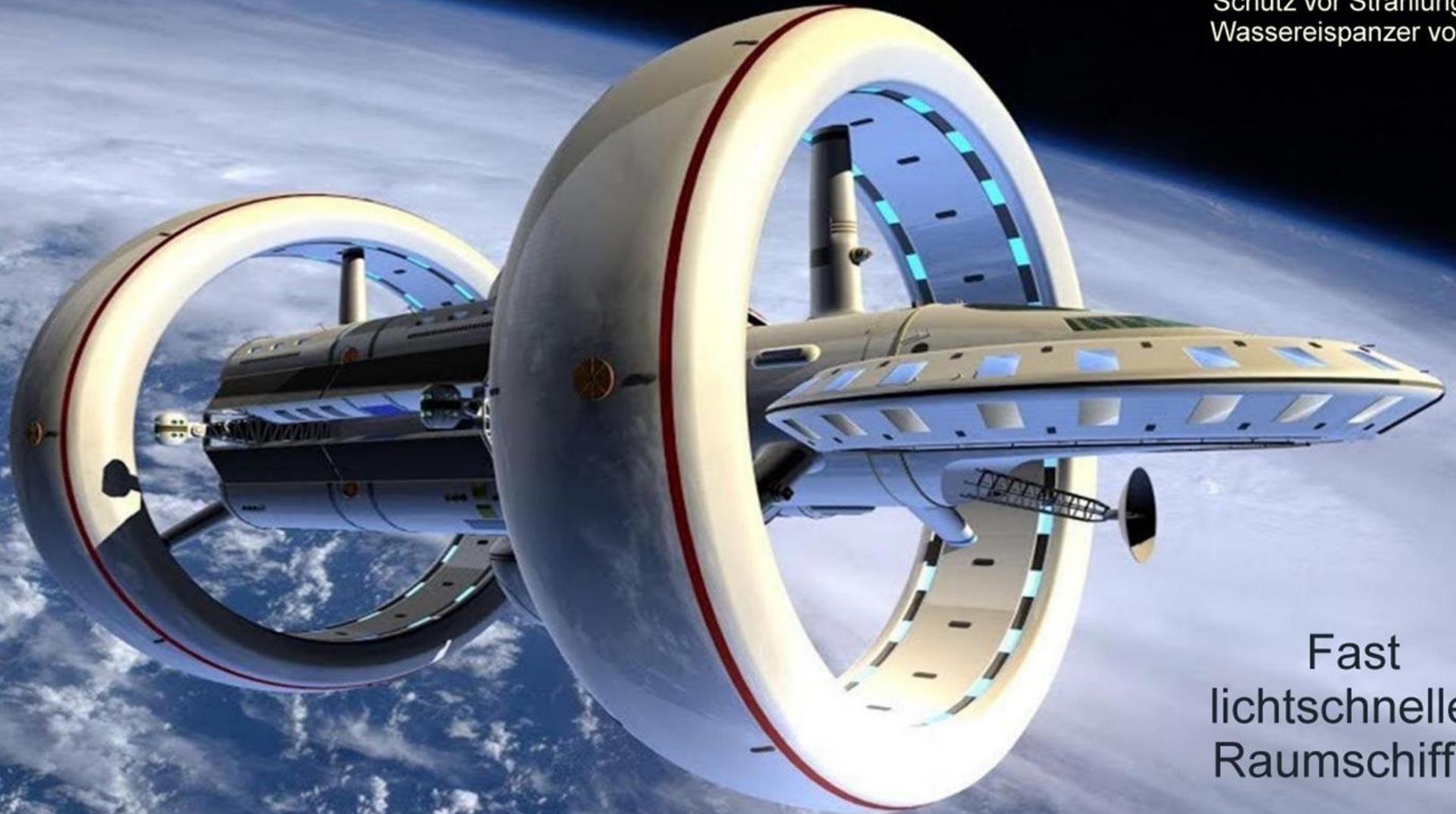


Zentrifugalkraft
erzeugender Torus



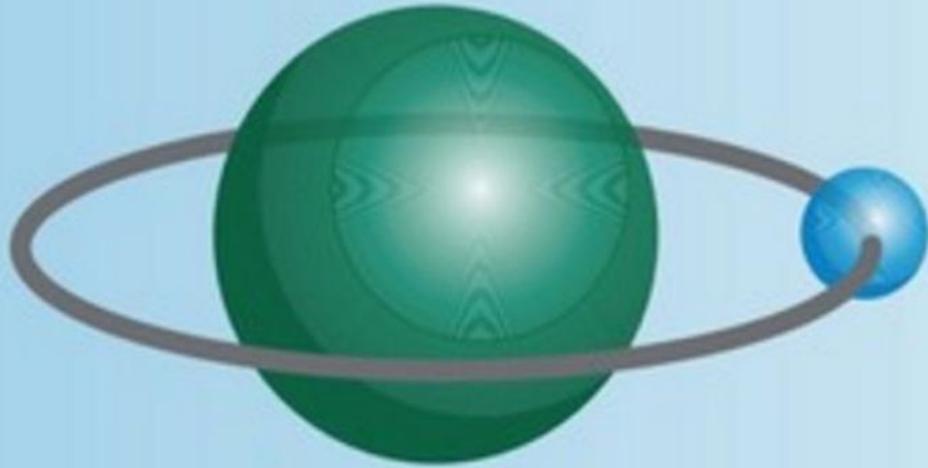
Weltraumlift

Schutz vor Strahlung durch
Wassereispanzer vor Bug ?

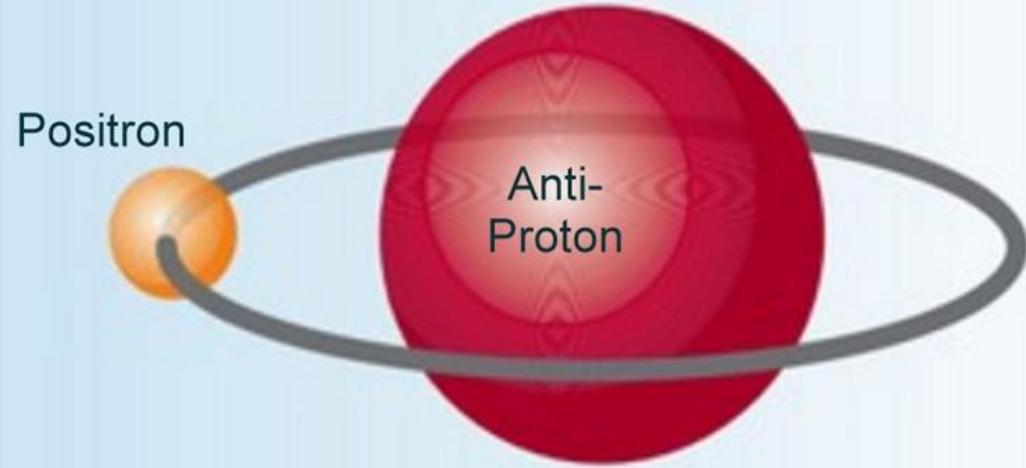


Fast
lichtschnelles
Raumschiff ?

Wasserstoff



Antiwasserstoff

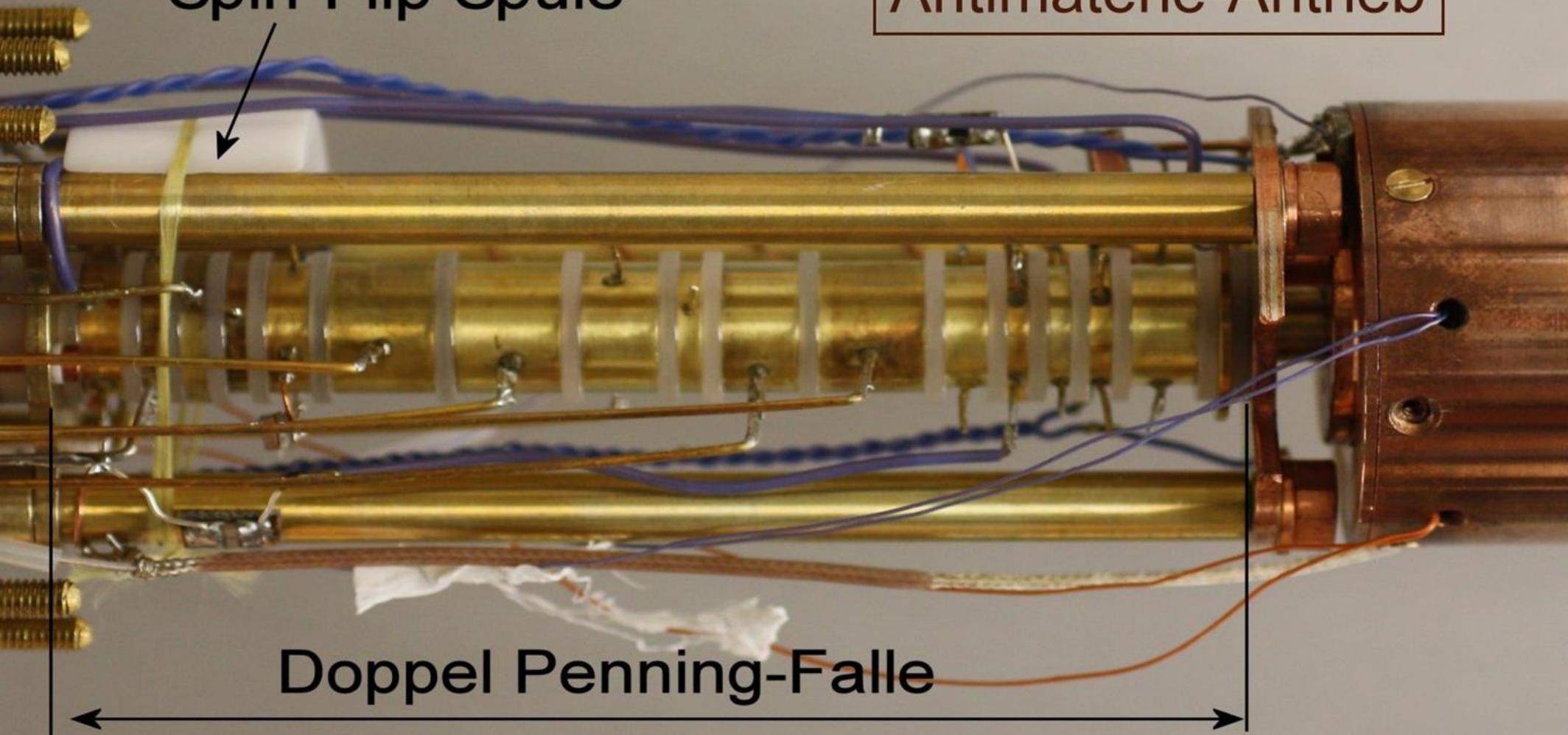


Antimaterie als Treibstoff für Raumschiffe

Spin-Flip Spule

Spekulativer
Antimaterie-Antrieb

Doppel Penning-Falle



Lorentzfaktor

$$T' = T \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Where:

T = Stationary time

V = Velocity

C = Speed of light

Gilt als Kehrwert auch für

- Zunahme der Masse
- Schrumpfung der Distanz zum Ziel

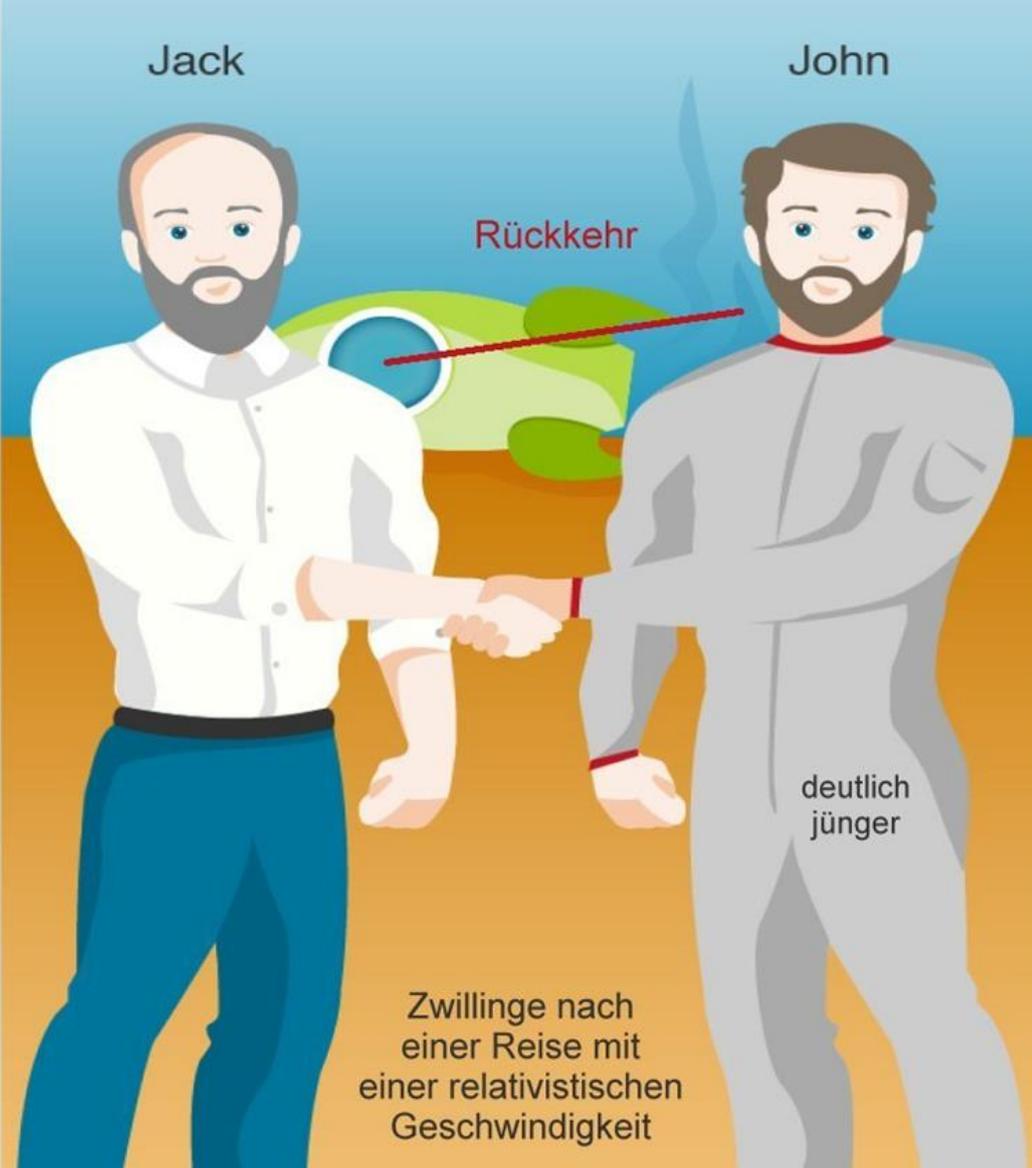
Jack

John



Jack

John



Rückkehr

deutlich
jünger

Zwillinge nach
einer Reise mit
einer relativistischen
Geschwindigkeit

Ein beim Start eine Million Tonnen wiegendes Raumschiff das schließlich mit 99,999999 % der Lichtgeschwindigkeit fliegt

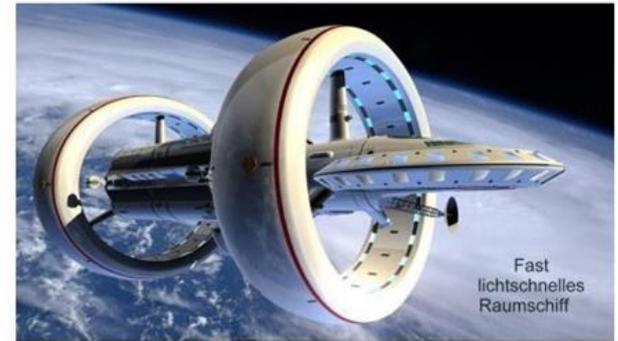


- wiegt dann 7 Milliarden Tonnen
- und muss nur noch knapp 360 statt 2,5 Mio. Lichtjahre weit fliegen

Ziel:
Andromeda-
Galaxie

Herausforderungen:

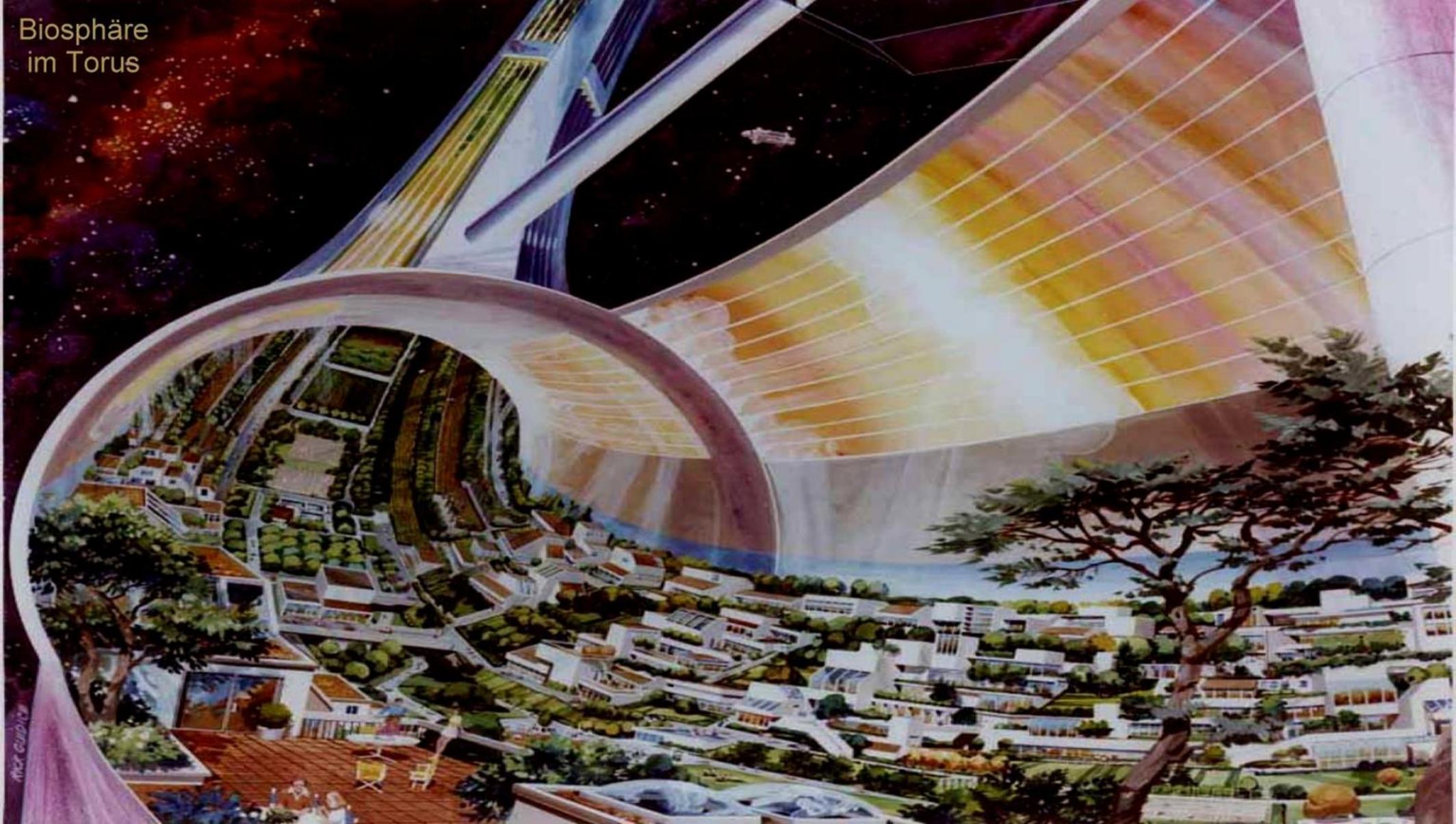
- beschleunigen von mehr Masse
- Weltraumstrahlung viel energiereicher



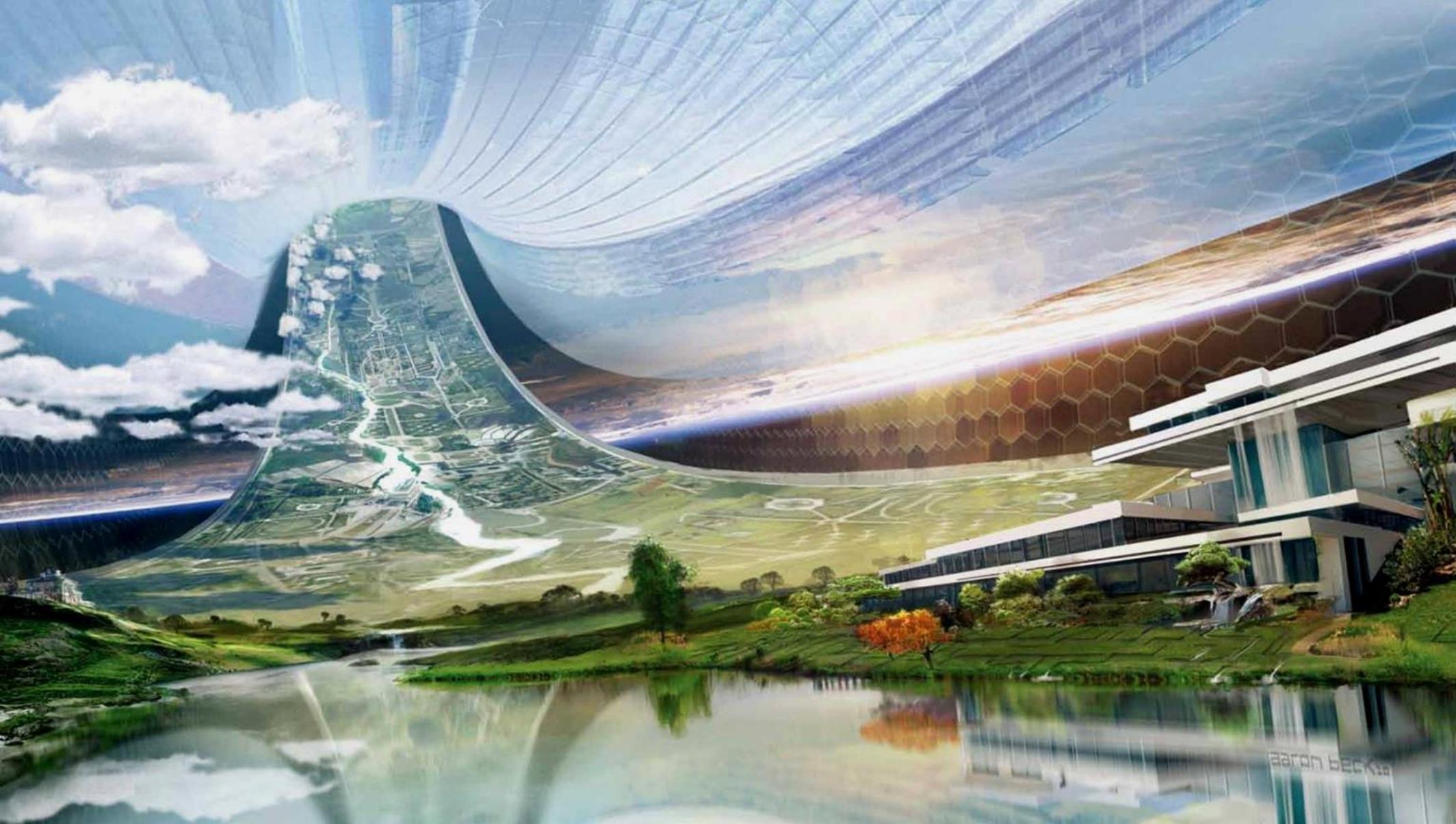


Asteroid als
Raumschiff

Biosphäre
im Torus



André Gaudin



aaron beckia



DAS EMBRYONENSCHIFF

Gefrierfächer, künstliche Gebärmutter,
Großziehen durch Androiden-Eltern



Künstliche Gebärmutter



Aufgetaute Kryonauten

im Film
Passengers





ALCOR
EXTENSION
FOUNDATION
SINCE 1972
www.alcor.org

ALCOR
LIFE EXTENSION
FOUNDATION
SINCE 1972
www.alcor.org

Kryonik

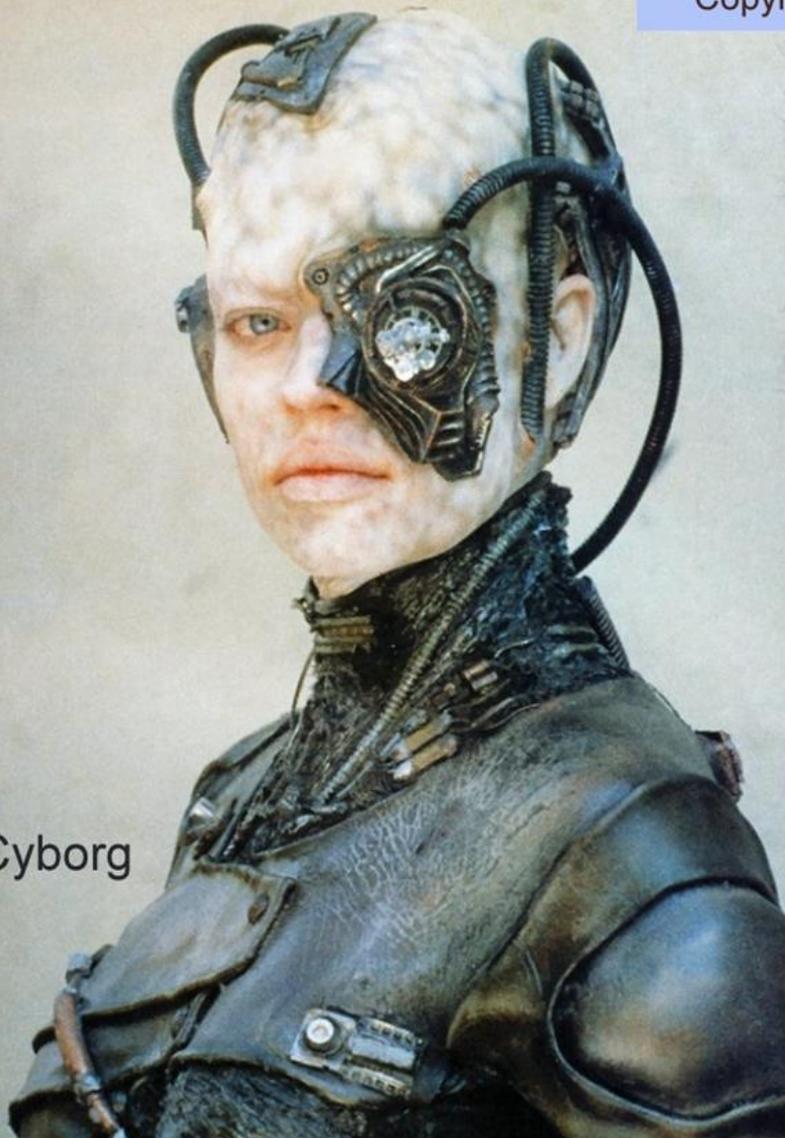


Mehrgenerationenschiff

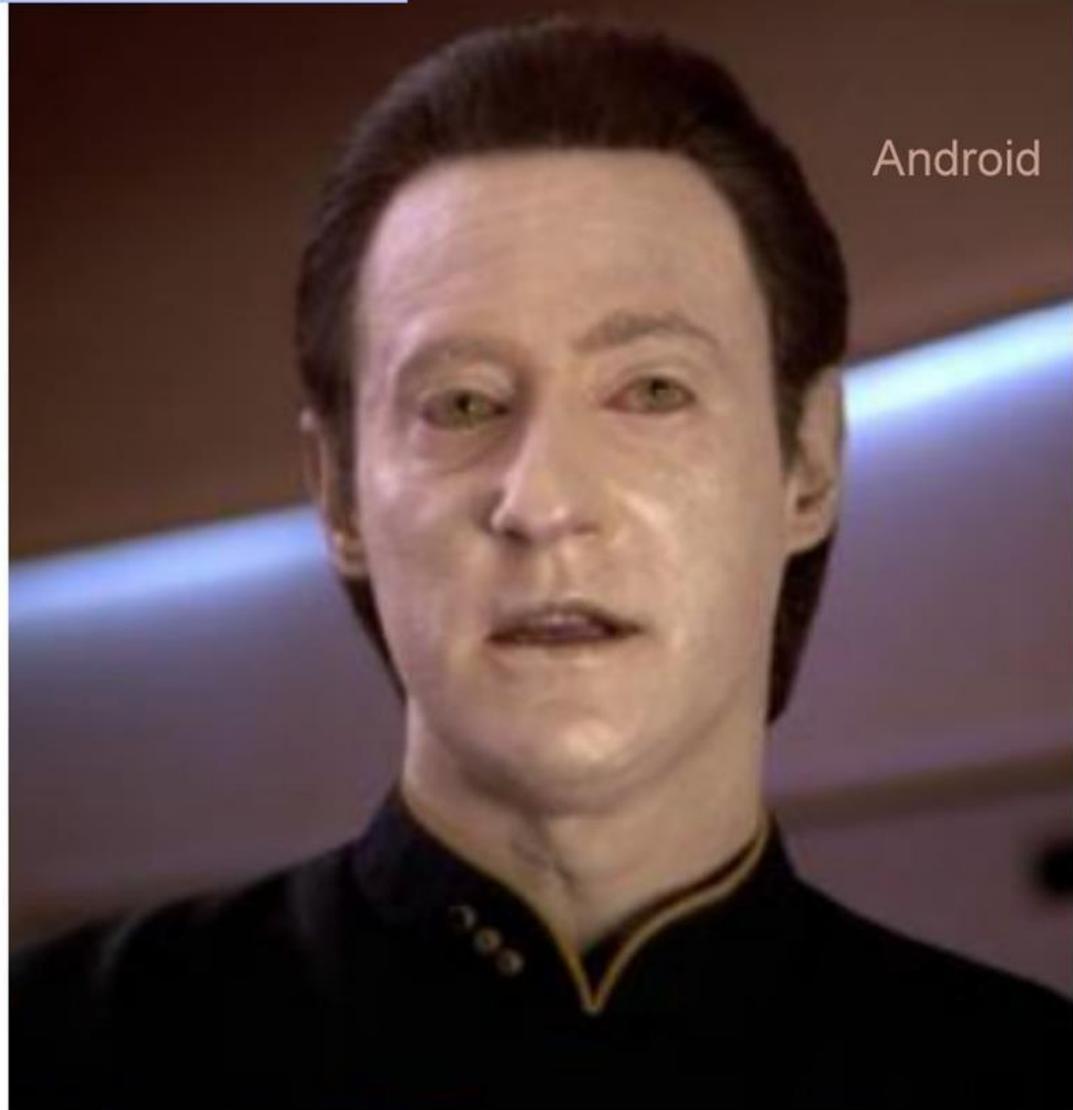


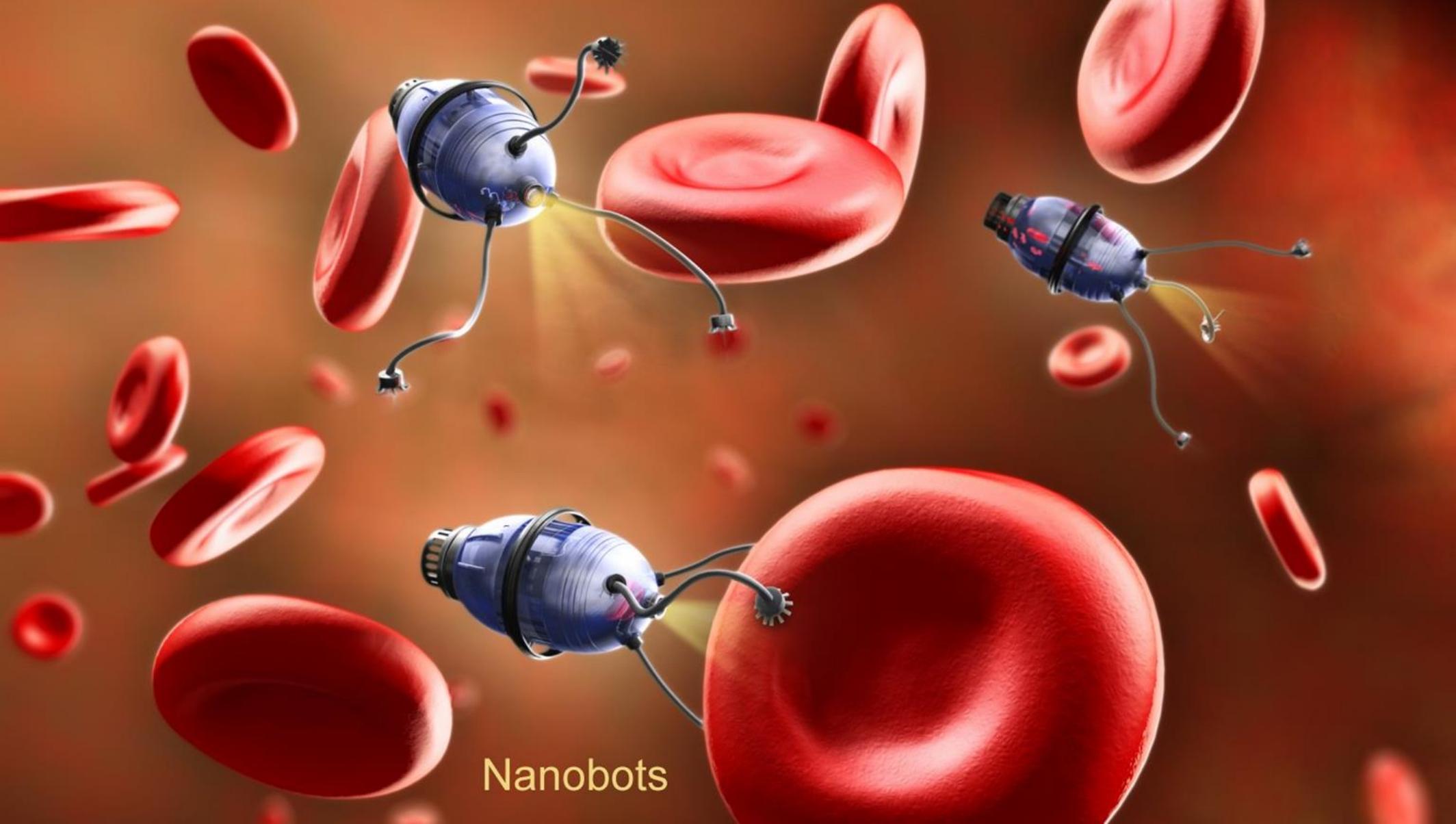
Methusalemschiff

Cyborg

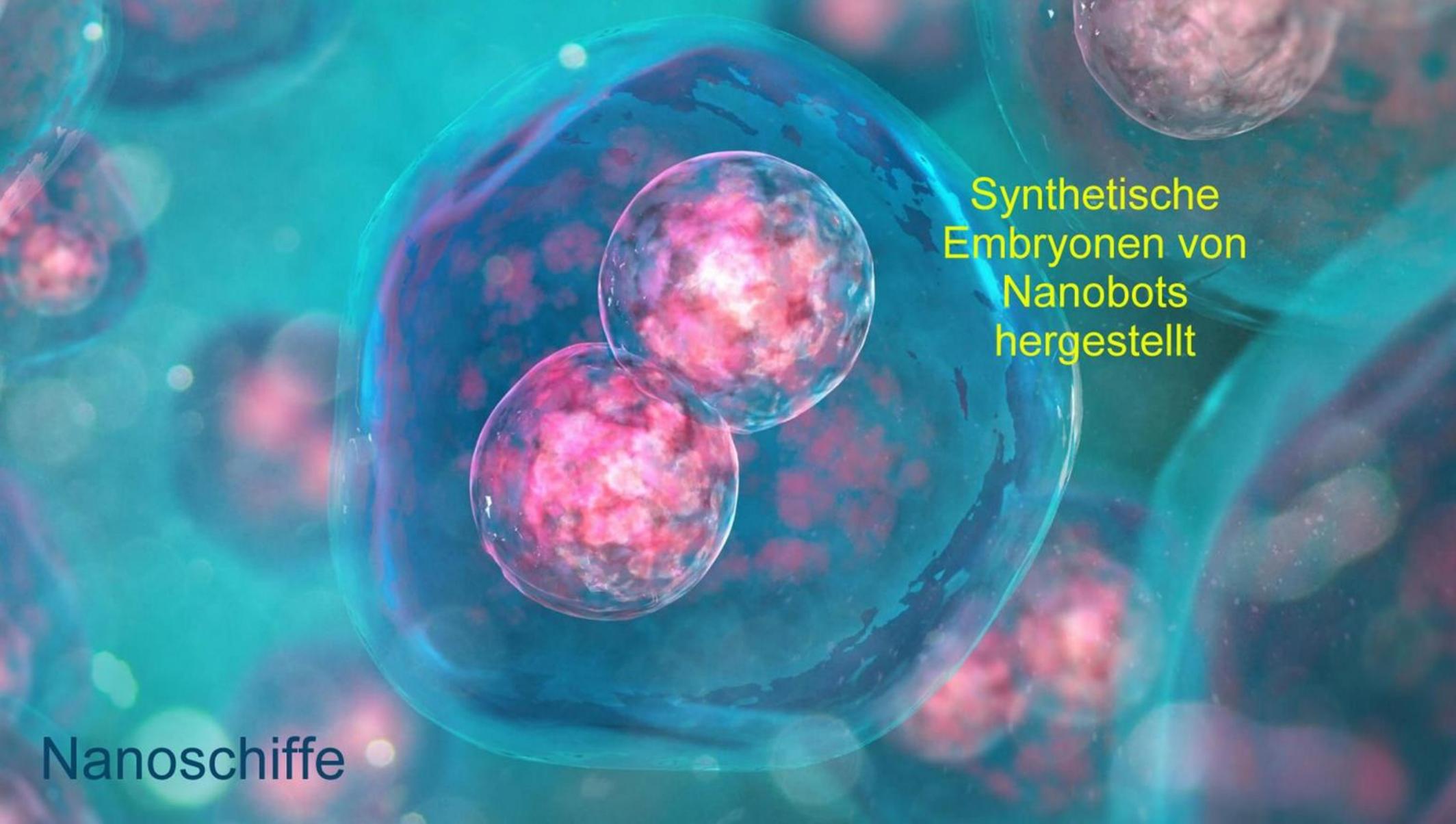


Android



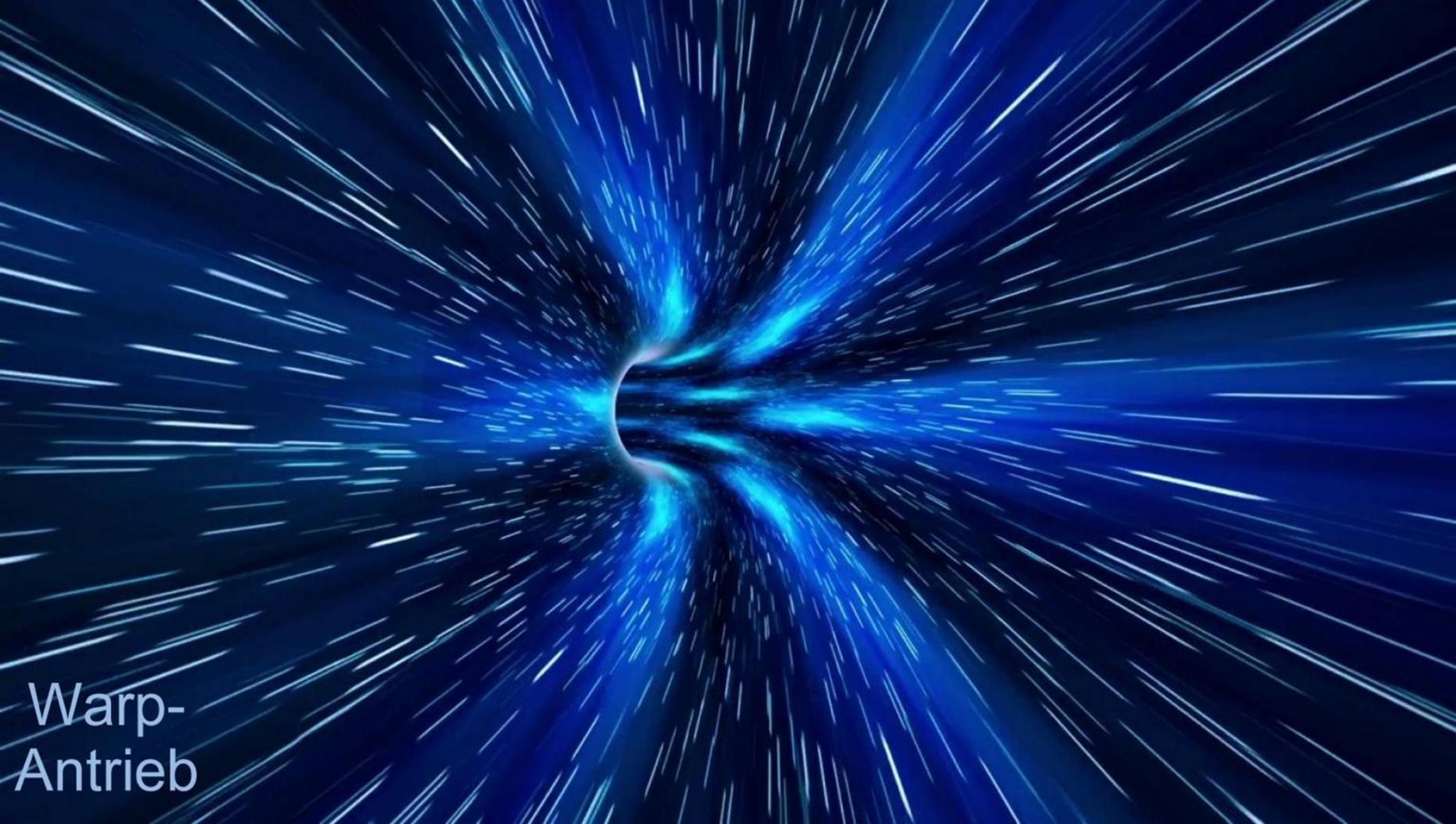


Nanobots

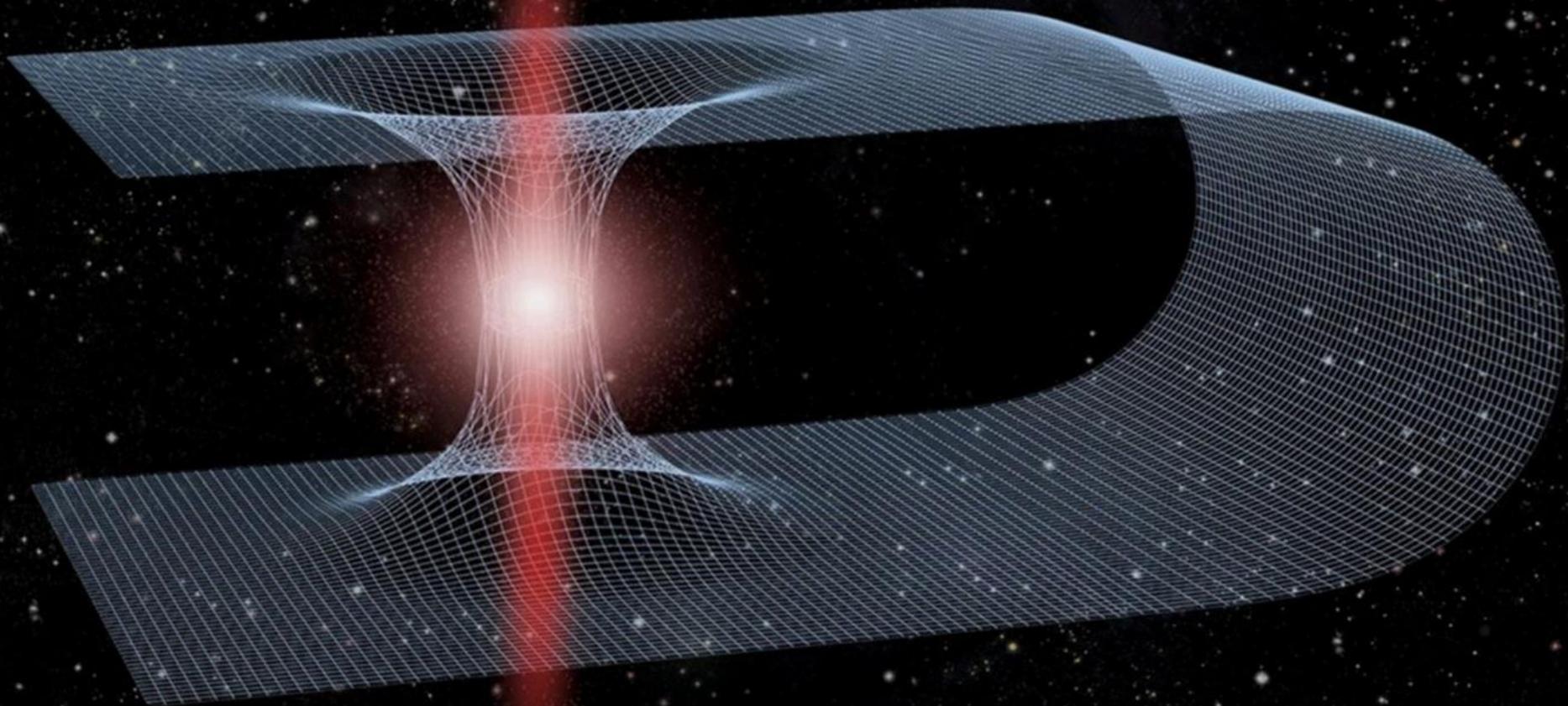


Synthetische
Embryonen von
Nanobots
hergestellt

Nanoschiffe



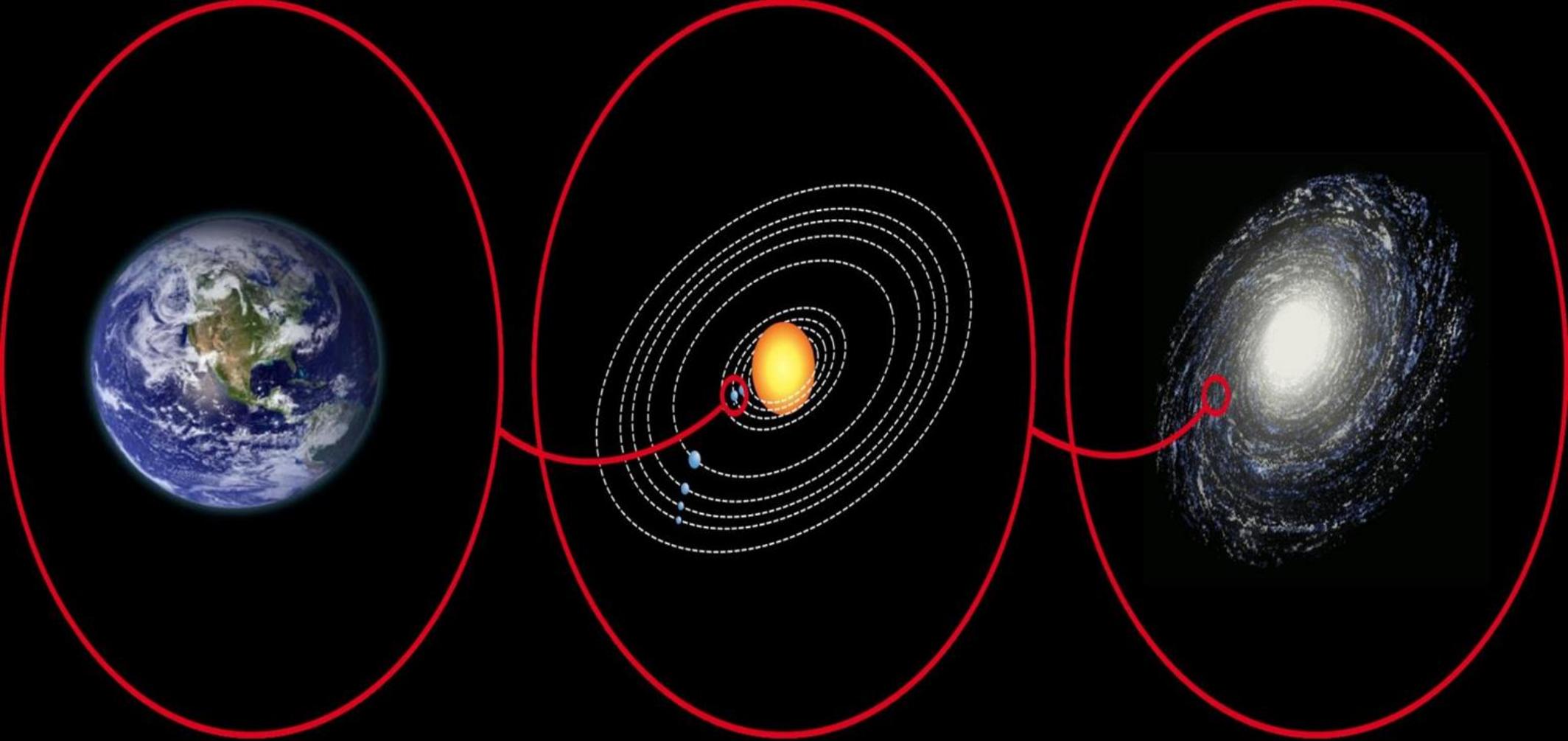
Warp-
Antrieb



Hypothetisches Wurmloch



Künstliches Wurmloch



Kardaschow-Skala I bis III



Type I

Capable of controlling the entire energy of its planet



Type II

Capable of controlling the entire energy of its host star and travels through the solar system



Type III

Capable of controlling the energy at the scale of its entire host galaxy.



Type IV

Capable of using energy at the scale of the universe. (Create galaxies, manipulate spacetime)



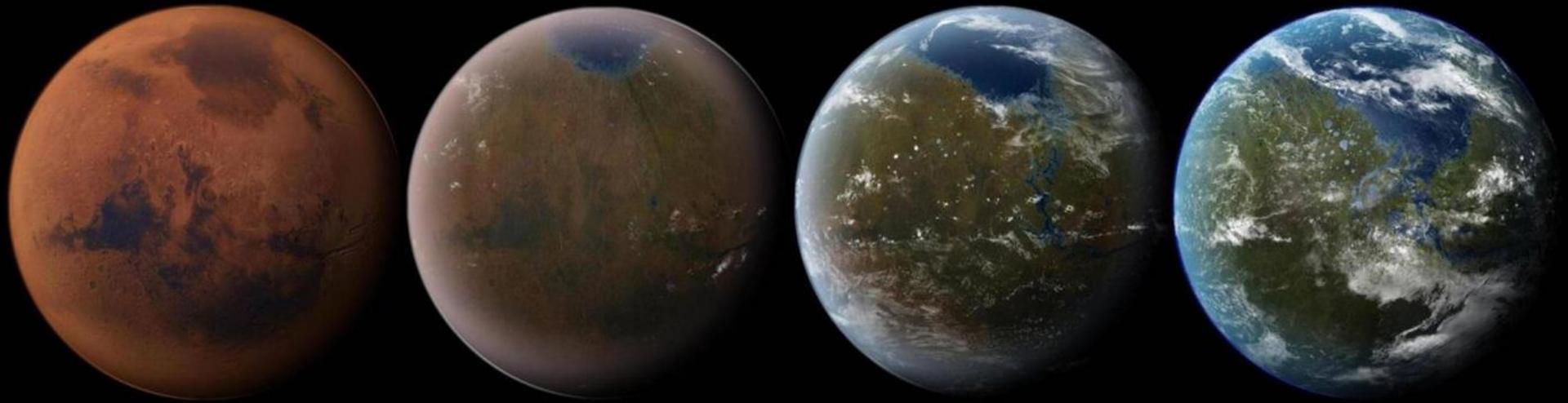
Type V

Capable of using energy at the scale of the multiverse (travel to parallel universes and simulate universes)

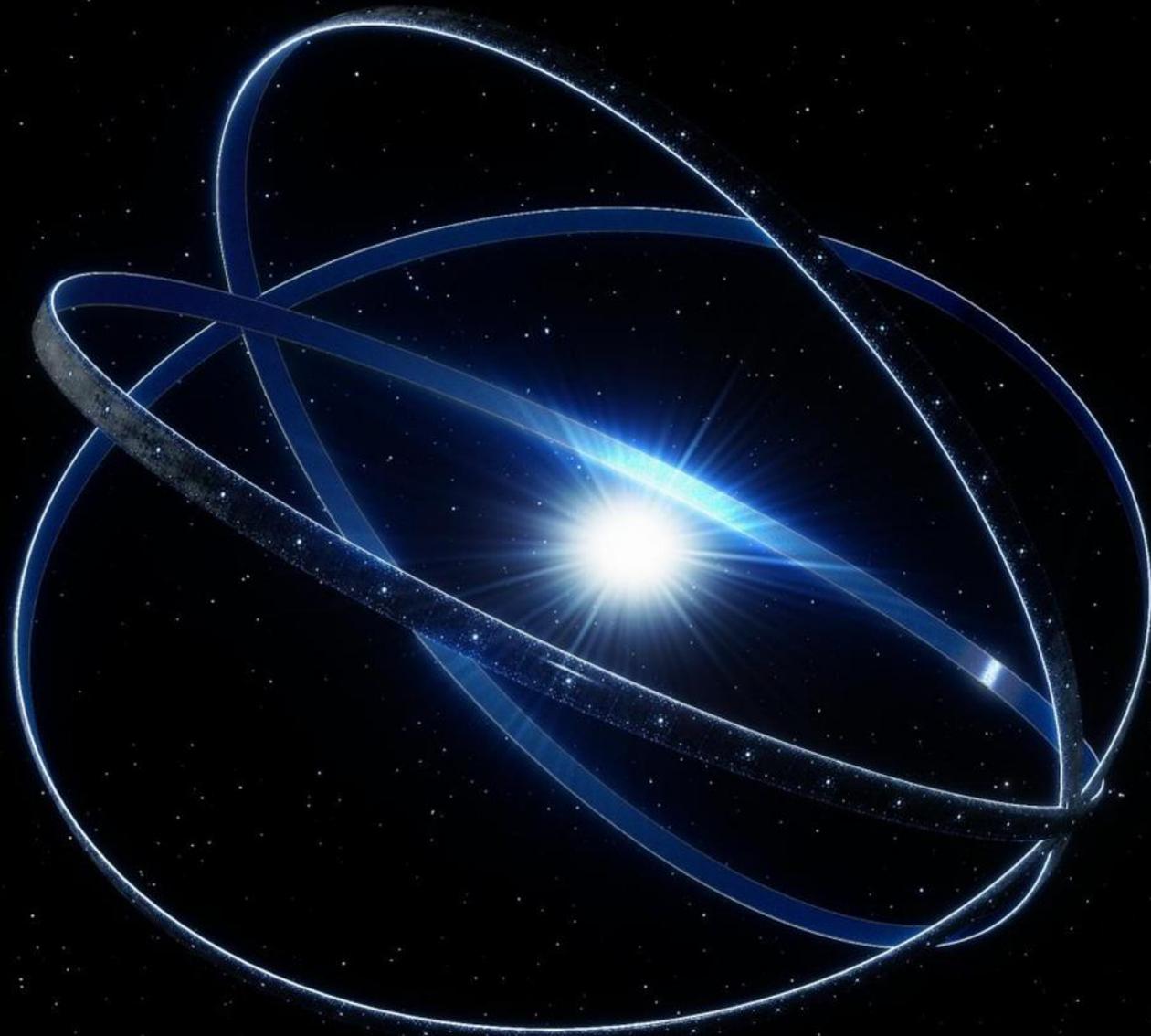


Type VI

Civilization that exists beyond time and space, or in higher dimensions. (Creates and destroys multiverses)

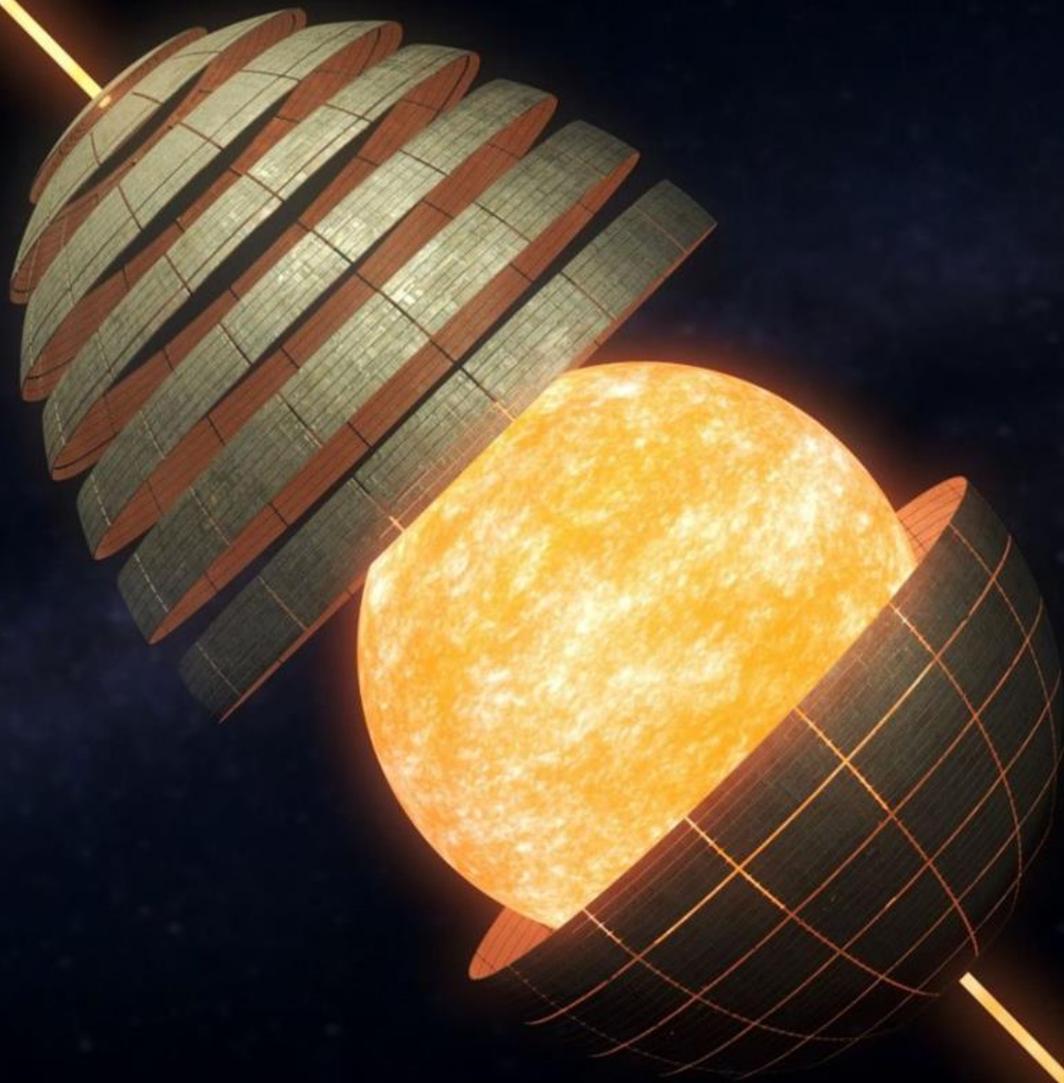


Terraforming



Dyson-
Ringe

Dyson-
Sphäre



Paula, das Proton – Eine Autobiografie

meet.matt.browne@gmail.com

Ein unterhaltsames Sachbuch für Wissenschaftsfans

Matthias Brust-Braun alias Matteo Blocher – Datum: 8.10.2024



Zitat: Hat der Wasserstoff ausreichend Zeit, verwandelt er sich in Menschen (Edward R. Harrison)

Klappentext: »Kurz nach dem Urknall erblickt Paula das Licht der Welt. Als Proton wird sie Zeugin eines gewaltigen kosmischen Schauspiels, in dem tief in den Sternen und bei Supernova-Explosionen neue chemische Elemente entstehen. Paulas Odyssee führt sie quer durch das Universum, wo sie der Anziehungskraft eines gigantischen Schwarzen Lochs nur knapp entkommt. Schließlich erreicht sie, zusammen mit ihren Sauerstoff-Weggefährten, die junge Erde – einen Planeten, auf dem sich aus unbelebter Materie allmählich das Leben formt. Als Teil verschiedenster chemischer Verbindungen durchwandert Paula sämtliche geologischen Epochen und verfolgt die Evolution von den ersten primitiven Mikroben hin zu komplexen Lebewesen, die später den blauen Planeten bevölkern. In einer ebenso humorvollen wie fesselnden Erzählung schildert sie die Geschichte der Menschheit und hebt deren monumentale Errungenschaften hervor.

Anschließend nimmt Paula die Leserinnen und Leser auf eine spannende Expedition in die ferne Zukunft mit. Wohlwissend, dass jeder Stern vergänglich ist, wagt sich die Menschheit weit über die Grenzen des Sonnensystems hinaus. Paulas Autobiografie ist nicht nur eine Chronik ihrer außergewöhnlichen Reise, sondern auch ein faszinierendes Big-History-Buch. Sie bietet einen Schatz an amüsanten und tiefgründigen Einblicken in die Bereiche der Physik, Chemie und Biologie, erzählt aus der unvergleichlichen Perspektive eines Protons.«