



Keine Welt ohne explodierende Sterne

Bruno Leibundgut
Europäische Südsternwarte
(ESO)

**Man muss den Flüssen trauen. Sie verschwenden
sich jeden Zentimeter neu. Und weder Zeit
noch Dummheit kann das Fließen je beenden.
Und auch die Wolken sind zu neuem Flug bereit**

**und sterben nie. Ich will nach oben,
wo mich das Unfaßbare härter streift.
Es ist ganz klug, die Götter erst zu loben,
bevor man sie sich endlich greift.**

**Konstantin Wecker
Man muss den Flüssen trauen
Unordentliche Elegien
(1980)**

Alter der Alpen

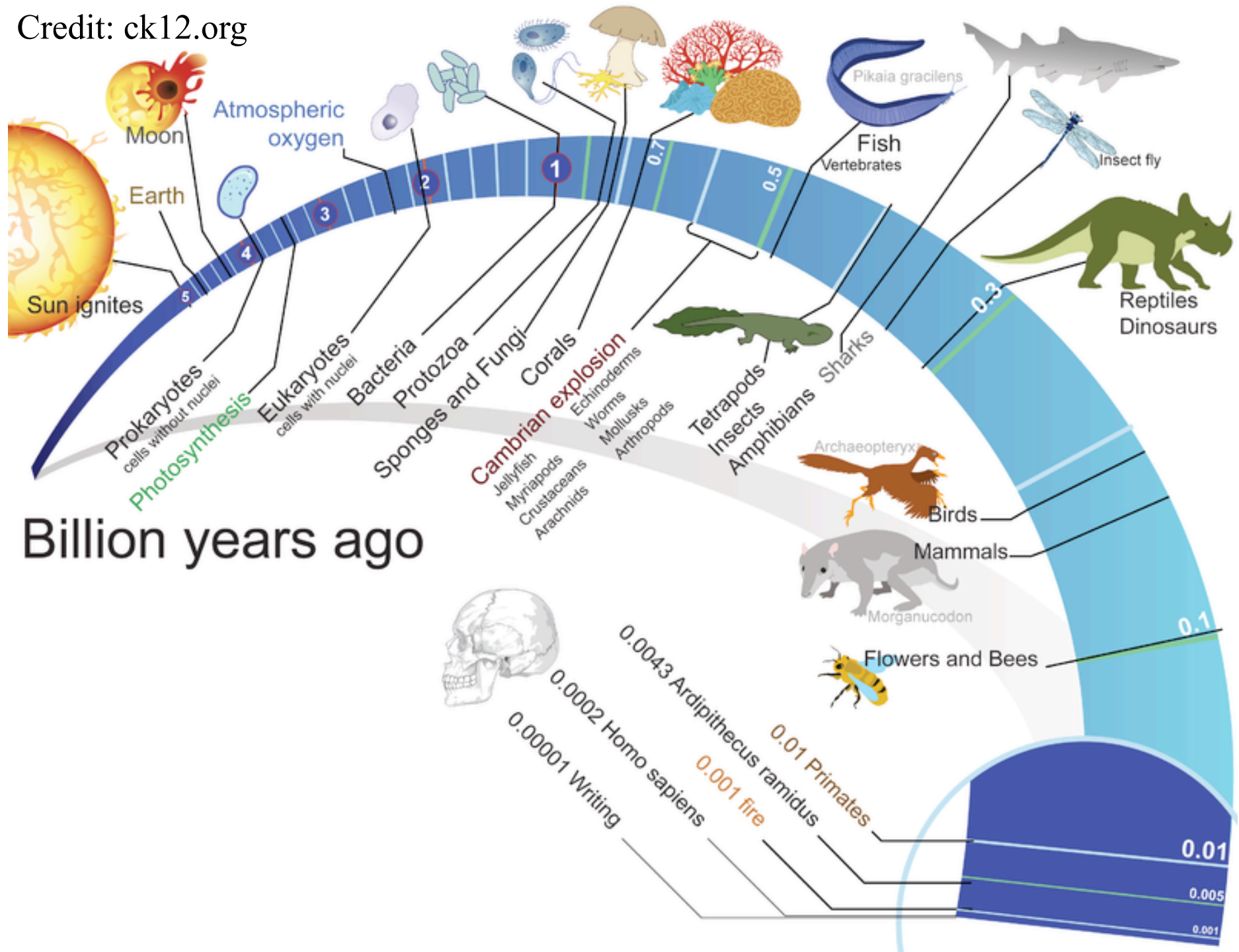
Entstanden vor etwa 30 bis 35 Millionen Jahren



Dinosaurier haben die Alpen nie gekannt!

(vor 65 Millionen Jahren ausgestorben)

Credit: ck12.org



1. Januar:
Urknall

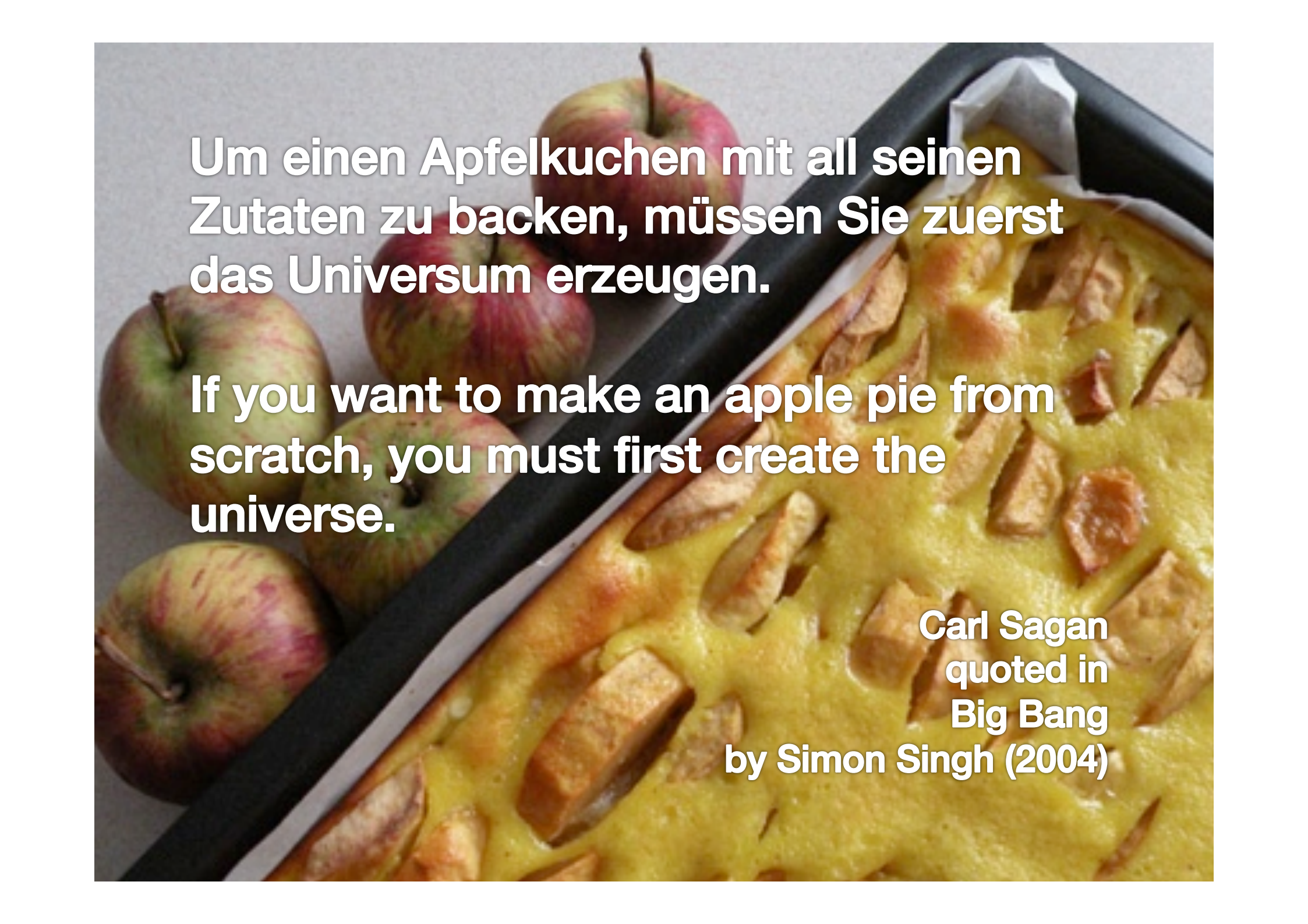
Die Milchstrasse
entsteht

Sonne und Planeten
entstehen

Erste
Einzeller

Erste mehrzellige
Lebewesen

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
December										
1	2	3	4	5	6	7				
8	9	10	11	12	13	14				
15 Kambrische Explosion	16	17 Erste Wirbeltiere	18 Erste Land- pflanzen	19	20 Erste vierfüssige Tiere	21 Insekten entwickeln sich				
22	23	24 Erste Dinosaurier erscheinen	25 Die ersten Vorgänger der Säugetiere	26	27 Erste bekannte Vögel	28				
29 Dinosaurier sterben aus	30	31 23:54 Moderne Menschen (homo sapiens) erscheinen 23:59:45 Erfindung der Schrift 23:59:50 Pyramiden in Ägypten werden gebaut 23:59:59 Galileo beobachtet den Himmel mit einem Fernrohr								



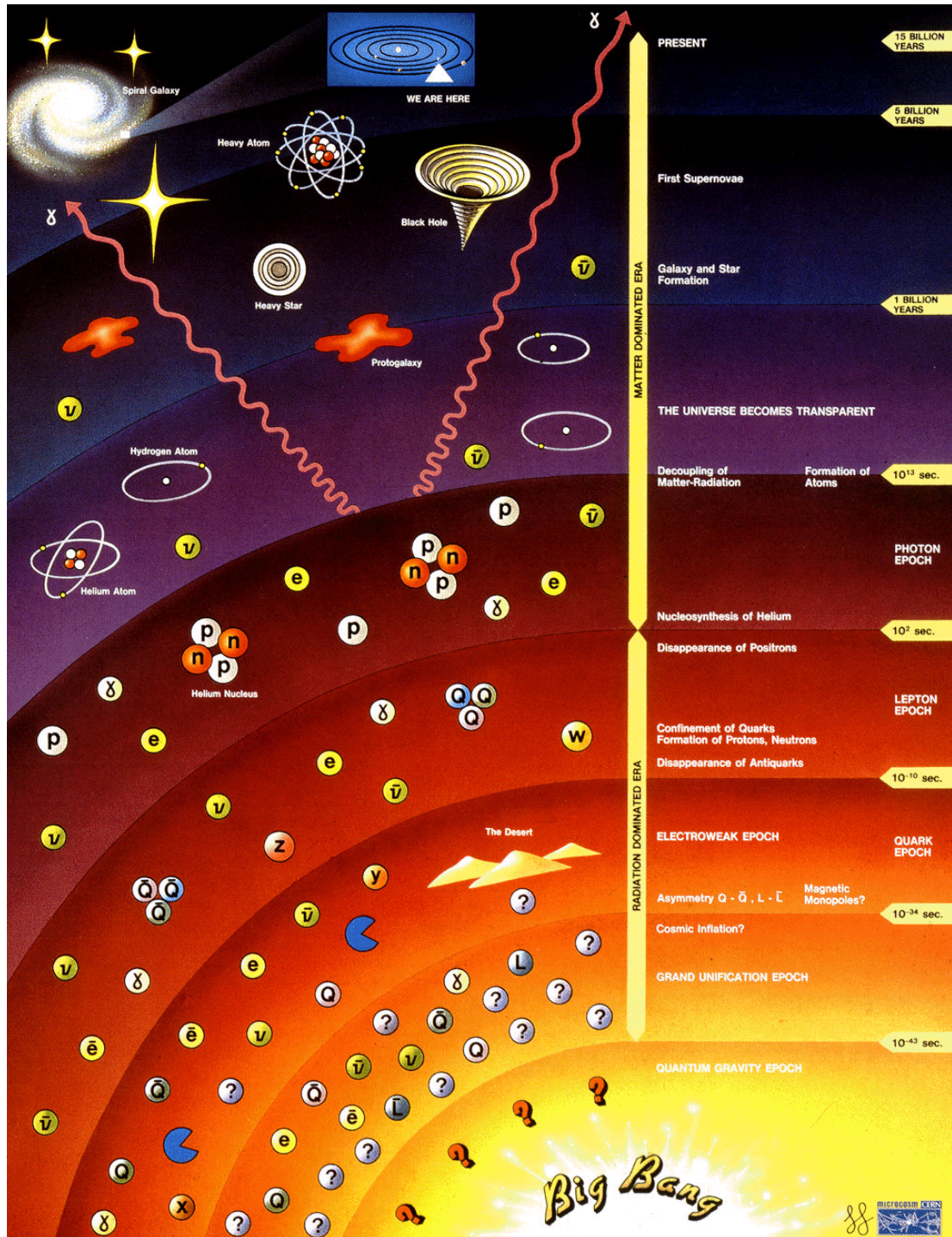
**Um einen Apfelkuchen mit all seinen
Zutaten zu backen, müssen Sie zuerst
das Universum erzeugen.**

**If you want to make an apple pie from
scratch, you must first create the
universe.**

**Carl Sagan
quoted in
Big Bang
by Simon Singh (2004)**

Das ganze bekannte Universum (fast)



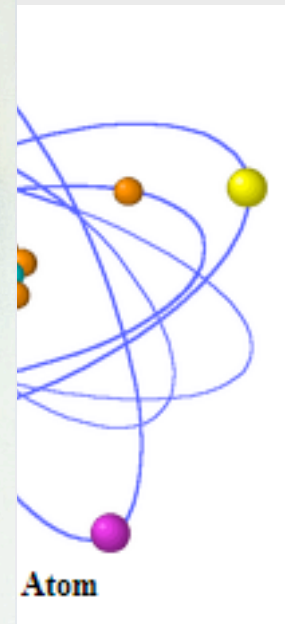
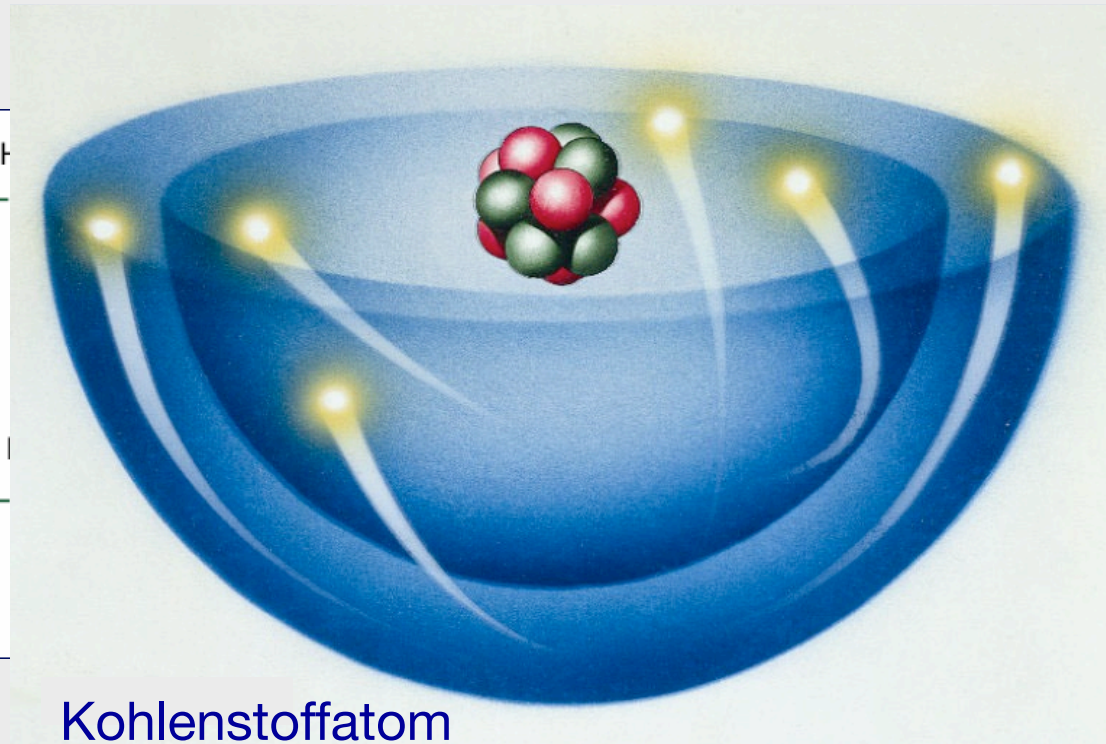
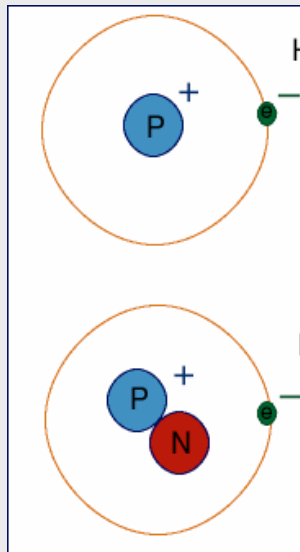


Wie kommt das?

- Elemente bestehen aus Elementarteilchen
- Quarks → **Protonen** und **Neutronen**
- **Elektronen**
- **Protonen** und **Neutronen** bilden **Atomkerne**
- Zusammen mit **Elektronen** bilden sie die **Atome**

Was sind Elemente?

- Eigenschaften der Atome





Ein Beispiel: Kohlenstoff

- Ein

- k



- Kohlenfaser
- Graphene
- Fullerenes (Buckyballs)

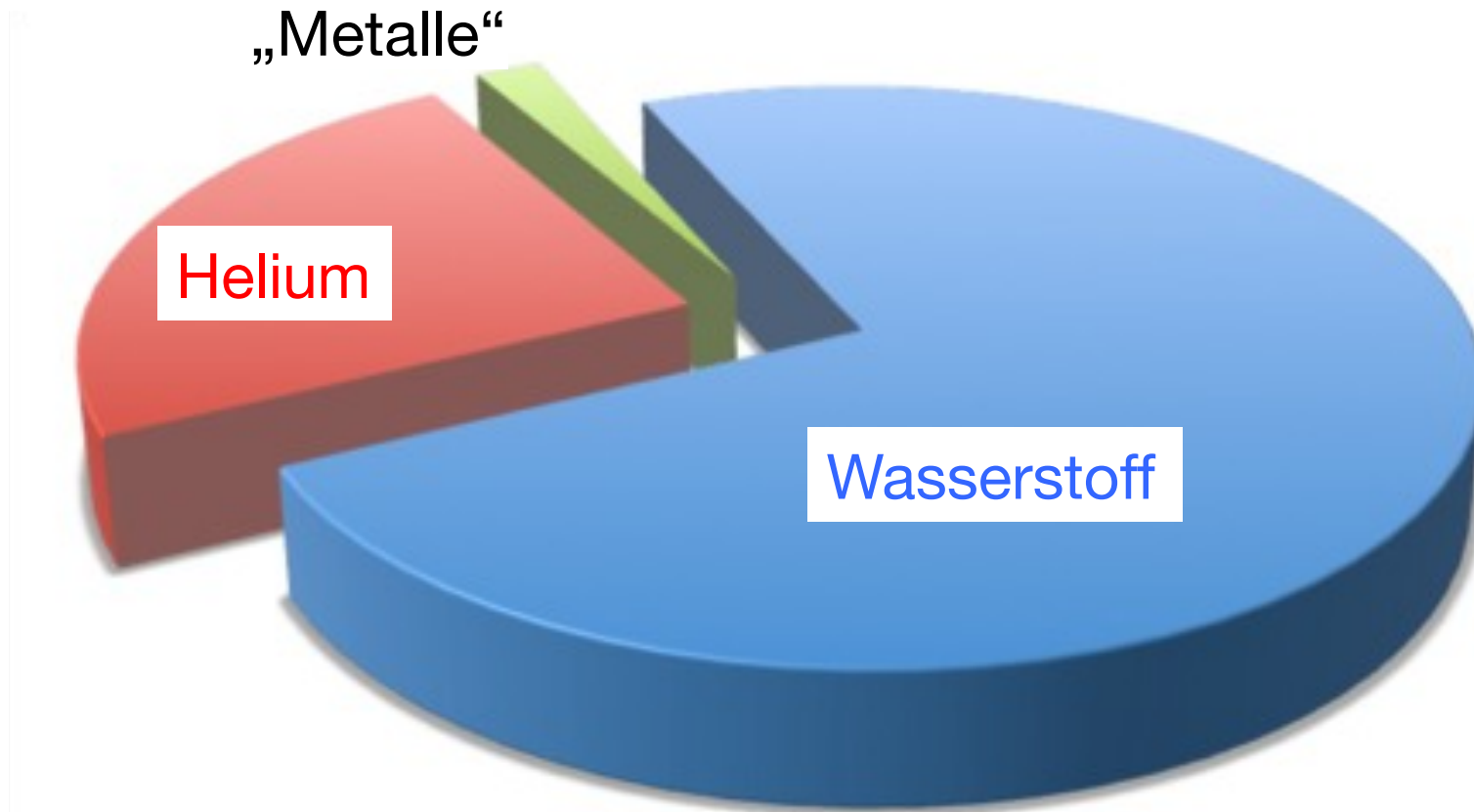


Die ersten drei Minuten

- Entstehung der Teilchen und der ersten Elemente im Urknall
- **Protonen** und **Neutronen** nach 0.0001 Sekunden
- **Elektronen** nach 4 Sekunden
- **Deuterium**
(**Proton** + **Proton**) nach 2 Minuten
- **Helium**
(2 **Protonen** und 2 **Neutronen**) nach 3 Minuten



Zusammensetzung des Universums



Damit kann noch kein Apfelkuchen gebacken werden!

Woher kommt der Rest?

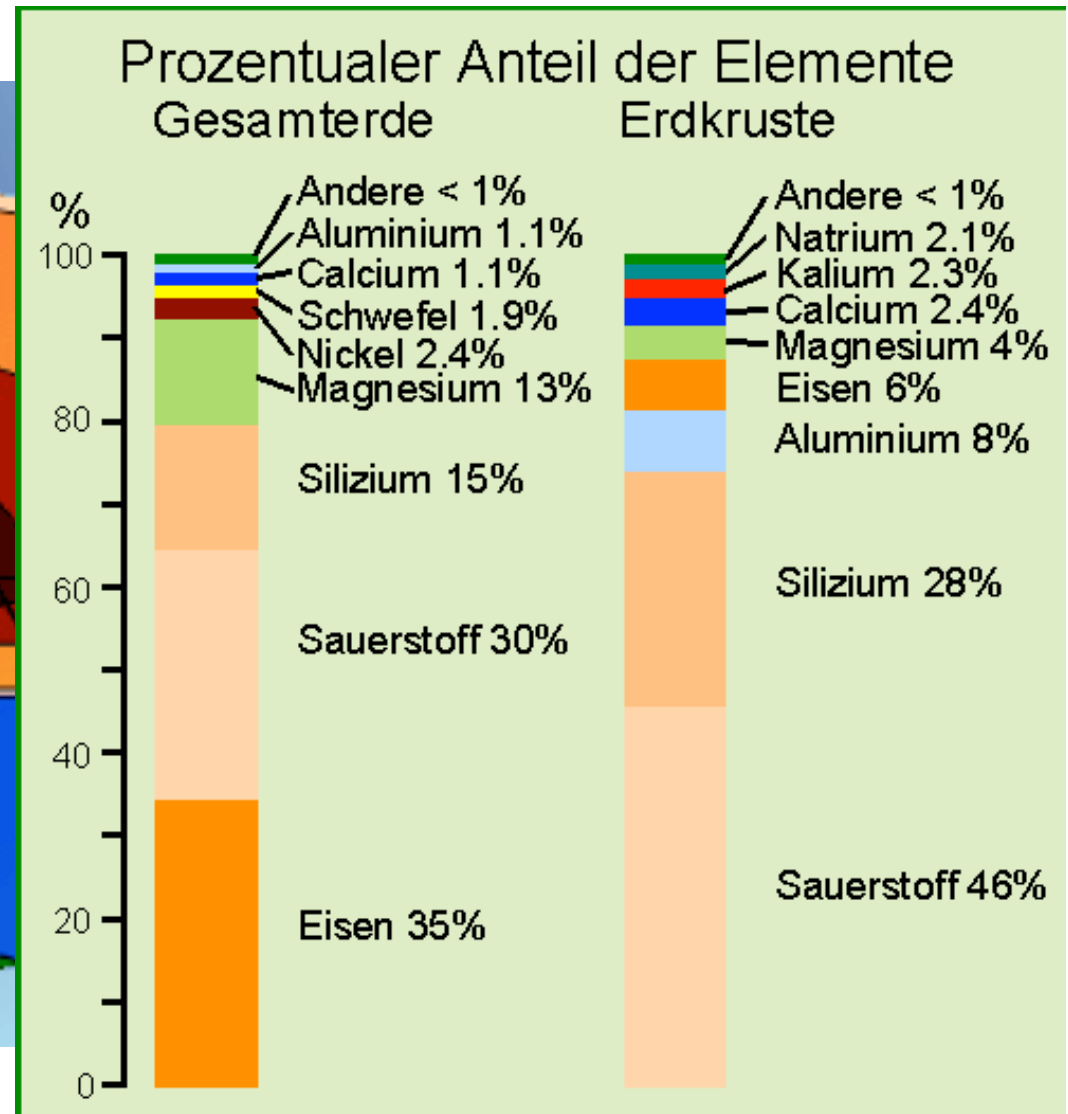
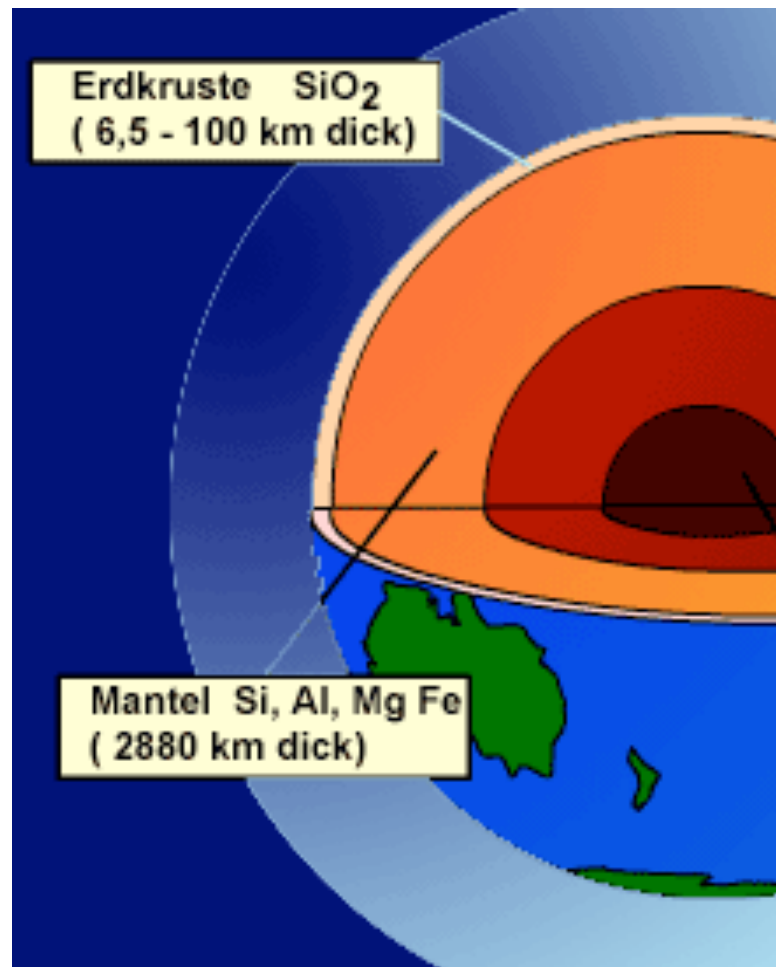
Periodic table of the elements

group	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
period	1*	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	(Uub)	(Uut)	(Uuq)	(Uup)	(Uuh)		(Uuo)
lanthanide series			6	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
actinide series			7	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Urknall

* Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).
 ** Numbering system widely used, especially in the U.S., from the mid-20th century.
 *** Discoveries of elements 112–116 and 118 are claimed but not confirmed. Element names and symbols in parentheses are temporarily assigned by IUPAC.

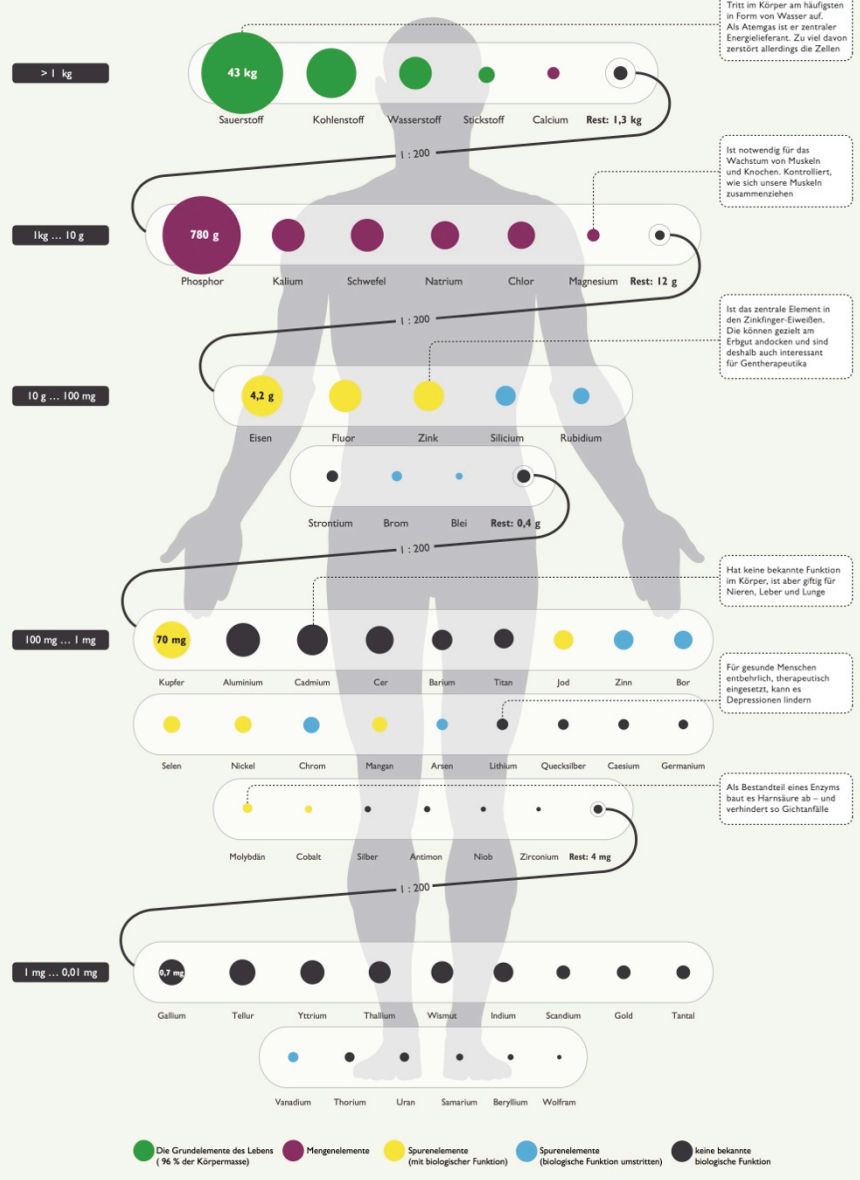
Chemische Zusammensetzung der Erde



Zusammensetzung des menschlichen Körpers

Bausteine des Menschen

Unser Körper ist ein Spiegel unserer materiellen Umwelt. Fast alle chemischen Elemente, die das Periodensystem kennt, stecken auch in uns. Manche sind lebensnotwendig, andere hingegen entbehrlich, viele überflüssig oder in größeren Dosen sogar giftig. Unsere Grafik zeigt, wie viel von jedem Element ein 70 Kilogramm schwerer Mensch im Durchschnitt enthält



THEMA: MEDIZIN

Die Themen der letzten Grafiken:

55 Laser

54 Bundespräsidenten

53 Psychotherapeuten

Wolfgang Gülker im Interview

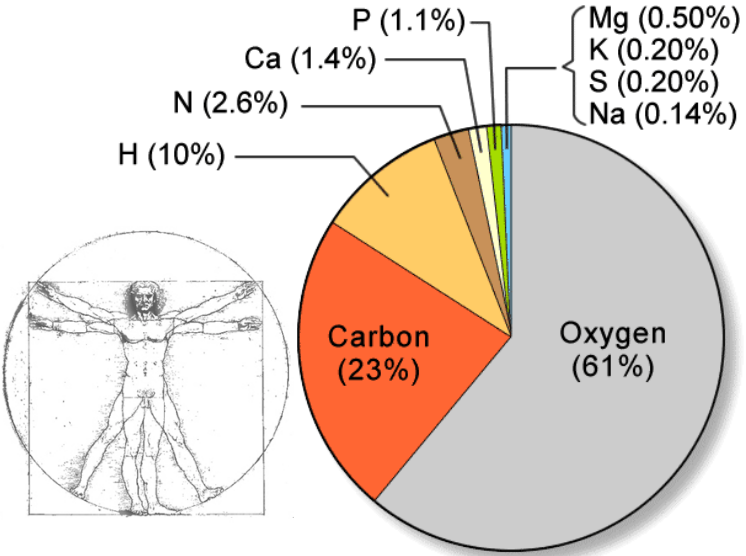
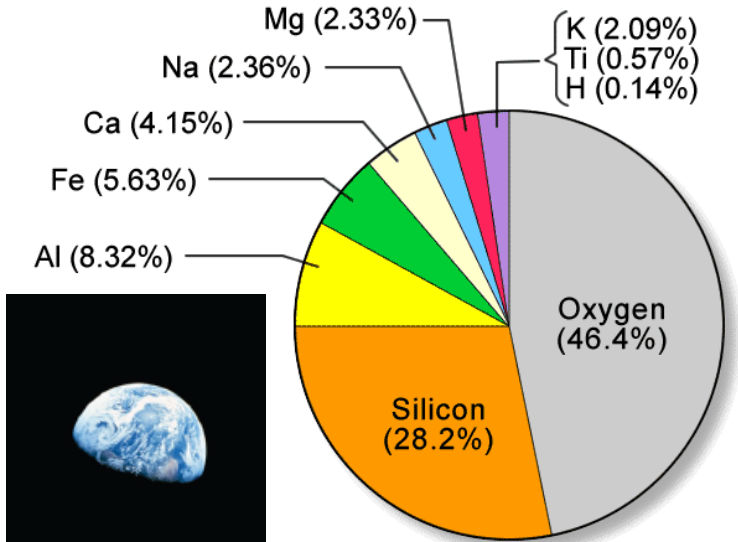
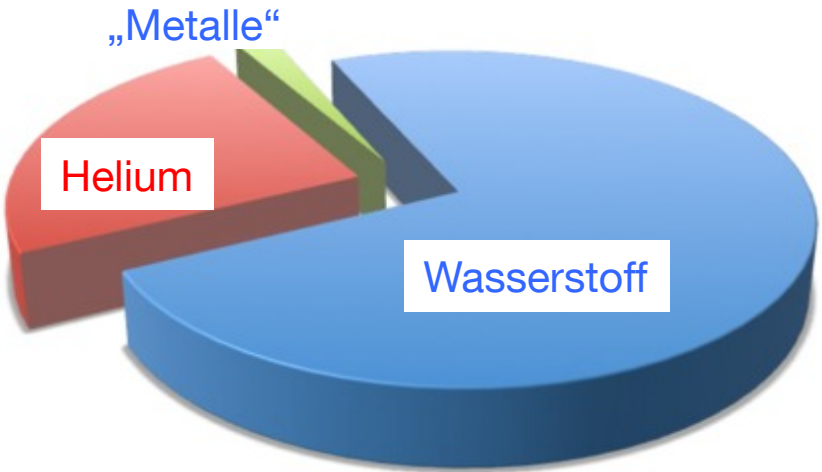
www.zeit.de/grafik

Illustration: David McCaslin, info@macaslin.com

Recherche: Hans Albrecht

Quelle: David The Elements, Oxford 1988; Körper: Enzyklopädie und Wörterbuch, München 2009; Mineral: Lehninger's Principles of Biochemistry, New York 2000; Schmidt: Lang Physiologie des Menschen, Berlin 2007

Wie sind wir entstanden?



Sterne

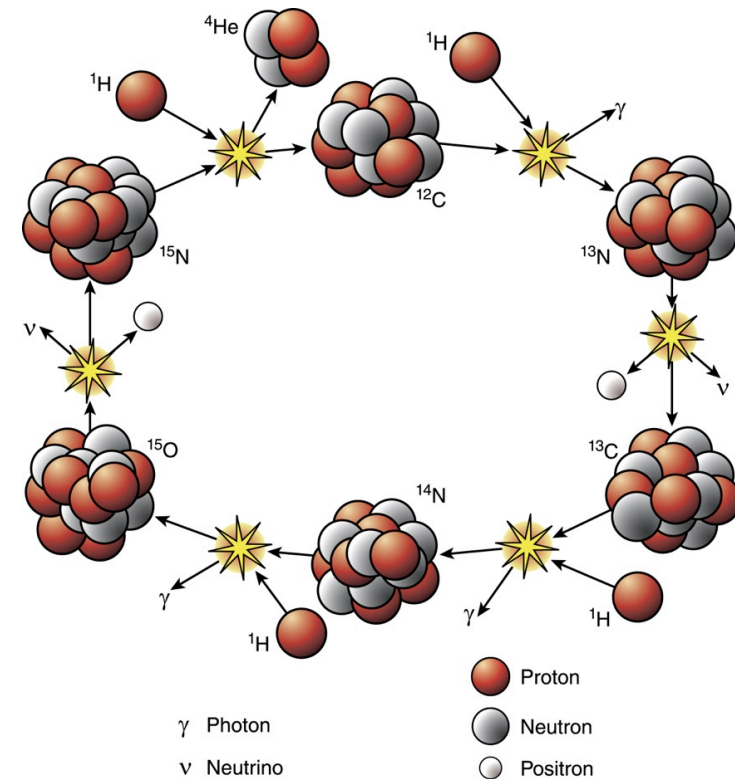


Wie wissen wir aus was die
Sterne gemacht sind?



Elemente werde in Sternen gemacht

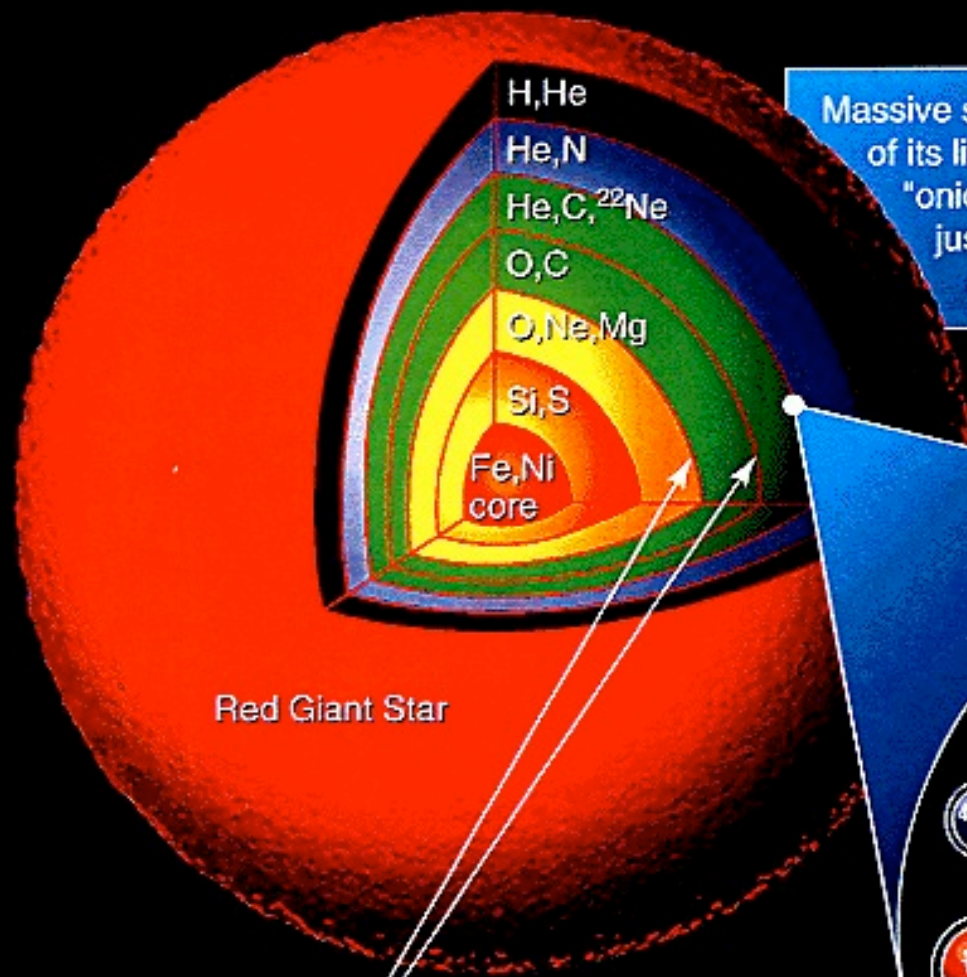
- Kernfusion
 - e.g. Wasserstoffbombe
- Energieerzeugung mittels der atomaren Bindungsenergie
 $E=mc^2$
- Funktioniert bis zu Eisen (Fe)



Die Sonne und ihre Zukunft



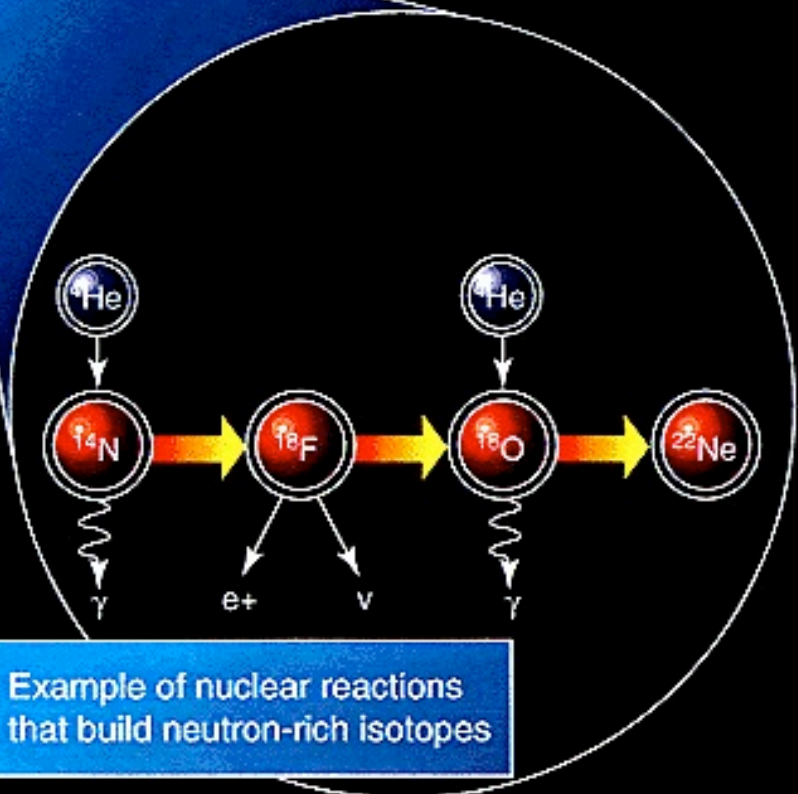
Schlattl and Weiss



Massive star near the end of its lifetime has an "onion-like" structure just prior to exploding as a supernova

Red Giant Star

Nuclear burning occurs at the boundaries between zones



Example of nuclear reactions that build neutron-rich isotopes

Es fehlen noch ein paar Elemente

Periodic table of the elements

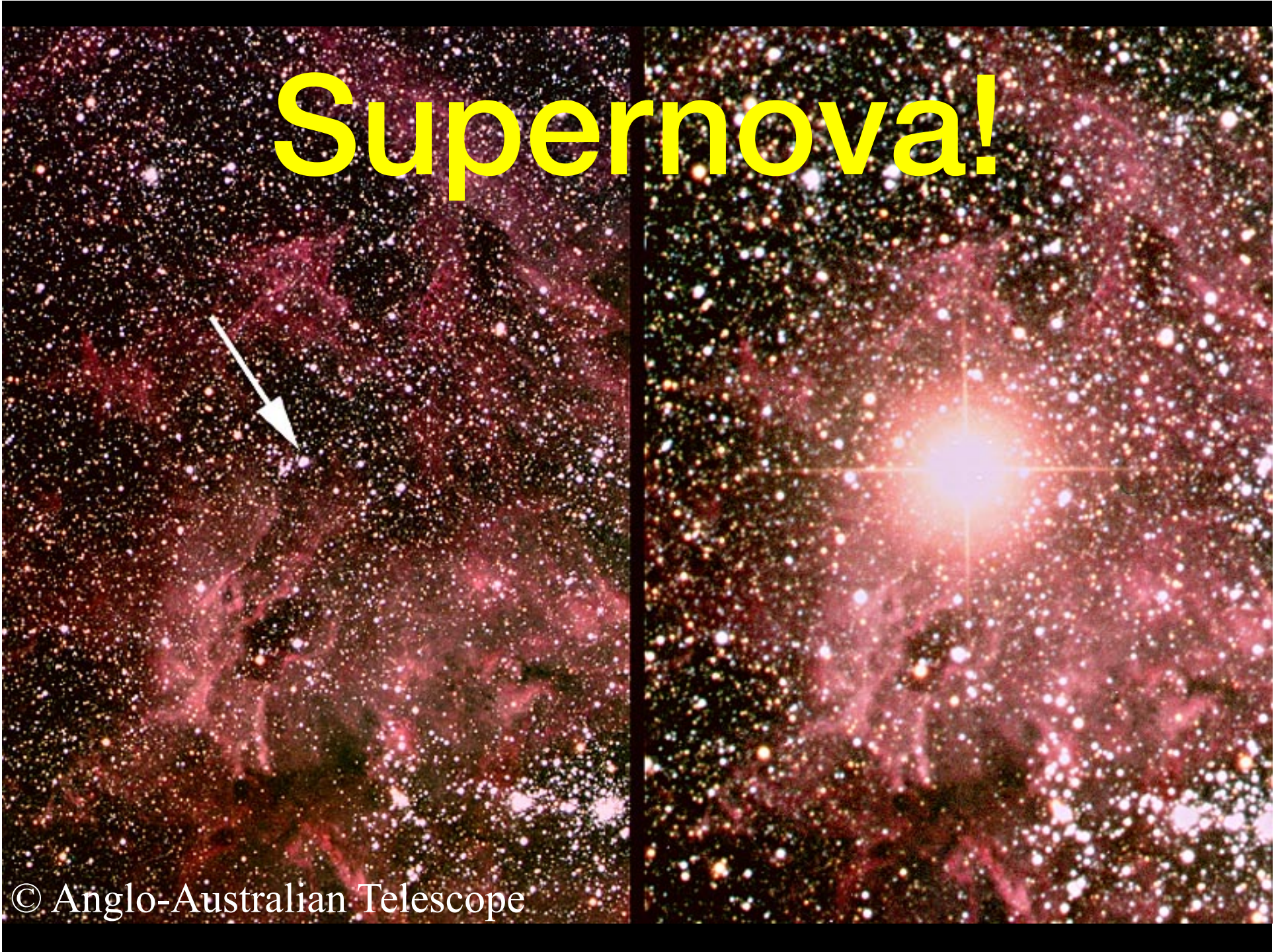
group	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
period	1*	Ia**	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	IXb	Xb	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	(Uub)	(Uut)	(Uuq)	(Uup)	(Uuh)		(Uuo)
lanthanide series			6	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
actinide series			7	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Sterne

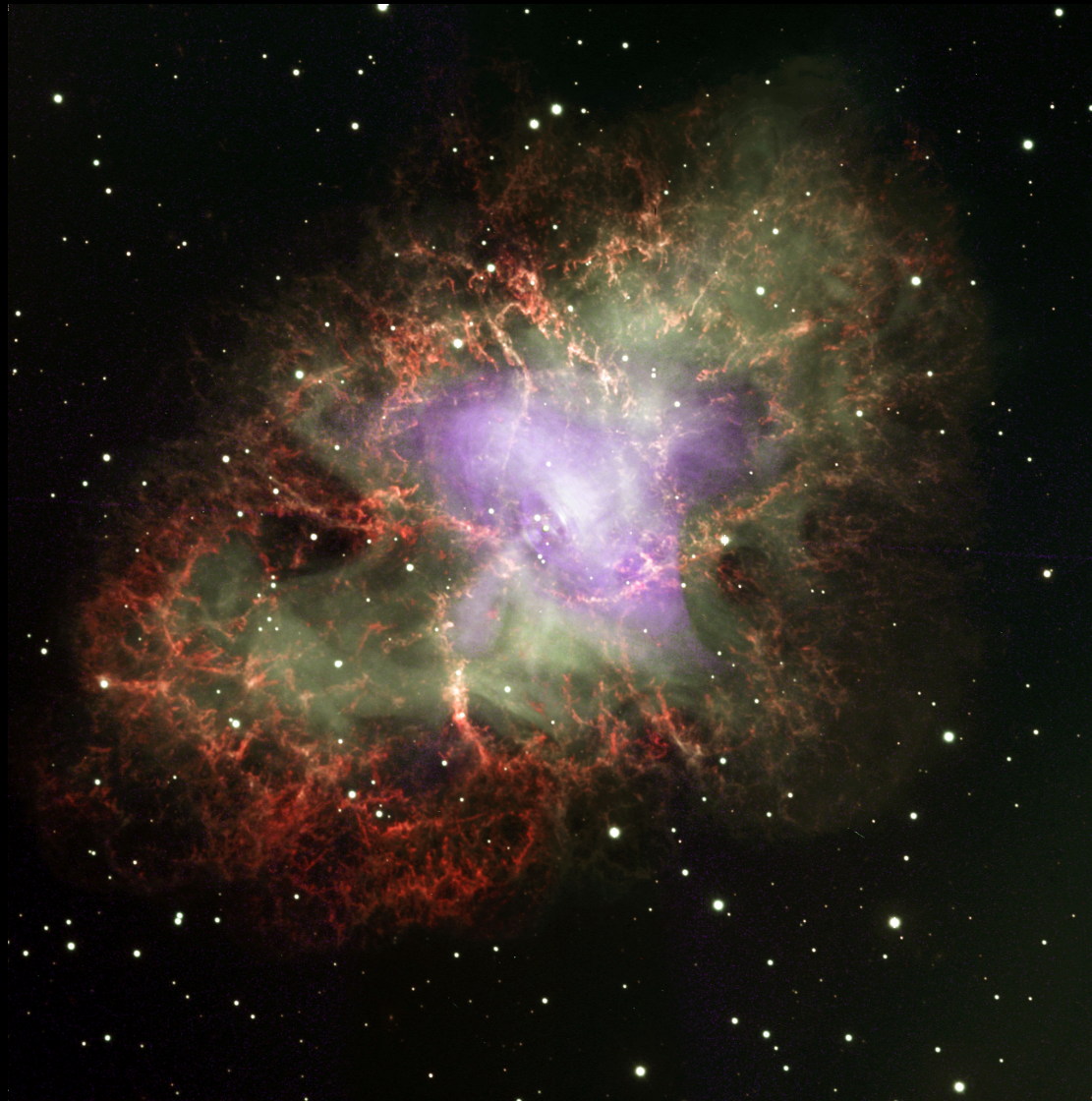
Urknall

* Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).
 ** Numbering system widely used, especially in the U.S., from the mid-20th century.
 *** Discoveries of elements 112–116 and 118 are claimed but not confirmed. Element names and symbols in parentheses are temporarily assigned by IUPAC.

Supernova!



SN 1054 oder Krebsnebel



Die Supernova von 1054



SN 1006
heute

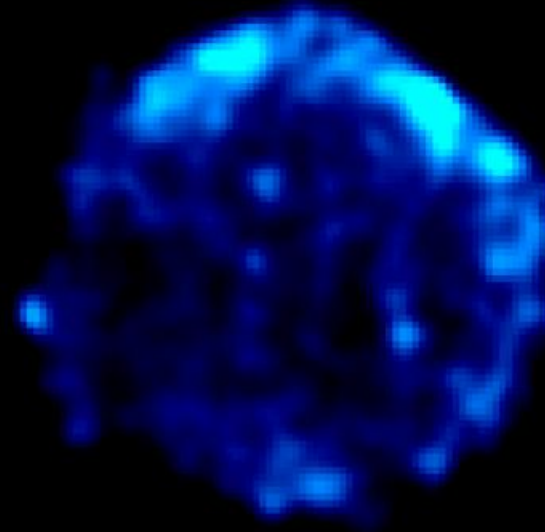
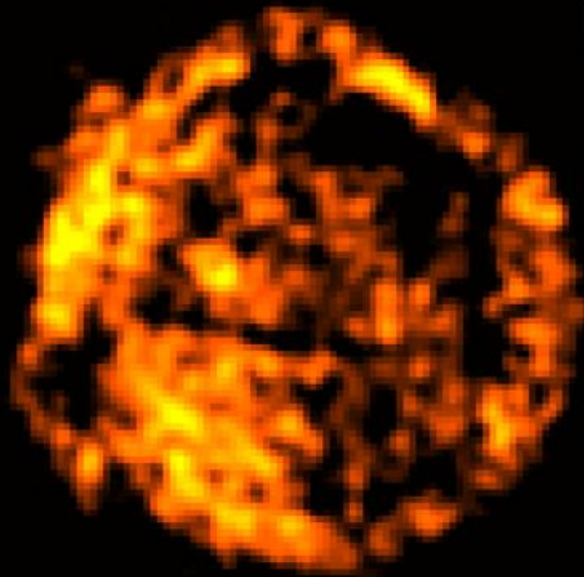


Magnesium

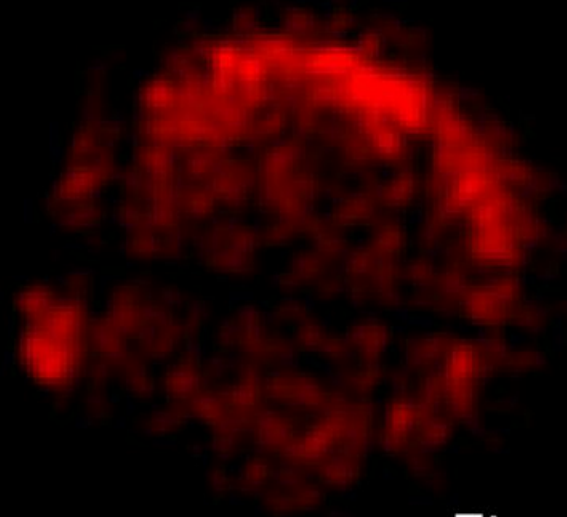
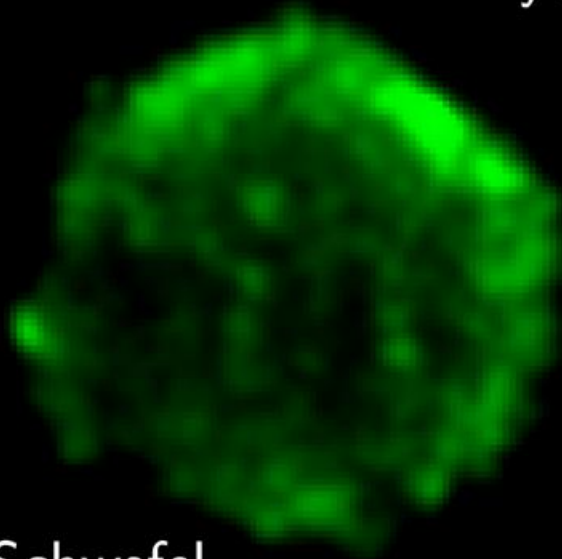
XMM-Newton

Silizium

EPIC



Tycho's SNR



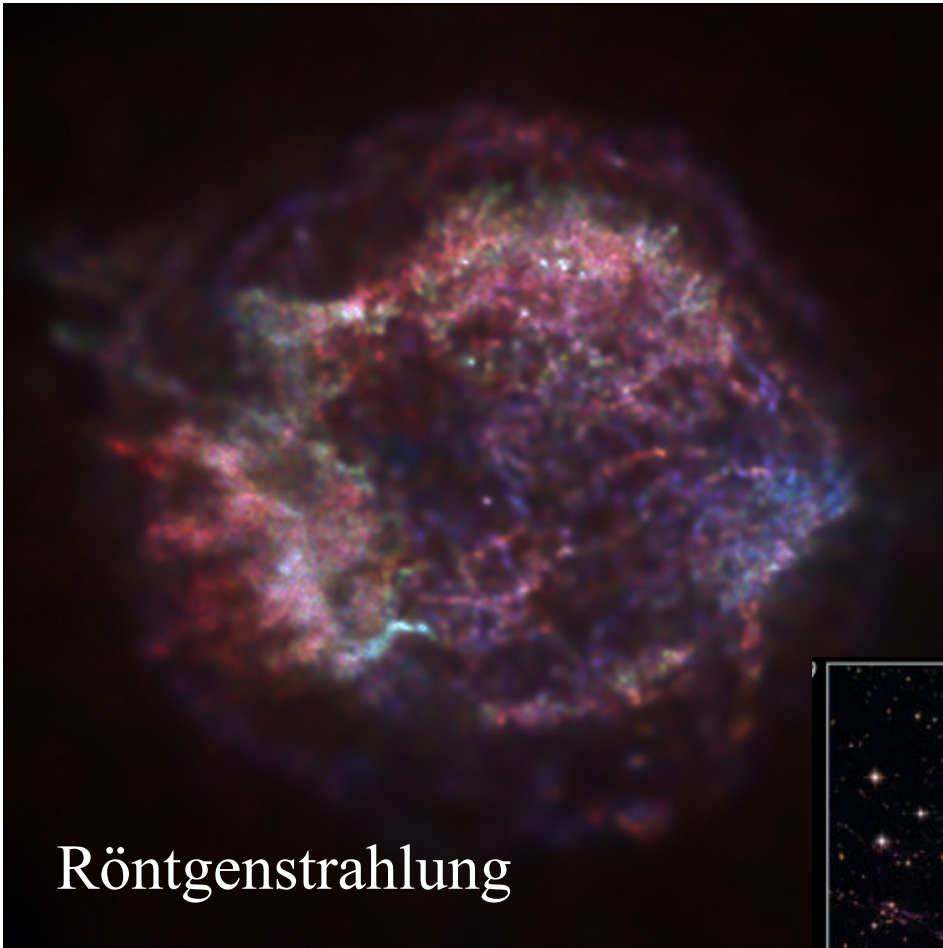
Schwefel

Eisen

Cassiopeia A (Cas A)

Röntgenstrahlung

optisch





Supernovae

- Kollaps des inneren Kernes eines massiven Sternes (“Roter Riese”) oder
- Thermonukleare Explosion eines kleinen, kompakten Sternes (“Weisser Zwerg”)
 - Druck und Temperatur sind hoch genug um die Eisengrenze zu überschreiten und höhere Elemente zu erzeugen
 - Verteilung des Inneren des Sternes in den interstellaren Raum

Das ganze bekannte Universum (fast)

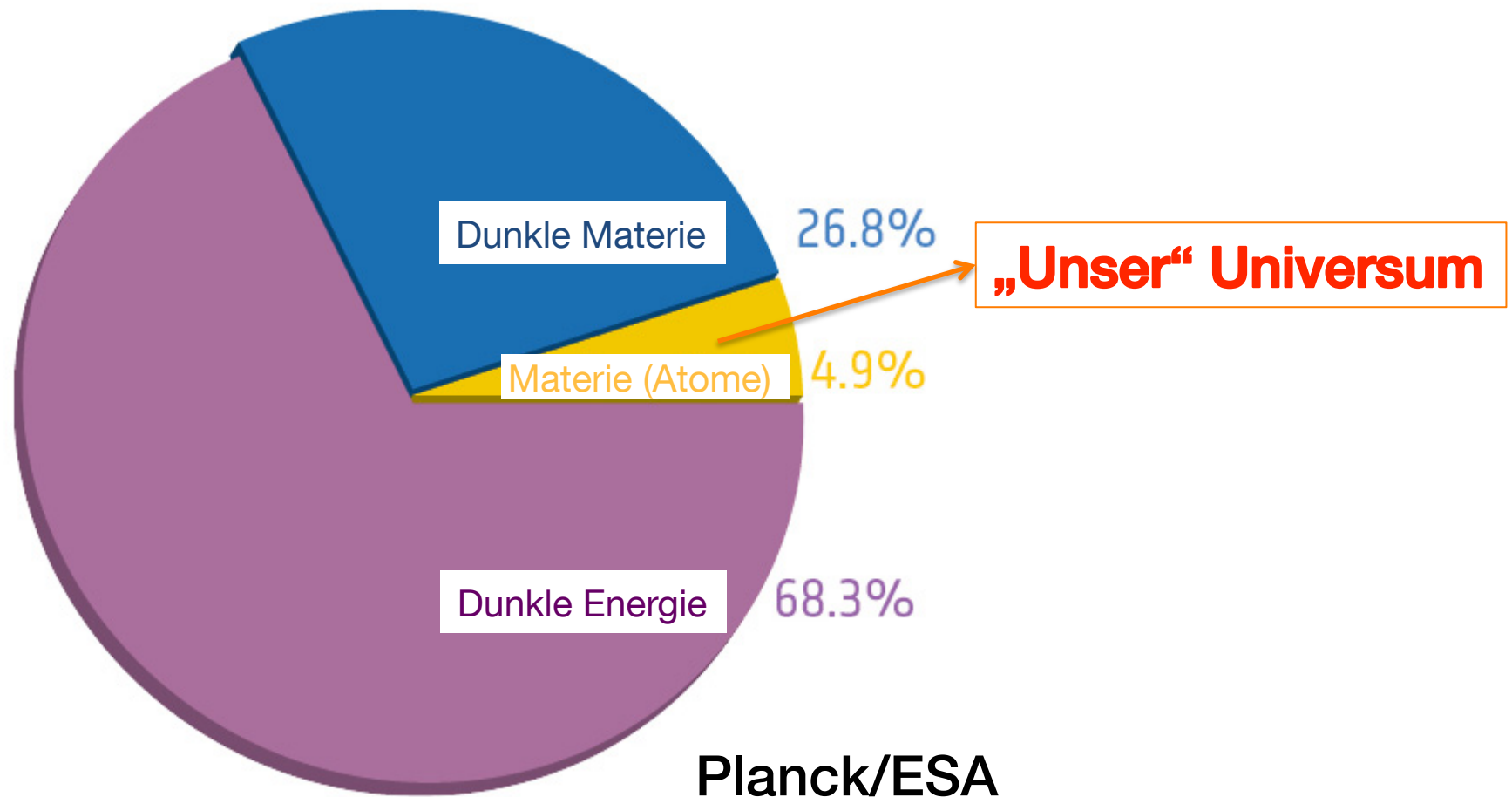


Kein Leben ohne explodierende Sterne

- Elementarteilchen („Materie“) im Urknall erzeugt
- Nur Wasserstoff und Helium kommen vom Urknall
- Weitere Elemente werden in Sternen gekocht („Kernfusion“)
- Sternexplosionen erzeugen höhere Elemente und verteilen sie im Universum

Das ist noch nicht alles

Bekannte Komponenten des Universums



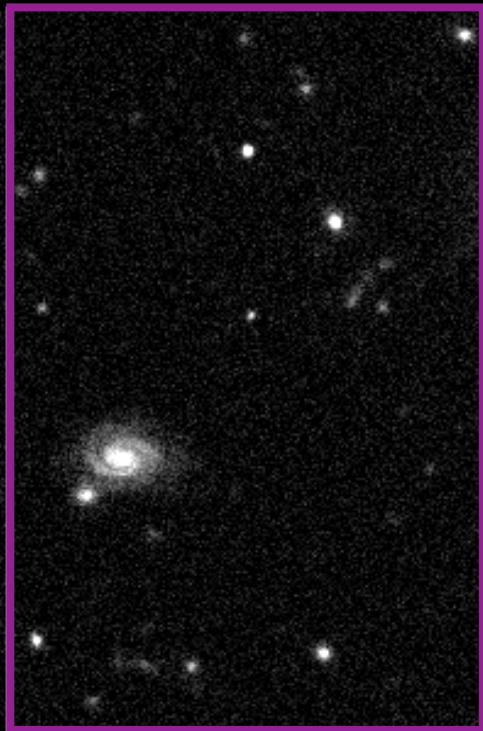
Supernova Suche

Die Nadel(n) im Weltall



Supernova Suche

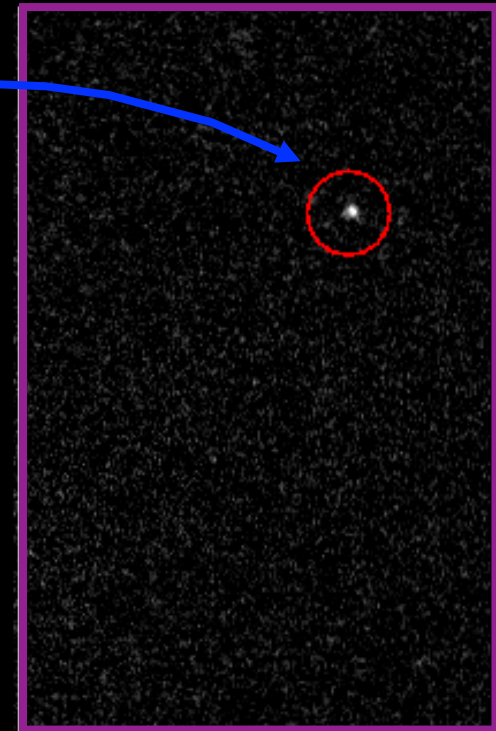
Epoch 1



Epoch 2 (3 weeks later)



Epoch 2 - Epoch 1

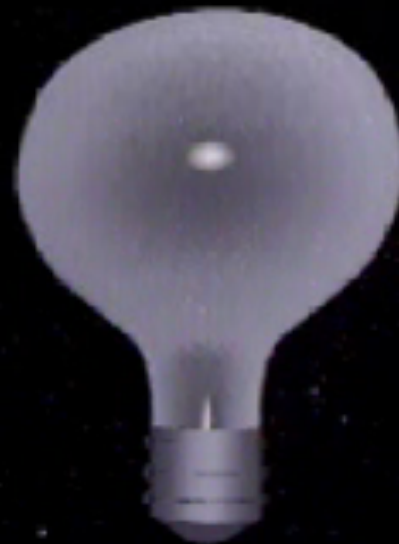


(High-z Supernova Team)

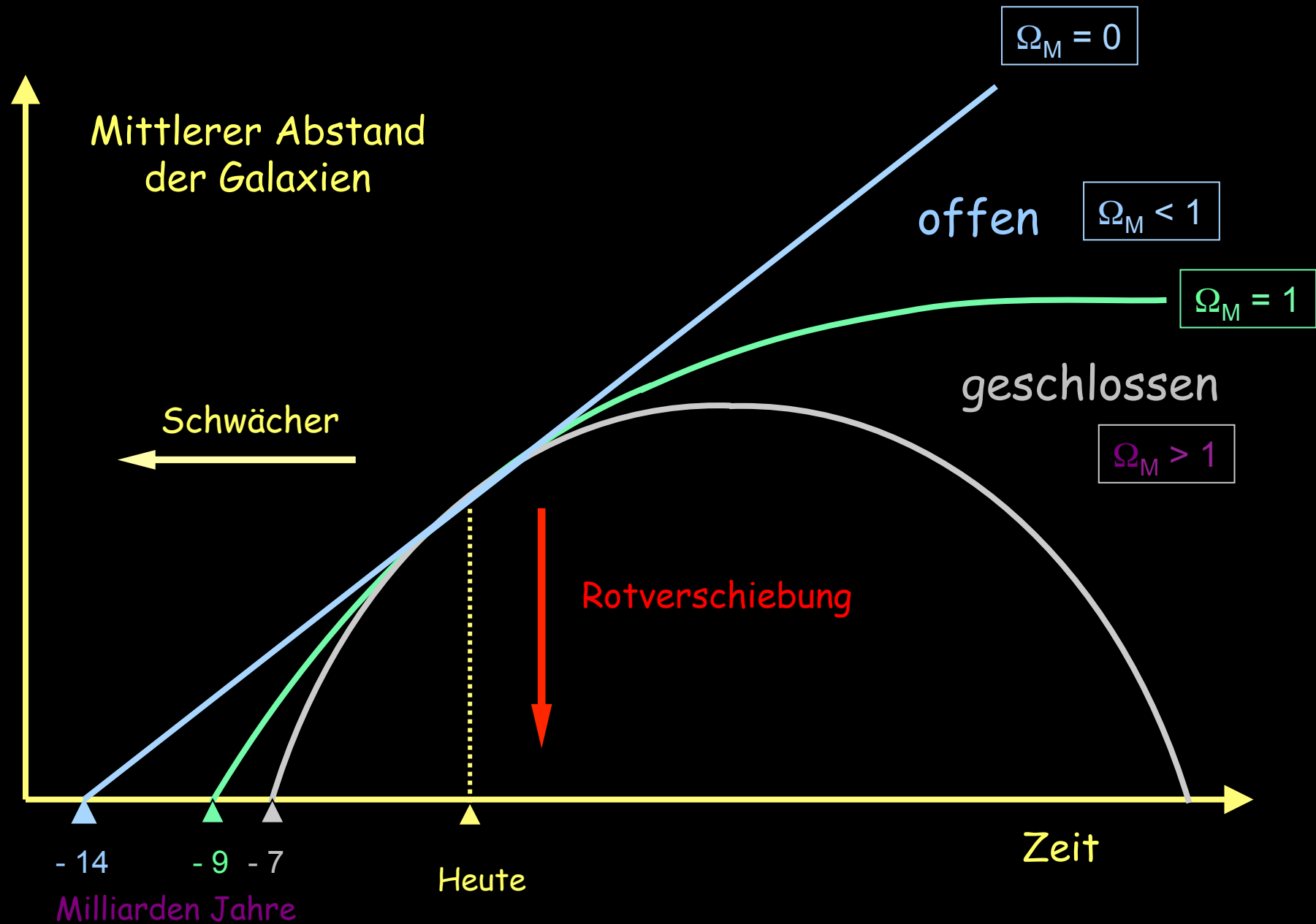
Entfernungsmessung mittels einer Lichtquelle

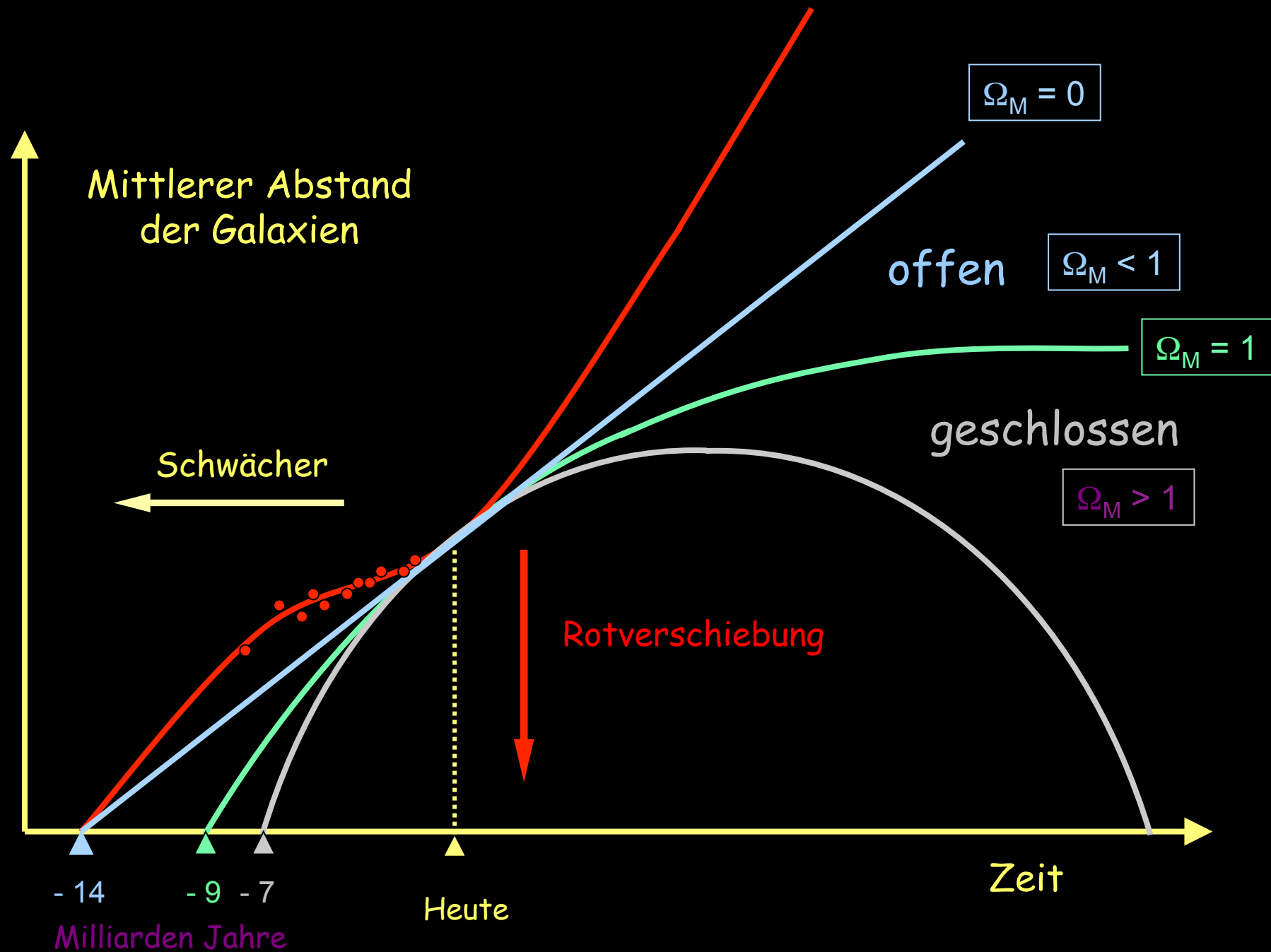


1000w



1000w





Was bedeutet das?

Entfernte Supernovae sind weiter entfernt als in einem frei expandierenden, ungebremsten Universum. Dies kann nur durch eine **abstossende** Komponente erzeugt werden.

Physik Nobelpreis 2011



Saul Perlmutter



Brian Schmidt



Adam Riess

"for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae"

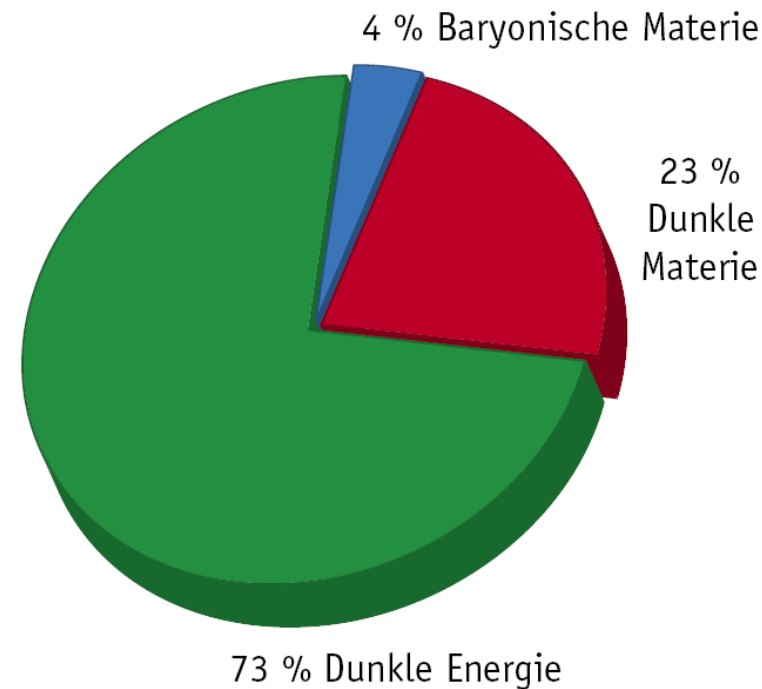
Das High-z Supernova Search Team December 2011



Der Inhalt des Universums

Dunkle Materie und Dunkle Energie sind die bestimmenden Energiebeiträge des Universums.

Was sind sie?



Was bedeutet das?

Das Universum besteht im wesentlichen aus
nichts.

Das Universum expandiert für immer.

Im Moment existiert keine überzeugende
physikalische Interpretation der
Vakuumsenergie (**Dunkle Energie**).

Nur 4% des Universums sind aus demselben
„Stoff“ wie wir (und alles, das wir kennen).

