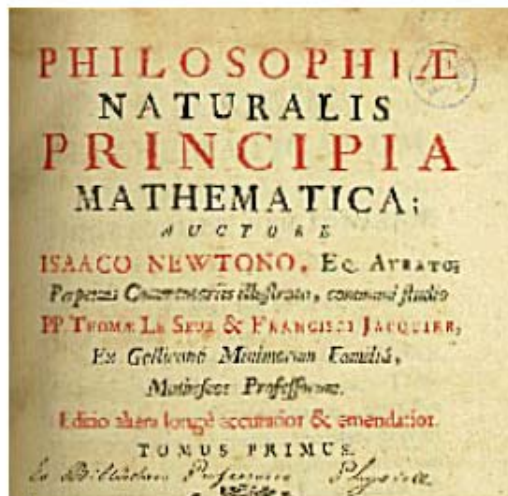


Das Weltbild der Physik und Die Entstehung des Kosmos



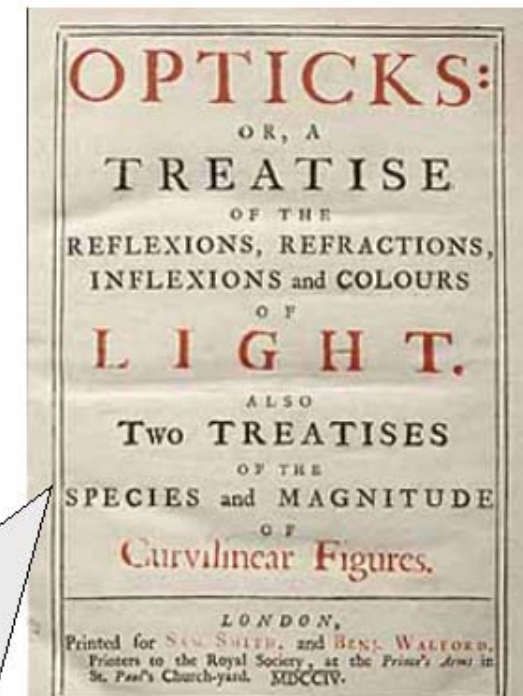
Isaac Newton: * 1643 in Woolsthorpe, † 1727 in London; Verwendet mathematische Methoden zur Beschreibung allgemeiner physikalischer Gesetze die aus Beobachtungen abgeleitet werden.



Entwickelte unabhängig von Leibnitz die von ihm als Fluxionsrechnung bezeichnete **Differenzial- und Integralrechnung**, sowie andere Methoden der **Analysis**. (z.B. newtonsches Verfahren)



Newton wies die Zusammensetzung des weißen Lichts aus den **Spektralfarben** nach und erklärte **Farberscheinungen** (z.b. newtonsche Ringe).

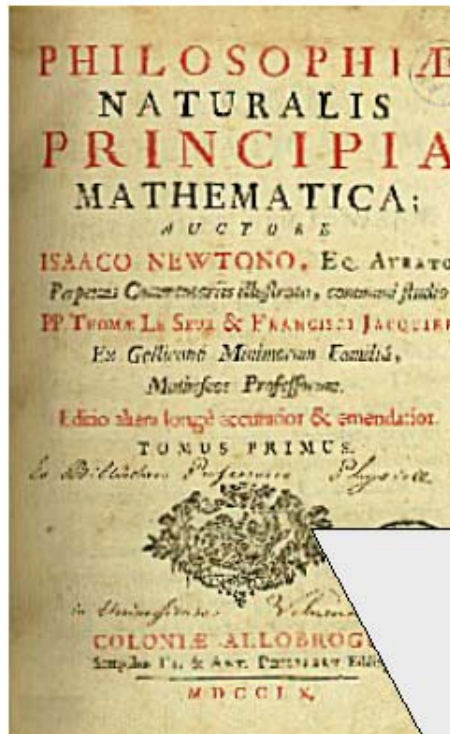




Isaac Newton: * 1643 in Woolsthorpe, † 1727 in London; Verwendet mathematische Methoden zur Beschreibung allgemeiner physikalischer Gesetze die aus Beobachtungen abgeleitet werden.

In seinem Hauptwerk findet Newton die drei **Bewegungsgesetze der Mechanik** (newtonsche Axiome) und das newtonsche **Gravitationsgesetz**.

Beispiel: Lex Prima Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder gleichförmiger, geradliniger Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.



Seitenaufprall bei 10 km/h



Video: TU Graz / DSD (Steffan, Hoschopf)



Galileo Galilei: * 1564 in Pisa, † 1642 in Arcetri bei Florenz; experimentelle Untersuchungen zur Fall- und Wurfbewegung. Aus seiner Zeit stammt der Spruch: „Messen was messbar ist – Messbar machen was nicht messbar ist“

Apollo 15 (Falcon)

Scott: Well, in my left hand, I have a feather; in my right hand, a hammer. And I guess one of the reasons we got here today was **because of a gentleman named Galileo**, a long time ago, who made a rather significant discovery about falling objects in gravity fields. And we thought where would be a better place to confirm his findings than on the Moon. And so we thought we'd try it here for you.

The feather happens to be, appropriately, a falcon feather for our Falcon. And I'll drop the two of them here and, hopefully, they'll hit the ground at the same time. (Pause)

Allen: How about that! (Applause in Houston)

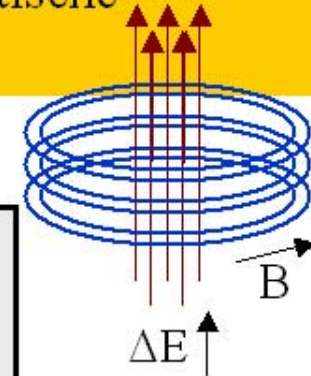
Scott: Which proves that Mr. Galileo was correct in his findings.



Video: Apollo 15 (NASA)



James Clerk Maxwell: * 1831 in Edinburgh, † 1879 in Cambridge; entwickelte die Theorie des elektromagnetischen Feldes, erweitert die Vektor- und Tensoranalysis und die kinetische Gastheorie.



$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

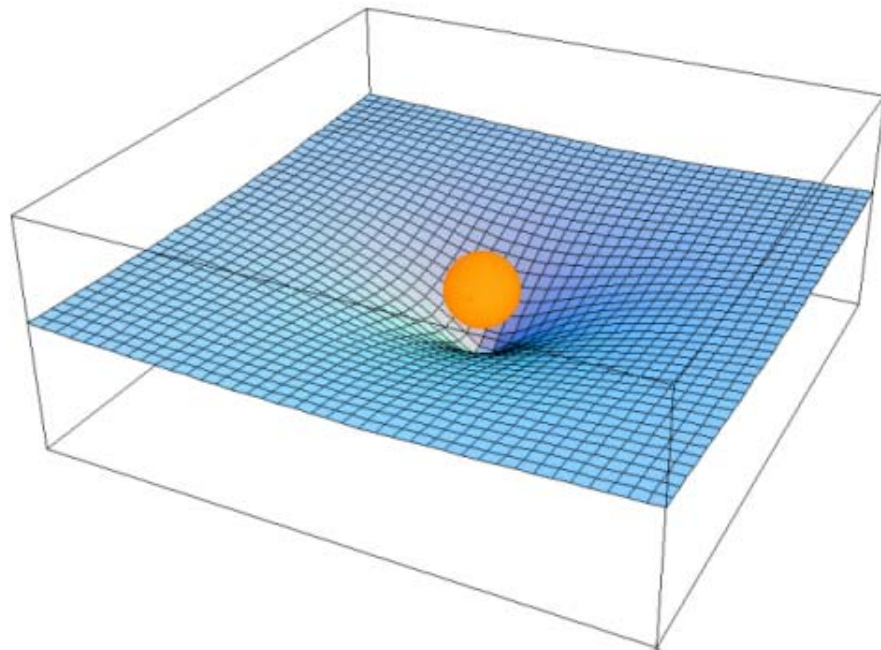
Formulierte die nach ihm benannten **Maxwellgleichungen** - Diese vier Gleichungen verknüpfen elektrische und magnetische Felder und sagen u. a. die Existenz **elektromagnetischer Wellen** (Licht, Radiowellen, Wärmestrahlung) voraus.

1904 gelang Otto Nußbaumer an der **TU Graz** die erste Tonübertragung mit elektromagnetischen Wellen („**Radiopremiere**“)





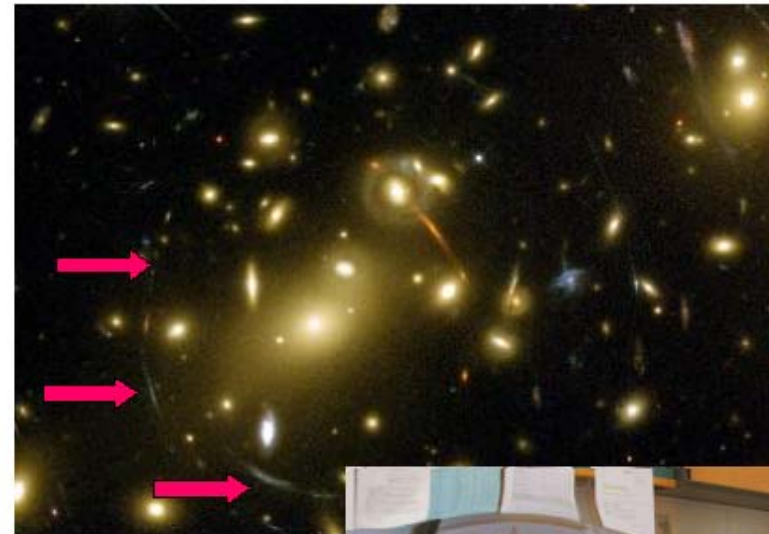
Albert Einstein: * 1879 in Ulm; † 1955 in Princeton; entwickelte in seiner Relativitätstheorie eine allgemeine Beschreibung bewegter Bezugssysteme. Diese Theorie gilt auch bei hohen Geschwindigkeiten und führte zu einer Neudefinition der Begriffe Raum und Zeit, sowie zur Äquivalenz von Masse m und Energie E ($E = m \cdot c^2$, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s).



Masse (Energie, Impuls) „krümmt“ die Raumzeit. Alle Objekte folgen den „geradesten“ Linien (**Geodäten**) \Rightarrow **Gravitation** (Massenanziehung)

„Gravitationslinsen“-Effekt:

Foto: Hubble



Wie würde ein plötzlich auftauchendes Mini – „schwarzes Loch“ aussehen ?





Max Planck: * 1858 in Kiel; † 1947 in Göttingen; lieferte Beiträge zur Thermodynamik, fand das Strahlungsgesetz für die Wärmestrahlung eines schwarzen Strahlers und postulierte die Quantelung der Energie.

Nach Planck erscheint die Energie in kleinsten Portionen, sogenannten **Quanten**. Für eine elektromagnetische Welle der Frequenz ν haben diese Quanten die Energie E (mit h dem Planckschen Wirkungsquantum $6,626 \cdot 10^{-34}$ Js)

$$E = h \cdot \nu$$

Diese Quanten des elektromagnetischen Feldes erhielten später die Bezeichnung „**Photonen**“ (Licht- oder Strahlungsquant).

Heute geht man davon aus, dass alle Größen (auch Raum und Zeit) „gequantelt“ sind.



Plancklänge $\approx 10^{-35}$ m
Planckzeit $\approx 10^{-43}$ s



Louis de Broglie: * 1892 in Dieppe, † 1987 in Louveciennes;
entdeckte in seiner Dissertation die Wellennatur des Elektrons und
begründete die Theorie der Materiewelle (Welle-Teilchen Dualismus).

Nach de Broglie besitzt **Materie** mit dem Impuls p (gleich Masse m mal
Geschwindigkeit v) **nicht nur Teilchen- sondern auch Welleneigenschaften**. Die
Wellenlänge ergibt sich zu (mit h dem Planckschen Wirkungsquantum) :

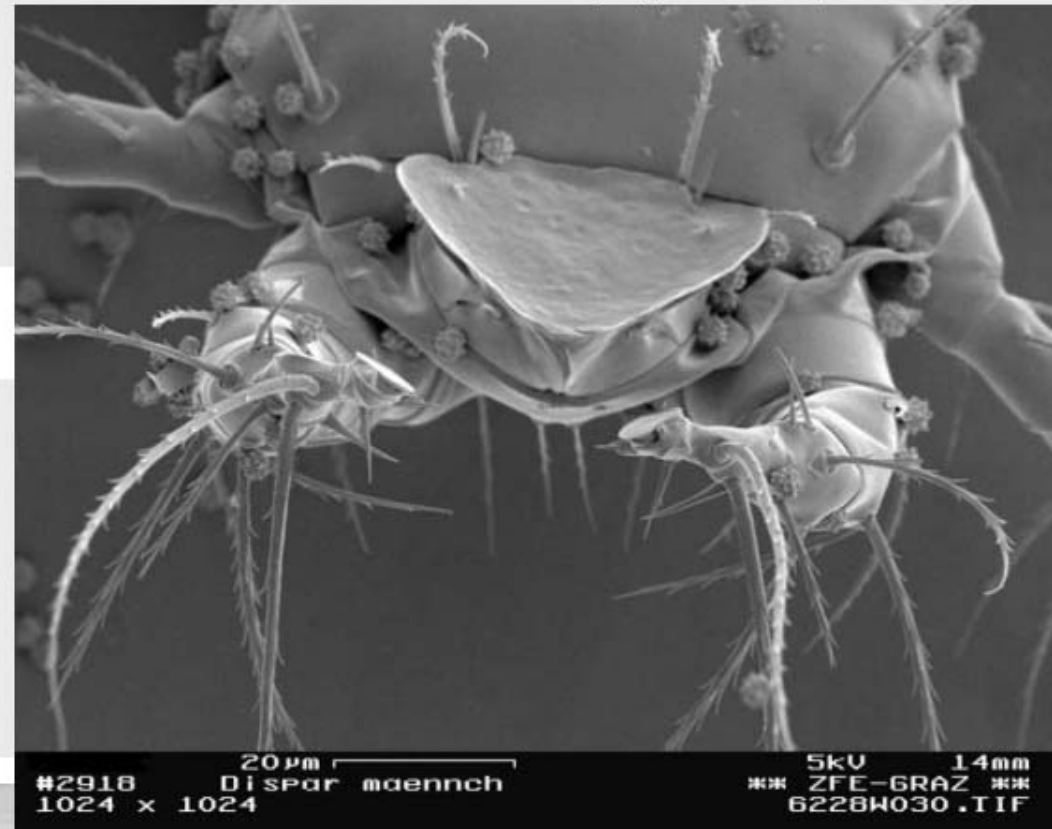
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

$$\lambda_{\text{Licht}} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{Elektron}} = 400 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

(bei ca. 10^5 V Beschleunigungs-
spannung)

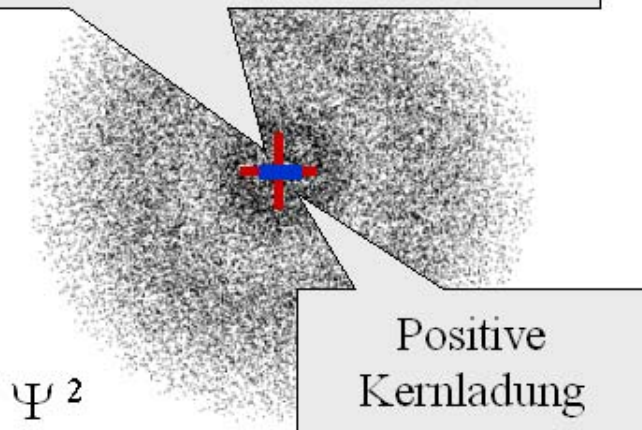
Foto: FELMI-ZFE, TU Graz





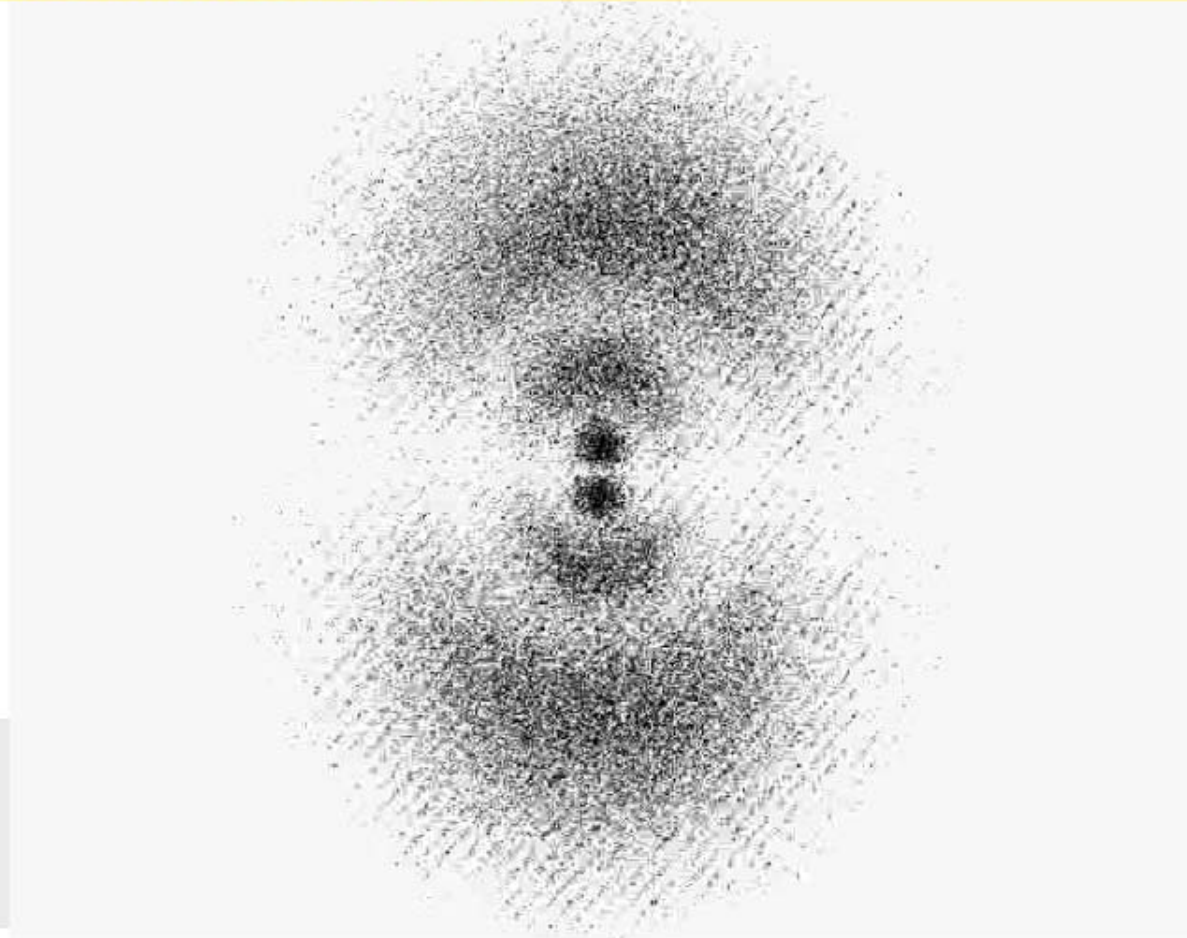
Erwin Schrödinger: * 1887 in Wien, † 1961 in Wien; erklärte den Aufbau der Atomhülle durch stationäre Lösungen der Wellenfunktion Ψ des Elektrons. Erst die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik (Werner Heisenberg, Niels Bohr) gab Ψ^2 die Bedeutung einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons.

Negativer Ladungsschwerpunkt des Elektrons



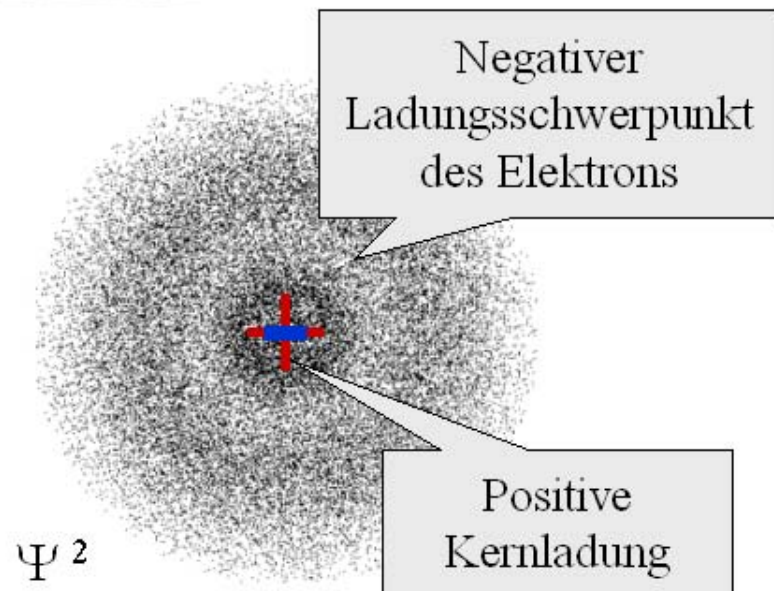
(10.000 „Einzelmessungen“)

Orbital (Raum der Aufenthaltswahrscheinlichkeit) des s-Elektrons der dritten Schale



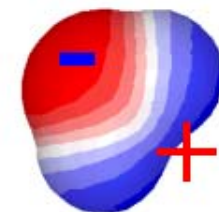
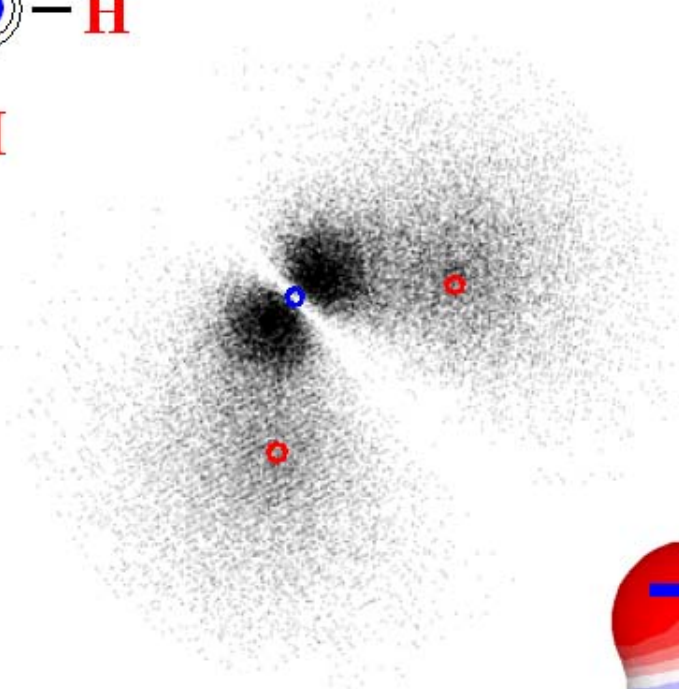
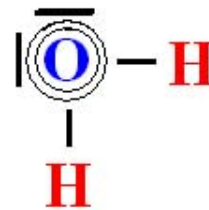


Erwin Schrödinger: * 1887 in Wien, † 1961 in Wien; erklärte den Aufbau der Atomhülle durch stationäre Lösungen der Wellenfunktion Ψ des Elektrons. Erst die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik (Werner Heisenberg, Niels Bohr) gab Ψ^2 die Bedeutung einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons.



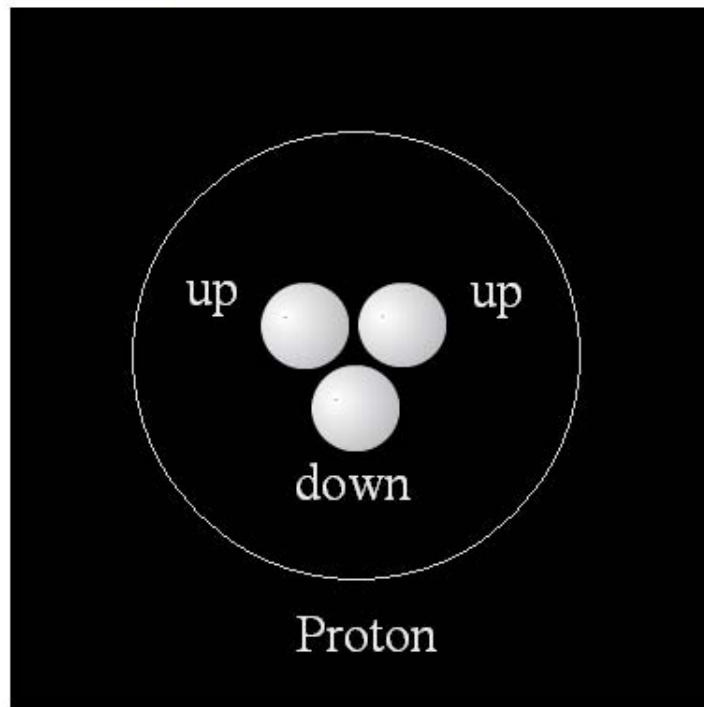
(10.000 „Einzelmessungen“)

Orbital (Raum der Aufenthaltswahrscheinlichkeit) des s-Elektrons der dritten Schale



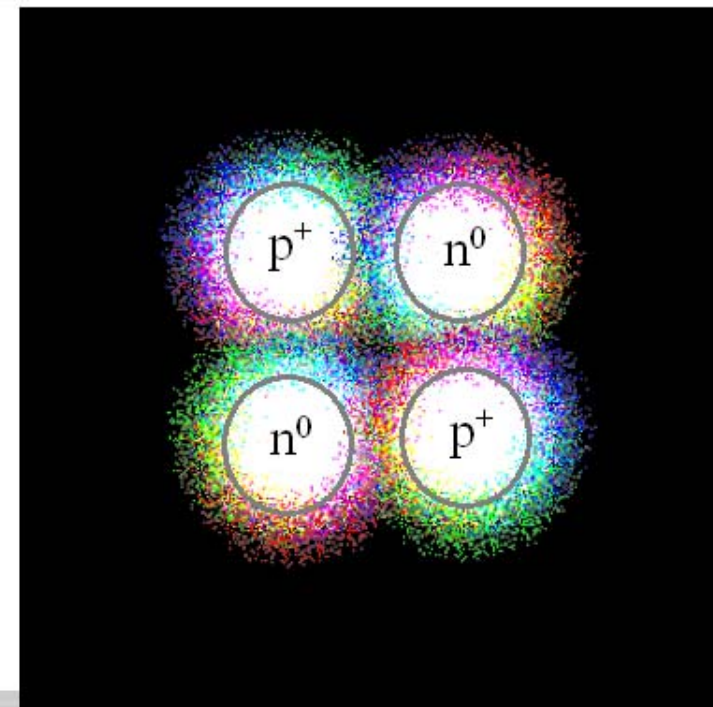


Murray Gell-Mann: * 1929 in New York City; postulierte 1964 die Existenz von Quarks, punktförmigen Teilchen aus denen alle Hadronen aufgebaut sind (Hadronen: stark wechselwirkende Teilchen wie Protonen und Neutronen; im Gegensatz zu den Leptonen, den „leichten“ Elementarteilchen, die nicht stark wechselwirken, wie z.B. dem Elektron)



Hadronen werden aus Quarks aufgebaut. Die Wechselwirkung erfolgt durch **Gluonen**, die die Farbladungen (rot, grün, blau) ändern.

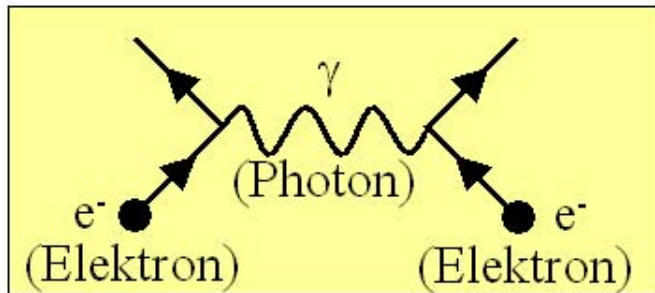
Die nicht abgeschirmten Farbladungen bewirken die gegenseitige Anziehung von Protonen und Neutronen im Atomkern (**starke Wechselwirkung** oder Kernkraft)



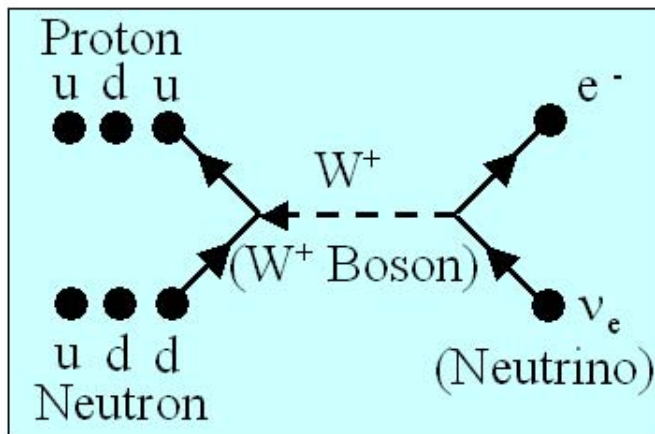


Steven Weinberg: * 1933 in New York City; wies zusammen mit Abdus Salam und Sheldon Glashow nach, dass sich die elektromagnetische und die schwache Wechselwirkung nach dem gleichen Konzept beschreiben lassen und beide ab einer bestimmten Energie zu einer einzigen Kraft verschmelzen.

elektromagnetische Wechselwirkung

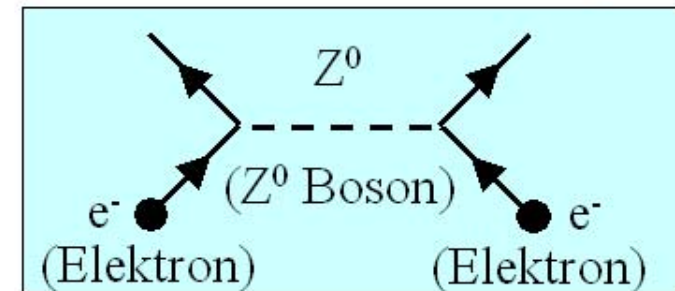


Masse_γ = 0, Reichweite = ∞

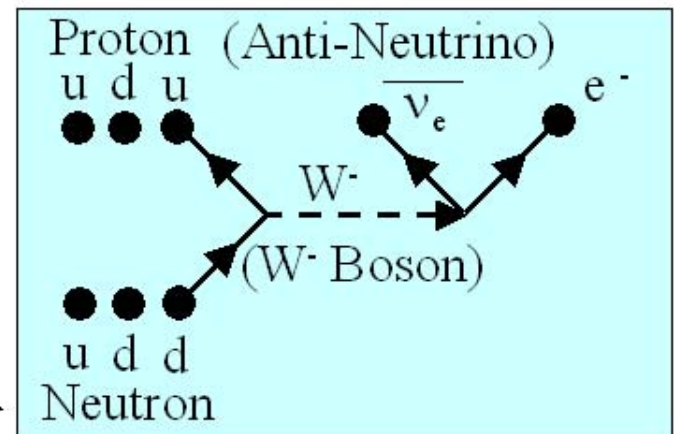


Beim Absinken der hohen Temperaturen im frühen Universum koppelten die Z und W Bosonen an das „Higgs-Feld“ und erhielten Masse – ihre Reichweite wurde endlich.

schwache Wechselwirkung



Masse_Z >> 0, Reichweite = 10⁻¹⁷ m

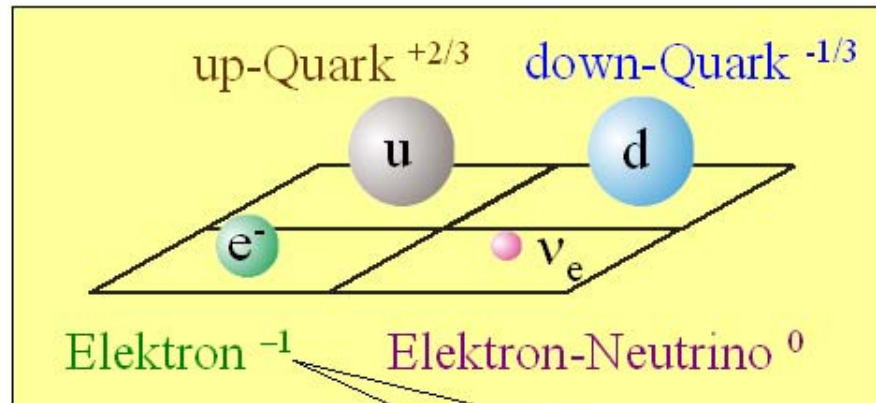


← inverser β Zerfall

β Zerfall →

Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik:

Fermionen:



up und down –Quark

(0,3 und 0,3 GeV Massenäquivalent)

Elektron und Elektron-Neutrino

(0,0005 und ~ 0 GeV Massenäquivalent)

Elektrische Ladung des Teilchens

Bei höheren Energiedichten - z.B. unmittelbar nach der Entstehung des Universums - sind auch energiereichere (massereichere) Formen dieser Teilchen stabil (*strange und charm Quarks, Myon und Myon – Neutrino oder bottom und top Quark, sowie Tauon und Tauon - Neutrino*)

1 eV (Elektron-Volt) ist diejenige kinetische Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Spannung von 1 V im Vakuum gewinnt = $1,602 \cdot 10^{-19}$ J

Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik:

Bosonen:



Photon

Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung
(Ruhe)Masse = 0



W^-, W^+, Z^0 Boson

Austauschteilchen der schwachen Wechselwirkung

W-Bosonen: 80 GeV Masseäquivalent, elektrische
Ladung: + oder -1

Z-Boson: 91 GeV Masseäquivalent



Gluonen

Austauschteilchen der starken Wechselwirkung

Tragen Farbladungen, sind elektrisch neutral und
werden als masselos angenommen.

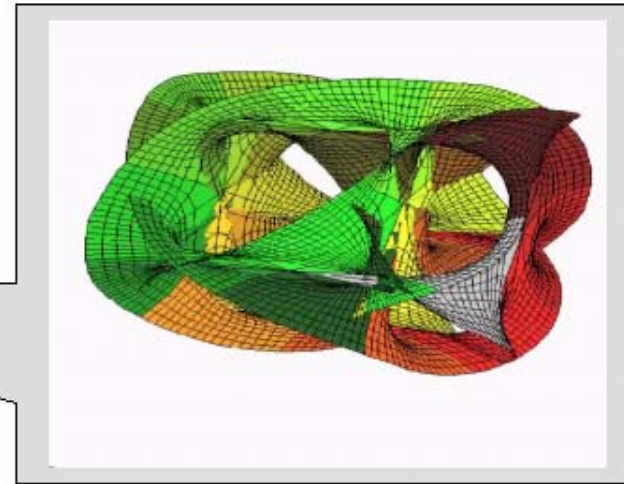
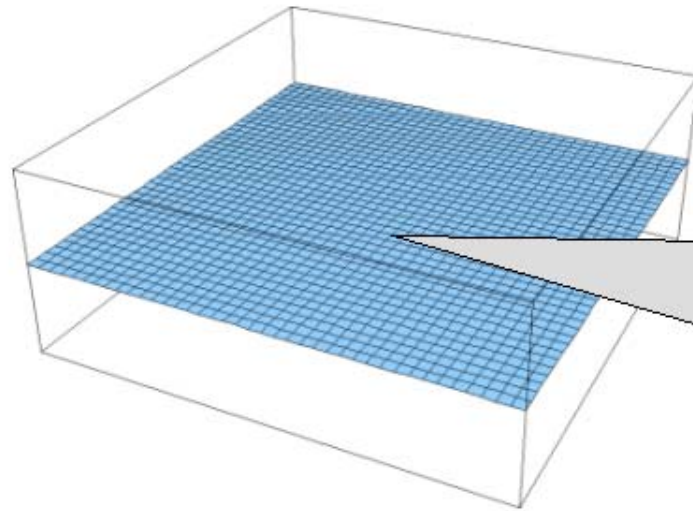
Higgs-Boson(en) ?

Gravitonen ?

Erzeugt die Masse der anderen Elementarteilchen ?

Quant der Gravitation ?

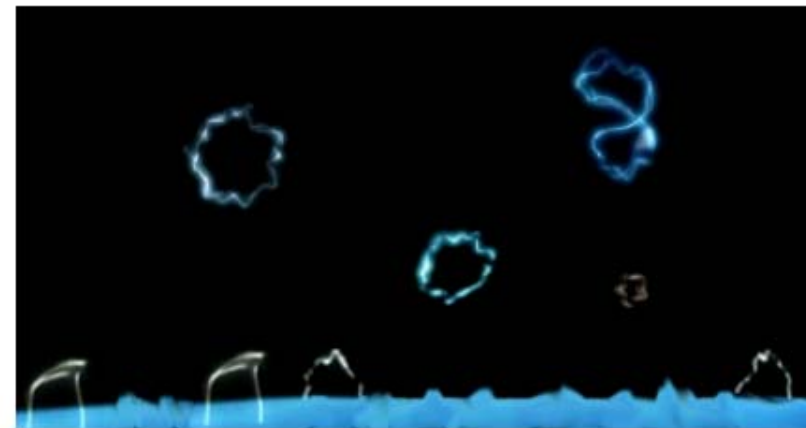
In Diskussion: Die String-Theorie



$\approx 10^{-35}$ m

3 Raumdimensionen
1 Zeitdimension
+6 „aufgewickelte“ Dimensionen

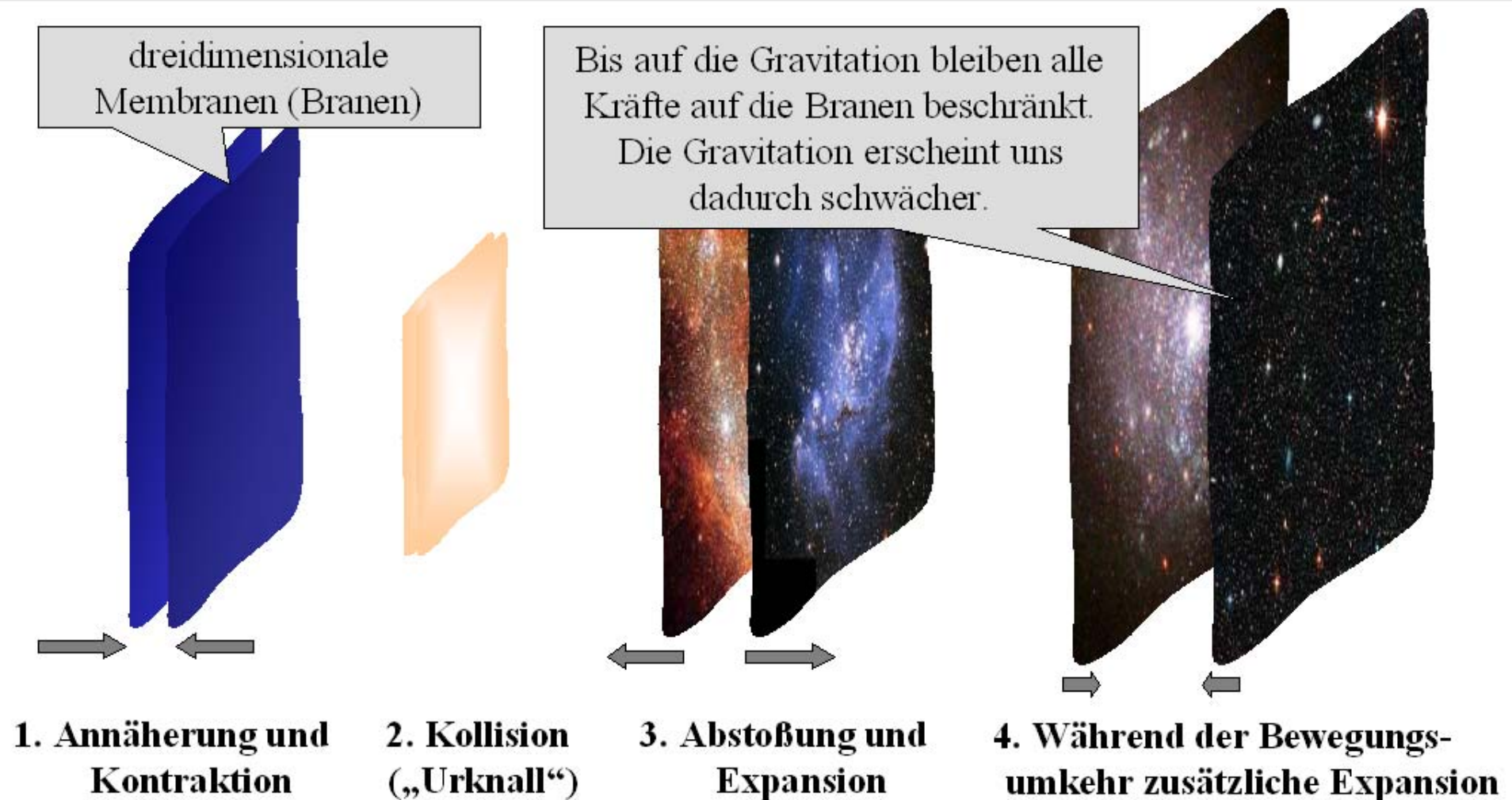
10 Dimensionen



Strings: eindimensionale, ausgedehnte Objekte der 10-dimensionalen Raumzeit, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Schwingungsmoden als unterschiedliche Teilchenarten erscheinen

In Diskussion: Die M-Theorie

Kombiniert alle String-Theorien in 10+1 Dimensionen. Führt womöglich zur **Vereinheitlichung aller Naturkräfte** (starke, schwache, elektromagnetische, Gravitation)



? Sind Elementarteilchen in Wirklichkeit Schwingungszustände von „Fäden“ in 11 Dimensionen?

? Gibt es ein Higgs-Feld, das an die Elementarteilchen koppelt und ihnen Ihre Masse (Trägheit) verleiht ?



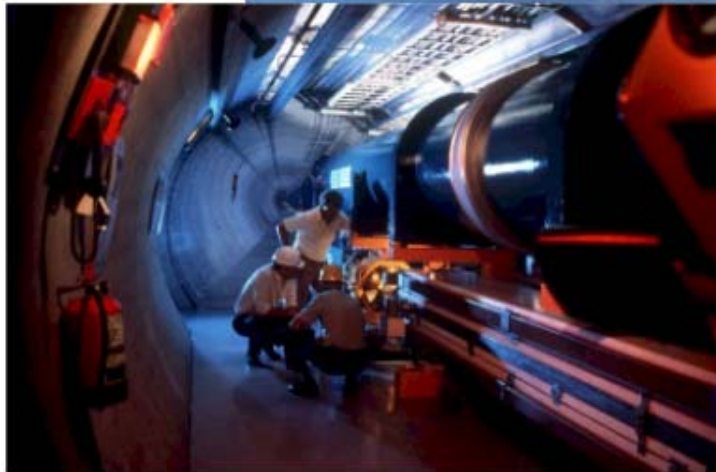
? Ist unser Kosmos ein Multiversum in dem Universen kollidieren, expandieren und kollabieren ?

? Können unsere Modellvorstellung und alle Vorhersagen aus den Theorien durch Experimente bestätigt werden ?

? Kann unser Kosmos durch mathematisch-physikalische Mittel richtig beschrieben werden?



Mögliche Antworten ab 2007:



→ www.cern.ch

Der Large Hadron Collider (LHC) des CERN bei Genf

Literatur:

aktuelle Berichte finden sich regelmäßig in populärwissenschaftlichen Zeitschriften wie **Spektrum der Wissenschaft** und **Bild der Wissenschaft**

Bücher:

Albert Einstein, Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, Springer (vormals bei Vieweg)

Stephen Hawkings, Das Universum in der Nußschale, dtv

Brian Greene, Das elegante Universum, Siedler

Internet:

<http://de.wikipedia.org/> (<http://en.wikipedia.org/>) Internetlexikon mit aktuellen Beiträge zu den grundlegenden Problemen der Physik

<http://www.orbitals.com/orb/> Freie Software zur einfachen Darstellung der Orbitale in Atom und Molekül

http://www.madsci.org/MS_search.html Ask the expert !

Die Entstehung des Kosmos

Wohlan, ich antworte dem, der da fragt: „**Was tat Gott, bevor er Himmel und Erde erschuf**“ ?

Ich antworte nicht mit dem Spaßwort, das einer, der Wucht der Frage ausweichend, erwidert haben soll: „**Er hat die Höllen hergerichtet für Leute, die so hohe Geheimnisse ergrübeln wollen** „

... Wenn aber vor Himmel und Erde Zeit überhaupt nicht war, was soll dann die Frage, was Du „damals“ tatest ? **Es gab kein „Damals“, wo es die Zeit nicht gab.**

Augustinus, 354 – 430

Bekenntnisse, Buch 11, Absatz 12, 13

$10^{-?}$ s 10^{-43} s

Durch die Quantenunschärfe bedingt gelten die uns bekannten physikalischen Gesetze nicht. Die **Planck-Ära** (bis 10^{-43} s) hat in diesem Sinne auch keine Dauer.

Plancklänge $\approx 10^{-35}$ m

Planckzeit $\approx 10^{-43}$ s

Plancktemperatur $\approx 10^{32}$ K

- Raum und Zeit entstehen.
- Die Gravitation koppelt sich als (schwächere) Wechselwirkung aus der „Super-Gravity“ aus.

? Bilden sich Strings ?

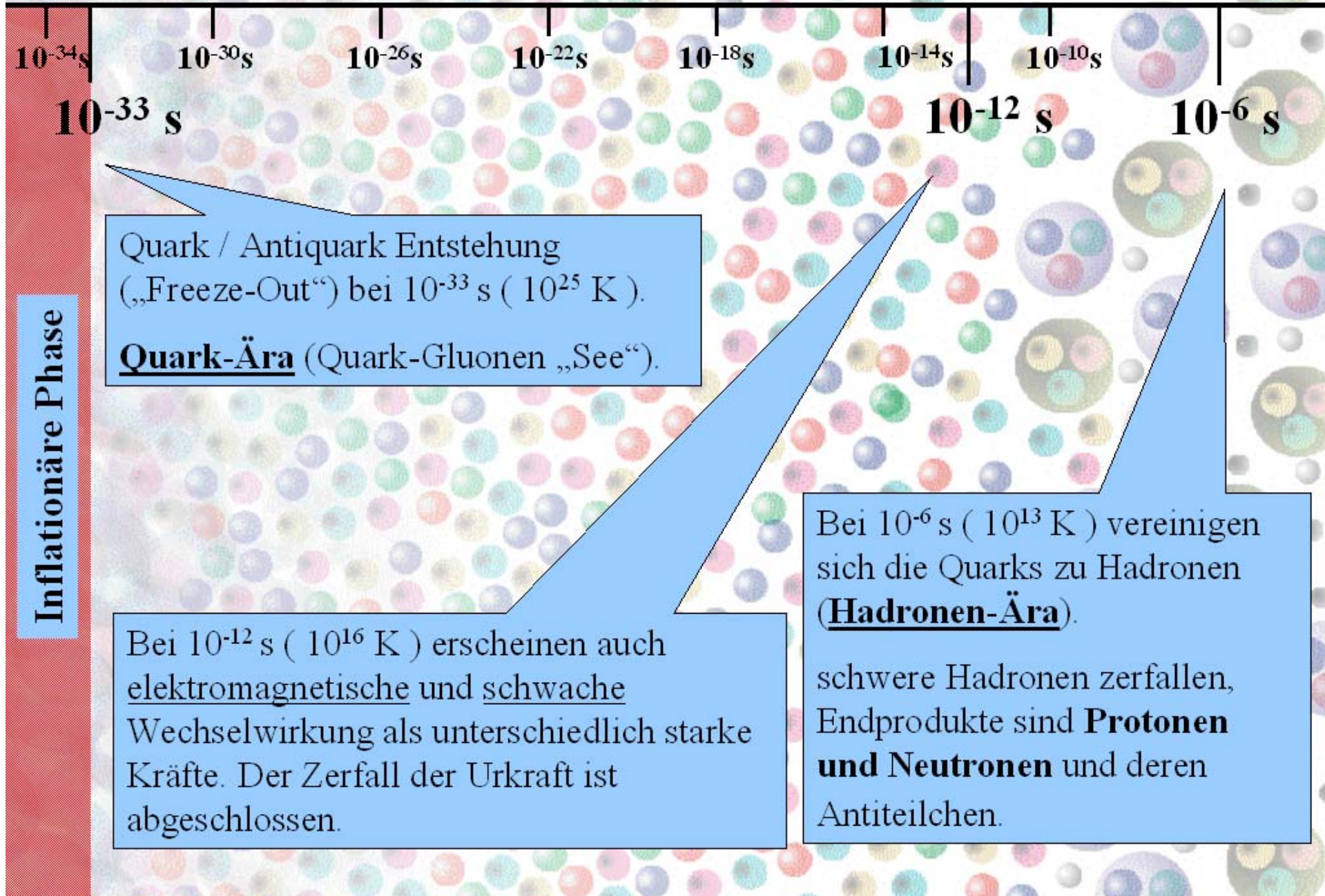
10^{-43} s 10^{-42} s 10^{-41} s 10^{-40} s 10^{-39} s 10^{-38} s 10^{-37} s 10^{-36} s 10^{-35} s

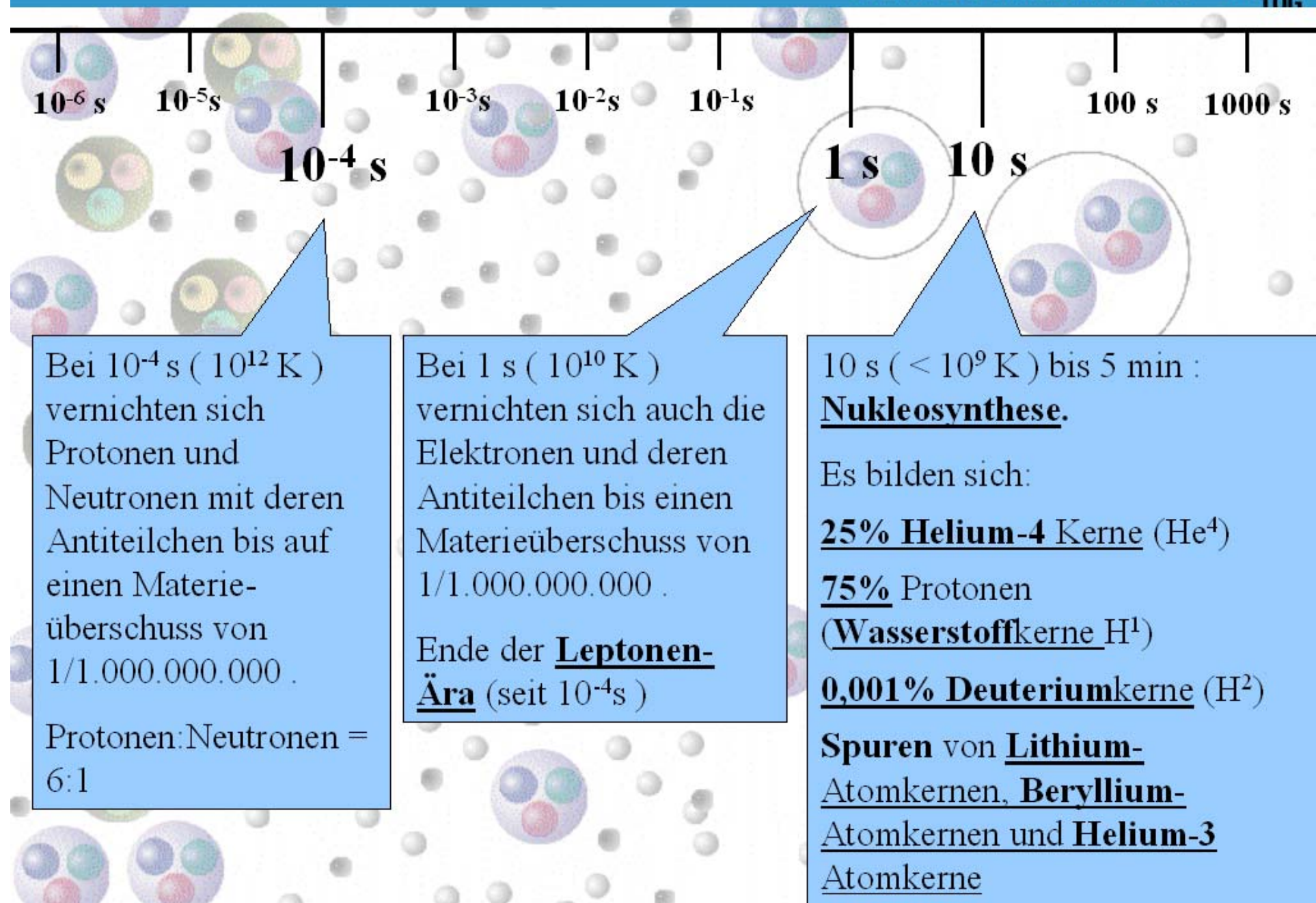
Energie \Leftrightarrow Materie/Antimaterie
Gleichgewicht

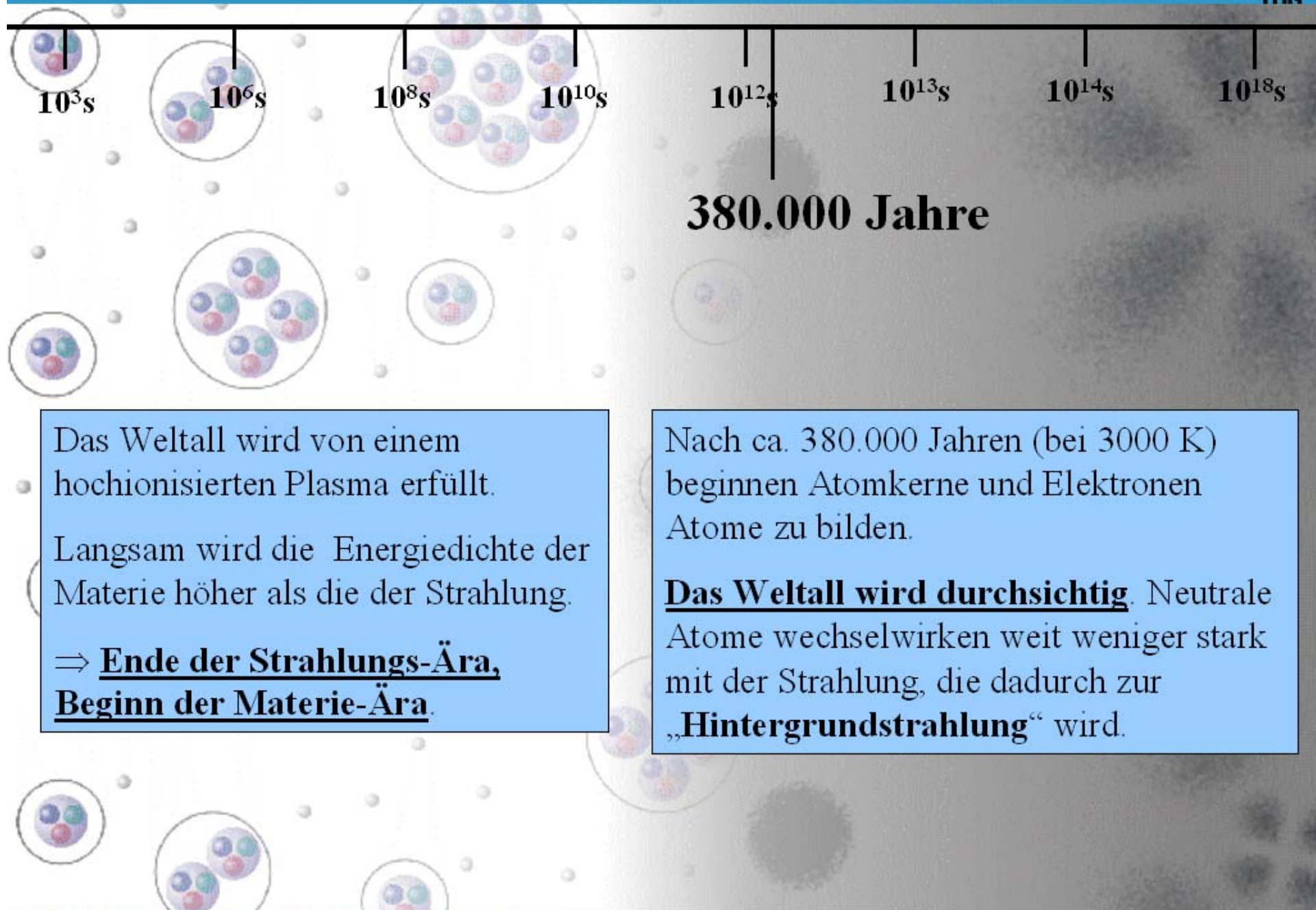
$$(E = m \cdot c^2)$$

? wodurch bildet sich ein winziger
Überschuss am Materie gegenüber der
Antimaterie (1/1.000.000.000) ?

- Die starke Wechselwirkung erscheint bei 10^{-36} s (10^{27} K) als eigenständige Kraft („Auskristallisieren“ in der Art eines Phasenübergangs).
- Dies führt zu extremer Expansion des Universums \Rightarrow **Inflationäre Phase** 10^{-35} - 10^{-33} s.
In dieser kurzen Zeit expandiert das Universum um das 10^{20} bis 10^{30} -fache.







Das Weltall wird von einem hochionisierten Plasma erfüllt.

Langsam wird die Energiedichte der Materie höher als die der Strahlung.

⇒ **Ende der Strahlungs-Ära,**
Beginn der Materie-Ära.

Nach ca. 380.000 Jahren (bei 3000 K) beginnen Atomkerne und Elektronen Atome zu bilden.

Das Weltall wird durchsichtig. Neutrale Atome wechselwirken weit weniger stark mit der Strahlung, die dadurch zur „**Hintergrundstrahlung**“ wird.

Entkopplung der Hintergrundstrahlung (ca. 380.000 Jahre)

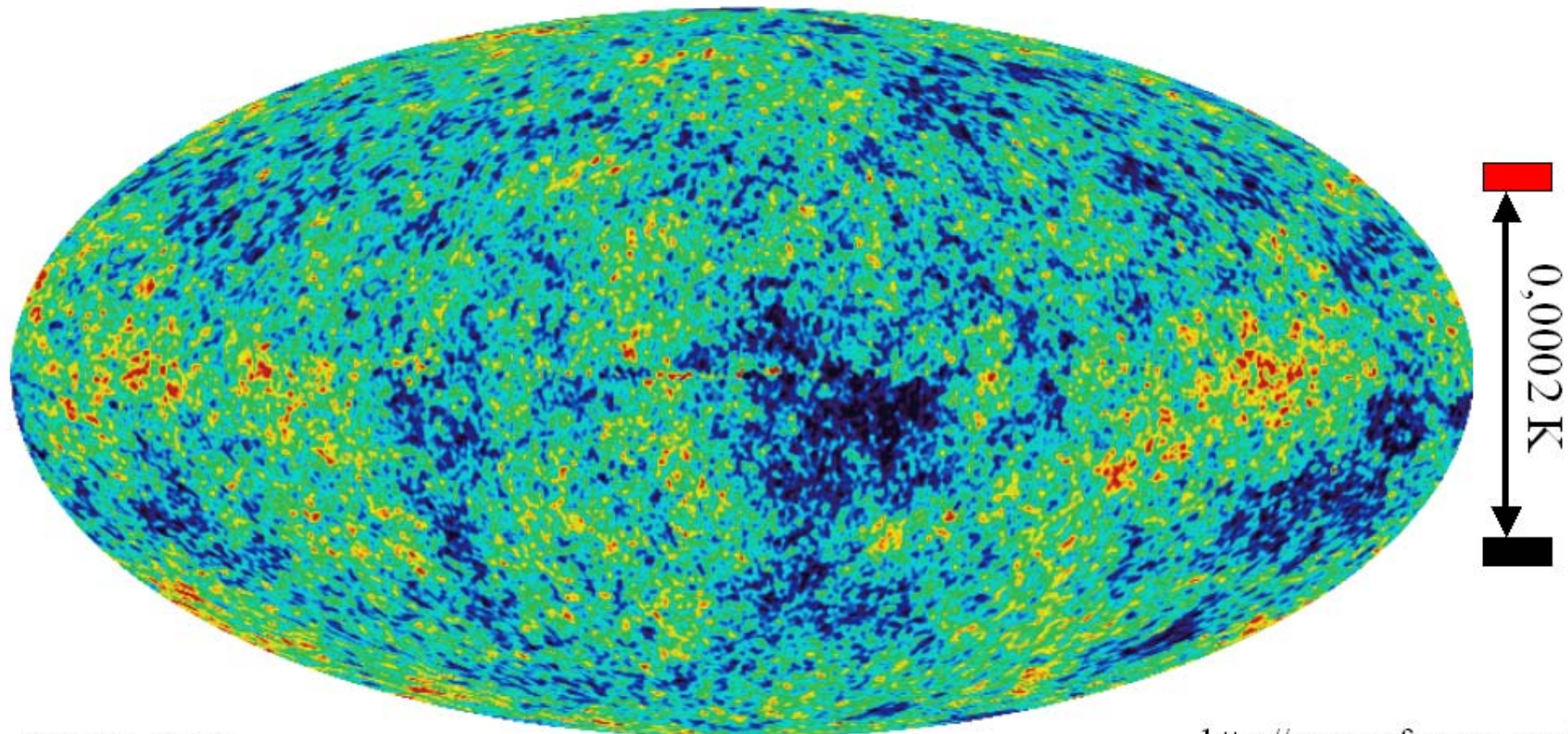


Foto: NASA / WMAP,

<http://map.gsfc.nasa.gov/>

„**Rundumblick**“ im All (Mikrowellenstrahlung). Durch die Expansion entspricht die damals bei 3000 K als Licht vorherrschende Strahlung heute einer Temperaturstrahlung von 2,725 K (Mikrowelle) die aus allen Himmelsrichtungen als **Hintergrundstrahlung** zu kommen scheint.

1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

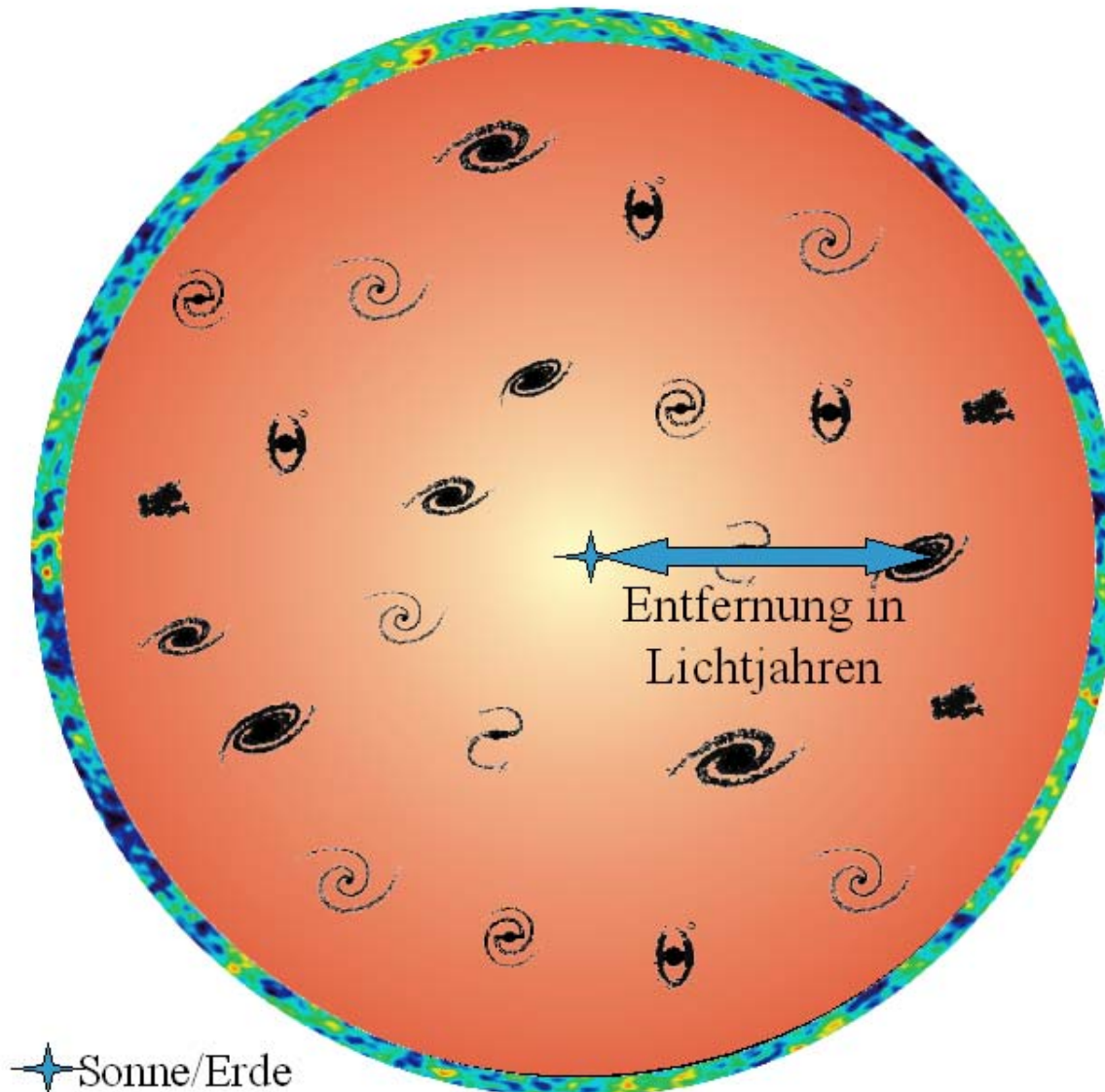
10 Mrd. Jahre

Expansion und Rotverschiebung

Durch die Ausdehnung des Universums vergrößert sich der Raum zwischen den Galaxien.

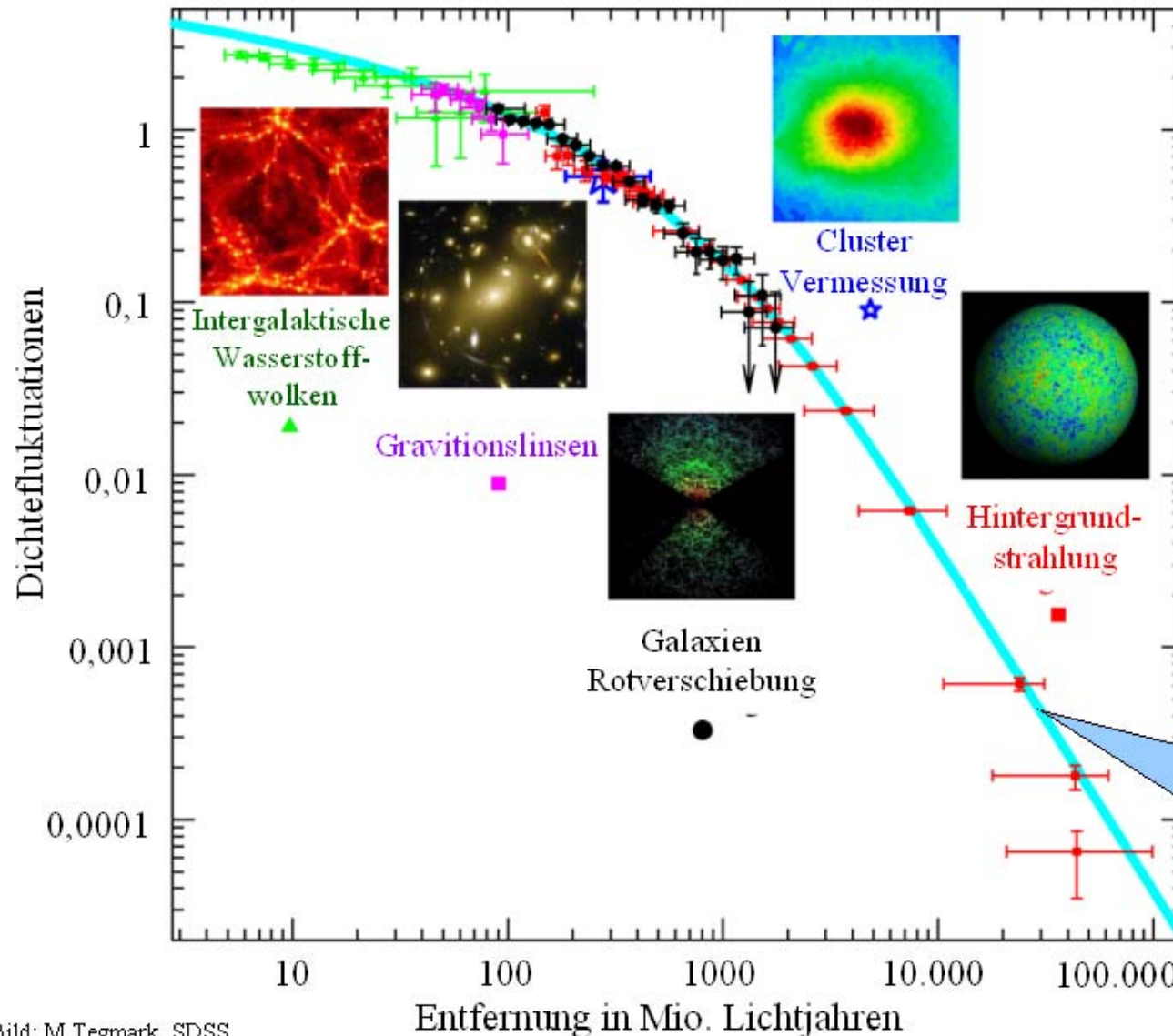
Durch Expansion werden die Lichtwellen während ihrer Reise durchs All „gedehnt“ - dies führt zur „Rotverschiebung“. (In linearer Näherung auch durch den Dopplereffekt erklärbar)

Die **Hubble-Konstante** legt die Geschwindigkeit fest, mit denen sich die Galaxien seit dem Urknall voneinander fortbewegen.
(72 km/s/Mpc)



☼ Sonne/Erde

1 Mio. Jahre 10 Mio. Jahre 100 Mio. Jahre 1 Mrd. Jahre 10 Mrd. Jahre



Ergebnis:
 Alter der Universums:
 $13,7 \pm 0,2$ Mrd. Jahre
 Entkopplung der
 Hintergrundstrahlung:
 379.000 ± 8.000 Jahre
 nach dem Urknall

4 % Materie
 23% dunkle Materie (?)
 73% dunkle Energie (?)
 offenes Universum

<http://lambda.gsfc.nasa.gov/>

Bild: M Tegmark, SDSS

1 Mio. Jahre

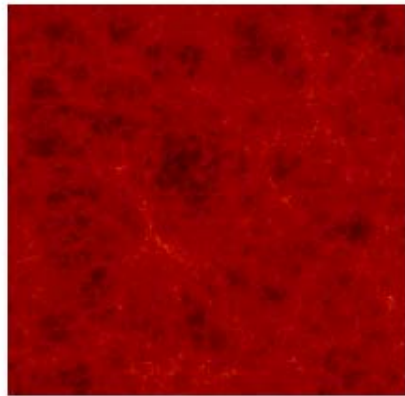
10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

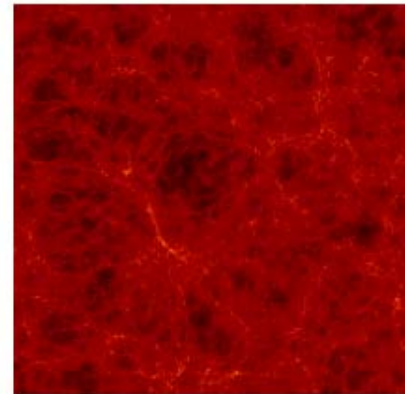
1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre

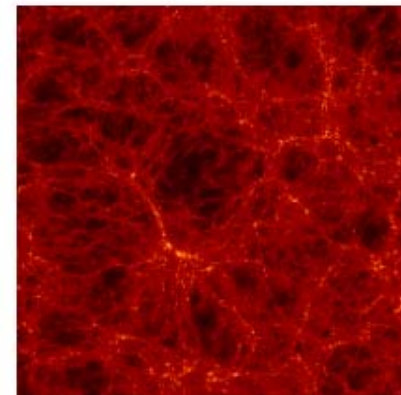
Bildung von großräumigen Strukturen



1,6 Milliarden Jahre

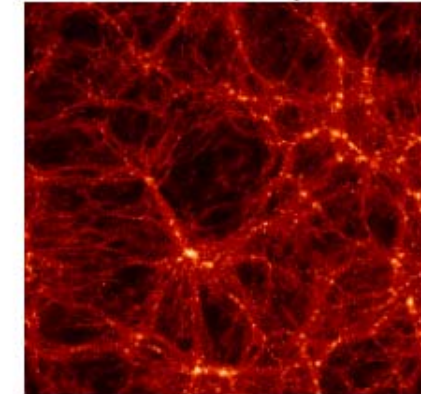


2,5 Milliarden Jahre

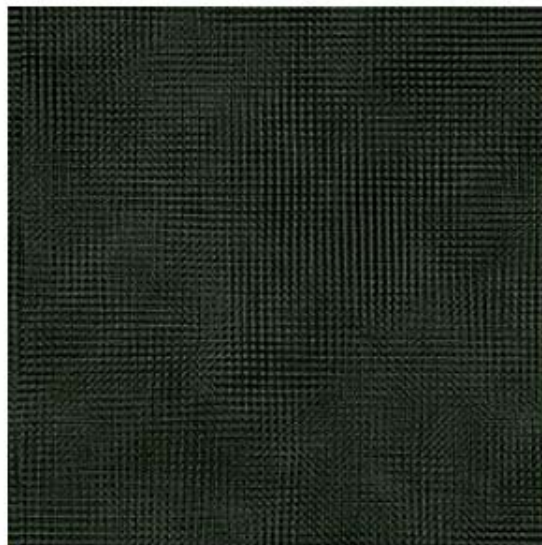


4,6 Milliarden Jahre

← 500 Mio. Lichtjahre →



13 Milliarden Jahre



Ausgehend von kleinen räumlichen Dichteveränderungen beginnt sich die Materie unter dem Einfluss der Gravitation zusammenzuziehen.

Video: LANL / T6,

<http://www.mpa-garching.mpg.de/>

1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre

Entstehung der Galaxien



Fotos: NASA/CXC/SAO u. NASA/HUBBLE

<http://chandra.harvard.edu/>

1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre

Sternbildung

Kernfusion zündet
im Inneren der
ersten Sterne und
bildet alle höheren
Atomkerne bis
Eisen (Fe).

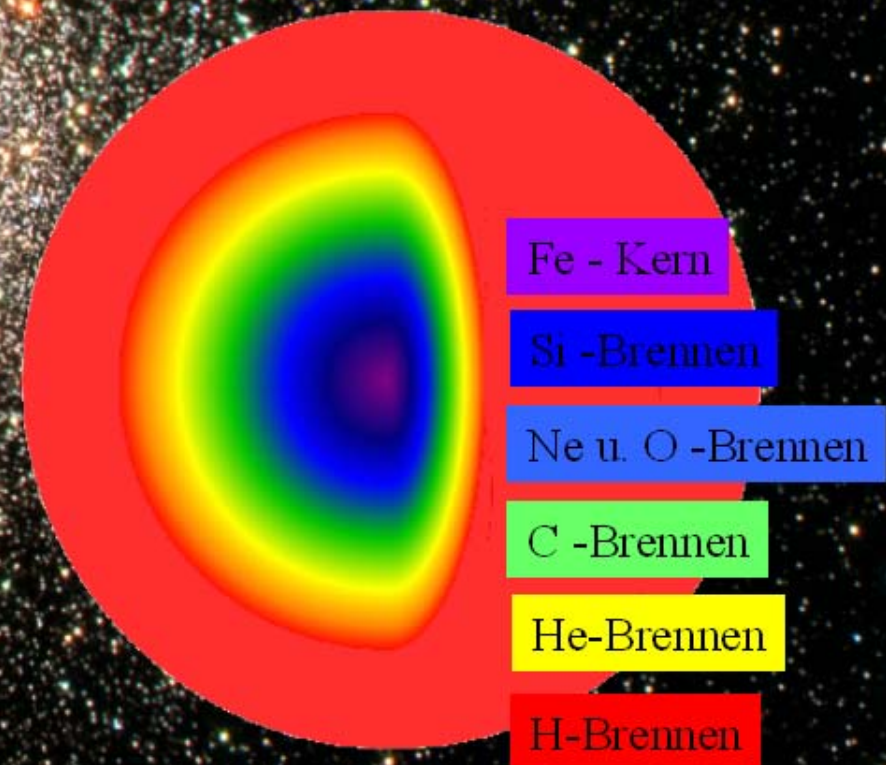
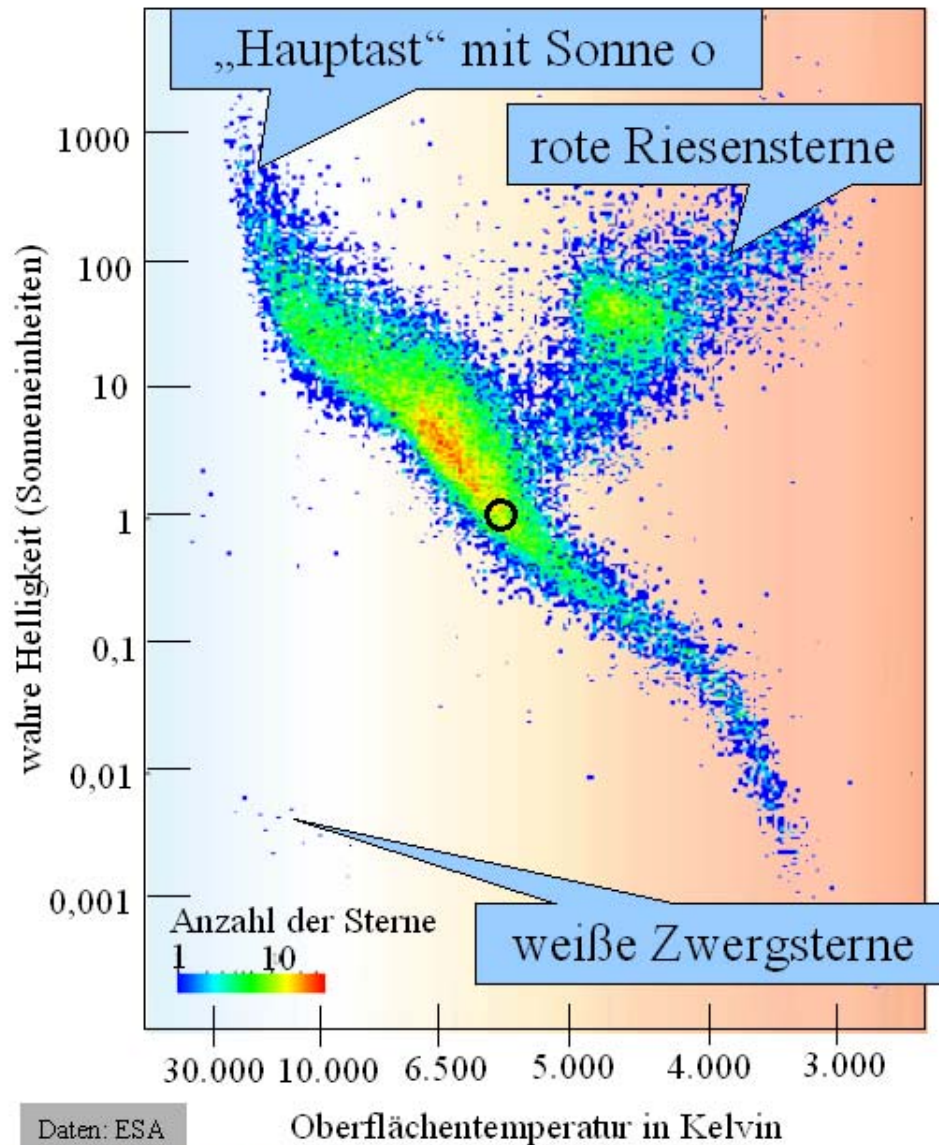


Foto NASA/HUBBLE

1 Mio. Jahre 10 Mio. Jahre 100 Mio. Jahre 1 Mrd. Jahre 10 Mrd. Jahre



Hertzsprung-Russel Diagramm (41453 Sterne, Hipparcos)

bereits nach wenigen Millionen Jahren
explodieren die schweren Sterne



Supernovae-Explosion mit Kollaps zum
Neutronenstern (Pulsar) oder zum
schwarzen Loch



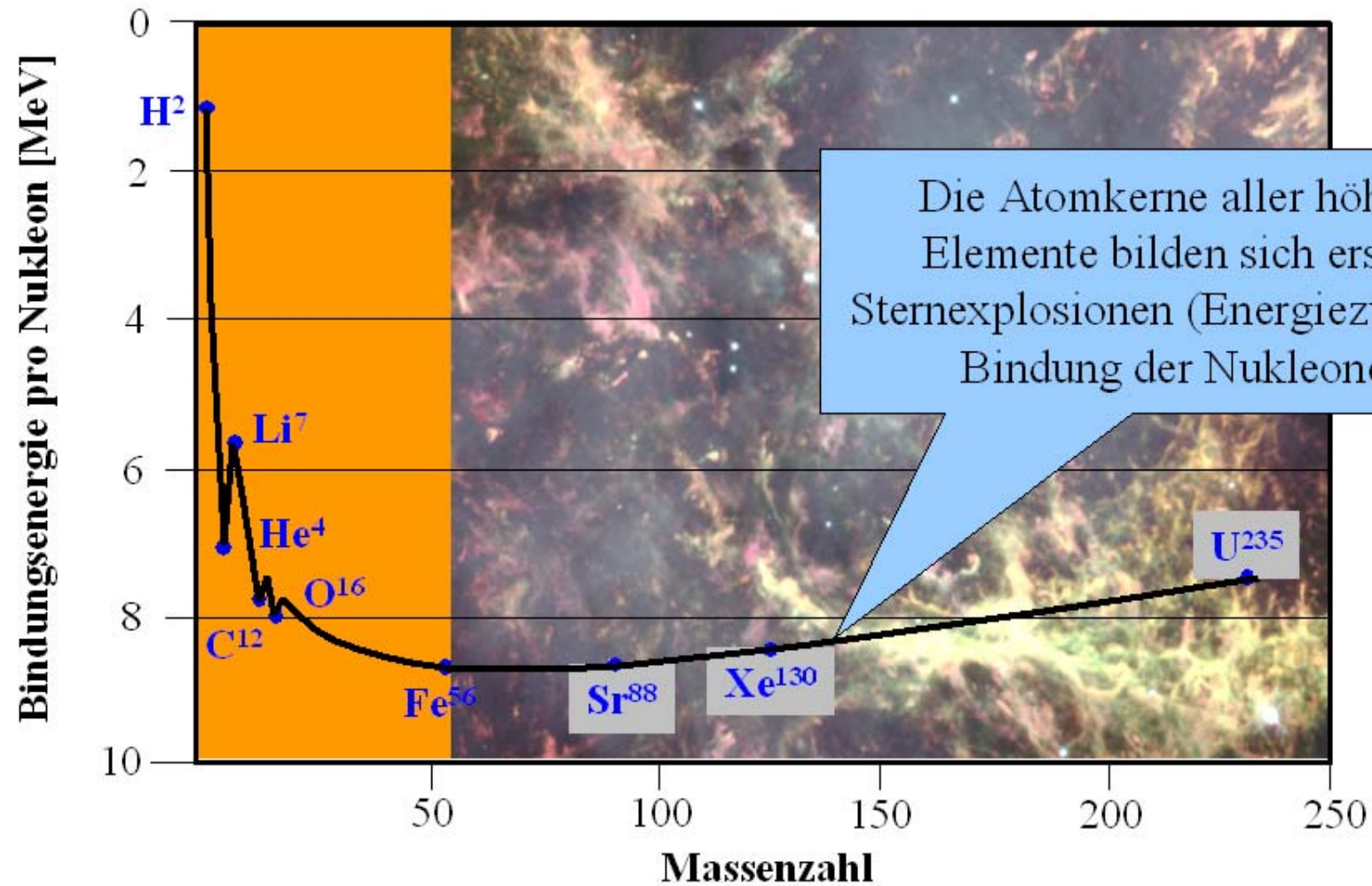
1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre



1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre



Im interstellare Gas bilden sich Protoplanetensysteme. Unser Sonnensystem entstand vermutlich 9,1 Milliarden Jahren nach dem Urknall

Entstehung des Sonnensystems

The Orion Nebula



HUBBLESITE.org

Video: NASA/STScI

1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre

Der Vorläufer der Erde wächst aus zahlreichen kleinen Materieklumpen

Nach etwa 70 Millionen Jahren trifft ein marsgroßer Körper unter spitzem Winkel die Ur-Erde.
Erde und Mond entstehen.

Die Uratmosphäre (H, He) wird vom starken Sonnenwind verblasen

Eine Kruste bildet sich auf dem - auch durch radioaktiven Zerfall - aufgeheizten Erdinneren. Eine zweite Atmosphäre (Wasserdampf, Kohlendioxid, Stickstoff) „dampft“ aus.

Vor etwa 2,5 Milliarden Jahren setzt durch erste Bakterien Photosynthese (Sauerstoffherzeugung) ein.

Bilder: NASA


1 Mio. Jahre

10 Mio. Jahre

100 Mio. Jahre

1 Mrd. Jahre

10 Mrd. Jahre



13,7 Milliarden Jahre nach dem Urknall
(heute)

Foto: NASA