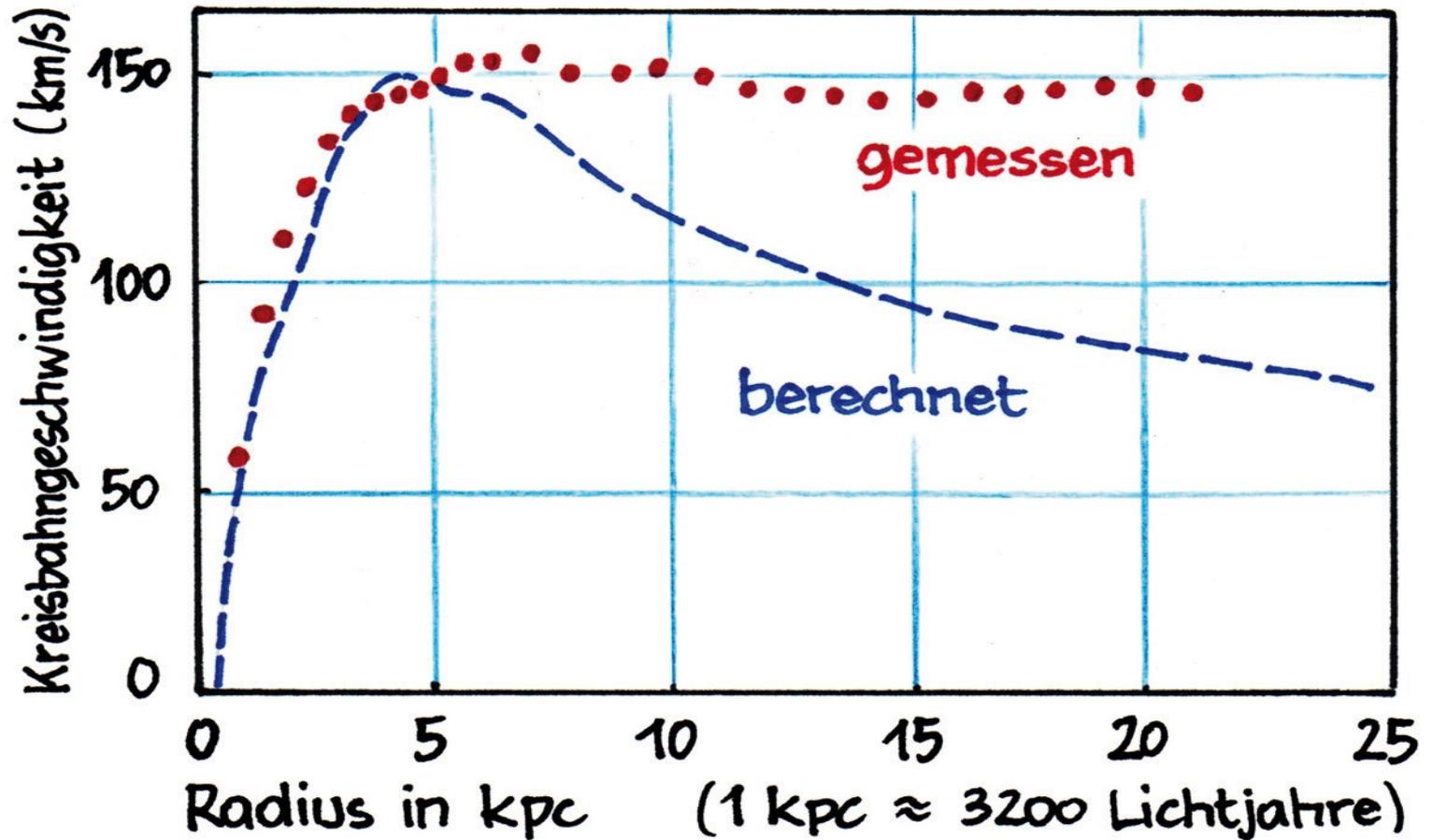


Dunkle Materie und Dunkle Energie

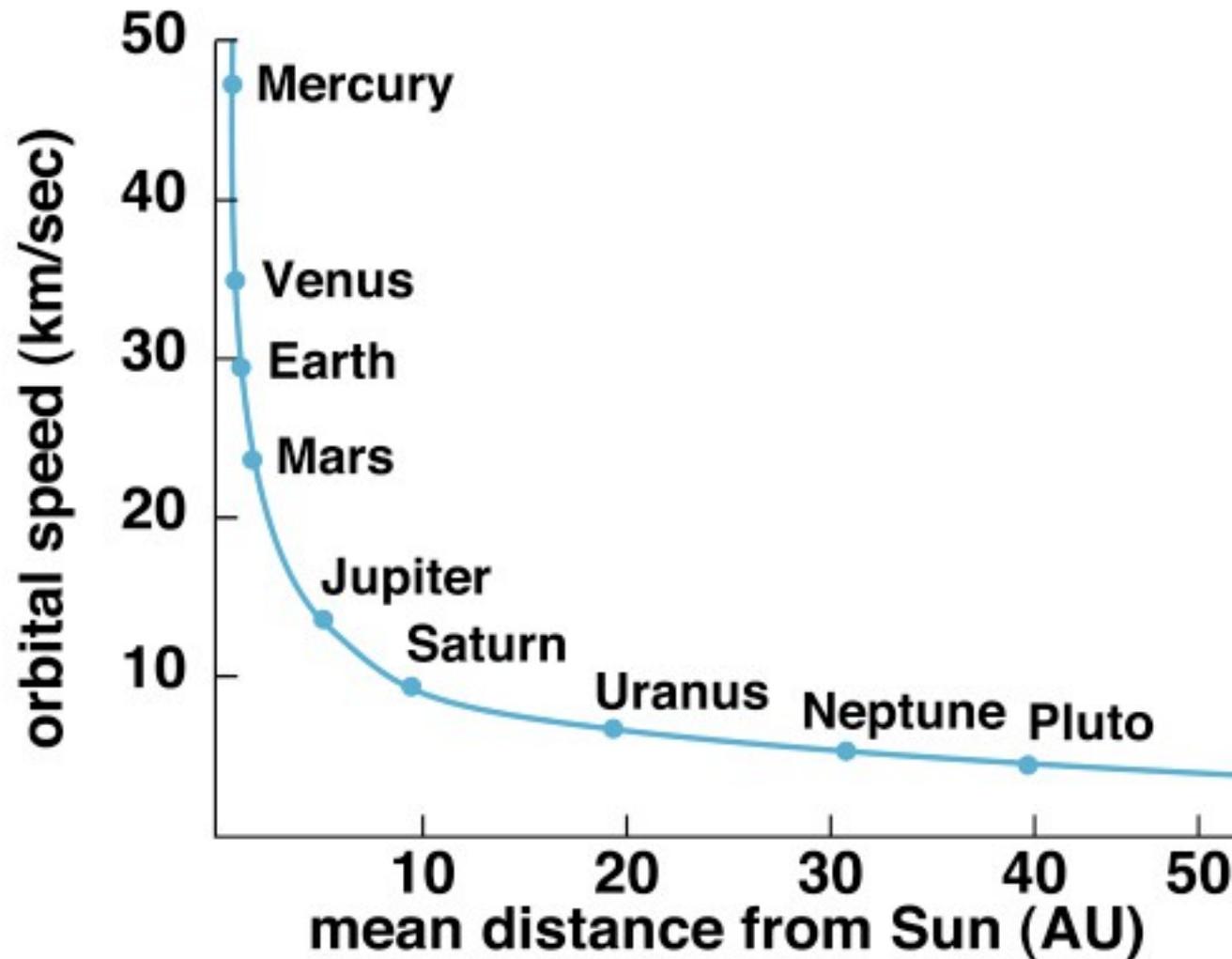
Claus Grupen

2014

Motivation für Dunkle Materie:



Klassische Erwartung



(b)

Radiale Dichteverteilung der Dunklen Materie ?

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot M}{r}}$$

Angenommen die Materiedichte variiert wie $\rho \sim r^{-2}$ dann folgt

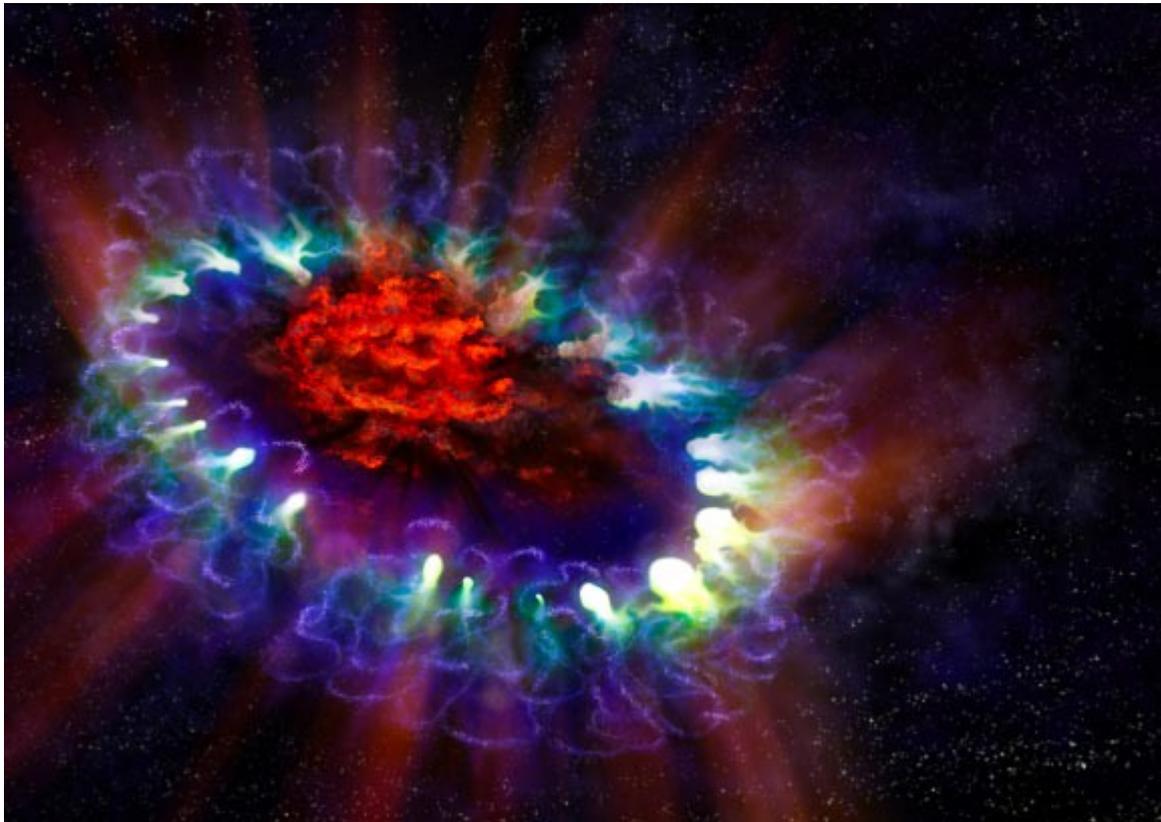
$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \gamma \cdot m \cdot \frac{\int_0^r \rho \cdot dV}{r^2} \sim \gamma \cdot \frac{m \cdot \rho \cdot V}{r^2} \sim \gamma \cdot \frac{m \cdot r^{-2} \cdot r^3}{r^2}$$

Daraus folgt

$$v^2 = \text{const}$$

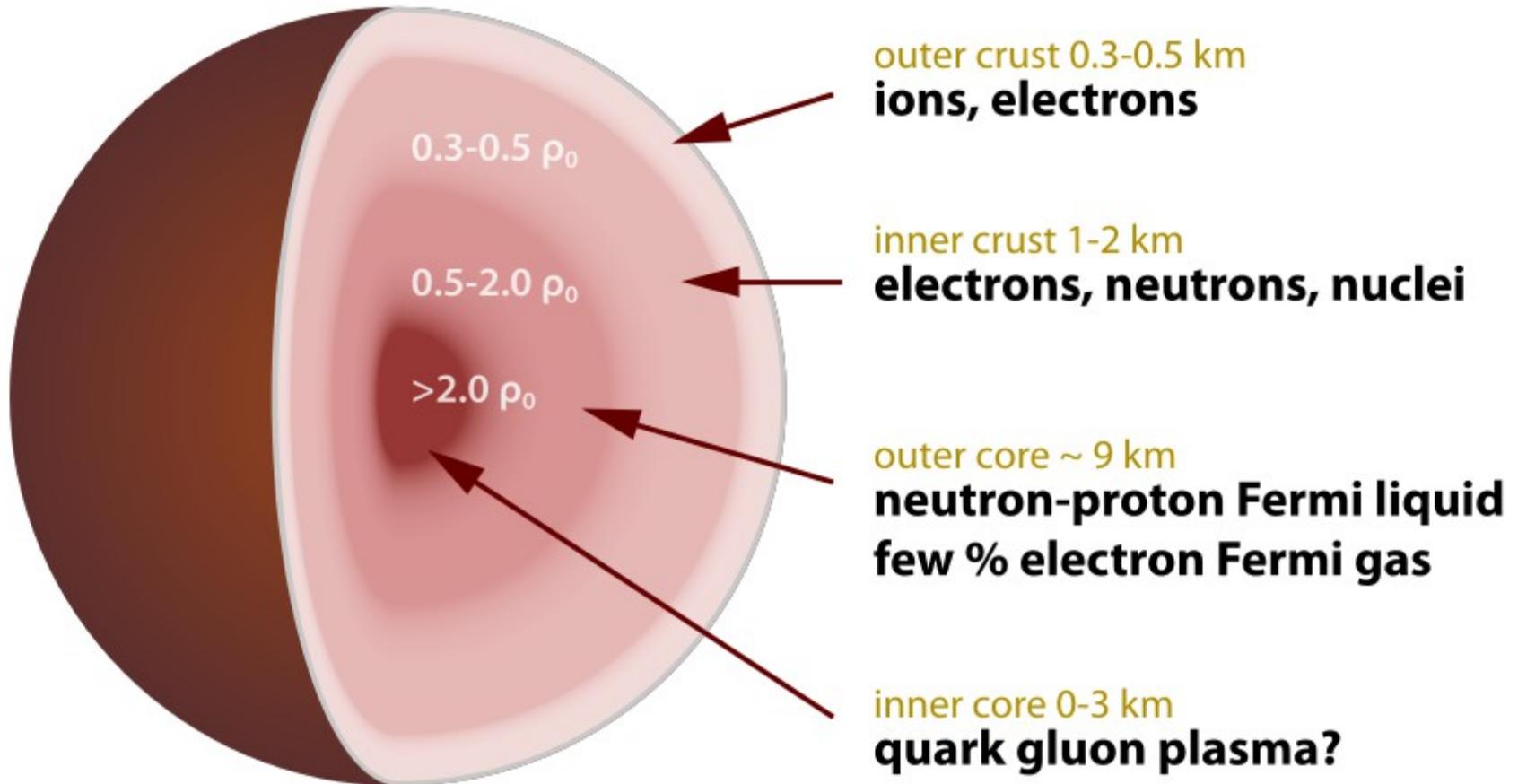
Was könnte die Dunkle Materie sein?

Gaswolken? oder galaktischer Staub?

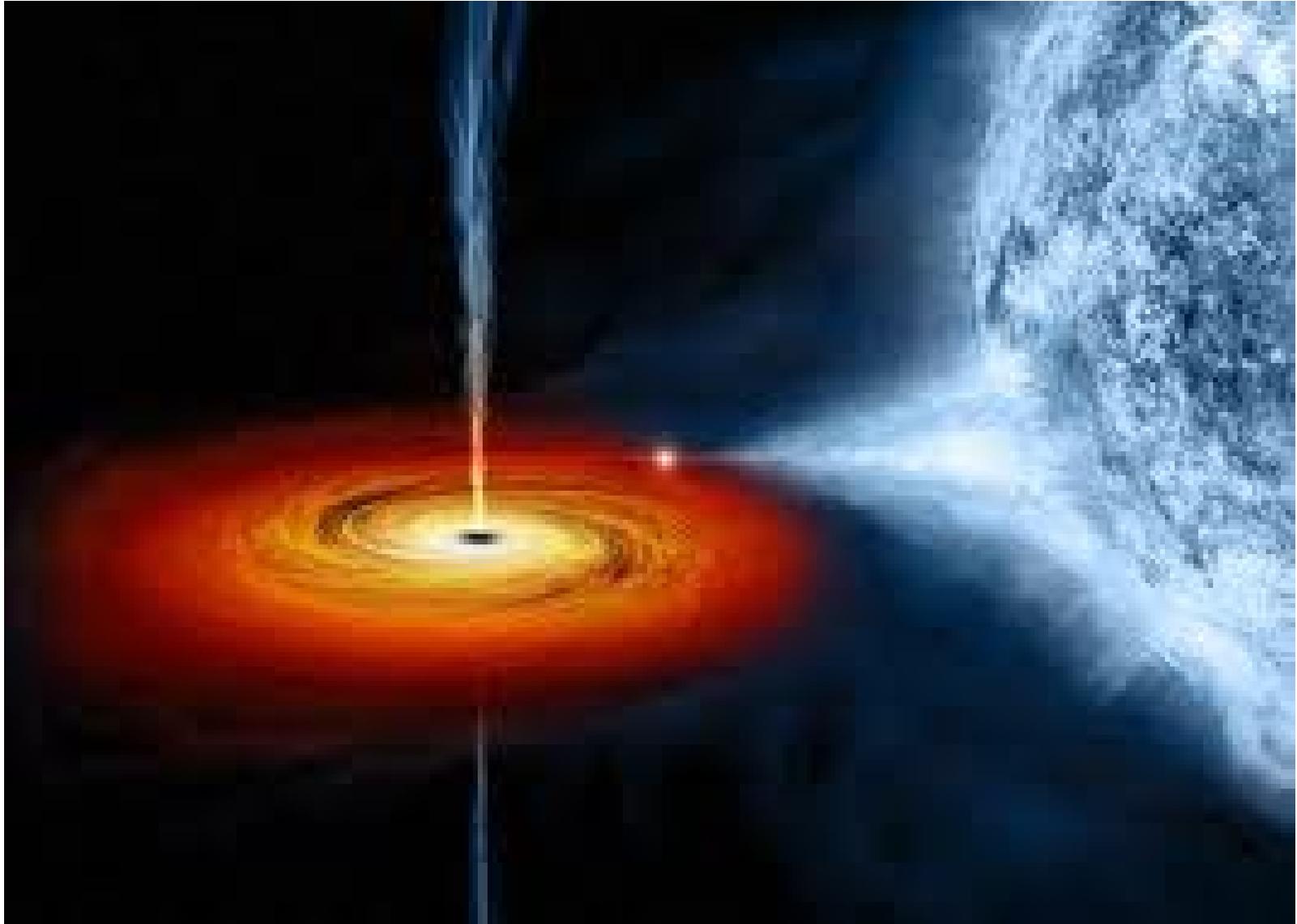


**Gasausstoß
der
Supernova
1987A**

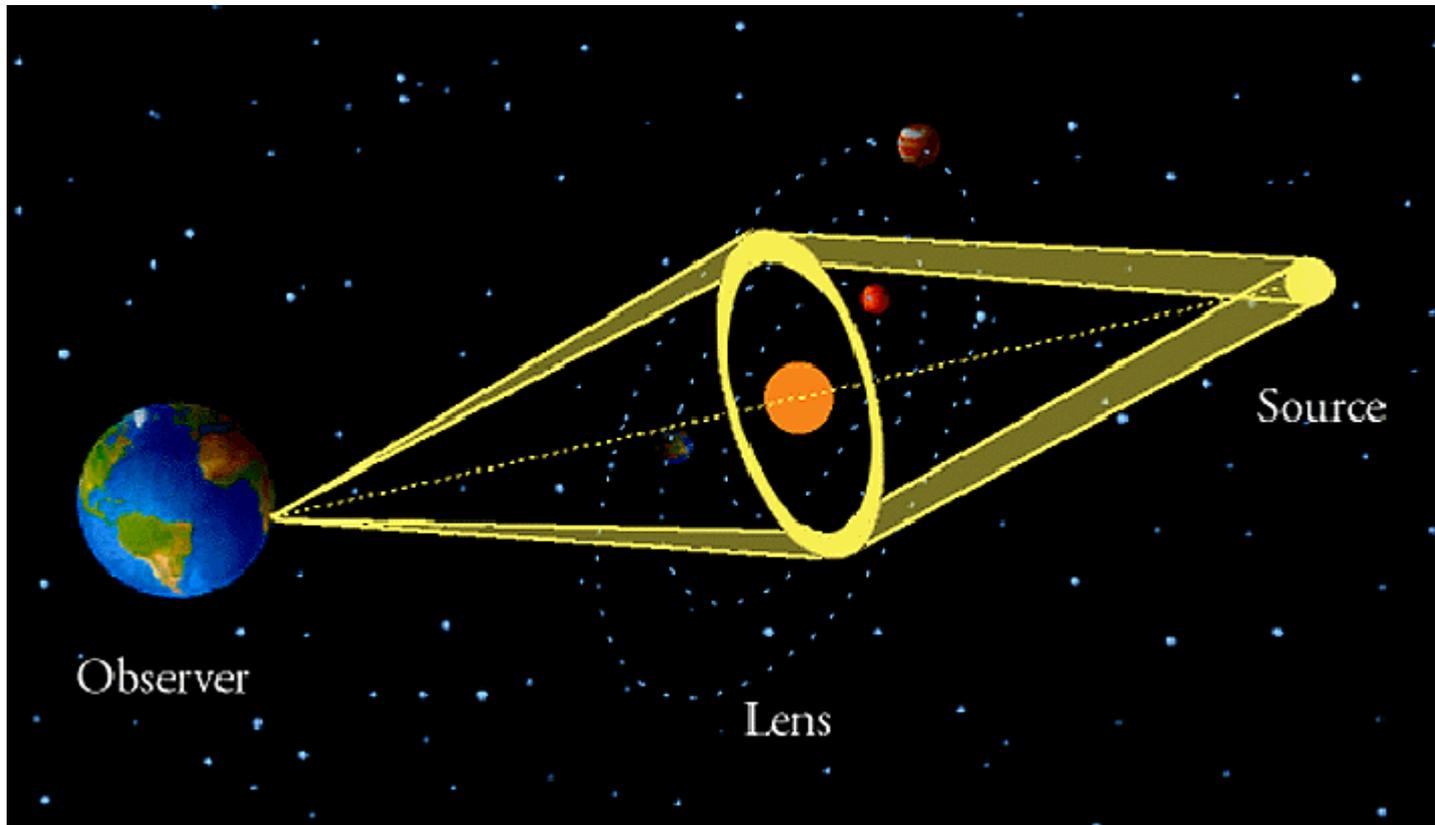
Neutronensterne oder Schwarze Löcher?

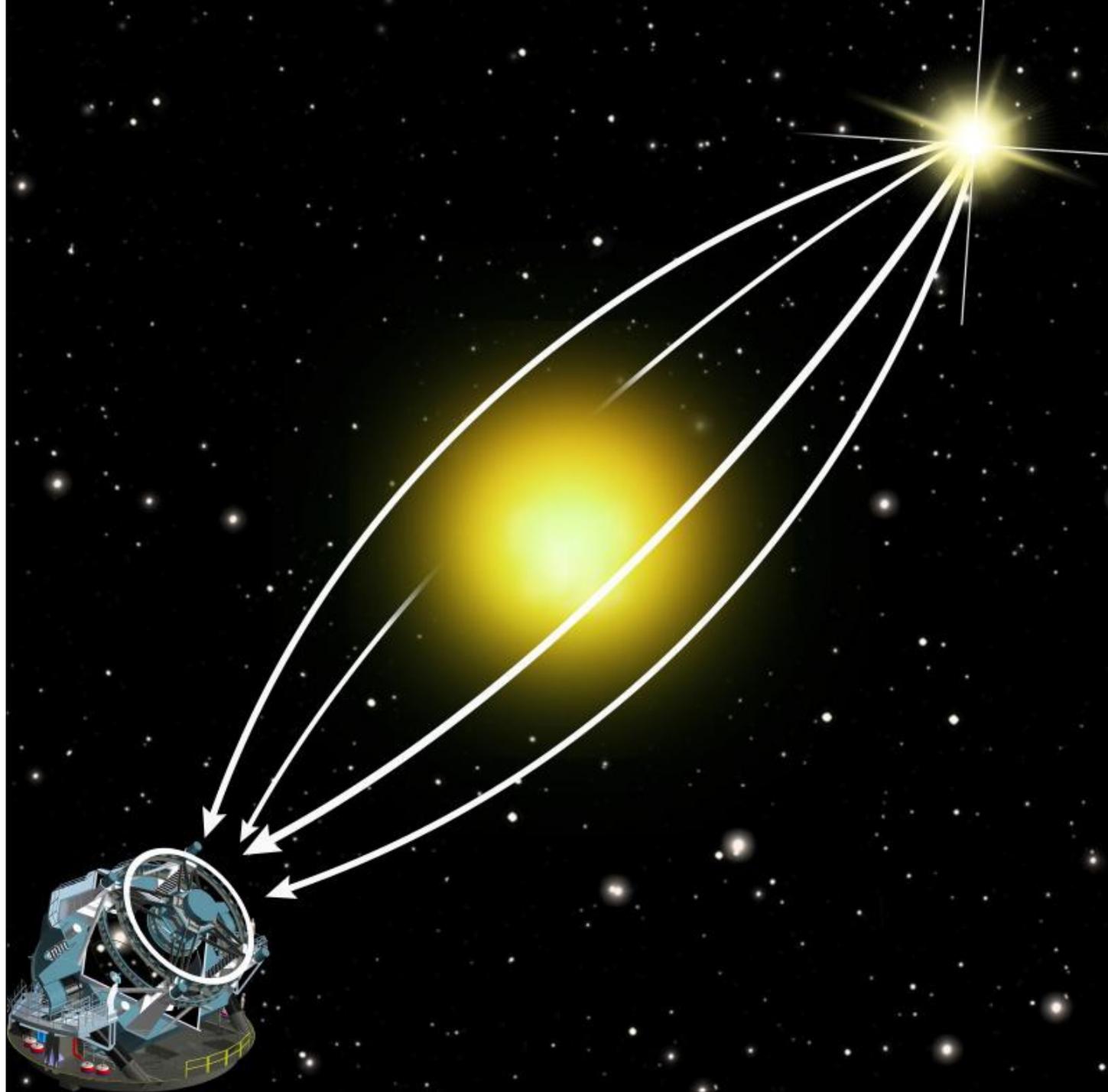


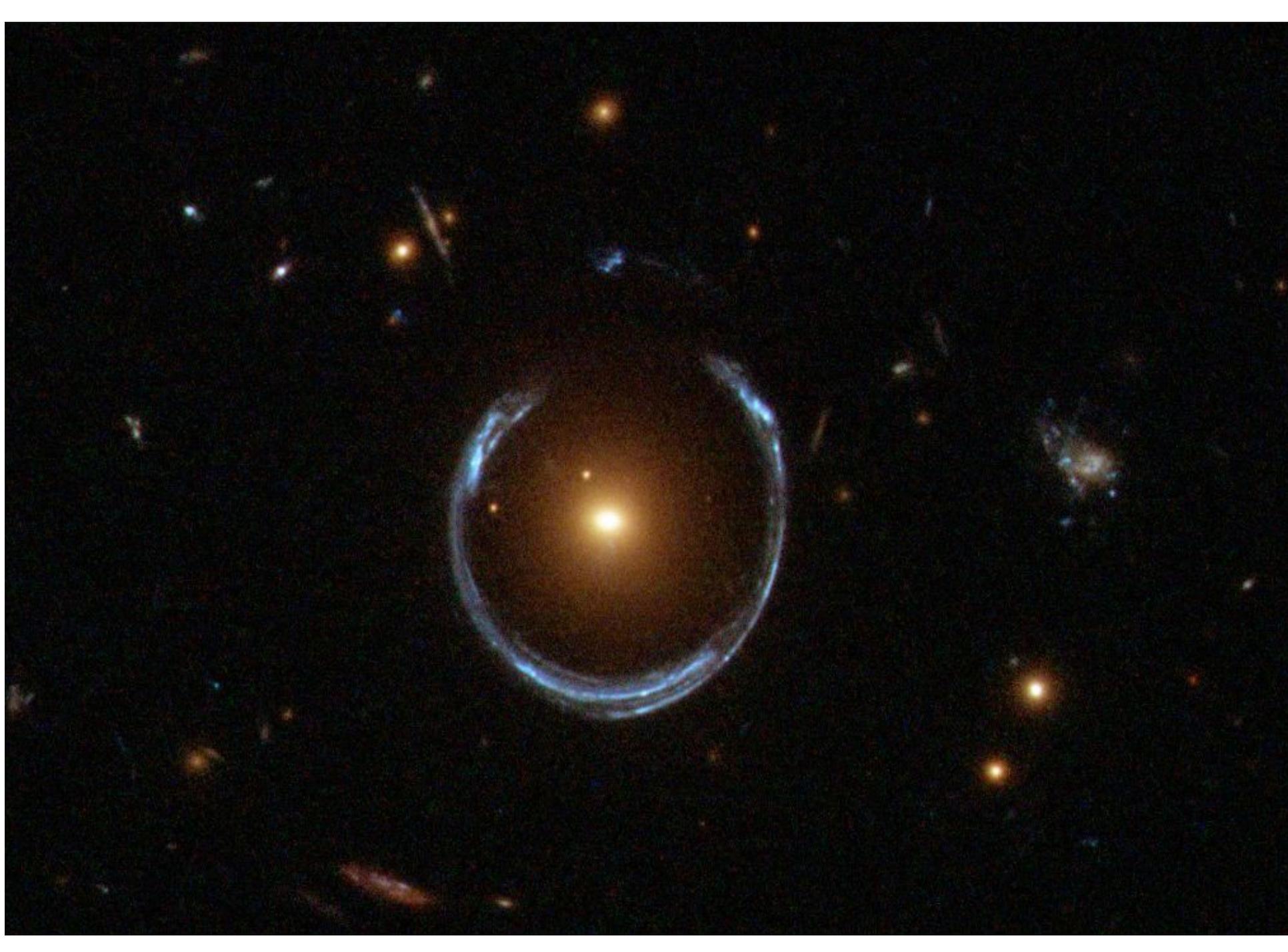
Schwarze Löcher?



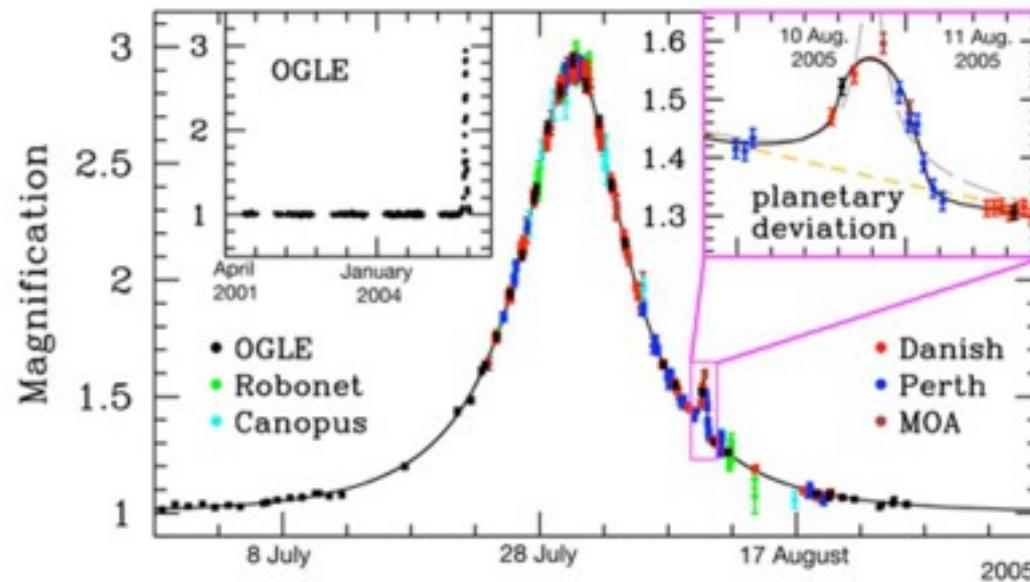
Gravitationslinsen und Mikrolinseneffekte: MACHOs, EROS, OGLE, ...





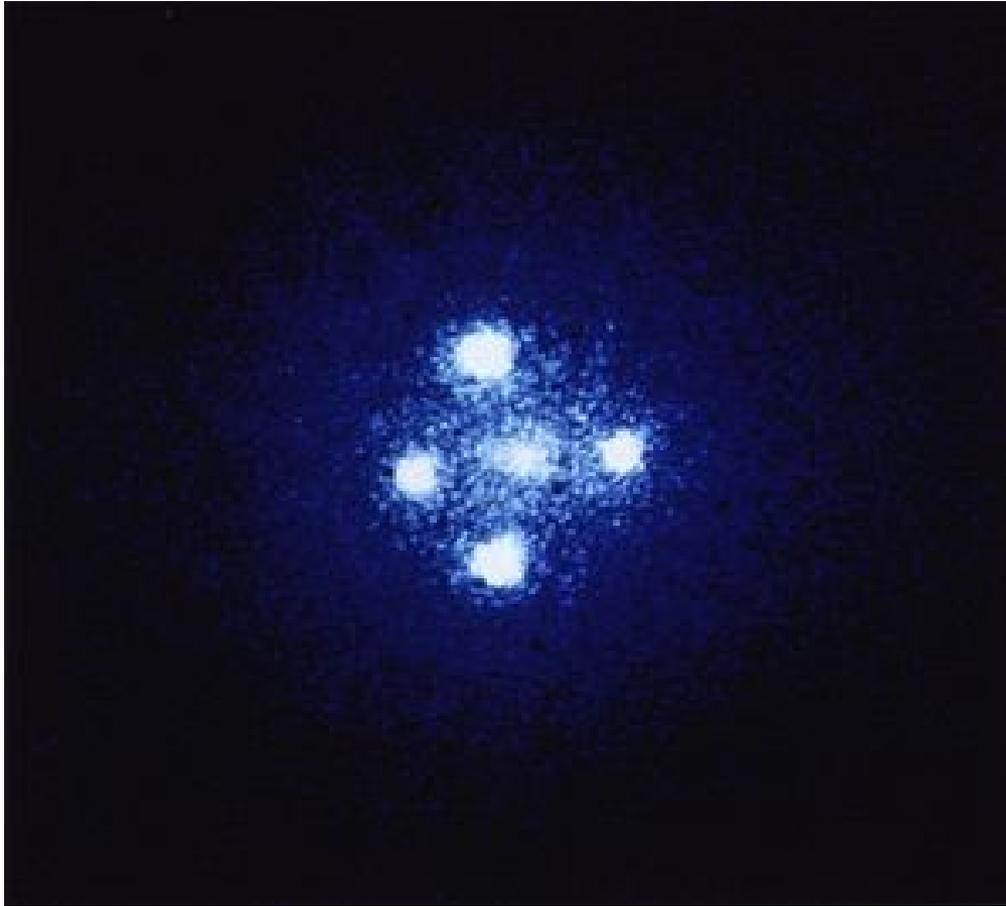


Gravitationslinse mit einem 'linsenden' Planeten



Light Curve of OGLE-2005-BLG-390

Einsteinkreuz





Gravitational Lens in Abell 2218

HST • WFPC2

PF95-14 • ST ScI OPO • April 5, 1995 • W. Couch (UNSW), NASA

Neutrinos als Dunkle Materie?

Experimentelle Massengrenze aus dem Tritium
Beta Zerfall: $< 2 \text{ eV}$

Massengrenze aus Neutrinooszillationen
 $< 50 \text{ meV}$ (mit plausiblen Annahmen)

Neutrinos können nur einen sehr geringen
Anteil an Dunkler Materie beitragen, wenn
überhaupt.

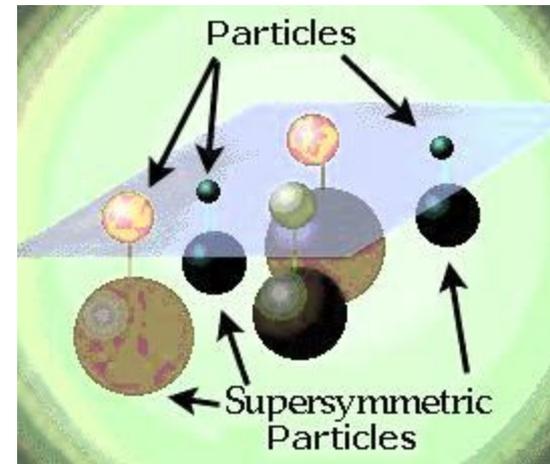
MACHOs, dunkle Sterne, braune Zwerge können den erforderlichen Massenbedarf des gegenwärtigen kosmologischen Modells (27 % an der Gesamtenergiedichte des Universums) nicht liefern.

Favorisierter Kandidat: WIMPS (weakly interacting massive particles)

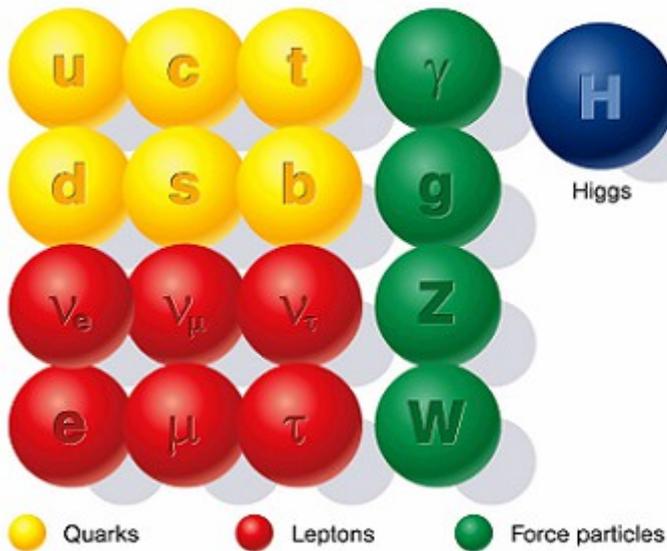
Suche nach WIMPS in der kosmischen Strahlung und am LHC

Was sind WIMPS?

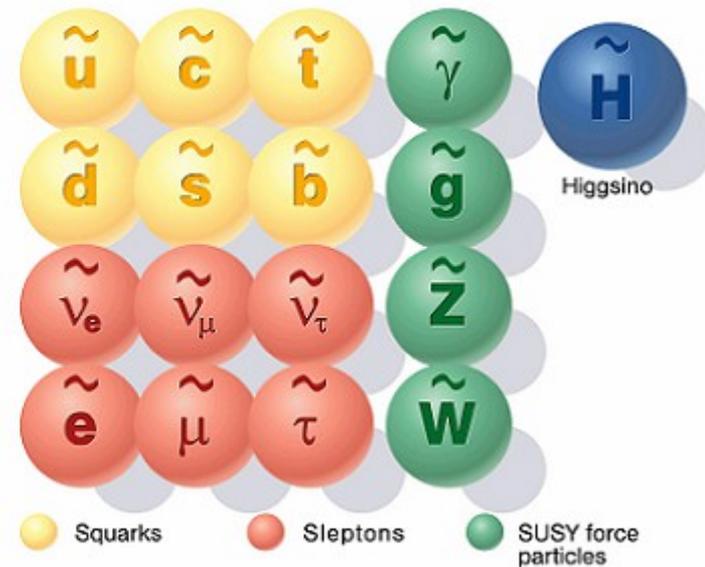
Heißer Kandidat: supersymmetrische Teilchen



Standard particles

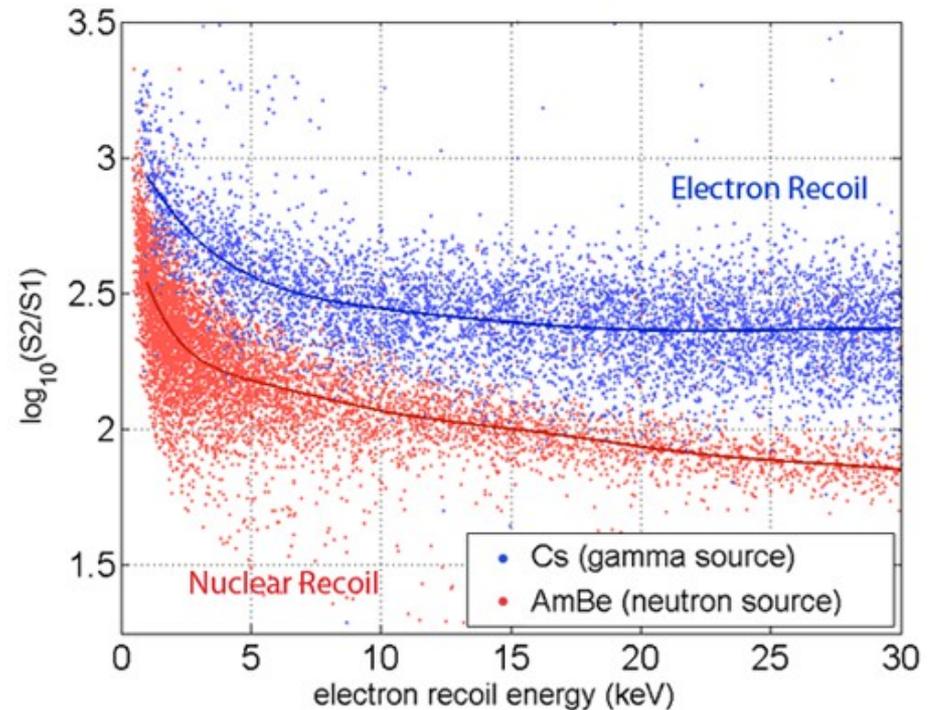
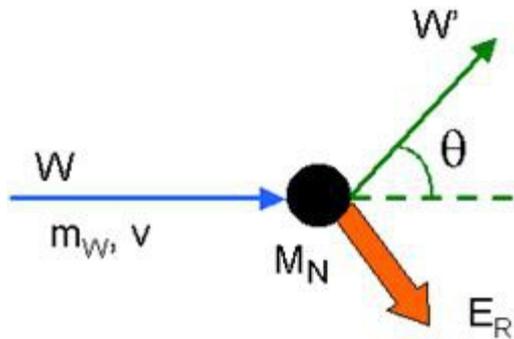


SUSY particles



Wie findet man SUSY/WIMPS Teilchen?

In der kosmischen Strahlung:
WIMPS im Untergrund-Labor:



**WIMPS haben nur gravitative
Wechselwirkungen**

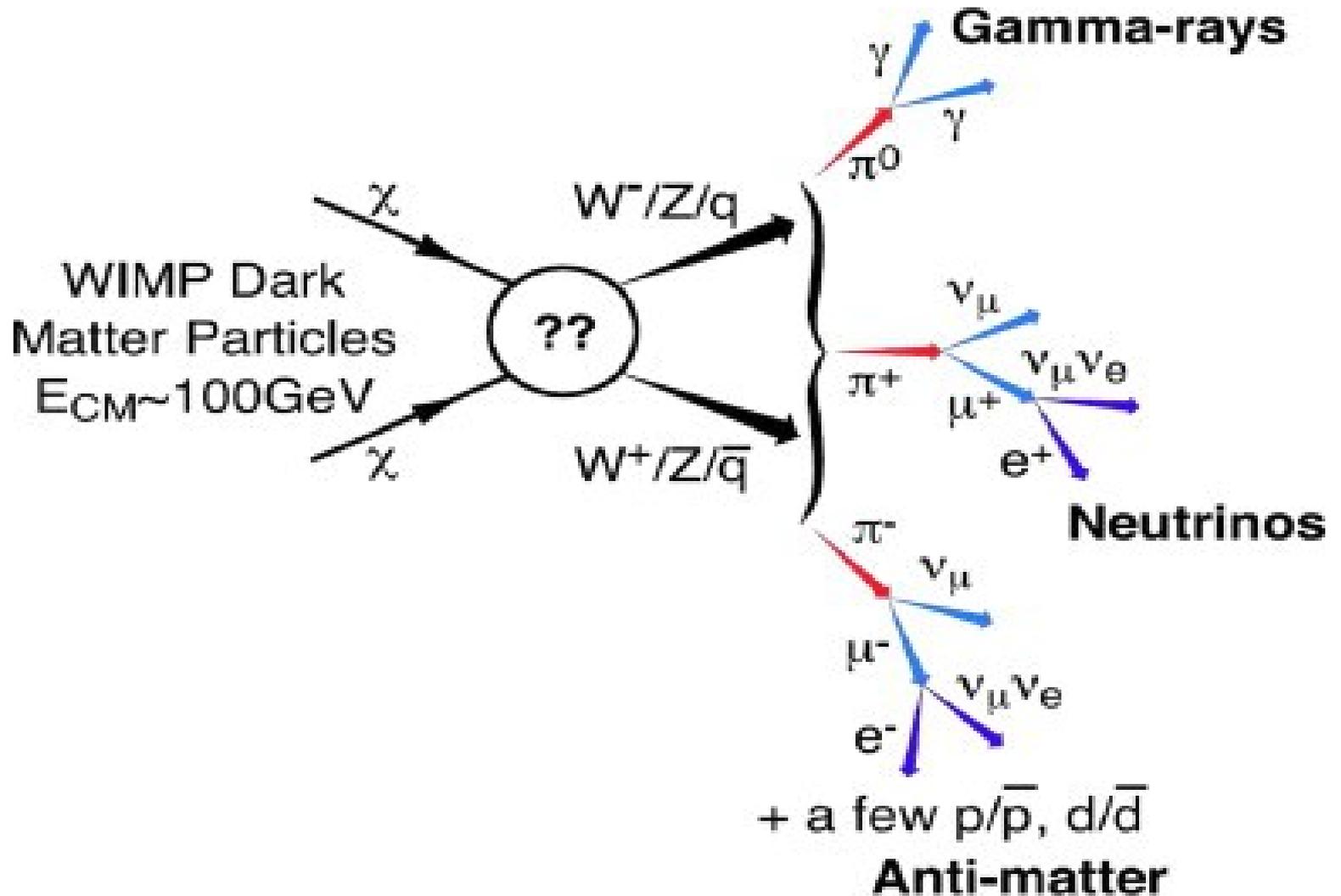
**Ansammlung von WIMPS in der Sonne
oder in der Erde mit anschließender
Zerstrahlung**

WIMP + AntiWIMP \Longrightarrow

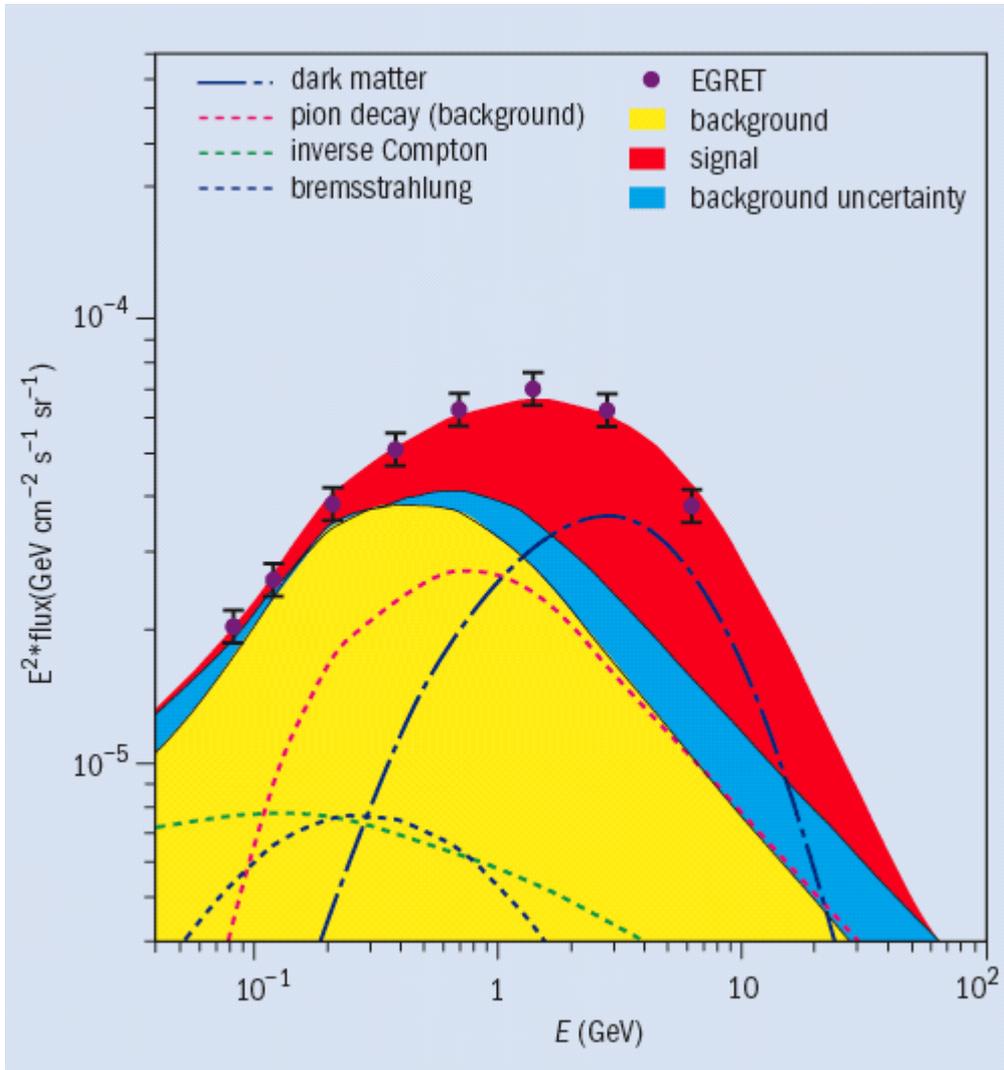
**Neutrino-paare oder
Annihilationsgammas**

Bisher keine zweifelsfreien Ergebnisse

WIMPS am LHC?



WIMPS in der Gamma-Astronomie?



So könnte man
nach WIMPS
in der primären
Gammastrahlung
suchen



Rot: leuchtende Materie; Blau: Dunkle Materie
(aus gravitativen Ablenkungen)

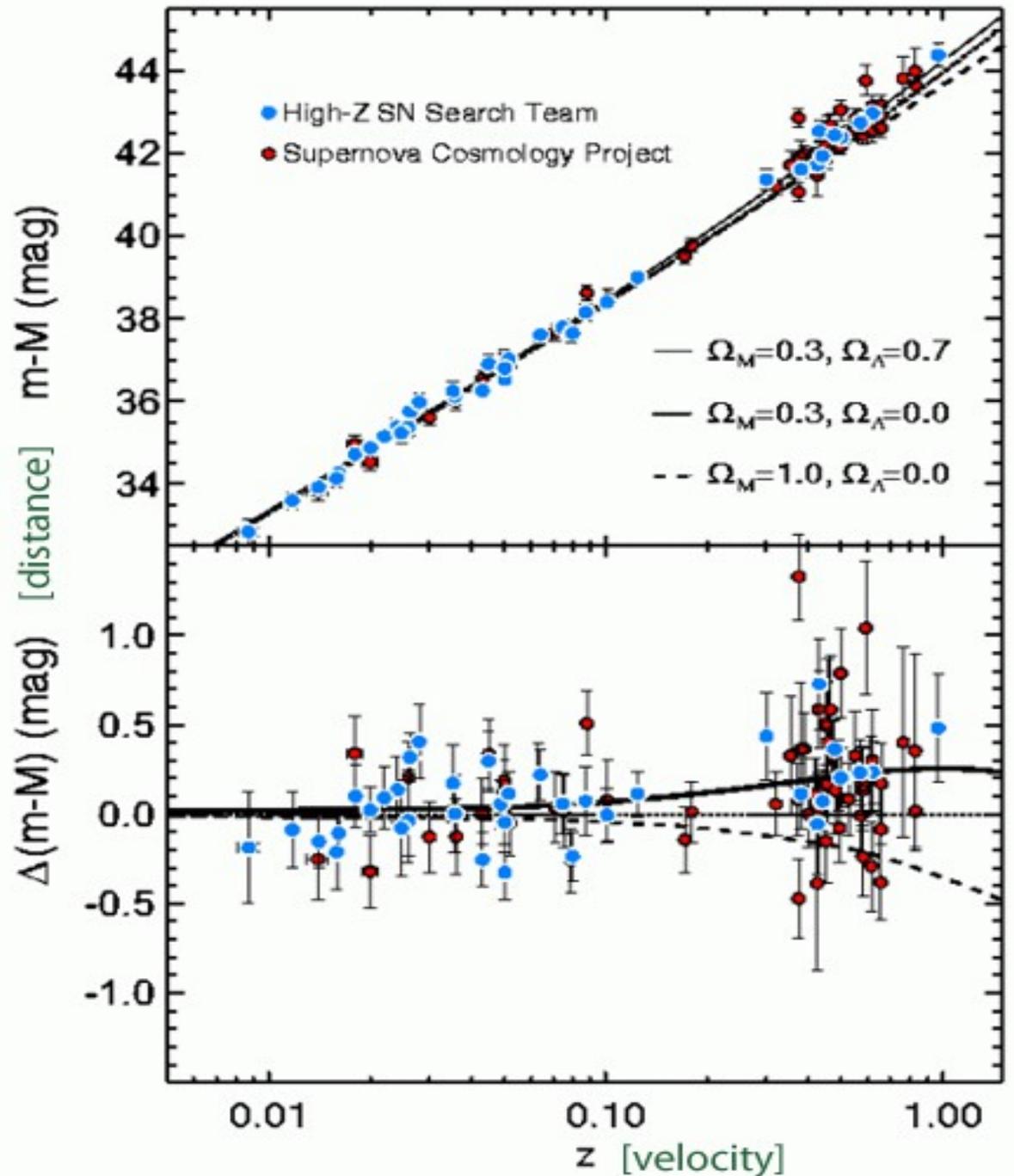
**AN APT COMMENT ON
BIG BANG COSMOLOGISTS**



**“all this stuff about dark matter is
total bullshit”.**

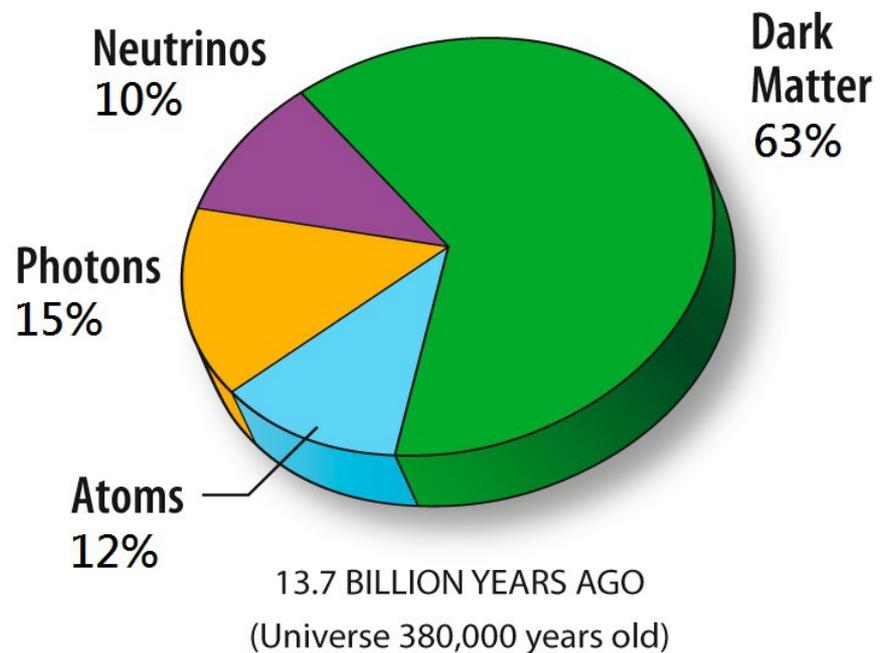
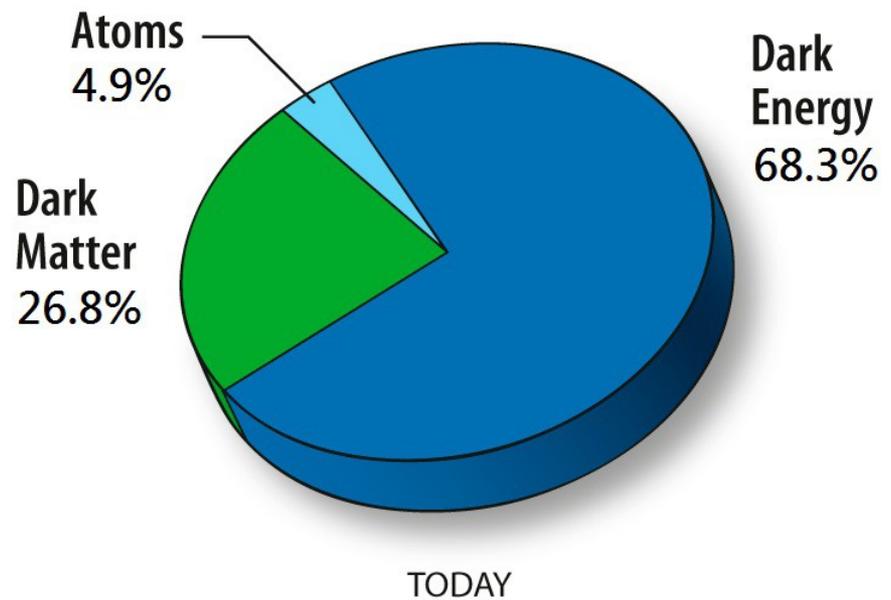
**Prof. Dr. Martinus Justinus Godefriedus Veltman,
Physics Nobel Laureate,
Speaking at the Lindau Nobel meetings, July 2010**

**Dunkle
Energie?
Kosmologische
Konstante?
Evidenz??**



Ergebnisse des Planck-Satelliten

Was Dunkle Materie sein könnte, da hat man gewisse Vorstellungen. Bei der Dunklen Energie tappt man völlig im Dunklen.



**Aber Vorsicht: es gibt
in der Astrophysik und
Kosmologie noch viele
offene Fragen:**

Manchmal wird geglaubt, dass die Physiker und Kosmologen nahe daran sind, die Welt und das Universum gut zu verstehen und mathematisch beschreiben zu können. Weit gefehlt! Es gibt eine ganze Reihe von ungelösten grundsätzlichen Problemen, die auf eine Erklärung warten.

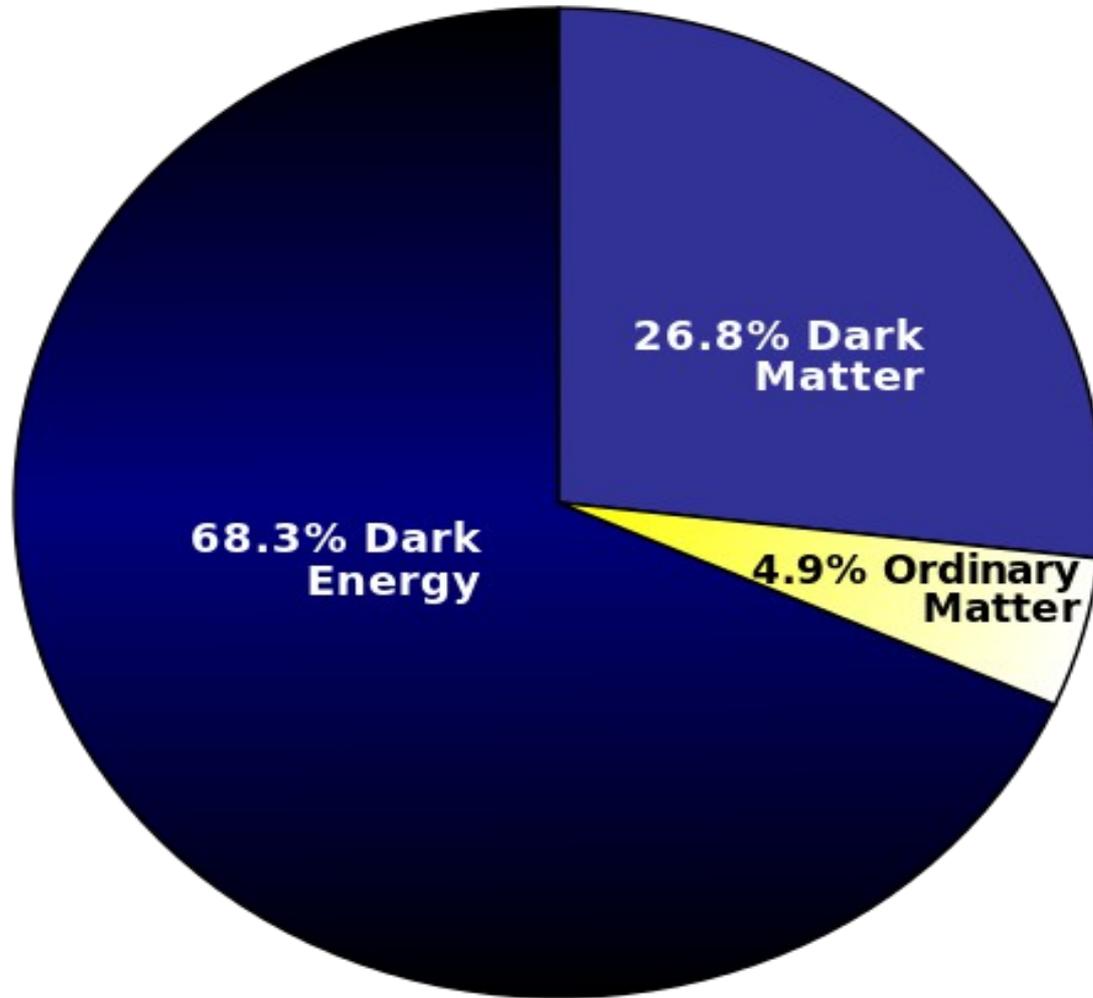
Problem 1:

Wenn die gegenwärtigen kosmologischen Modelle stimmen, besteht das Universum zu ca. 5 % aus normaler Materie, zu etwa 27 % aus Dunkler Materie und zu 68 % aus Dunkler Energie.

Bei der Dunklen Materie hat man Vorstellungen, was es sein könnte.

Bei der Dunklen Energie tappt man vollständig im Dunklen.

Daten des Planck-Satelliten



Problem 2:

Hatte Gott eine Wahl, als er das Universum schuf? Bildet man aus drei wichtigen physikalischen Konstanten eine dimensionslose Zahl:

nämlich aus der Lichtgeschwindigkeit c , dem Planckschen Wirkungsquantums h und der Ladung des Elektrons e , dann erhält man:

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$$

**Dabei ist das Inverse
von alpha = 137, 035999074 ...
Warum?**

Arnold Sommerfeld und Niels Bohr



**Warum hat alpha diesen krummen
Wert? Warum nicht 42 oder 1?**

Hatte Gott ein anderes Zahlensystem?

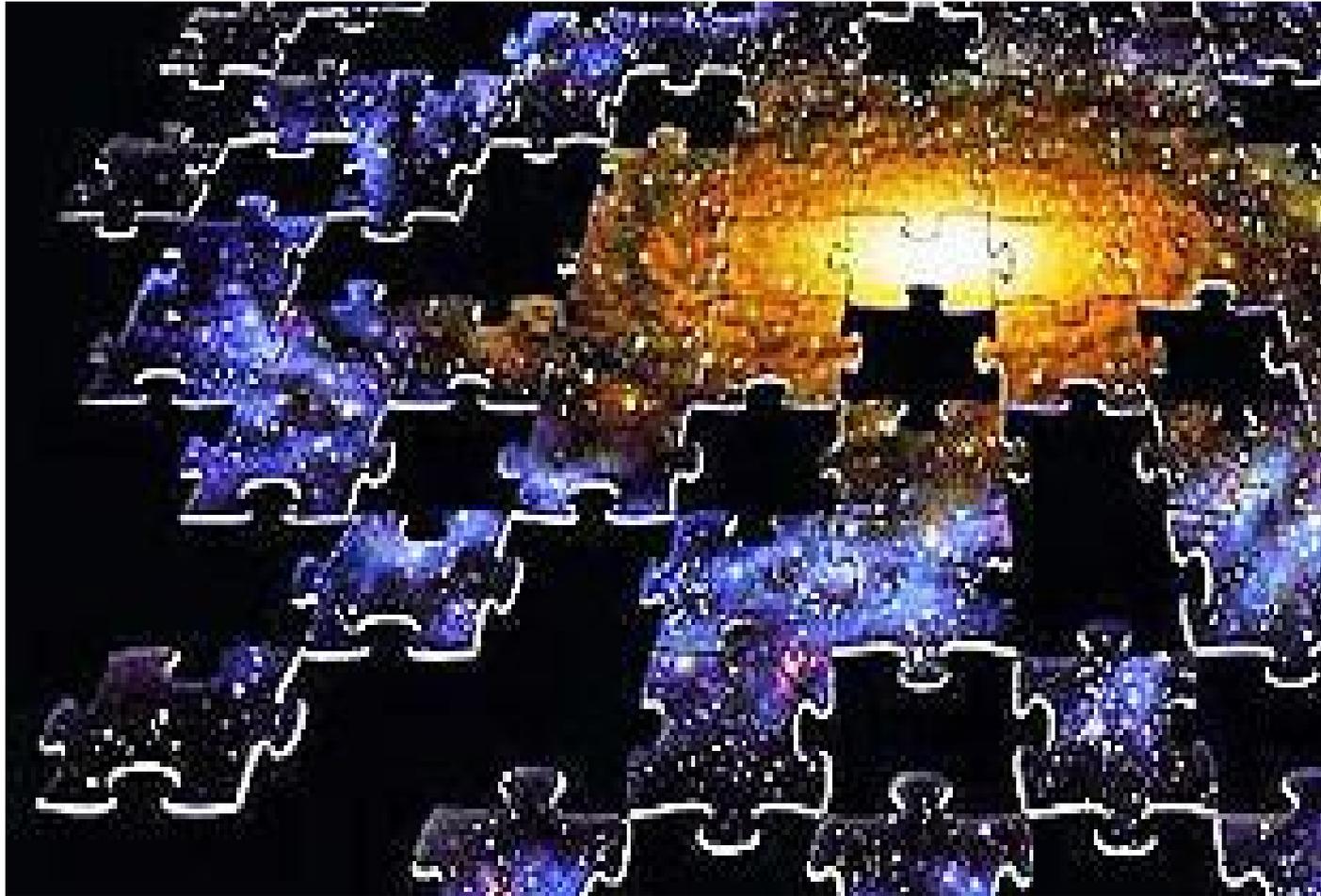
Problem3:

Die Welt hat zwei sehr erfolgreiche Theorien:

Die Gravitationstheorie Einsteins zuständig für das ganz Große und die Quantenmechanik für das ganz Kleine. Die beiden Theorien scheinen aber unvereinbar.

Kann die Quantengravitation helfen, den Ursprung des Universums zu verstehen?

Quantengravitation: Raum und Zeit sind diskret

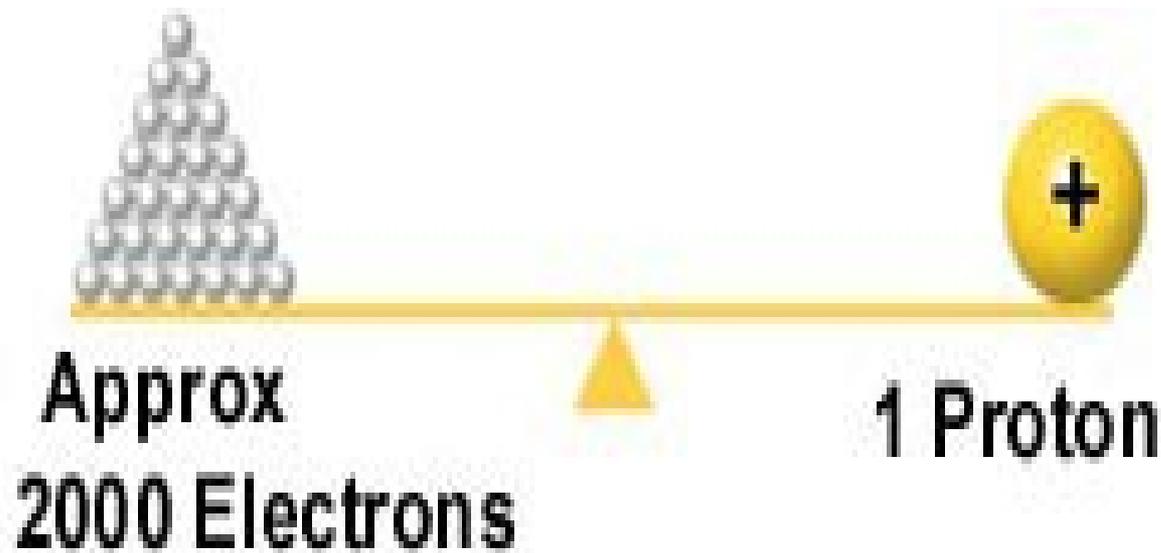


Problem 4:

Sind Protonen und Elektronen vollständig stabil?

Warum ist das Massenverhältnis von Proton zu Elektron 1836, ..., also das Proton so viel schwerer?

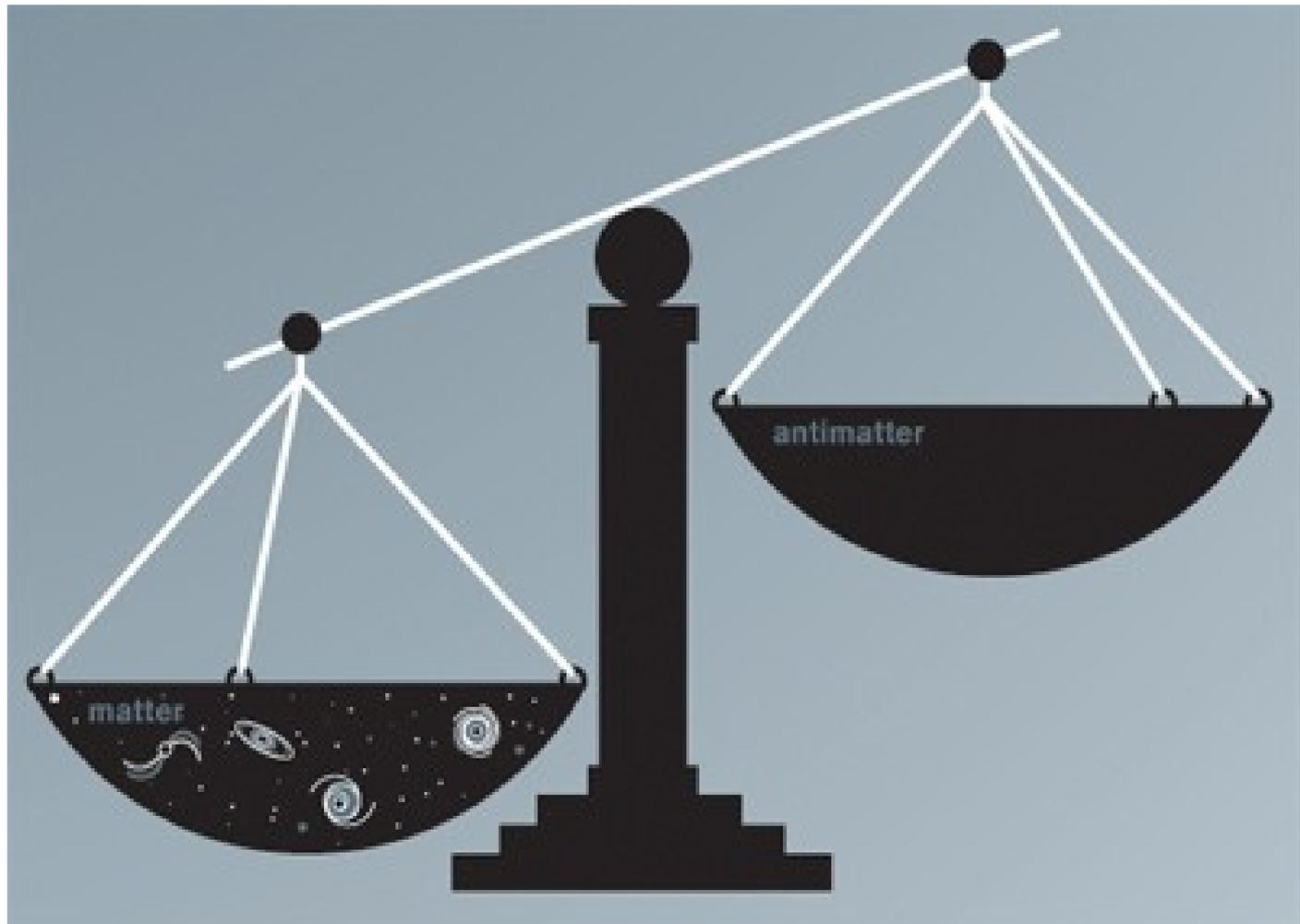
Massenverhältnis Proton-Elektron



Problem 5:

Ist die Natur symmetrisch in Teilchen und Antiteilchen? Und wenn nicht, was hat die Materie-Antimaterie Symmetrie zerstört? Bei allen bisher beobachteten Erzeugungsprozessen wurden gleiche Anzahlen von Teilchen und Antiteilchen gebildet. Wieso nicht beim Urknall? Wo sind die Antiteilchen geblieben?

Materie-Antimaterie Asymmetrie



Problem 6:

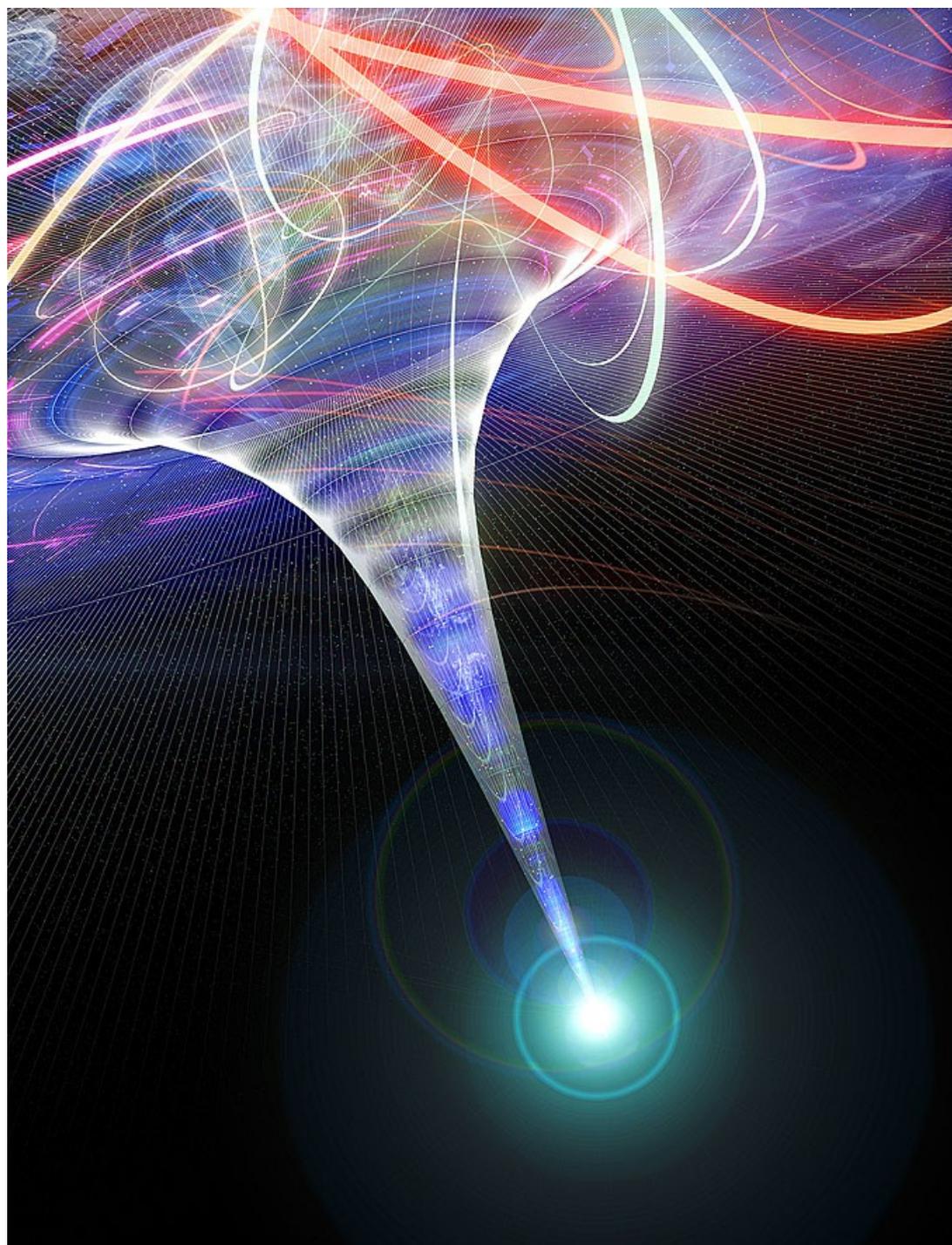
Das Newtonsche Gesetz und das Coulomb-Gesetz liefern eine Singularität bei $r = 0$. Ein klares Zeichen, dass dort etwas Unverständliches auftritt: Gott liebt keine Singularitäten.

$$F_{grav} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$F_{el} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$F_{gru} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{(r + L_{Planck})^2}$$

**Hier hat Gott
durch Null
geteilt!**



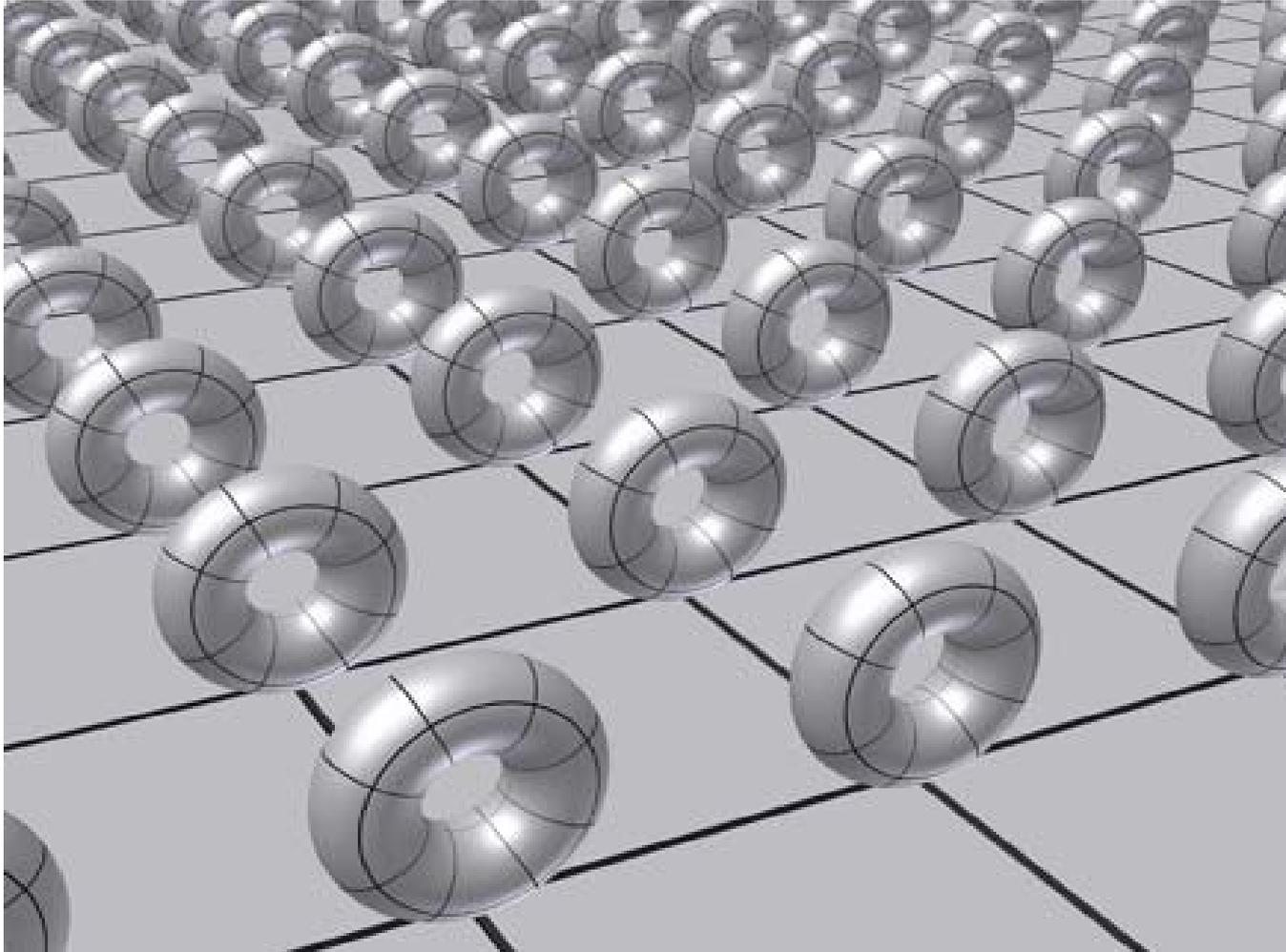
Problem 7:

**Warum hat das Universum eine
Zeit- und drei Raumdimensionen?**

**Gibt es Extra-Dimensionen? Oder ist die
M-Theorie mit 11 Dimensionen**

Hokus-Pokus?

Aufgerollte zusätzliche Dimensionen?

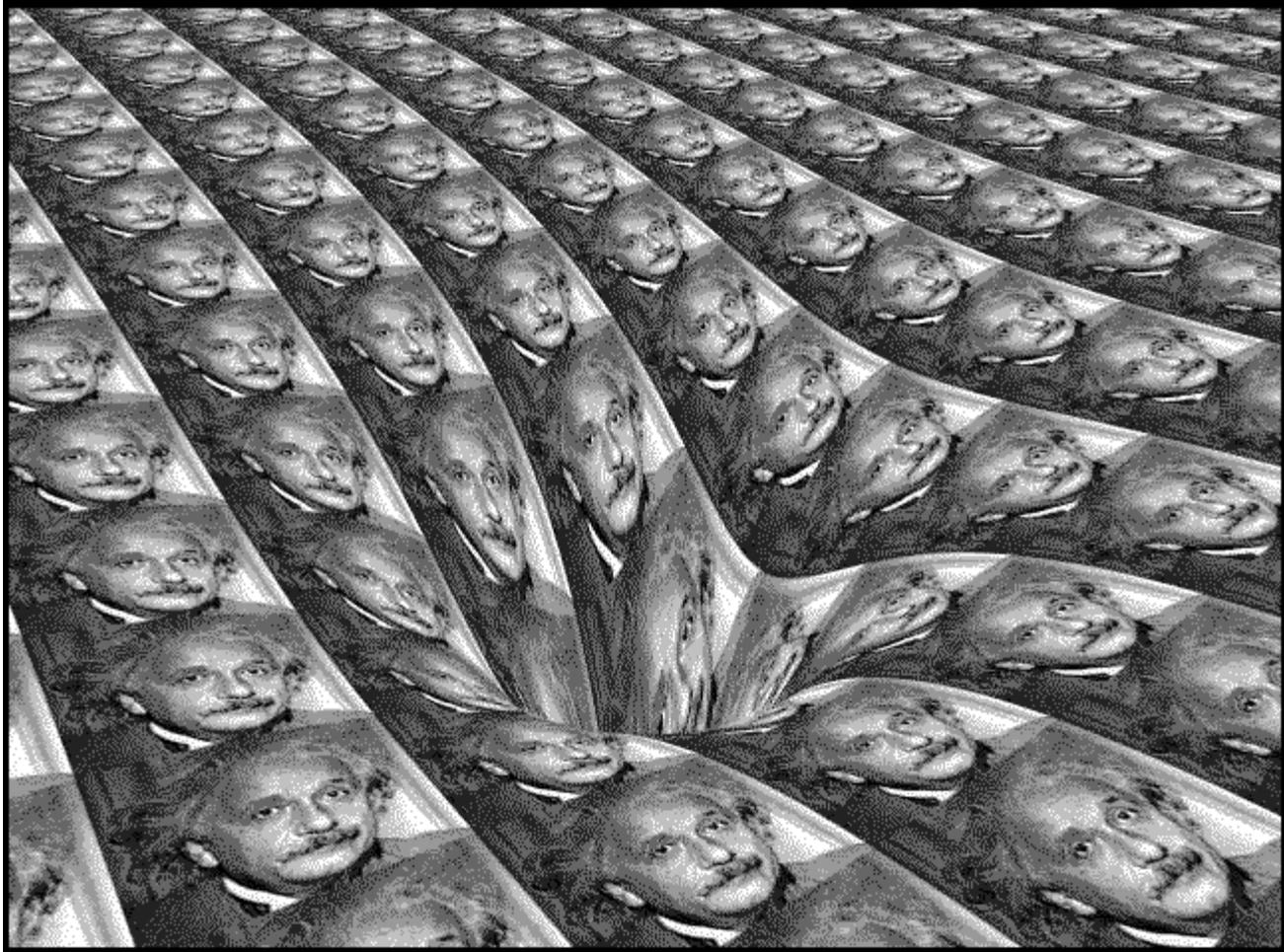


Problem 8:

Warum hat die kosmologische Konstante einen so kleinen Wert, der völlig inkompatibel ist mit der Vakuumenergie der Quantenfeldtheorien?

Ist die kosmologische Konstante wirklich zeitunabhängig?

Kosmologische Konstante ???

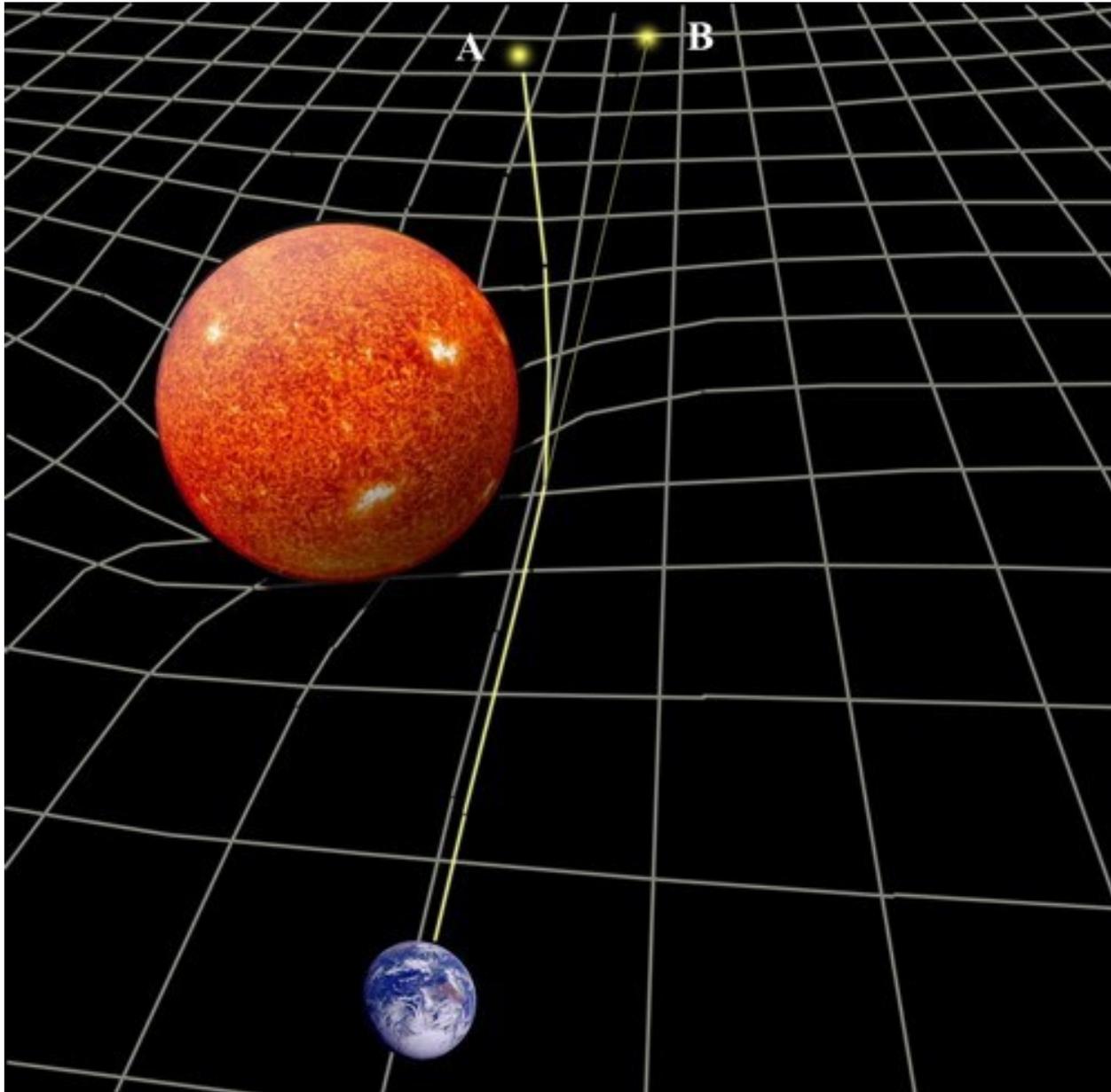


Problem 9:

**Was passiert mit der Daten-
Information, wenn jemand eine Bibel in
ein Schwarzes Loch wirft? Ist die
Information weg, oder vielleicht auf
dem Ereignishorizont gespeichert?**



Schwache Gravitation



Problem 11:

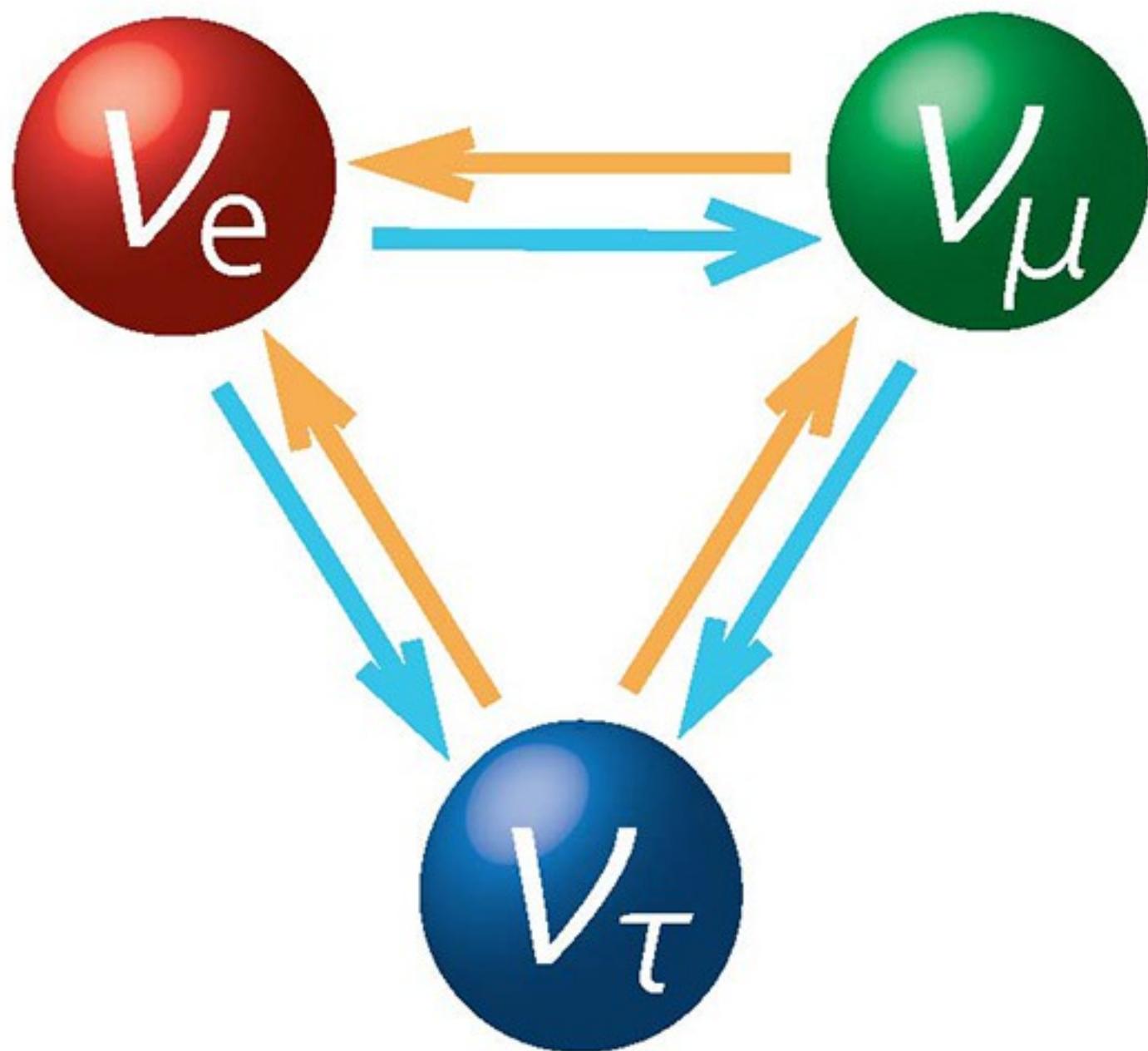
Ist die Idee der Inflation wirklich eine gute Erklärung für die Flachheit des Universums?

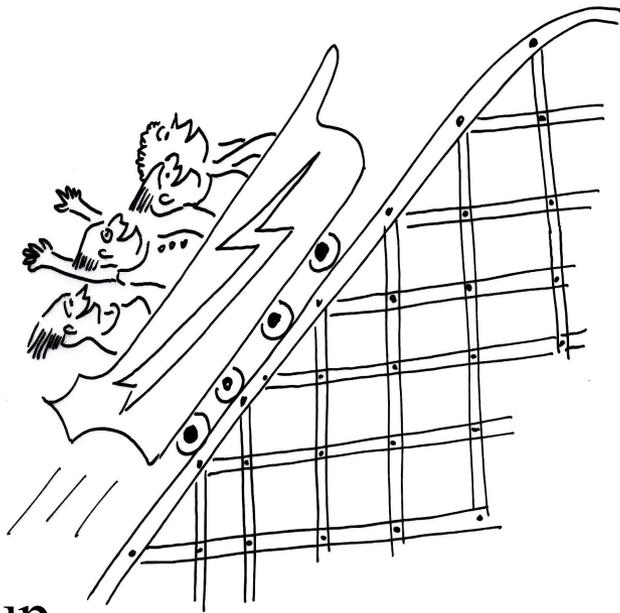


Clay's Gumpen 2013

Problem 12:

Warum hat Gott drei quasi identische Generationen von Leptonen und Quarks geschaffen? Gibt es eventuell noch weitere Generationen?





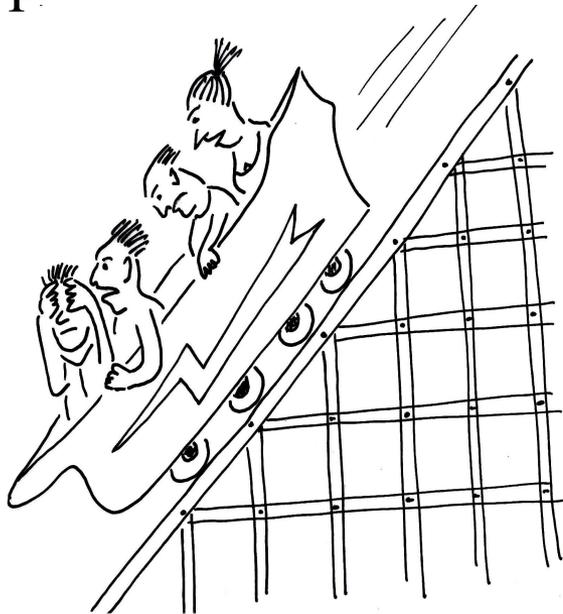
up



charm



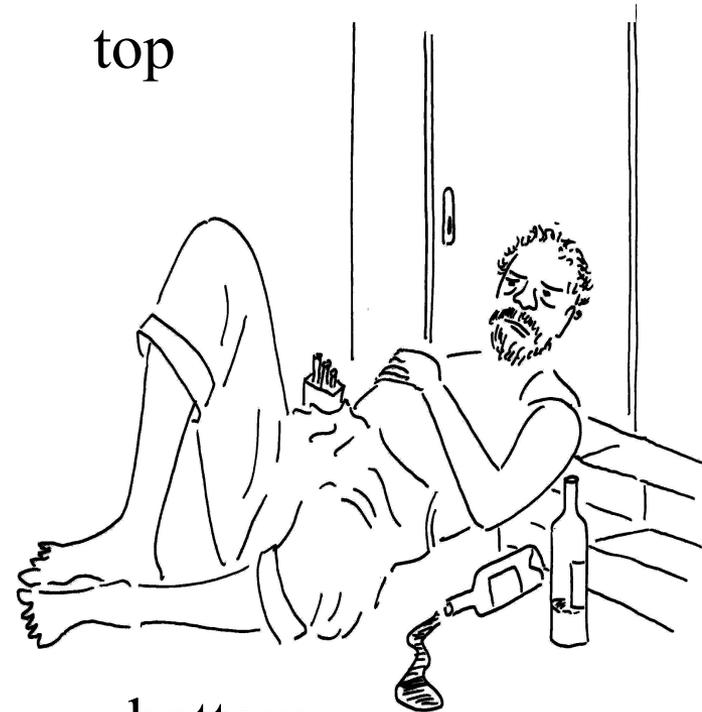
top



down



strange



bottom

**Kosmologie ist wie
Moderne Kunst:
Niemand versteht
sie.**



Cosmology is like
modern art. Nobody
understands it!