

Astroteilchenphysik und Kosmische Strahlung:

Claus Grupen

Universität Siegen

Historie

Die Goldenen Jahre

Beschleuniger und Speicherringe

Renaissance der Kosmischen Strahlung

Raumfahrt und Kosmische Strahlung



Jena, 17. Juli 2013

Historie

1895 Wilhelm Conrad Röntgen

Entdeckung der X-Strahlen

1896 Henri Antoine Becquerel

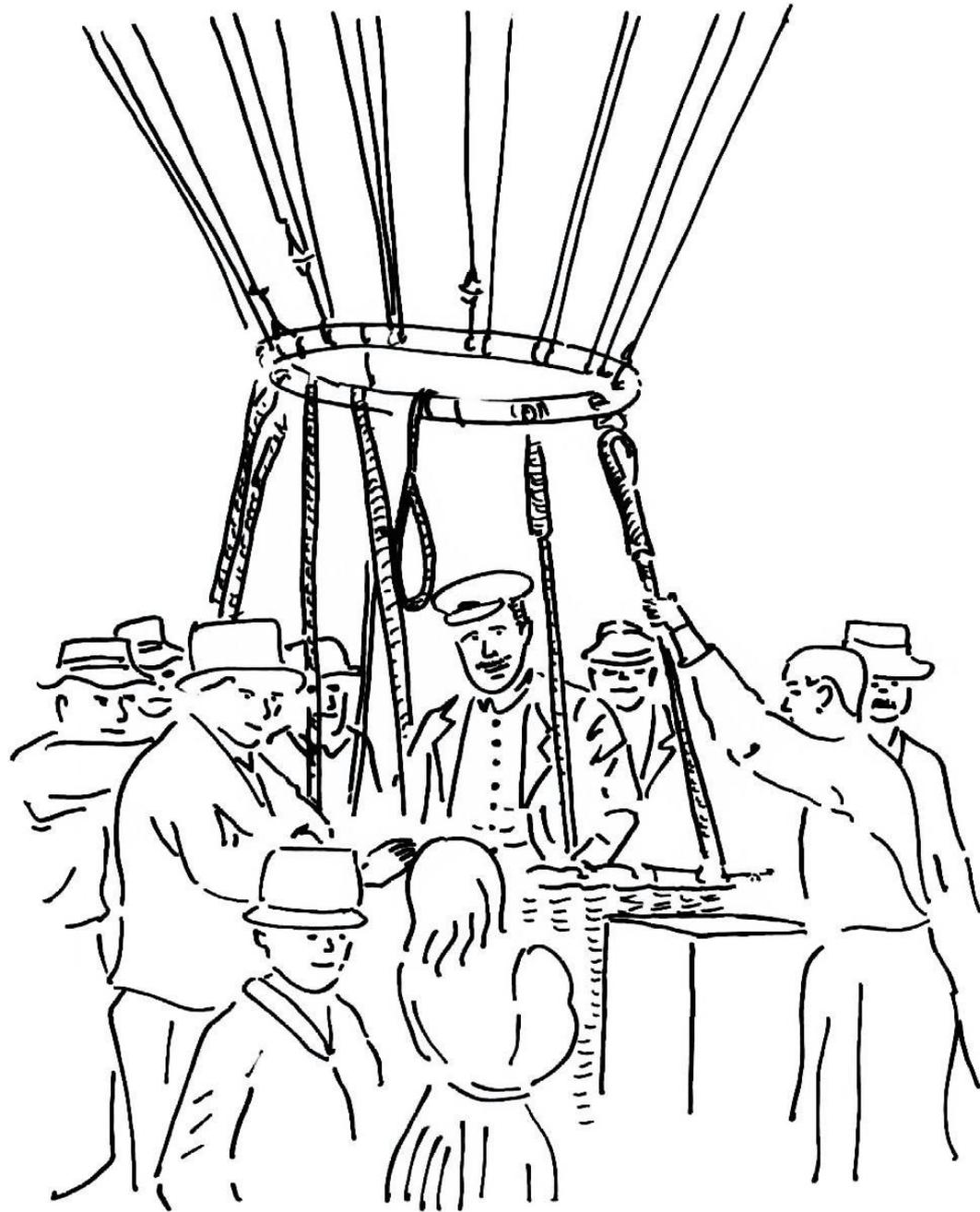
Entdeckung der Radioaktivität

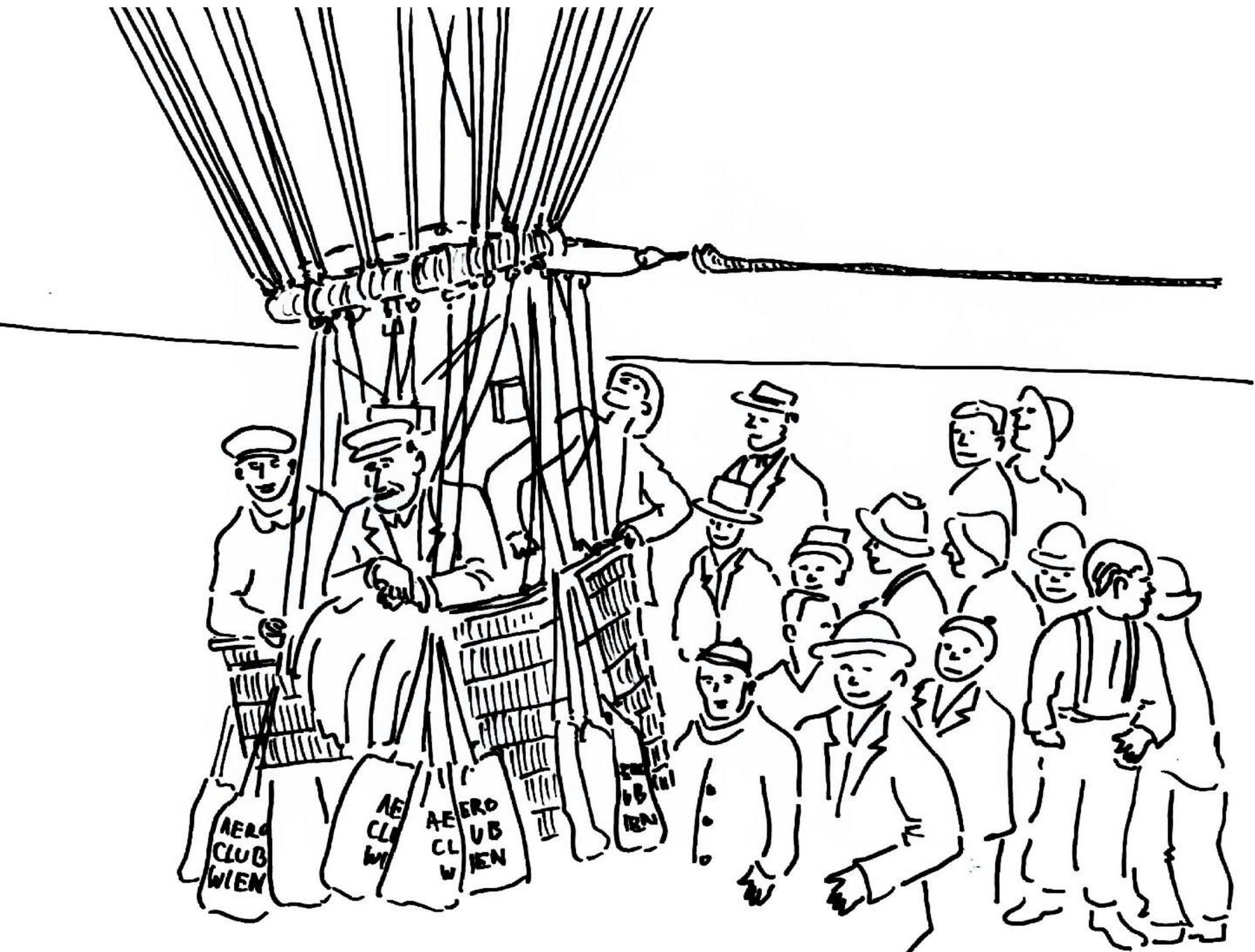
1910 Theodor Wulf

Entladung von Elektrometern

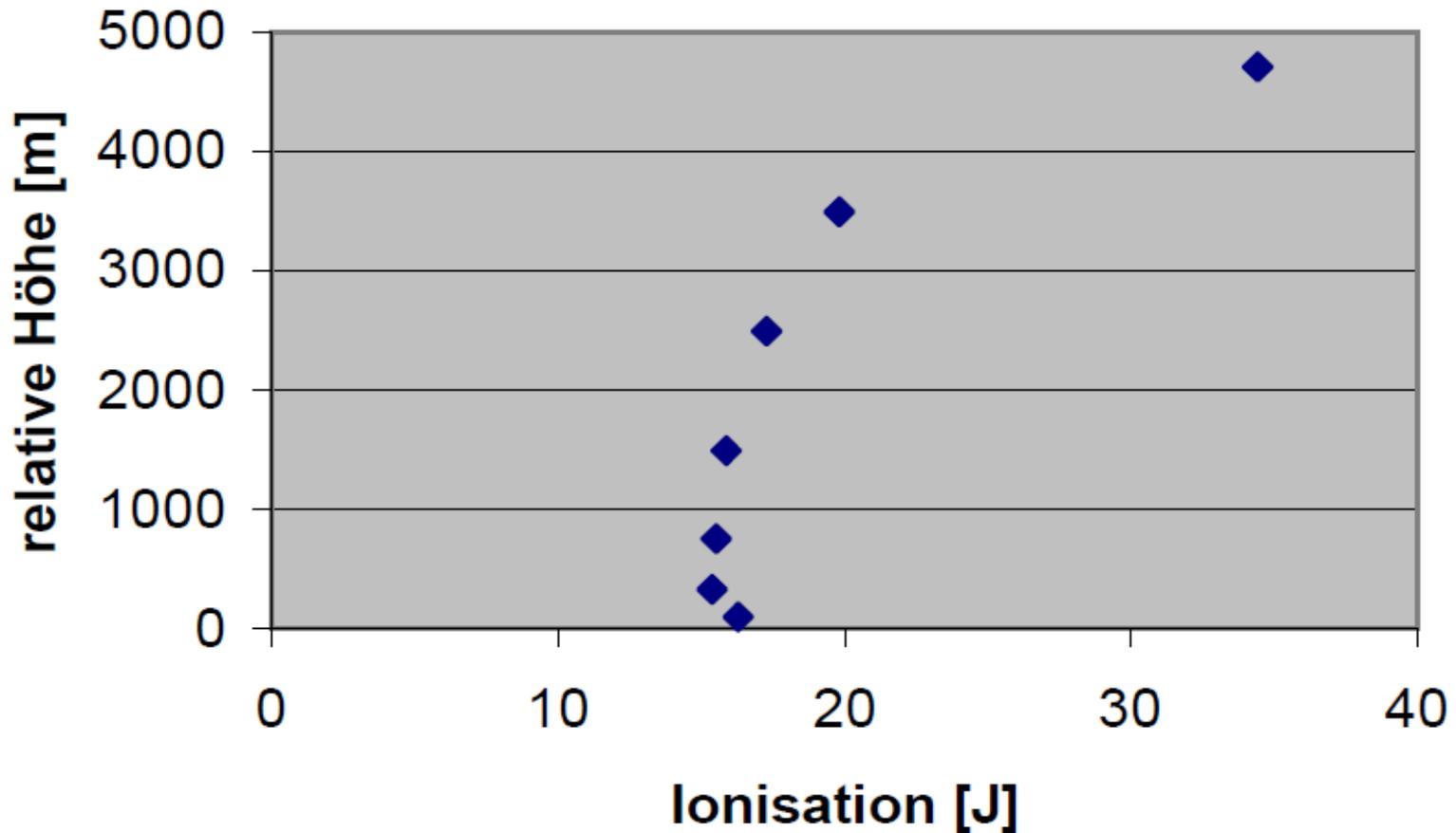
1912 Victor Franz Hess

Entdeckung der Kosmischen
Strahlung





Höhenabhängigkeit der Strahlung



Strahlung oder Teilchen?

The New York Times

VOL. LXXXII...No. 27,370.

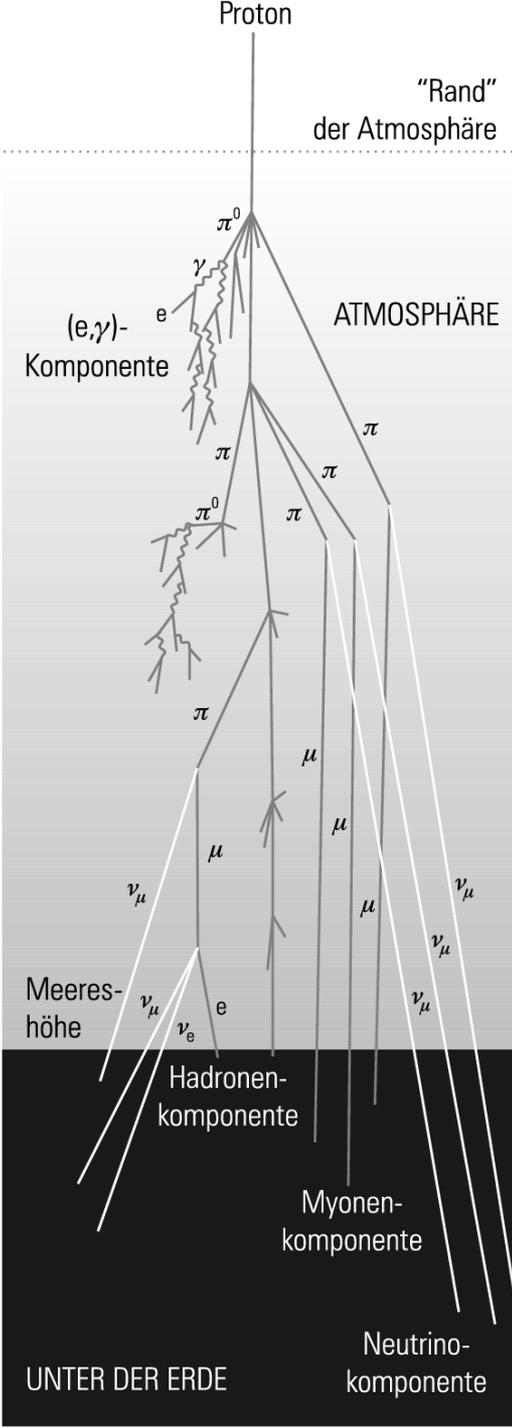
December 31, 1932

MILLIKAN RETORTS HOTLY TO COMPTON IN COSMIC RAY CLASH

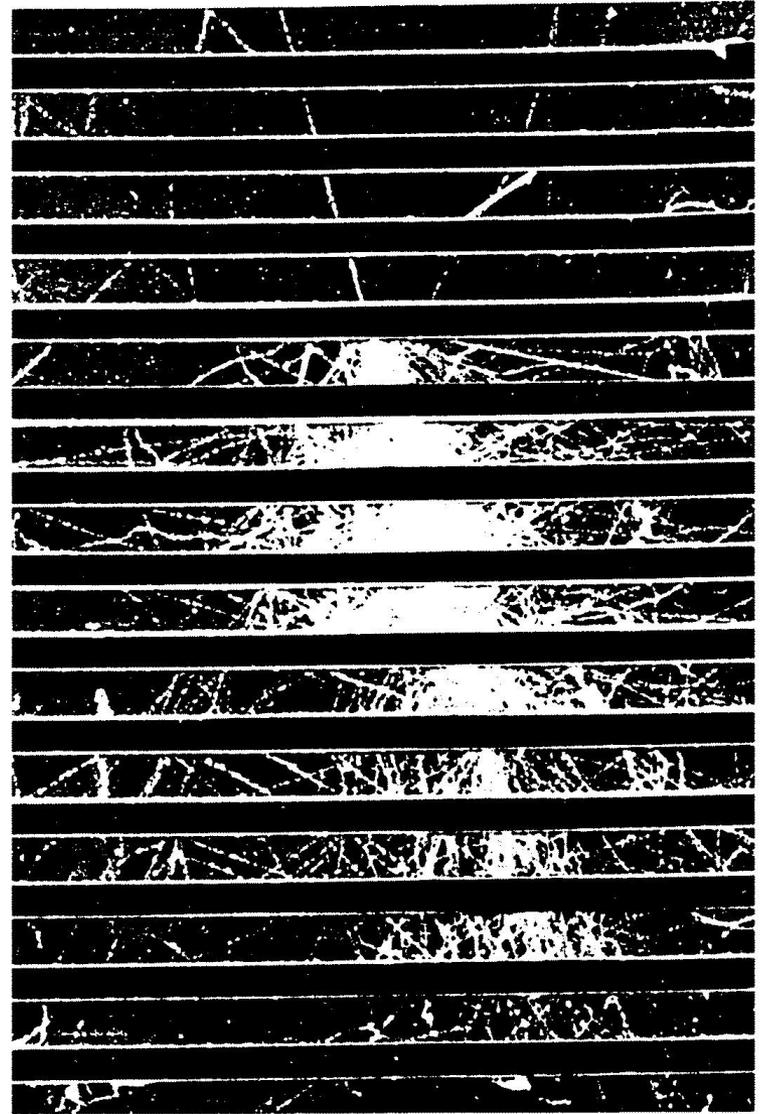
Debate of Rival Theorists
Brings Drama to Session
of Nation's Scientists.

THEIR DATA AT VARIANCE

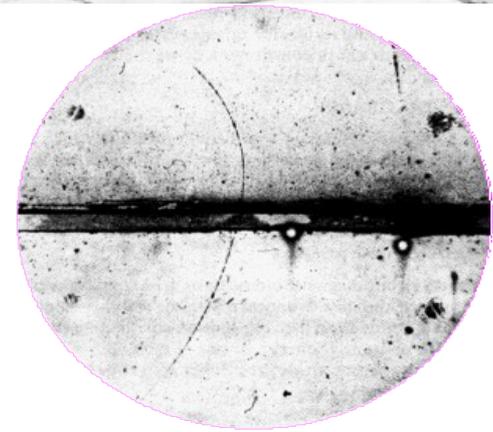
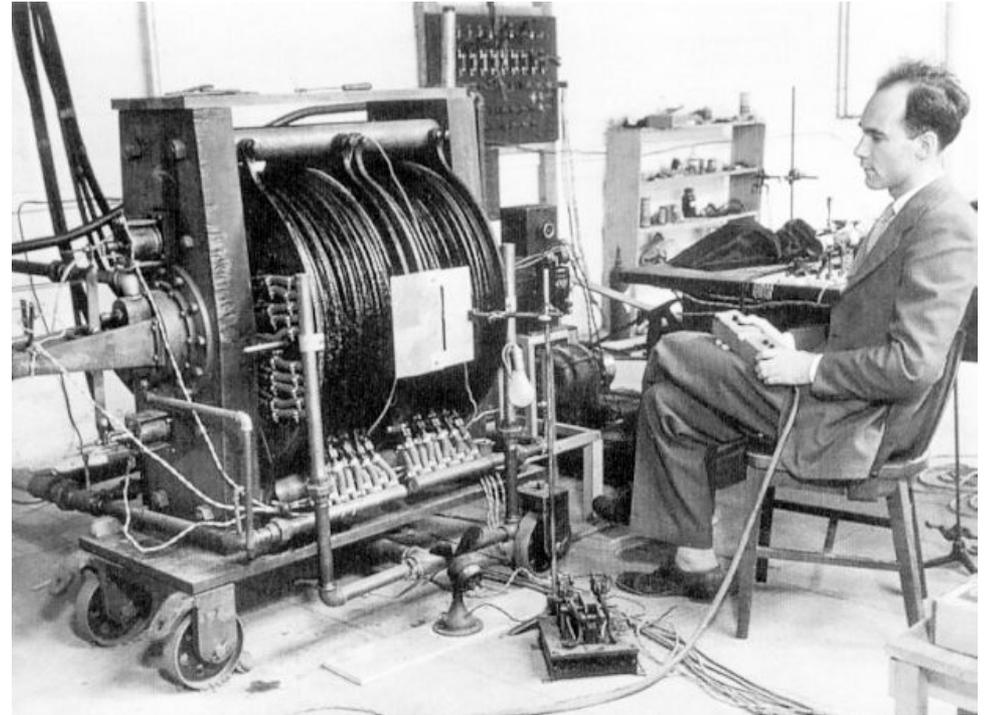
New Findings of His Ex-Pupil
Lead to Thrust by Millikan
at 'Less Cautious' Work.



Teilchenschauer

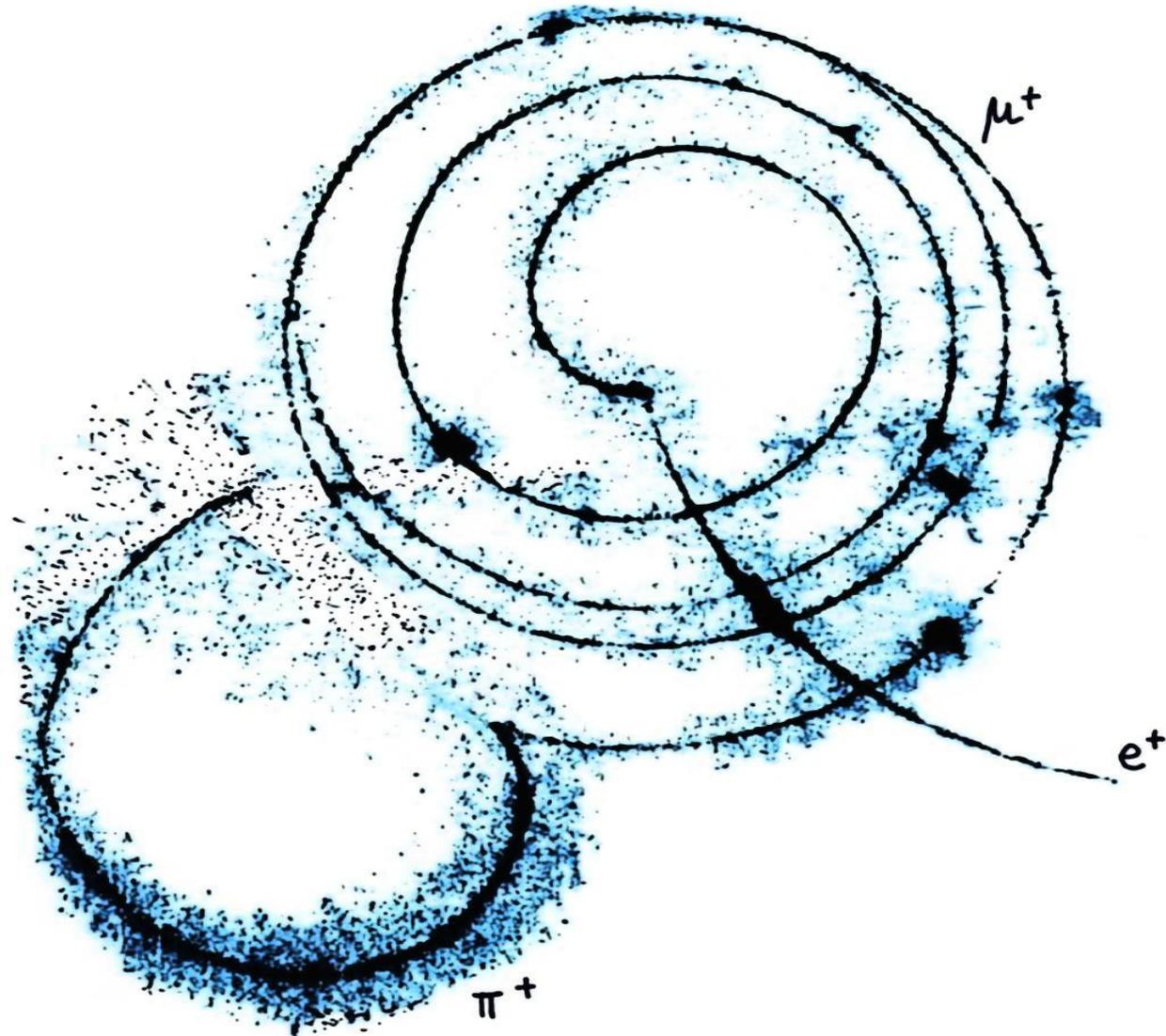


Die Goldenen Jahre: Entdeckung des Positrons 1932



Die Goldenen Jahre:
Entdeckung
des Myons
durch Anderson und
Neddermeyer 1937

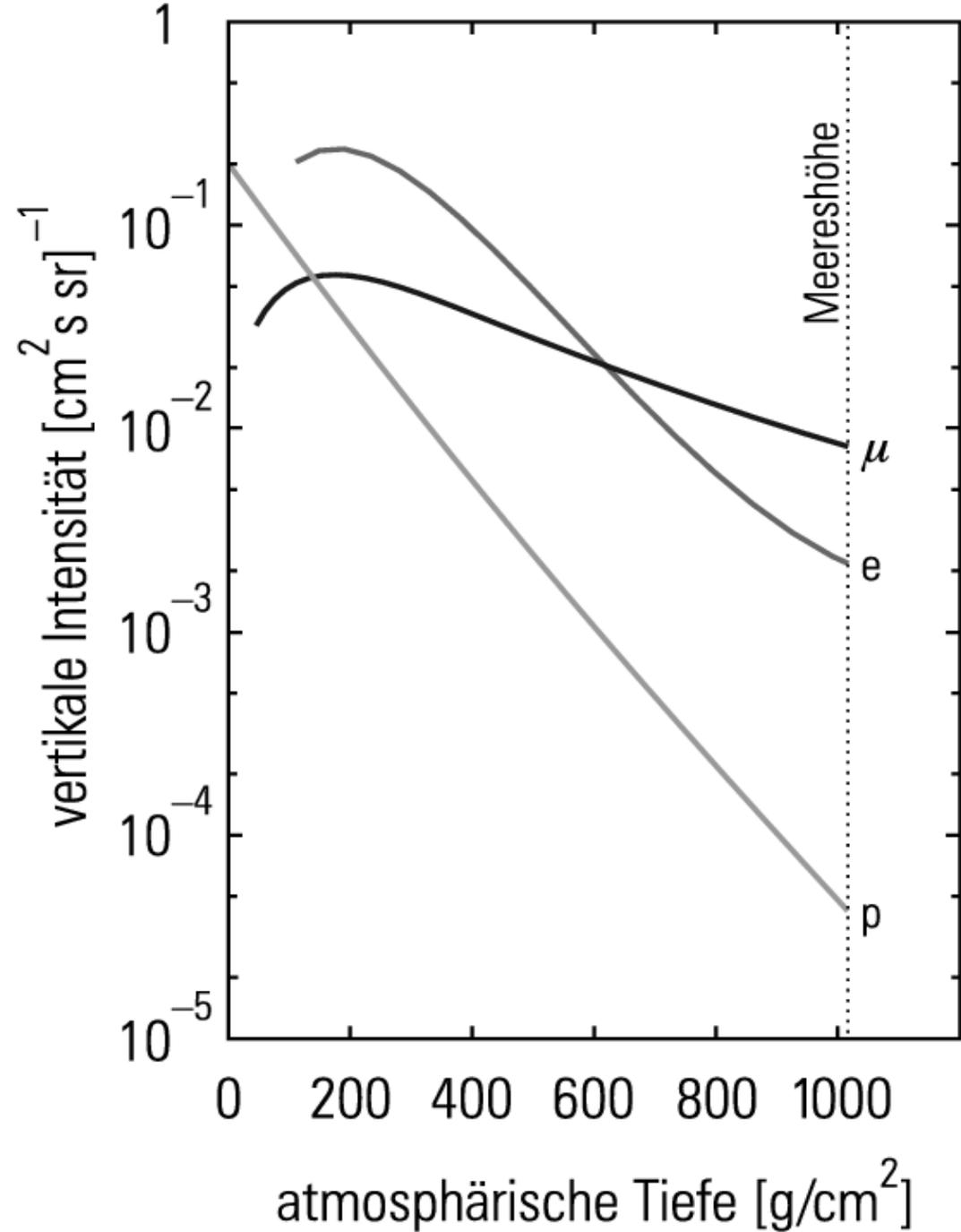
Entdeckung des Pions durch Lattes, Occhialini, Powell und Muirhead



Transformation in der Atmosphäre

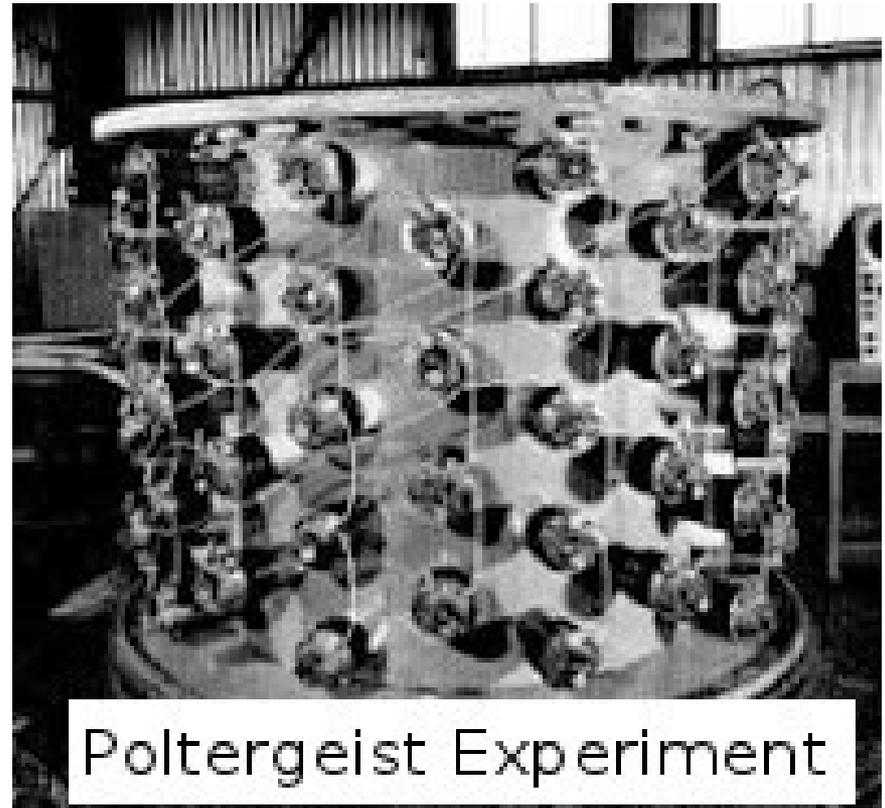


"Wir fangen die höchstenergetischen kosmischen Strahlen ein und lösen damit das Energieproblem!"

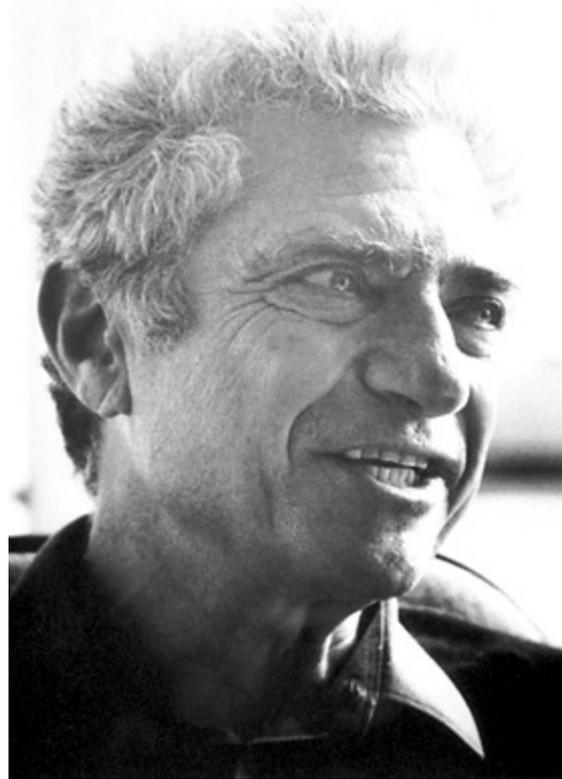


Beschleuniger und Speicherringe

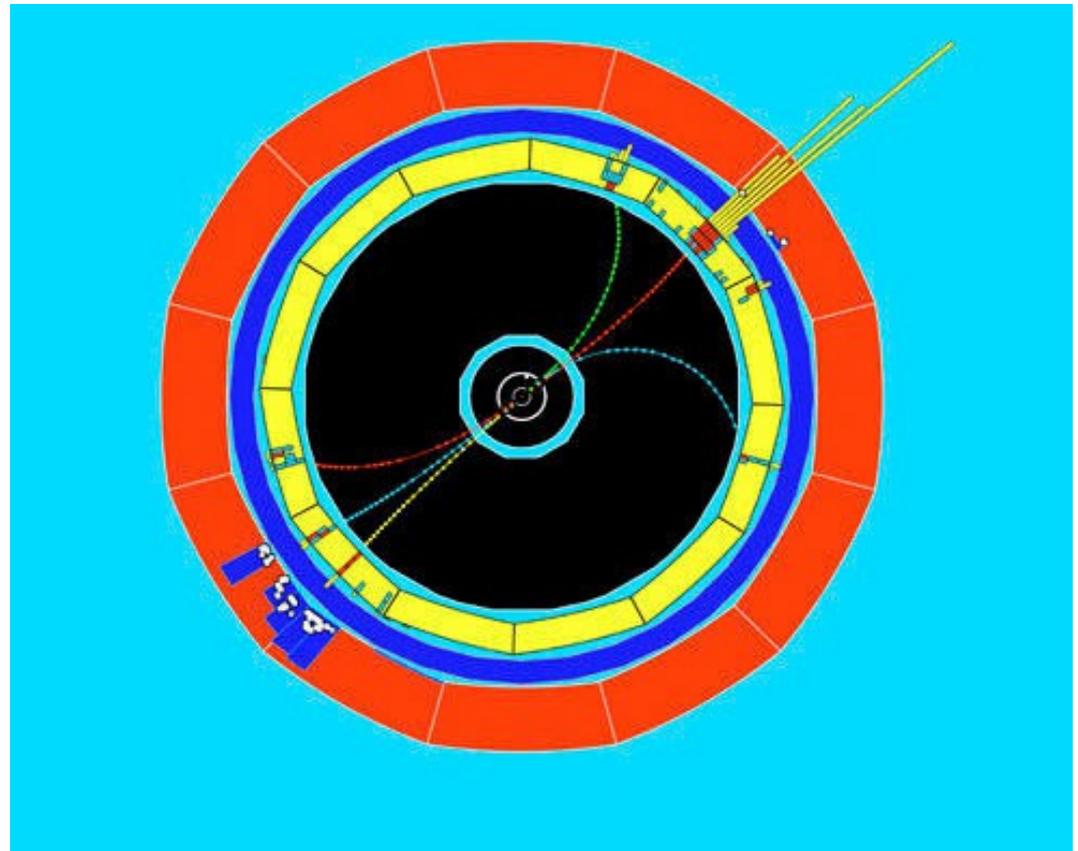
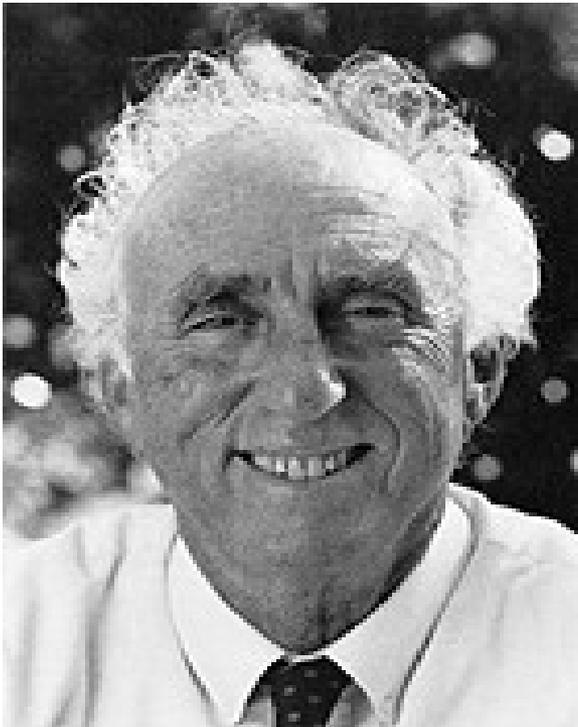
Entdeckung des Elektron-Neutrinos durch
Cowan und Reines 1956



Entdeckung des Myon-Neutrinos durch Lederman, Steinberger und Schwartz 1962



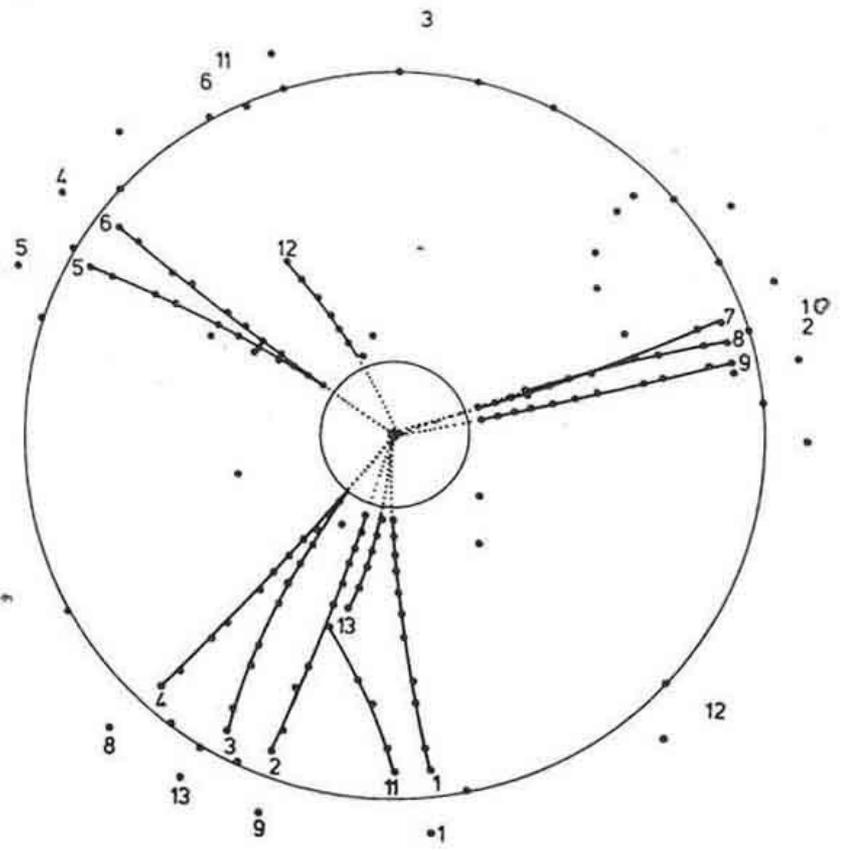
Entdeckung des Tau-Leptons und Tau-Neutrinos durch Martin Perl 1975



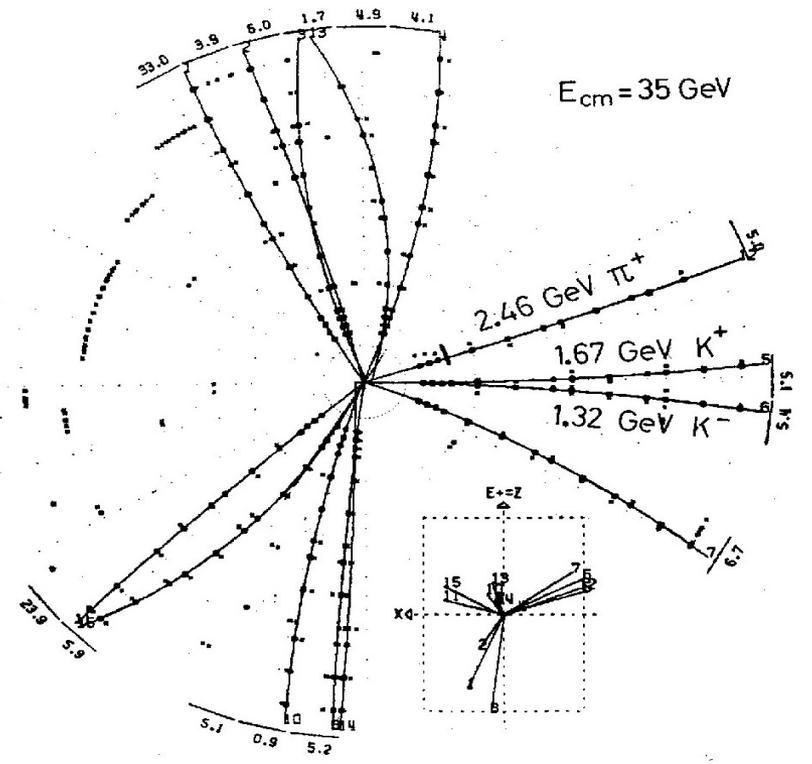
Tau-Paarherzeugung und Zerfall in ALEPH

Entdeckung des Gluons durch die PETRA-Kollaborationen am DESY 1979

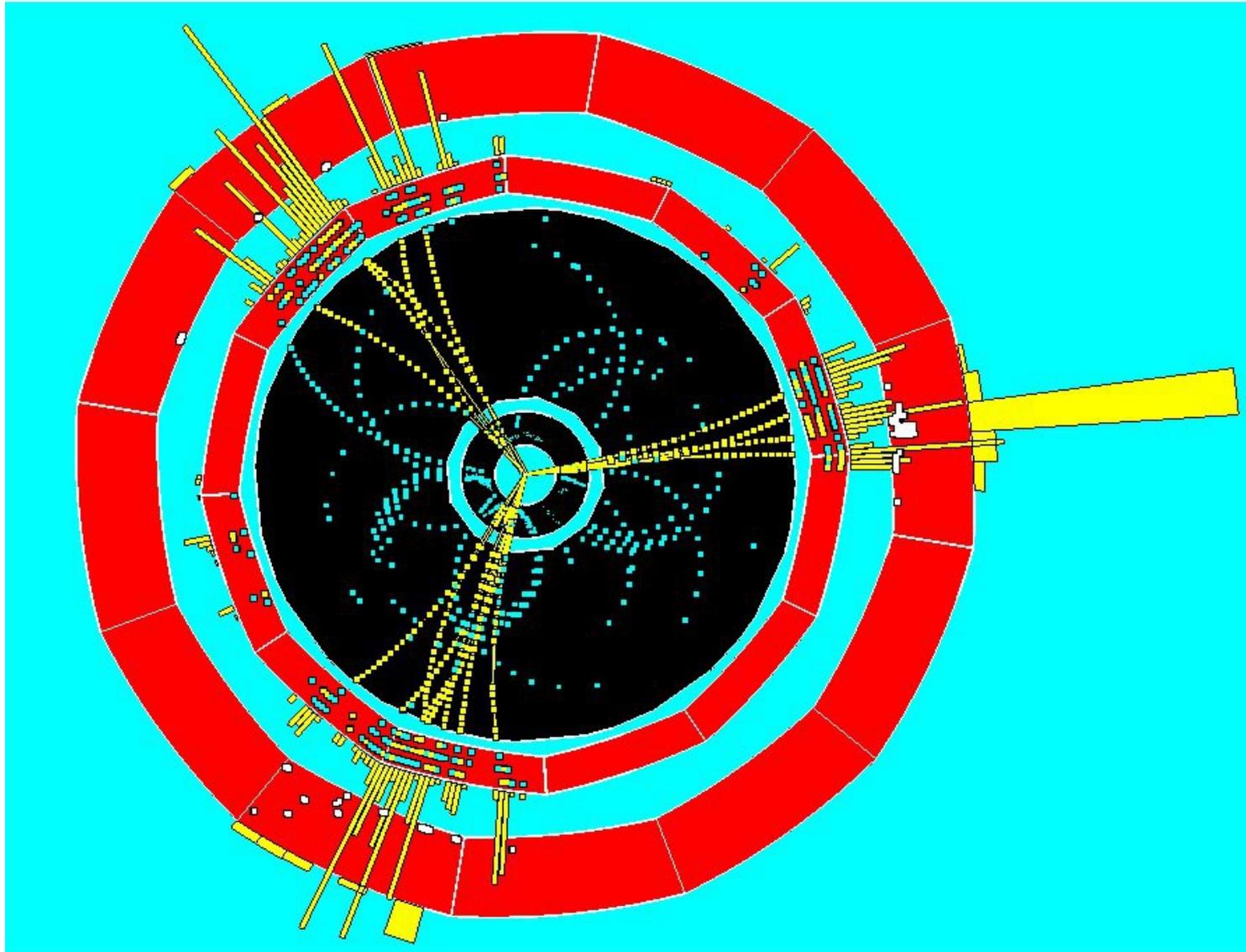
PLUTO $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q} g$



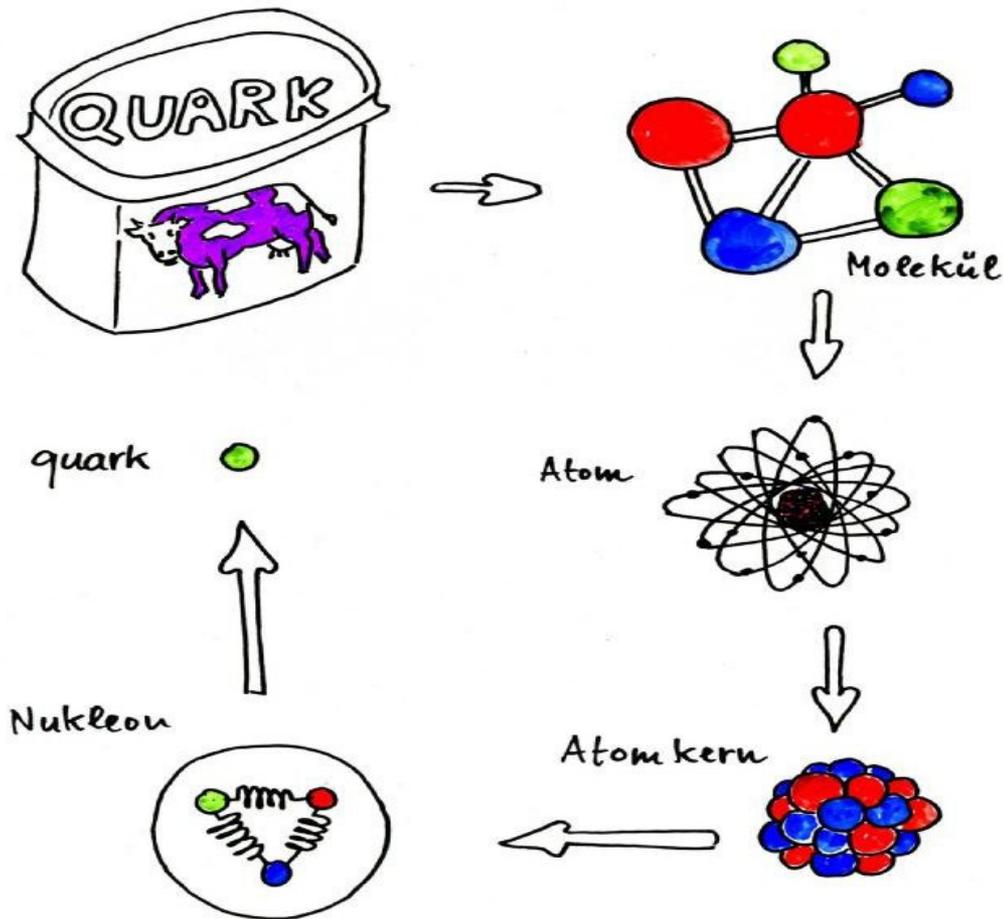
TASSO



ALEPH 3-Jet Ereignis 1995



Periodensystem der Elementarteilchen (für Anfänger)



Drei Generationen der Materie (Fermionen)

| | I | II | III | |
|----------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Masse → | 2,4 MeV | 1,27 GeV | 171,2 GeV | 0 |
| Ladung → | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | 0 |
| Spin → | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| Name → | u up | c charm | t top | γ Photon |
| Quarks | 4,8 MeV | 104 MeV | 4,2 GeV | 0 |
| | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | d down | s strange | b bottom | g Gluon |
| Leptonen | <2,2 eV | <0,17 MeV | <15,5 MeV | 91,2 GeV |
| | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | ν_e Elektron-Neutrino | ν_μ Myon-Neutrino | ν_τ Tau-Neutrino | Z⁰ schwache Kraft |
| | 0,511 MeV | 105,7 MeV | 1,777 GeV | 80,4 GeV |
| | -1 | -1 | -1 | ±1 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | e Elektron | μ Myon | τ Tau | W[±] schwache Kraft |

Perioden-
system
der
Elementar-
teilchen

Bosonen (Kräfte)

Renaissance der Kosmischen Strahlung

Ray Davis jun.



ab 1967



Super-Kamiokande Experiment

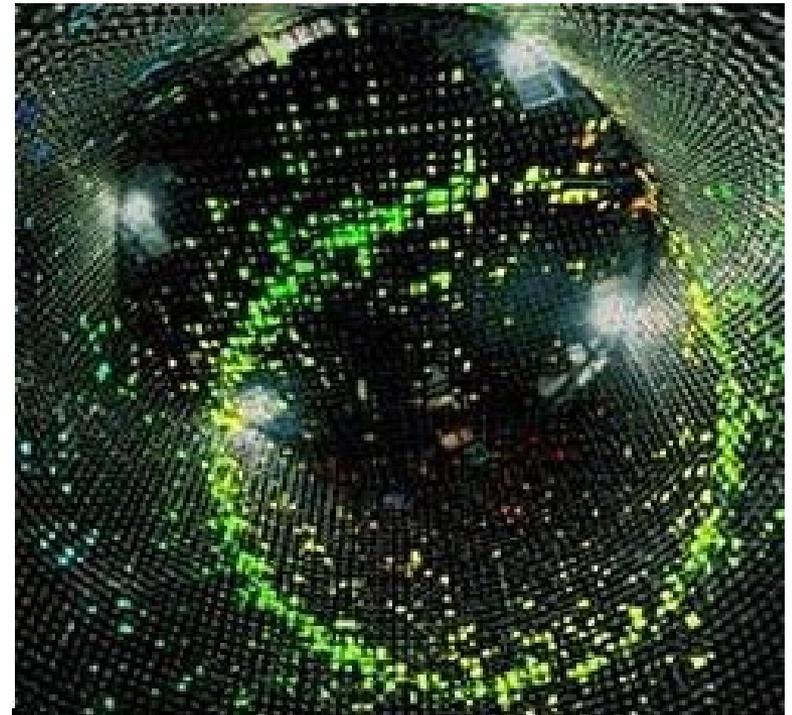
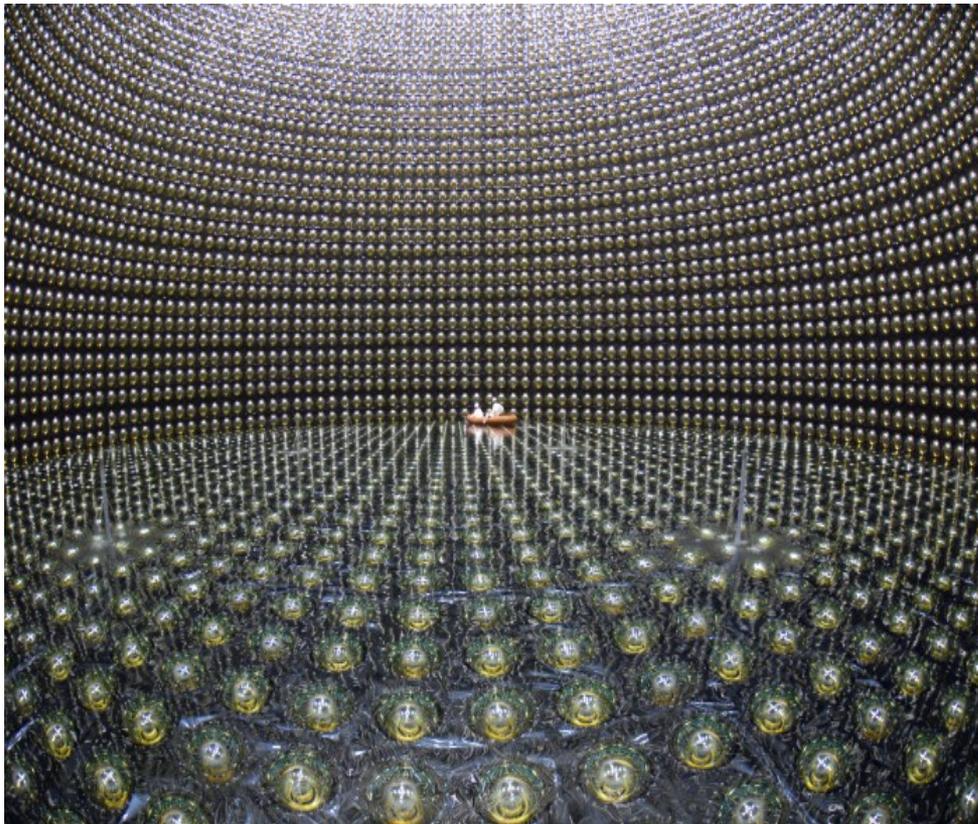


Masatoshi Koshiba

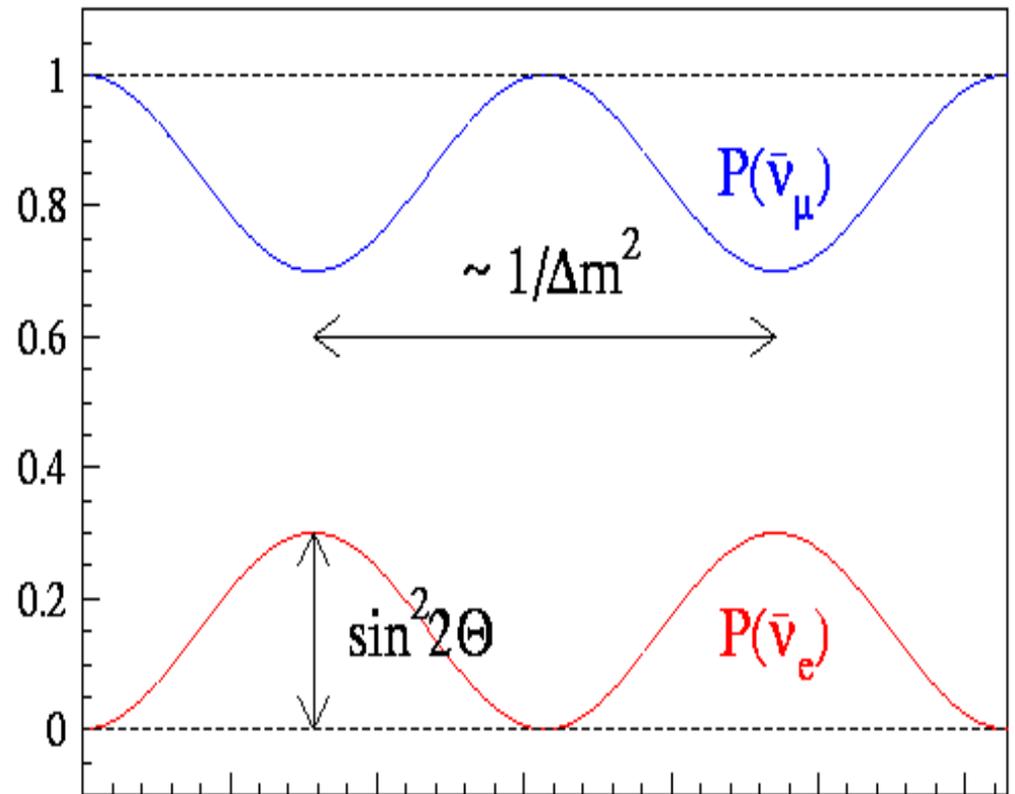
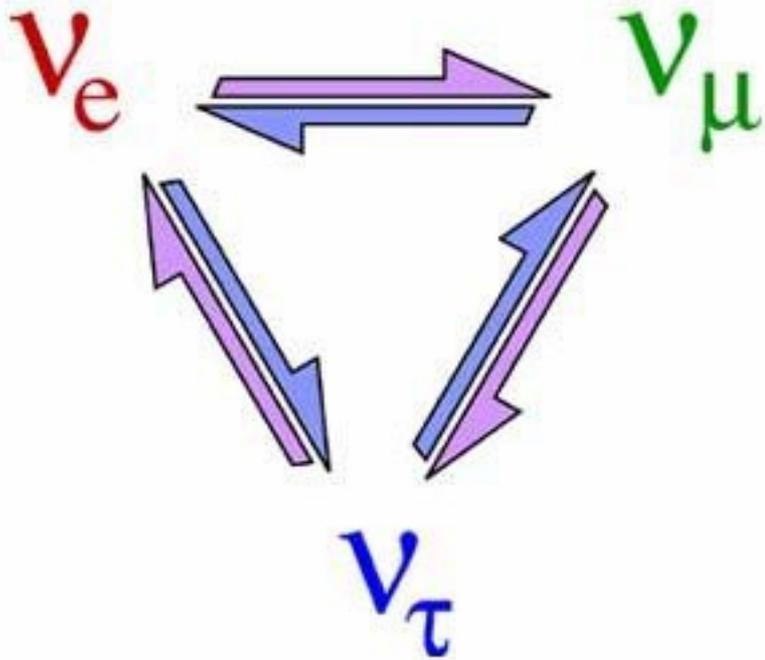


Super-Kamiokande Detektor

Cherenkov-Ring

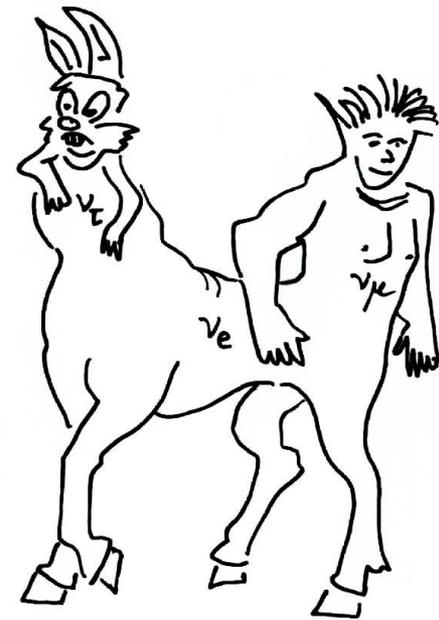
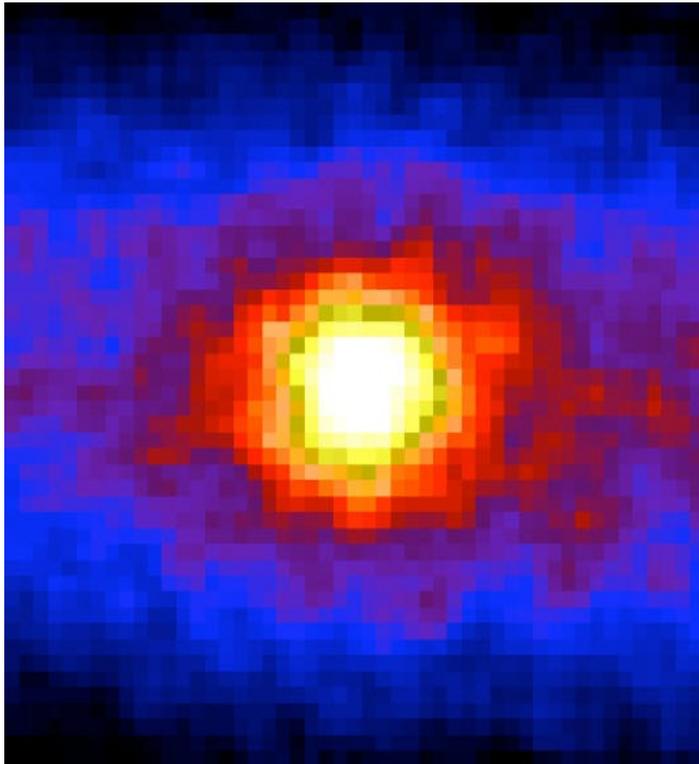


Neutrino-Oszillationen



Abhängig vom Mischungswinkel und der Differenz der Massenquadrate

Sonne im Licht von Neutrinos



Tierische Oszillationen

Supernova 1987 A



© Anglo-Australian Observatory

Supernova 1987 A

Supernova-Explosion in der Großen Magellanschen Wolke

Entfernung 170 000 Lichtjahre

Energieausstoß 6×10^{46} Joule
(Weltenergieverbrauch 10^{21} Joule pro Jahr)

10^{58} Neutrinos, davon 19 auf der Erde gemessen

Supernova 1987 A

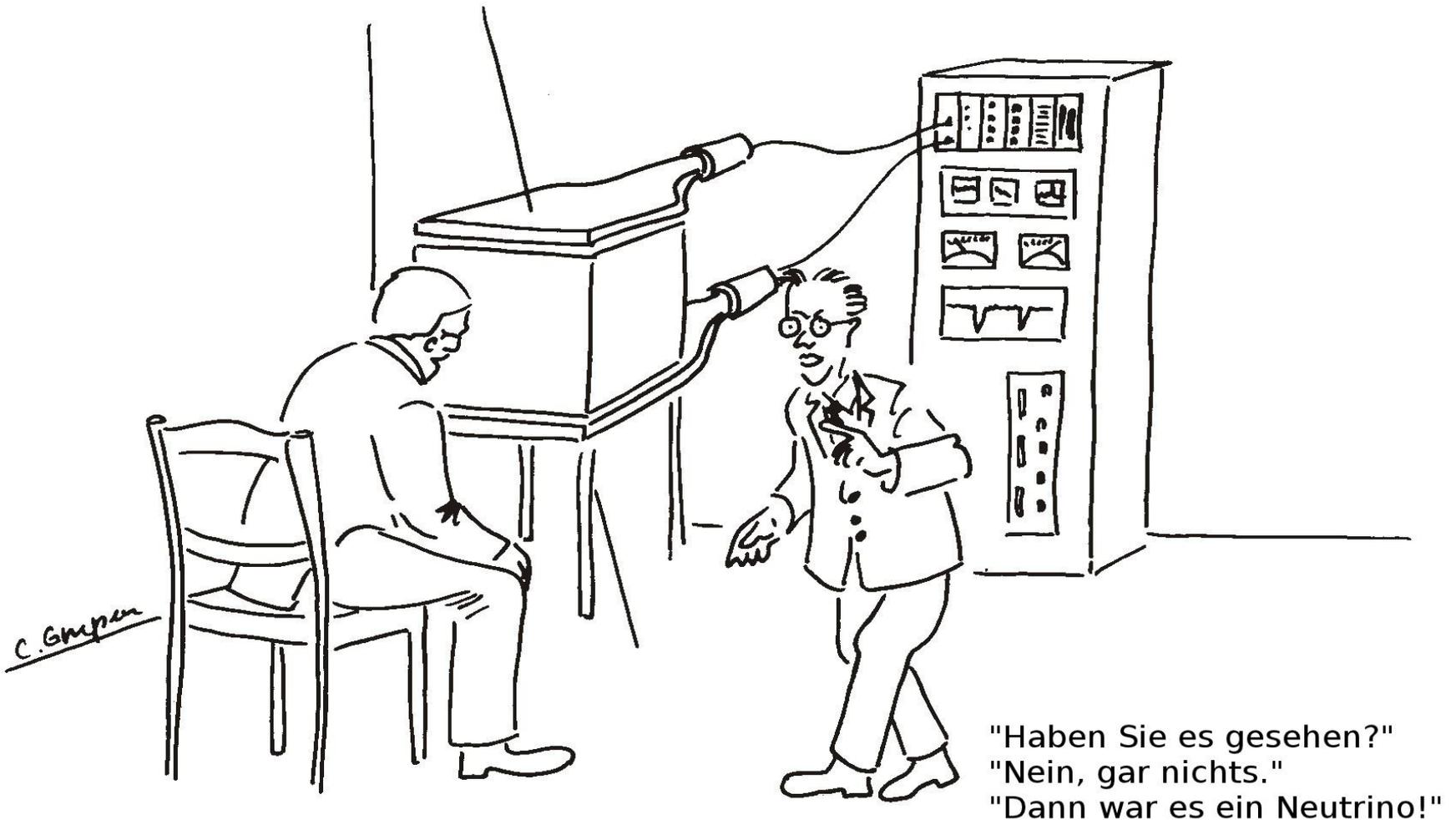
Supernova-Explosion in der Großen Magellanschen Wolke

Entfernung 170 000 Lichtjahre

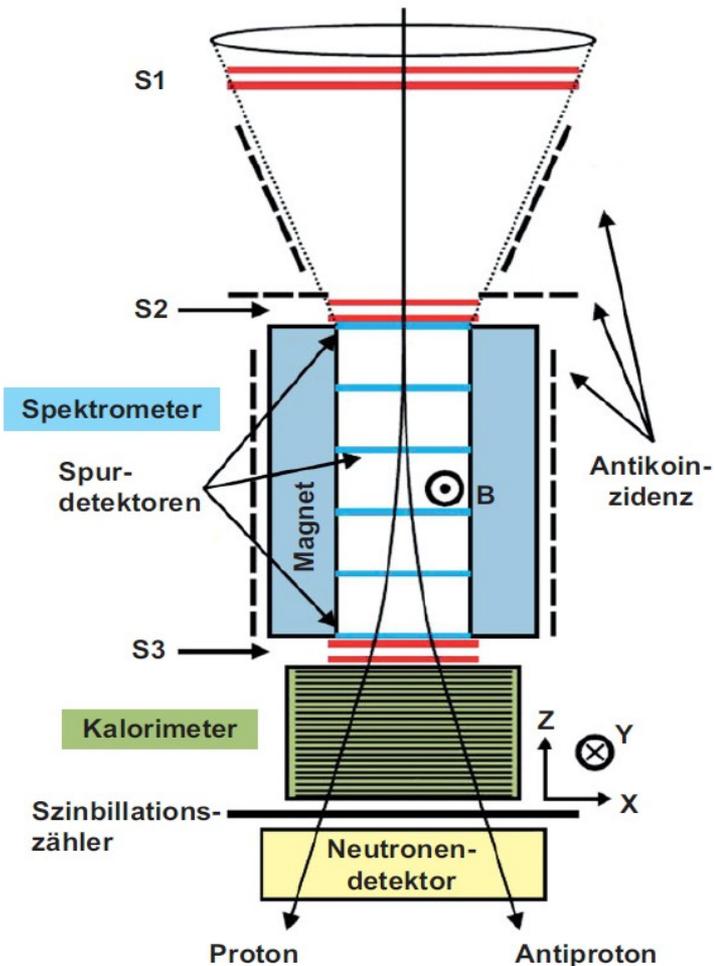
Energieausstoß 6×10^{46} Joule
(Weltenergieverbrauch 10^{21} Joule pro Jahr)

10^{58} Neutrinos, davon 19 auf der Erde gemessen

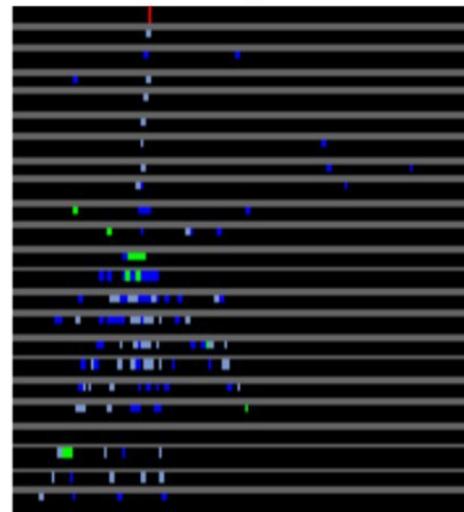
Die Schwierigkeiten, Neutrinos zu messen



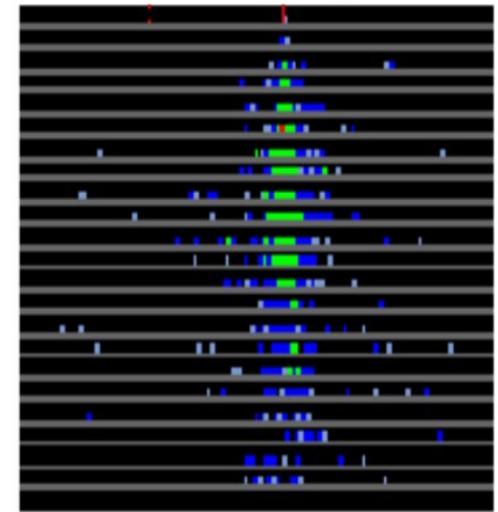
Wo bleibt die Antimaterie?



proton (19GV)

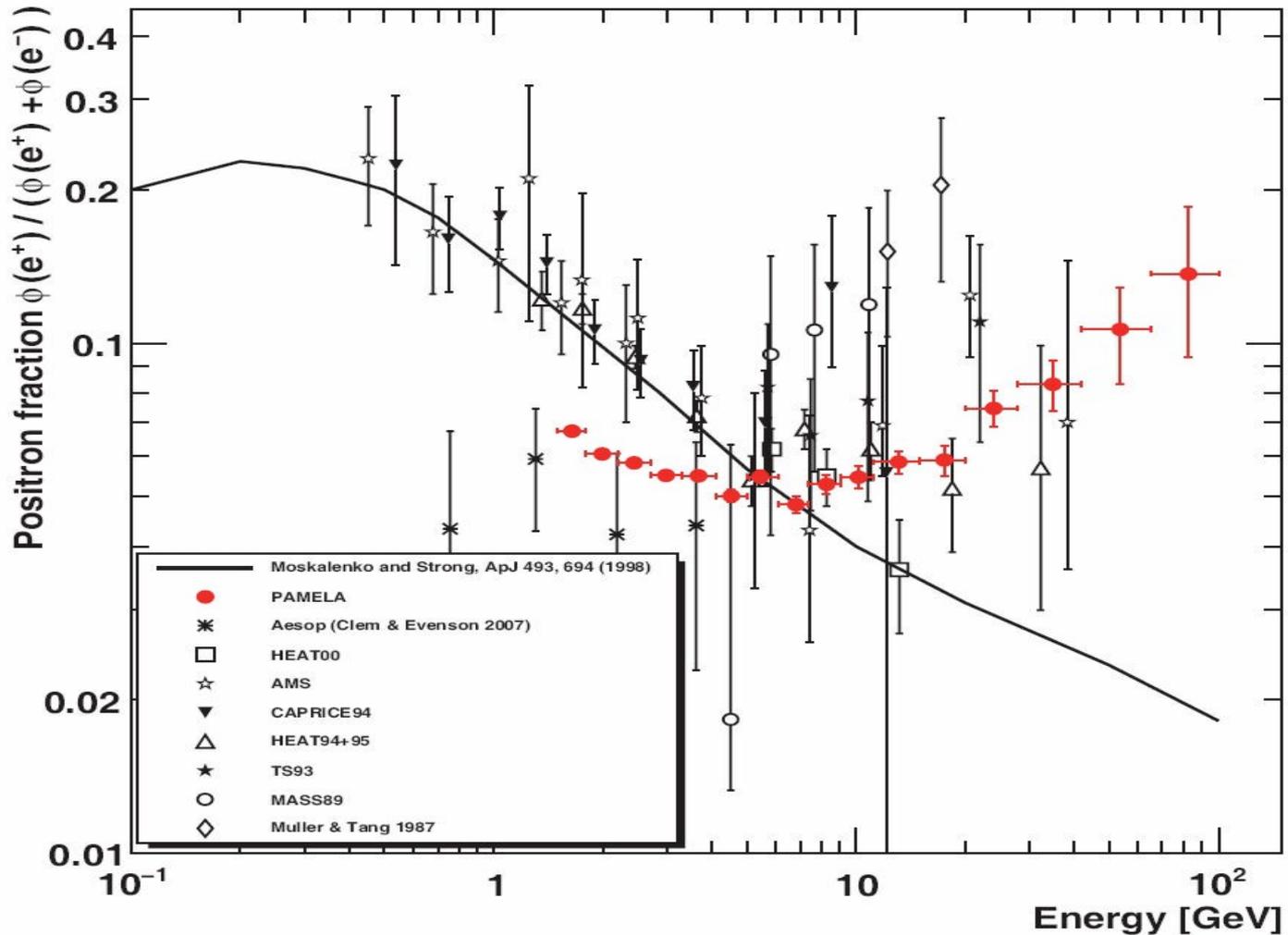


electron (17GV)

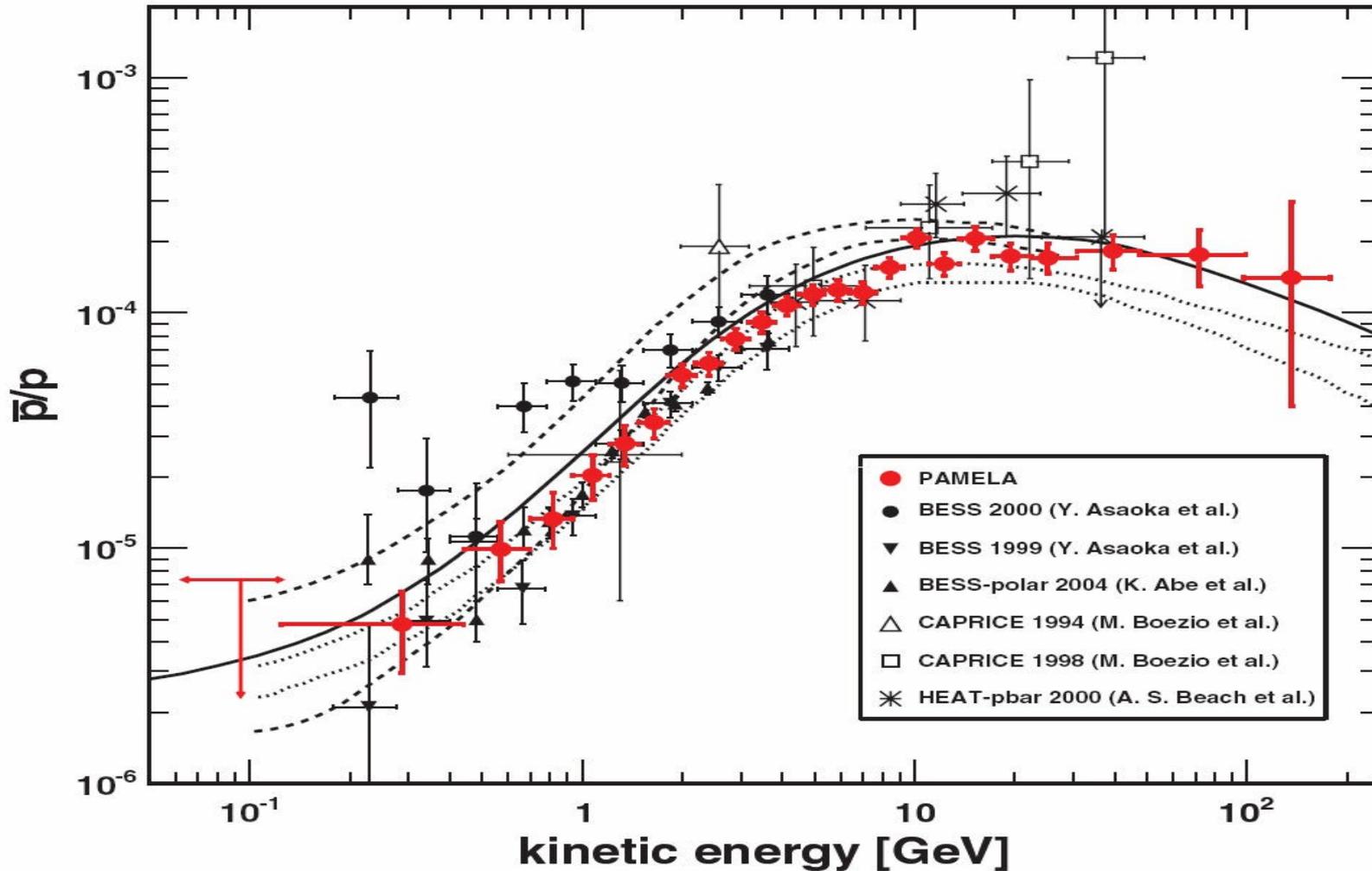


PAMELA-Experiment;
Italien, Russland, Schweden,
Deutschland

Positronenspektren



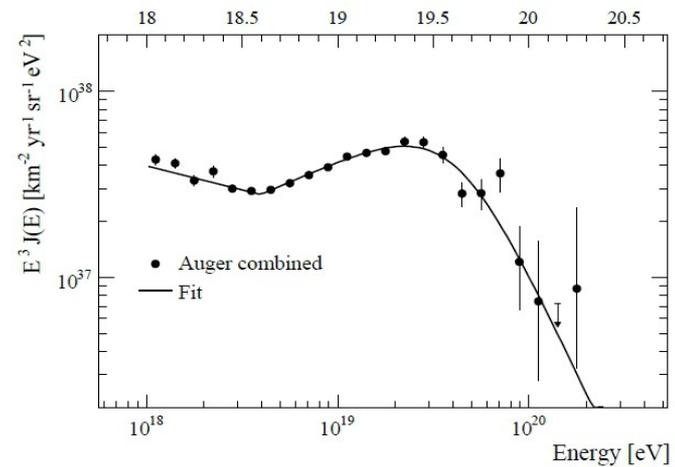
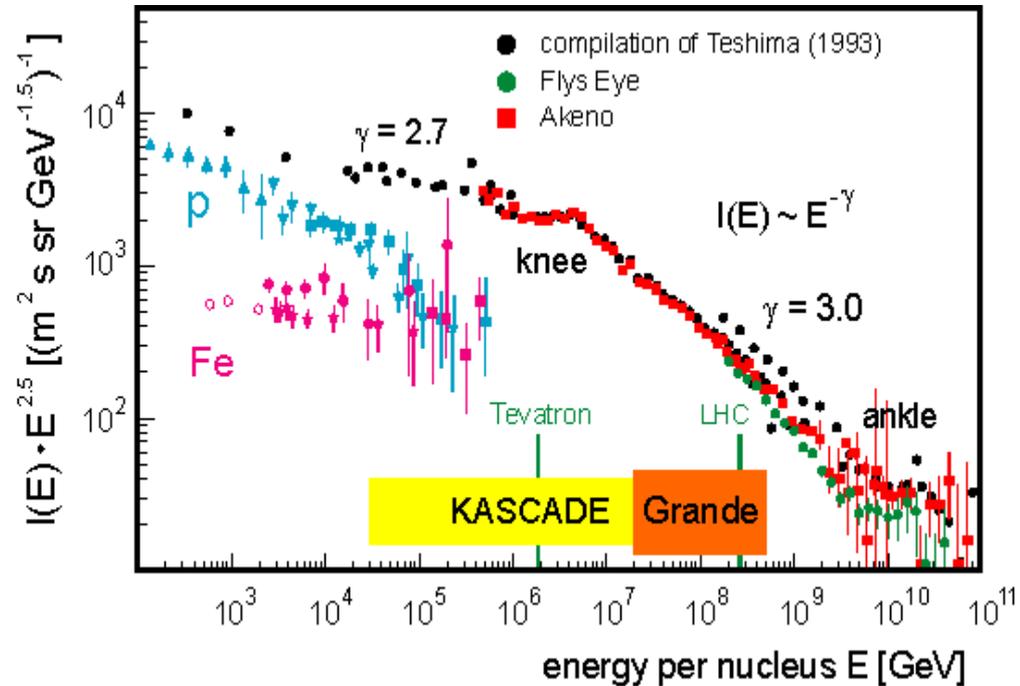
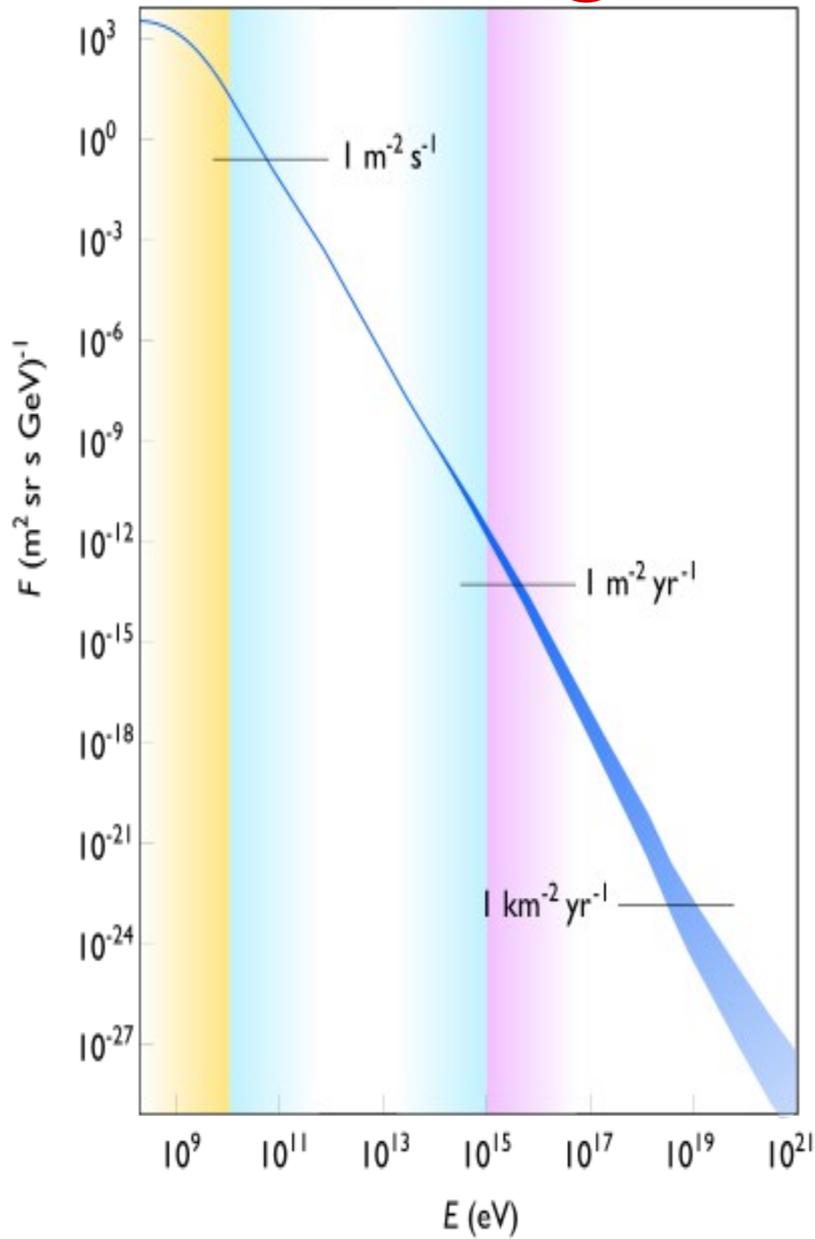
Antiprotonenspektren



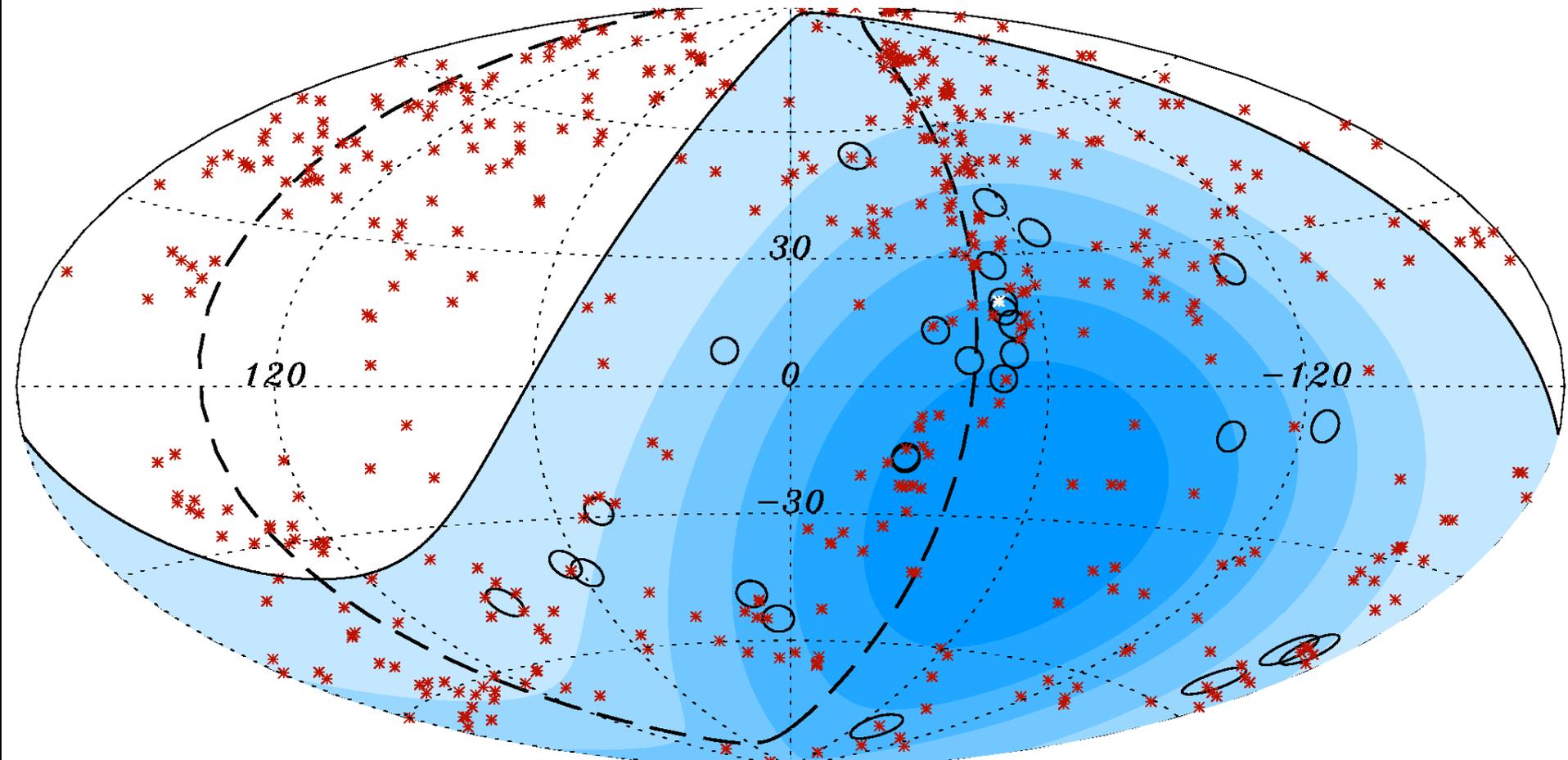
Ursprung der Kosmischen Strahlung



Ausgedehnte Luftschauer



Quellen Kosmischer Strahlung?



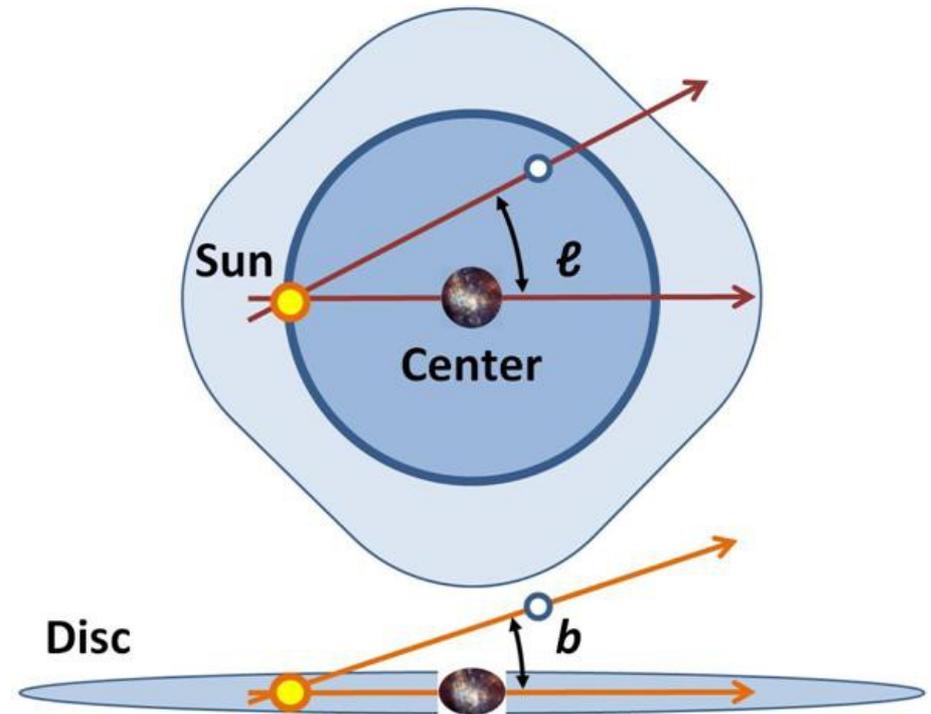
Auger Experiment

Quellen?

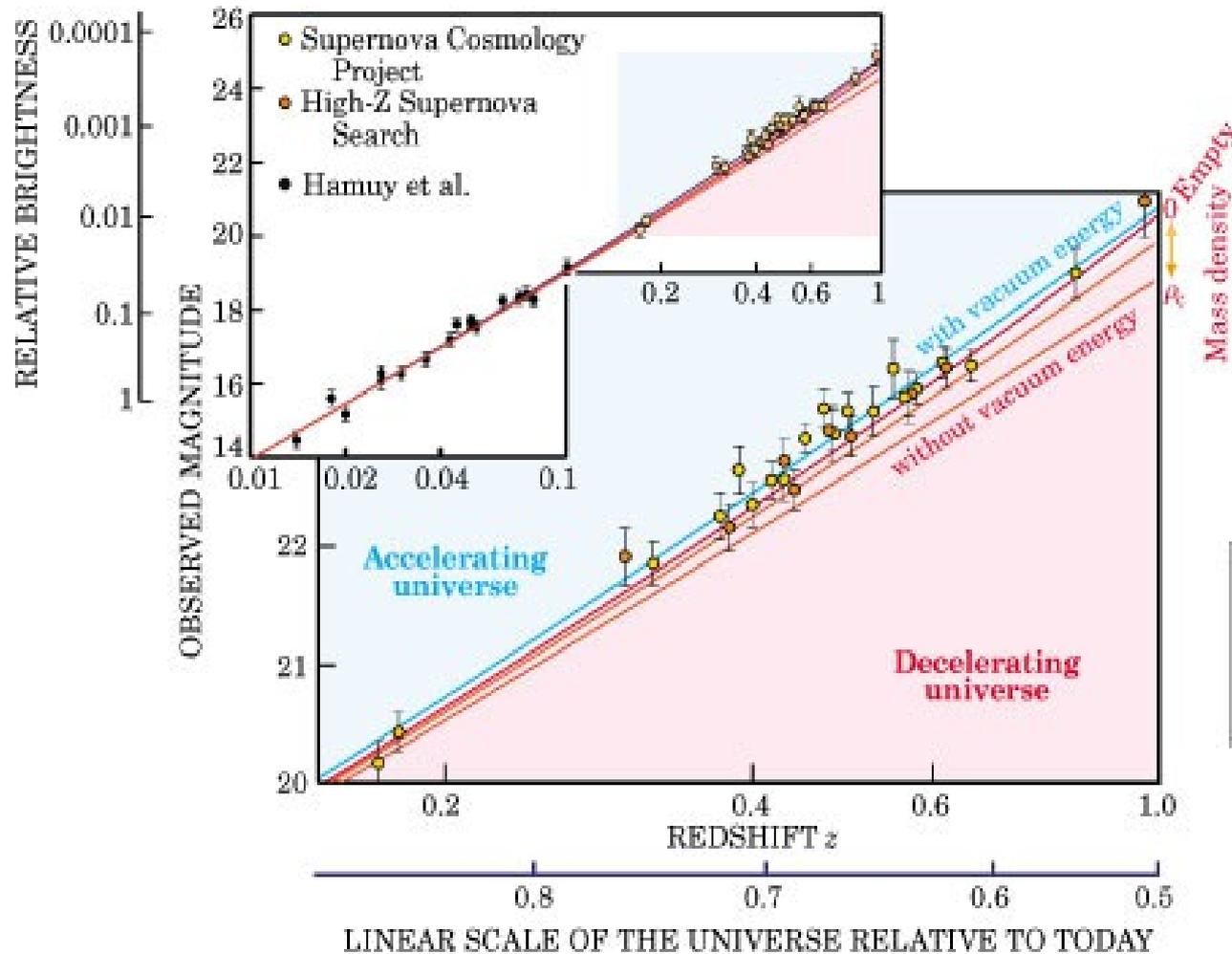
27 ausgedehnte Luftschauer mit Energien oberhalb 57 EeV; Radius 3,1 Grad (Messgenauigkeit; magnetische Unschärfe)

472 Aktive Galaktische Kerne /AGN's) innerhalb 75 Megaparsec als rote *

Centaurus A ist als weißer * markiert.
Durchgezogene Linie:
Akzeptanz von Auger
Gestrichelte Linie:
supergalaktische Ebene

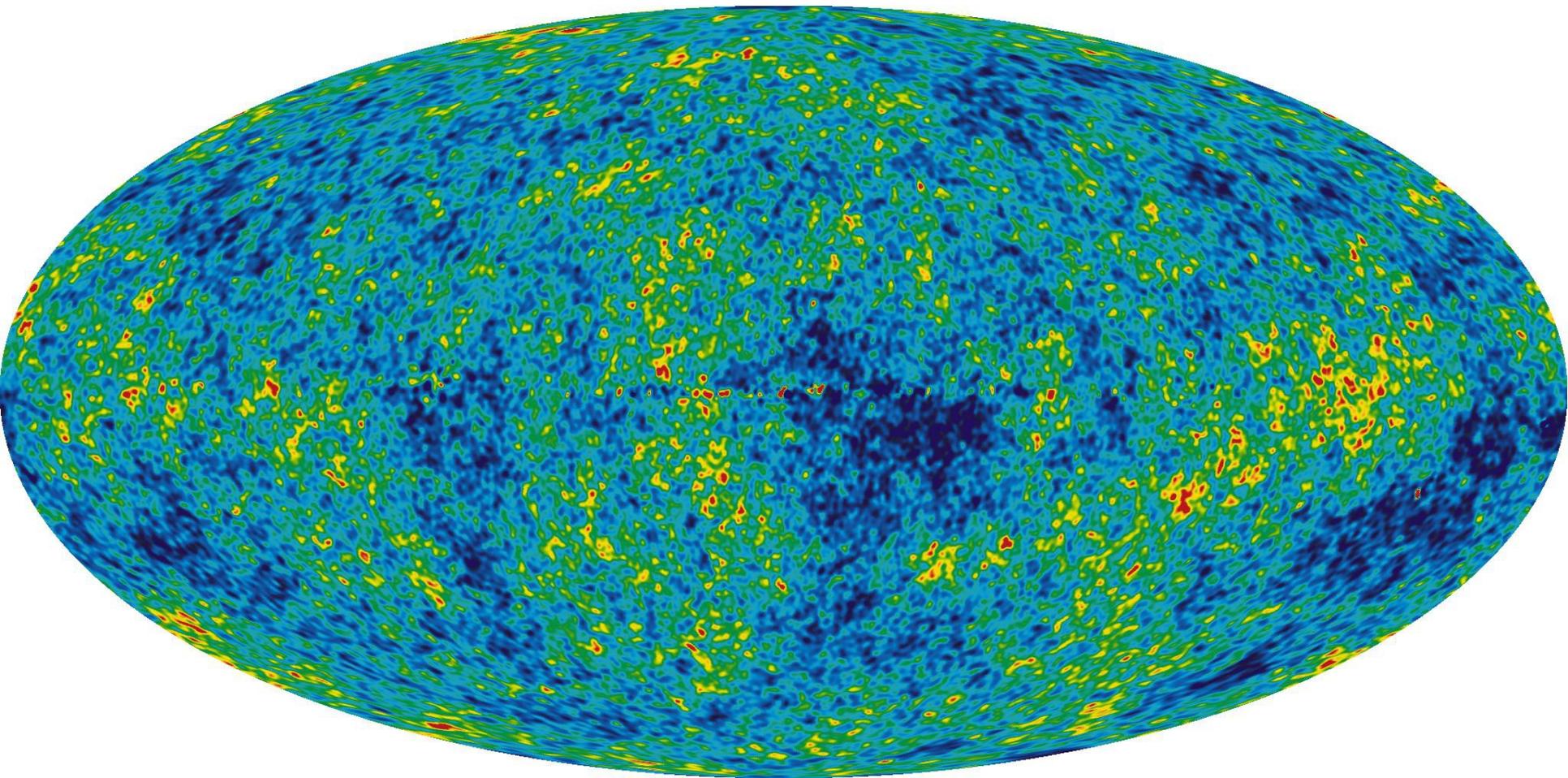


Dunkle Materie; Dunkle Energie



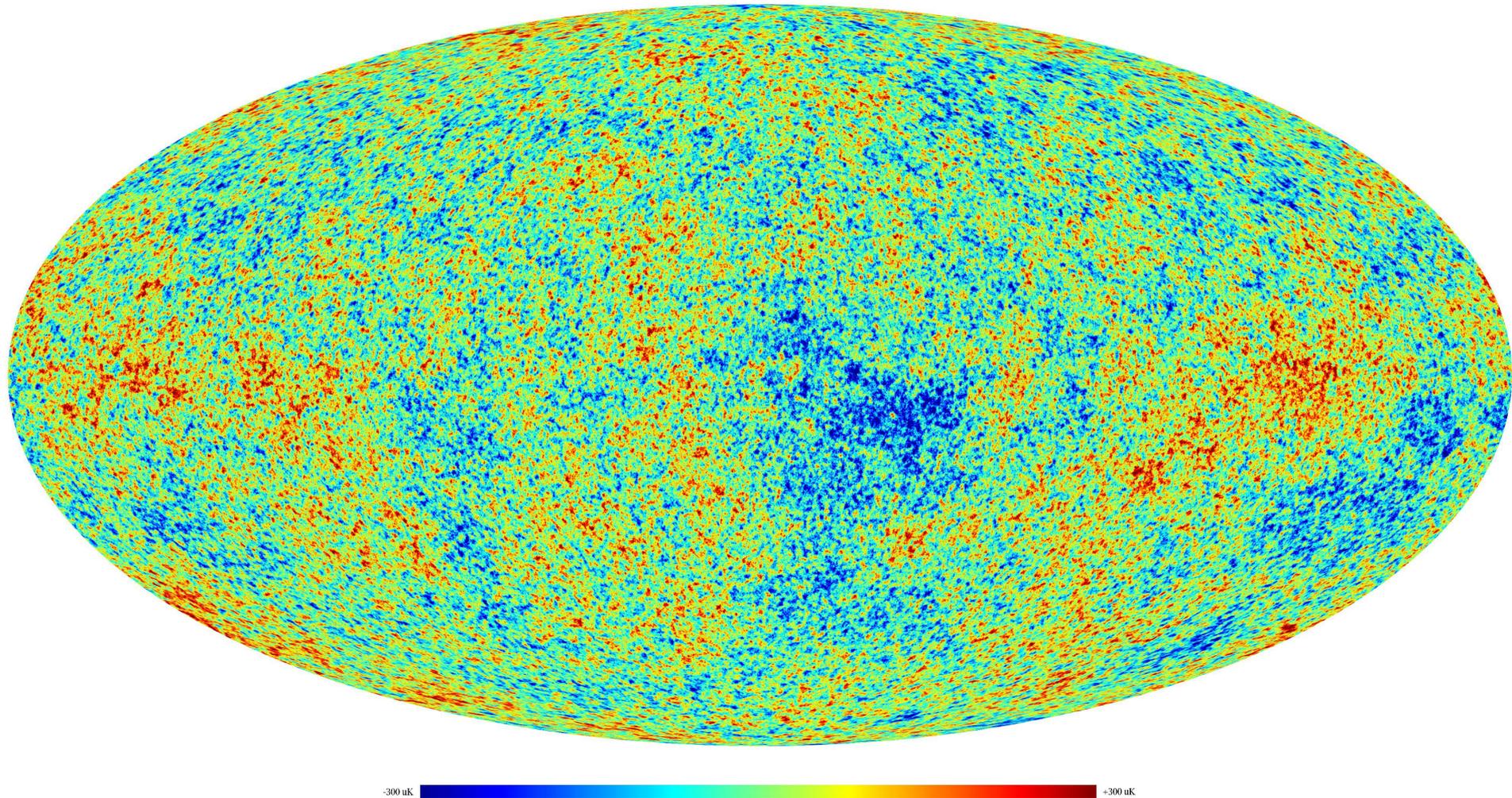
$$z = \frac{\lambda_{\text{obsv}} - \lambda_{\text{emit}}}{\lambda_{\text{emit}}}$$

Das Echo des Urknalls

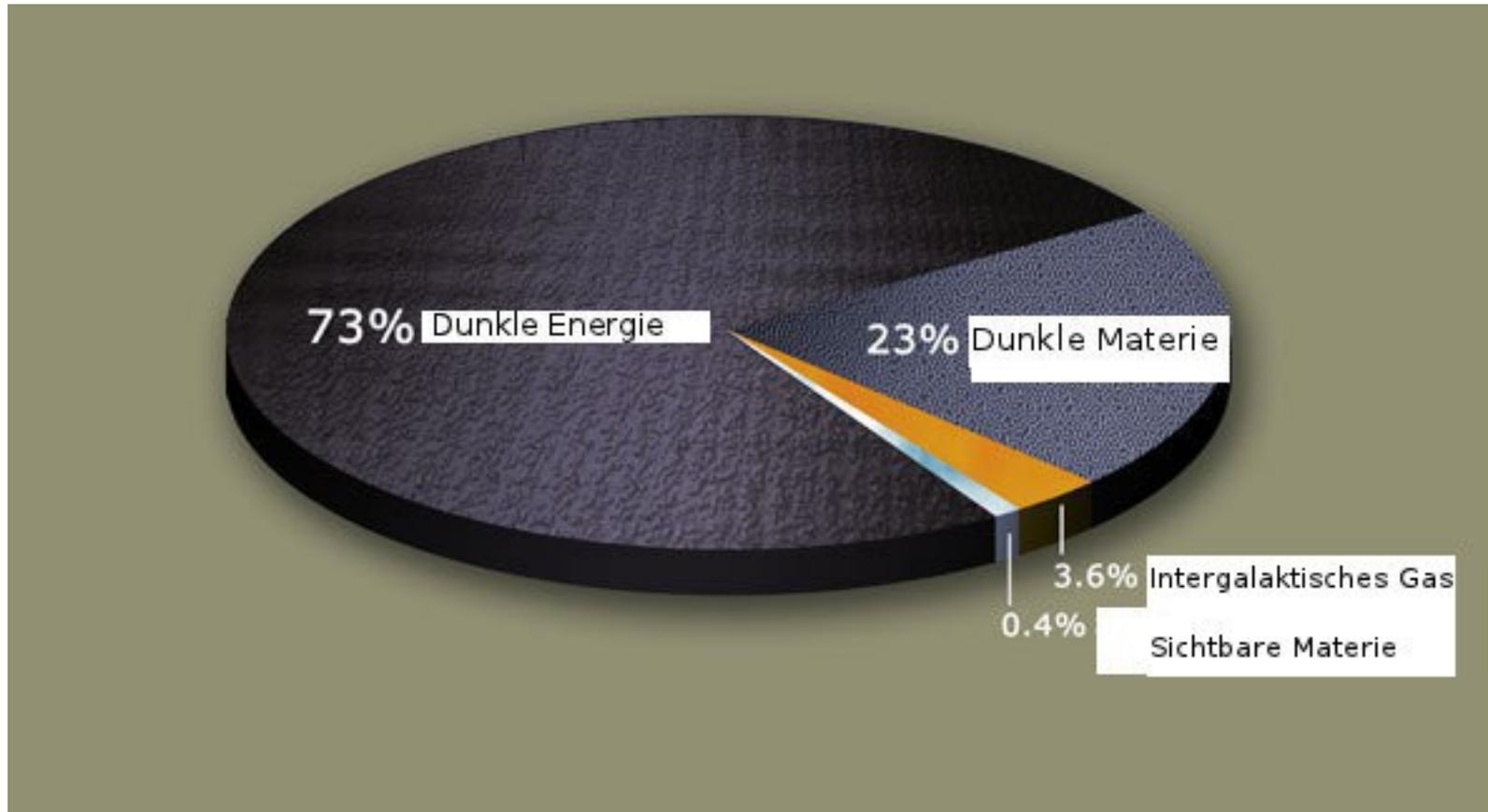


WMAP 2010

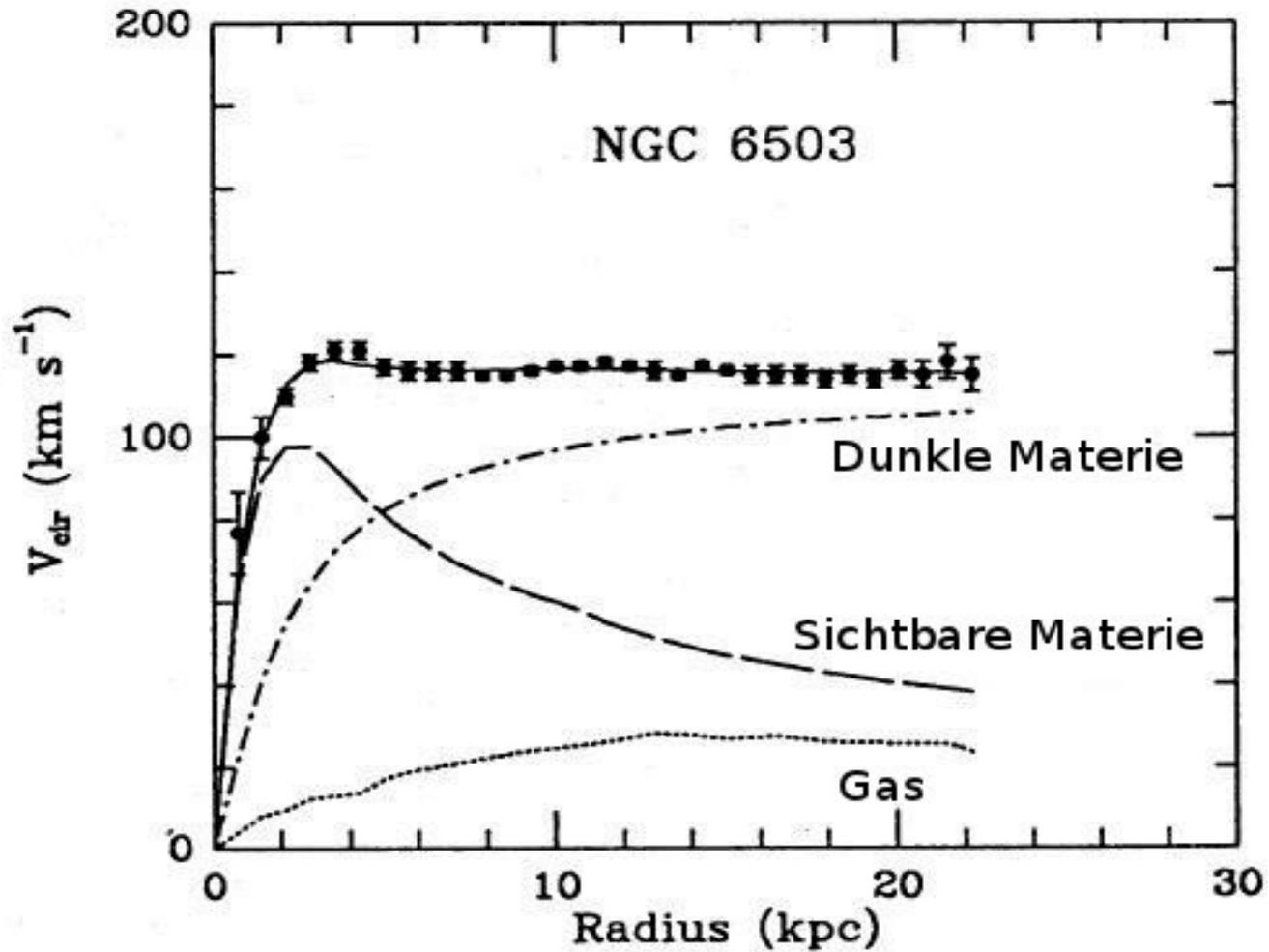
Das 'Planck'-Echo



Woraus besteht die Welt?



Rotationskurven von Galaxien



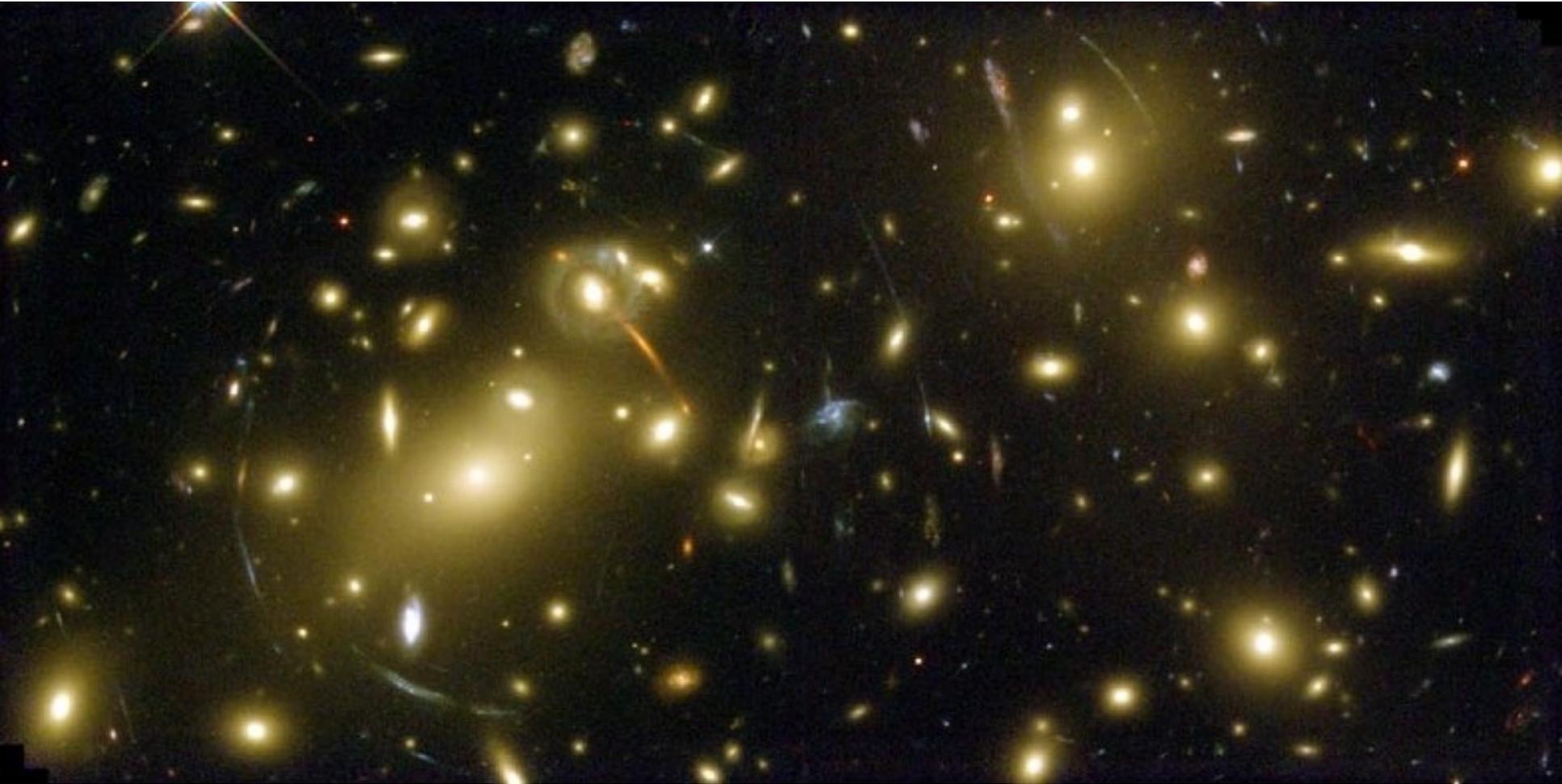
Galaxienkollisionen; Bullet Cluster



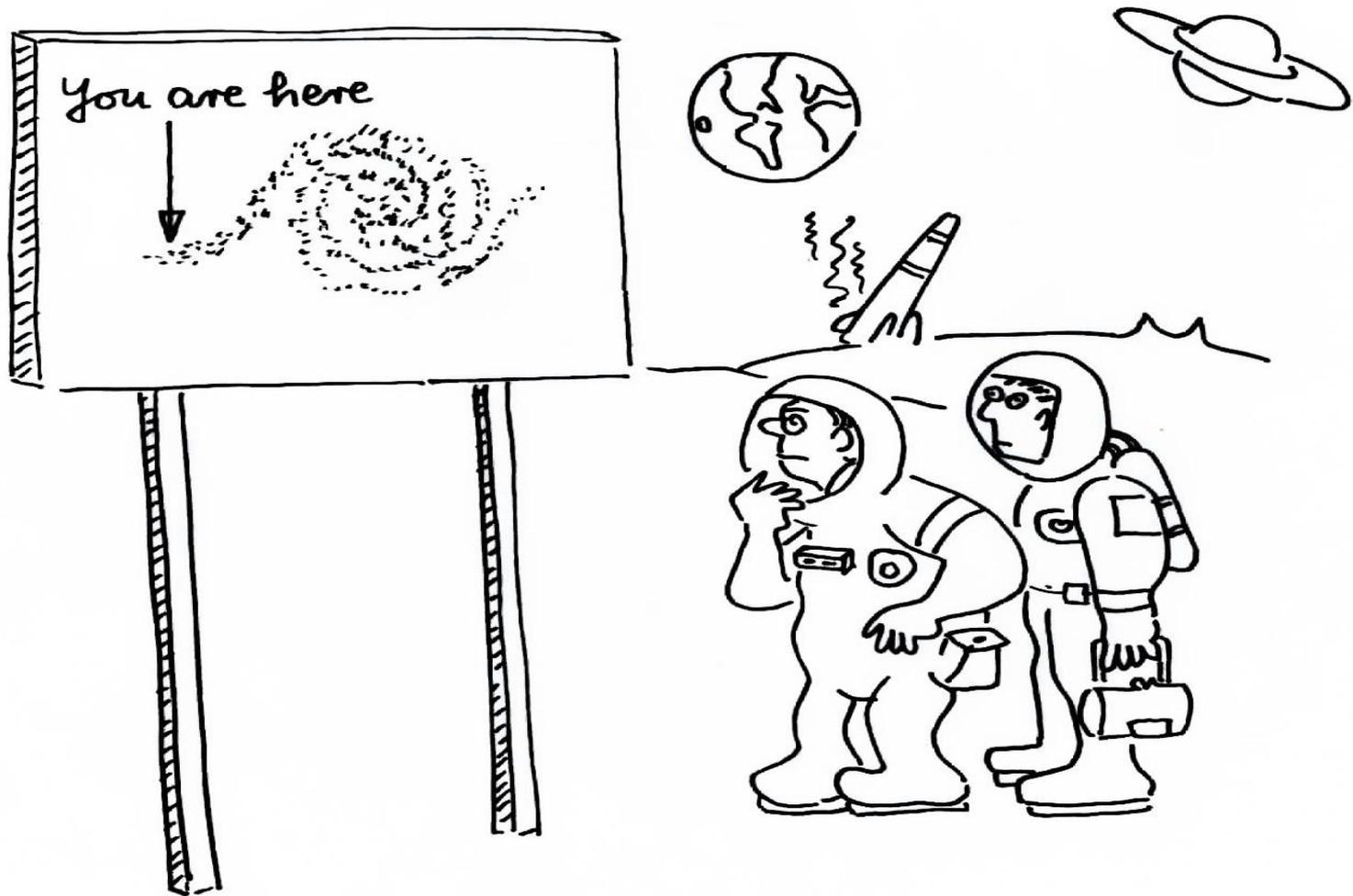
Blau:
Dunkle
Materie
(Mikro
Gravita-
tion)

Rosa:
Heißes
Gas:
Chandra

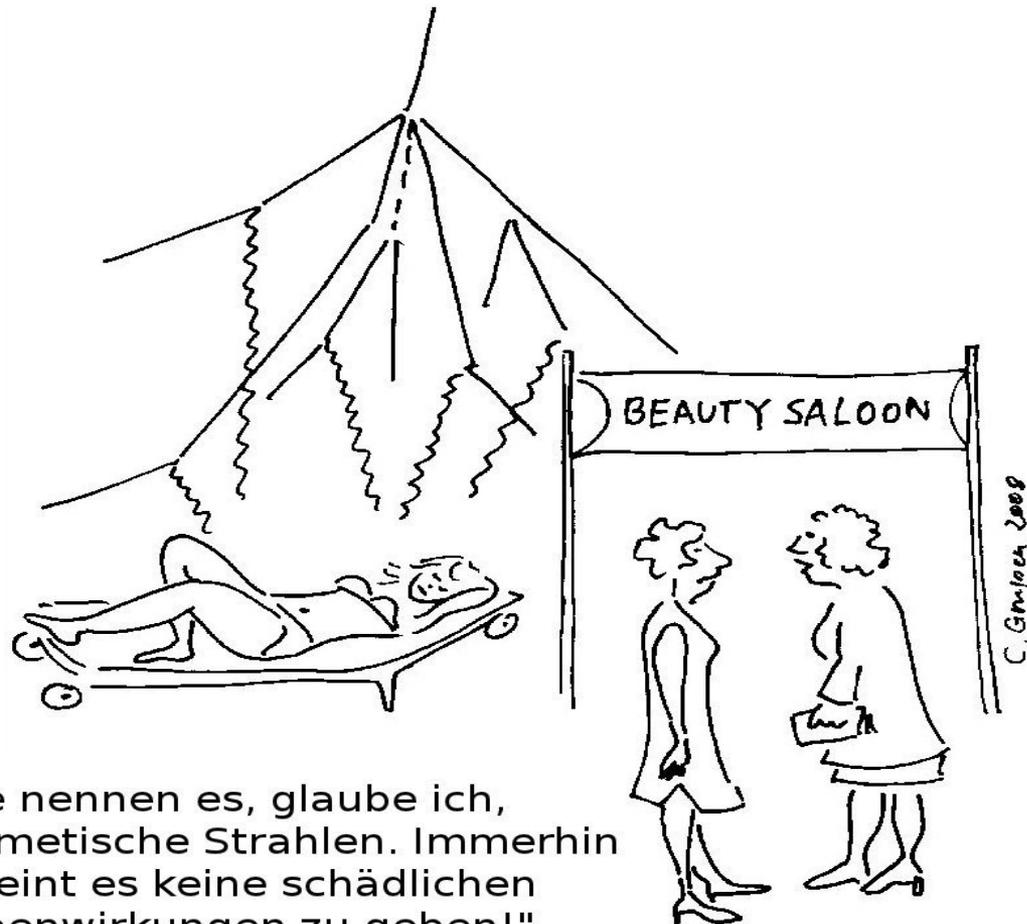
Gravitationslinseneffekte: Abell 2218



Bemannte Raumfahrt?



Positive Effekte der Kosmischen Strahlung?



"Sie nennen es, glaube ich, kosmetische Strahlen. Immerhin scheint es keine schädlichen Nebenwirkungen zu geben!"

Ausblick

1912 Entdeckung durch Victor Franz Hess

Bis ca. 1950: Entdeckung von Elementarteilchen in der Kosmischen Strahlung

Spätestens ab 1987 Renaissance der Kosmischen Strahlung:

Neutrino-Astronomie

Gamma-Astronomie

Teilchen-Astronomie bei höchsten Energien

Gravitationswellen-Astronomie

Die von der Natur bereitgestellten Energien werden in Beschleunigern nie erreicht werden

Kosmische Strahlung bleibt ein konkurrenzloses Labor