

# 100 Jahre Kosmische Strahlung: Heute genauso aktuell wie vor 100 Jahren

**Claus Grupen**

**Universität Siegen**

Historie

Die Goldenen Jahre

Beschleuniger und Speicherringe

Renaissance der Kosmischen Strahlung

Raumfahrt und Kosmische Strahlung



# Historie

1895 Wilhelm Conrad Röntgen

Entdeckung der X-Strahlen

1896 Henri Antoine Becquerel

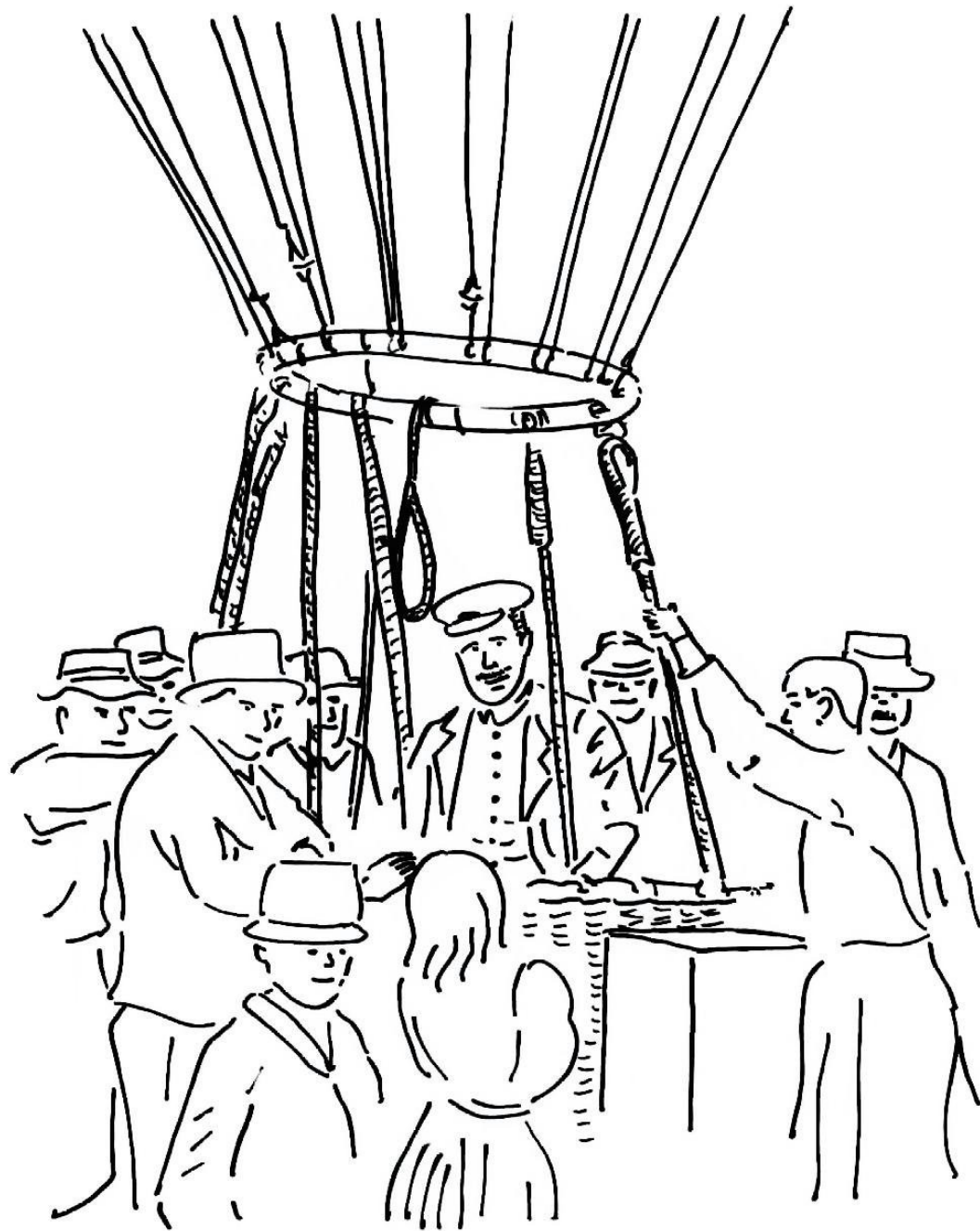
Entdeckung der Radioaktivität

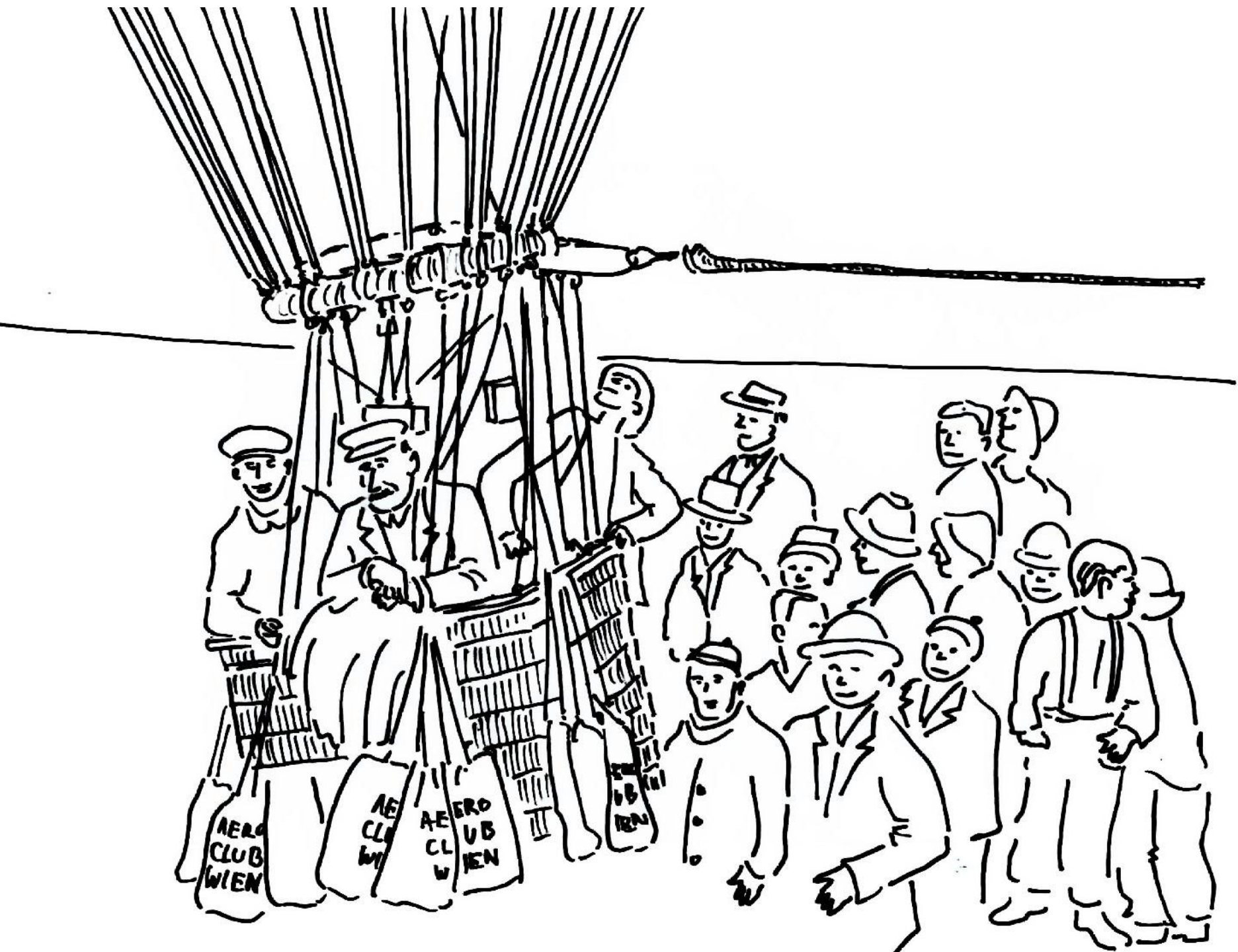
1910 Theodor Wulf

Entladung von Elektrometern

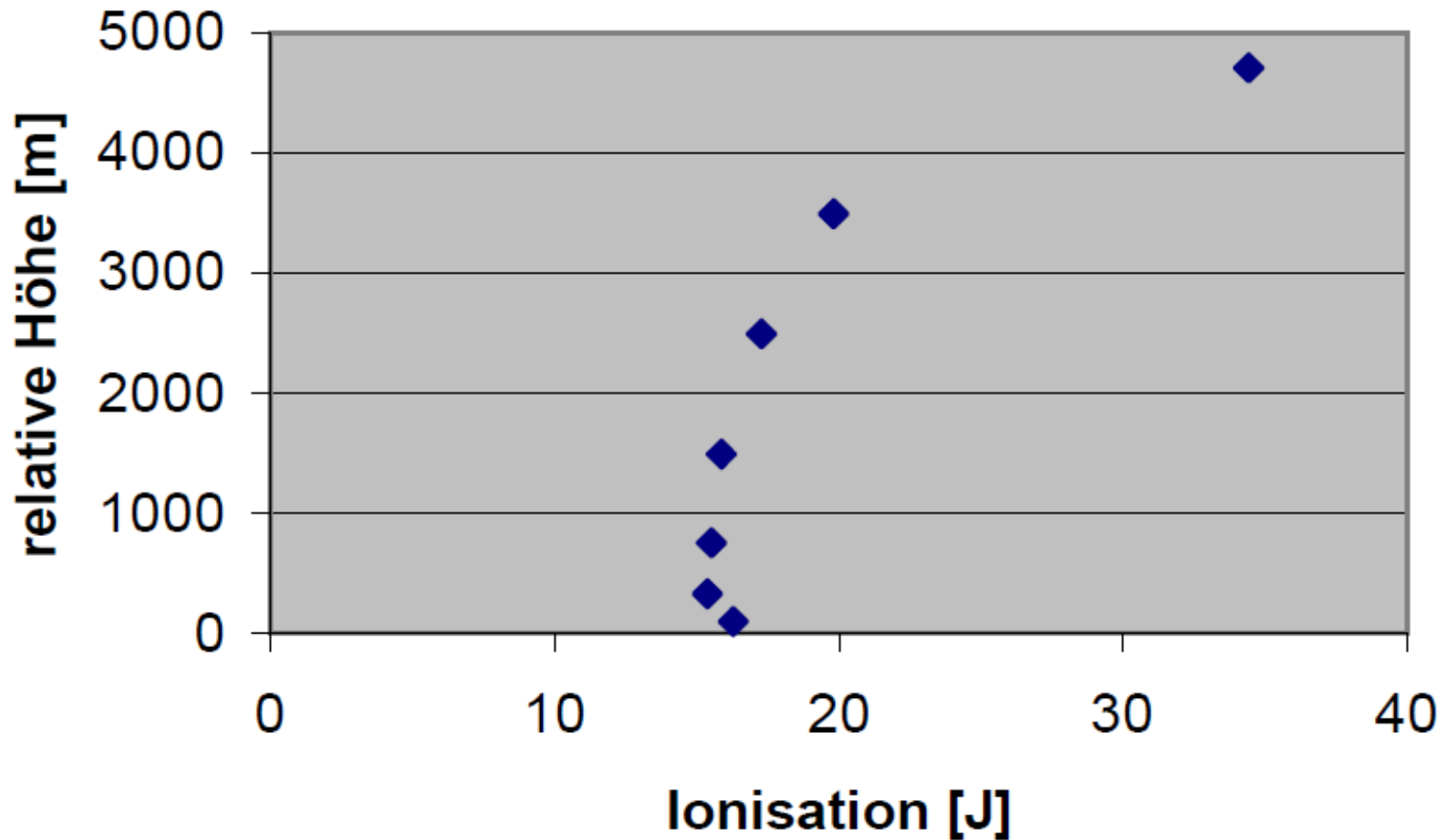
1912 Victor Franz Hess

Entdeckung der Kosmischen  
Strahlung





# Höhenabhängigkeit der Strahlung



# Strahlung oder Teilchen?

## The New York Times

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

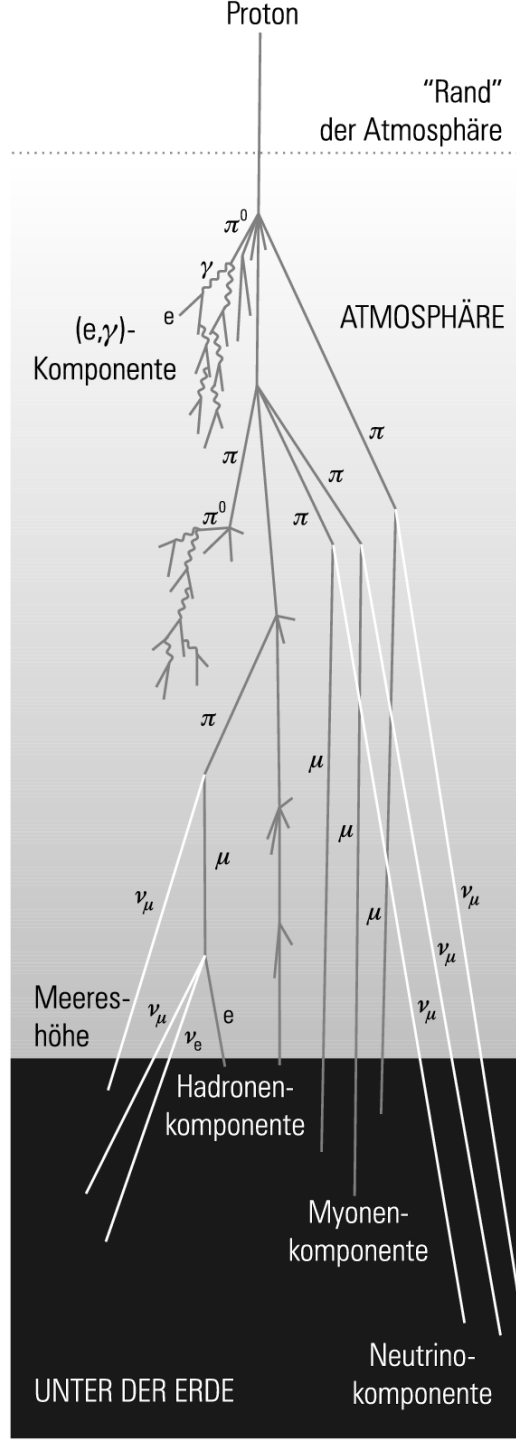
December 31, 1932

### MILLIKAN RETORTS HOTLY TO COMPTON IN COSMIC RAY CLASH

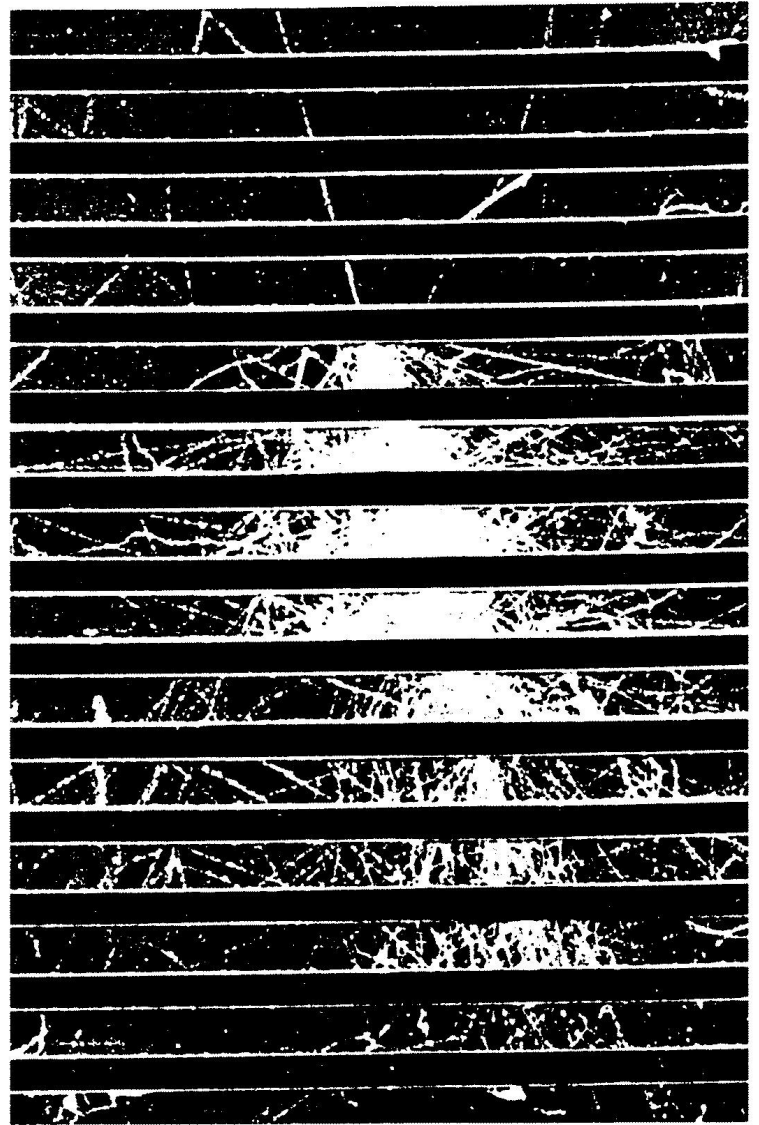
Debate of Rival Theorists  
Brings Drama to Session  
of Nation's Scientists.

THEIR DATA AT VARIANCE

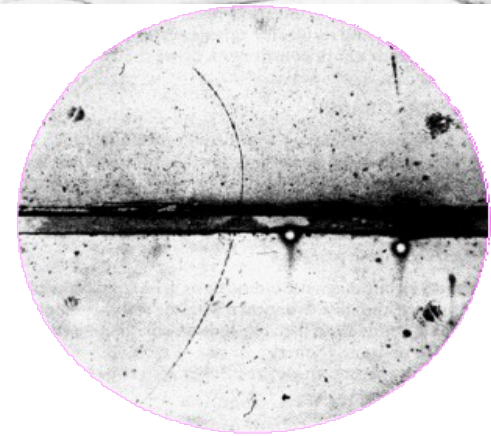
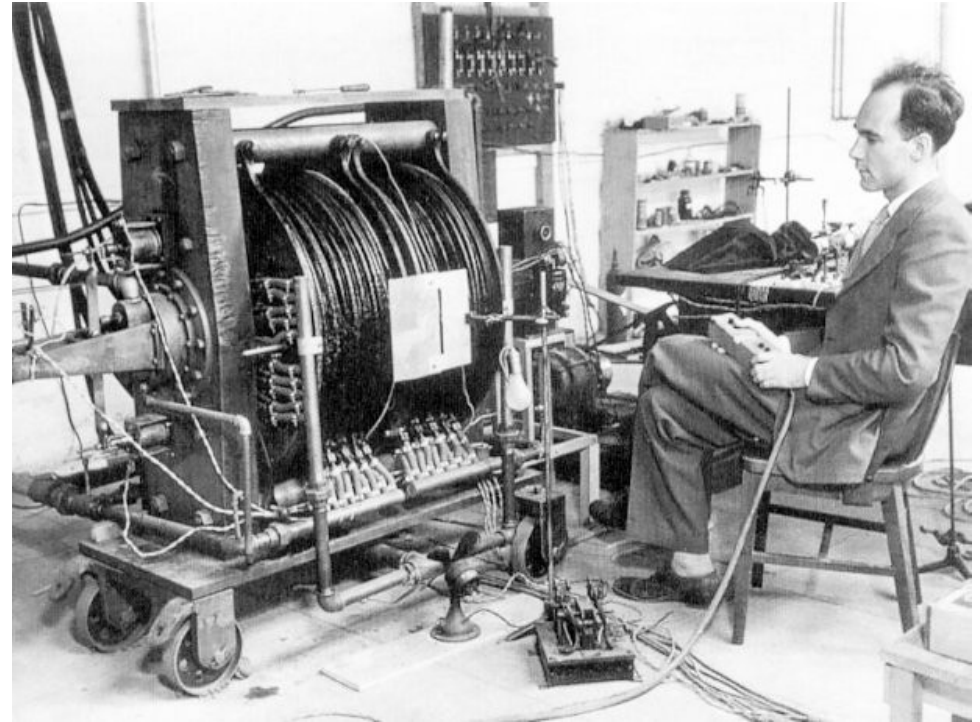
New Findings of His Ex-Pupil  
Lead to Thrust by Millikan  
at 'Less Cautious' Work.



# Teilchenschauer



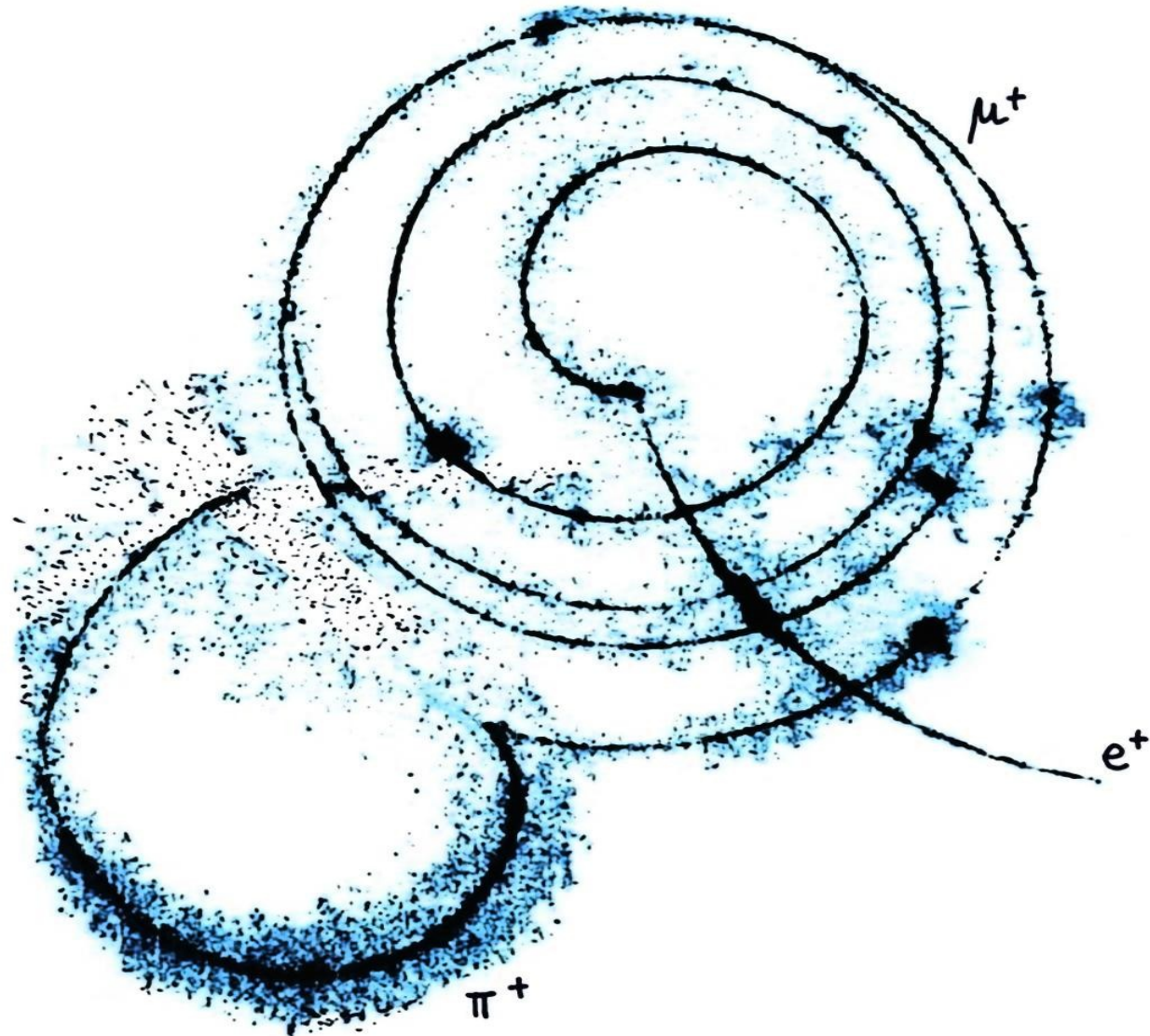
# Die Goldenen Jahre: Entdeckung des Positrons 1932





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

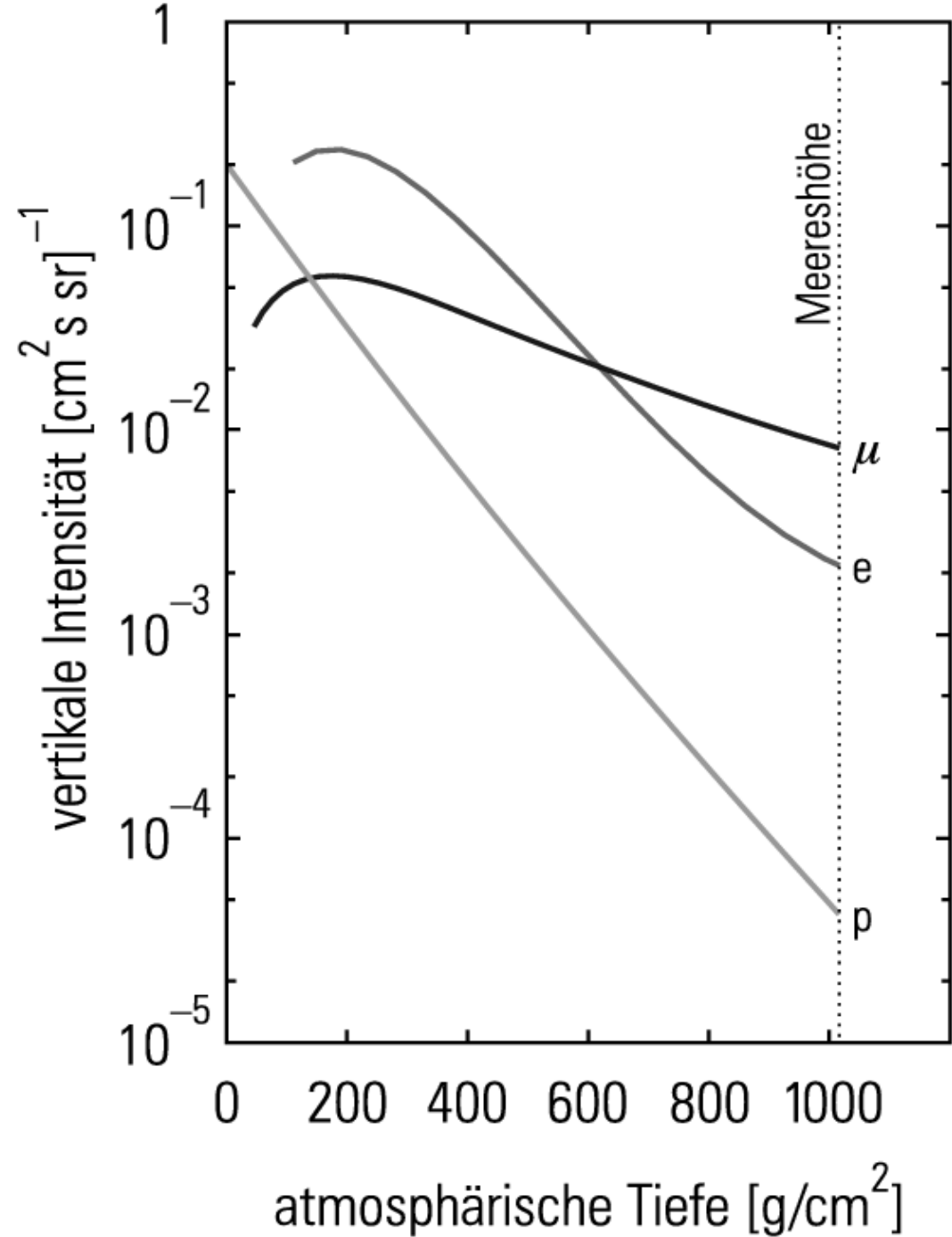
# Entdeckung des Pions durch Lattes, Occhialini, Powell und Muirhead



# Transformation in der Atmosphäre

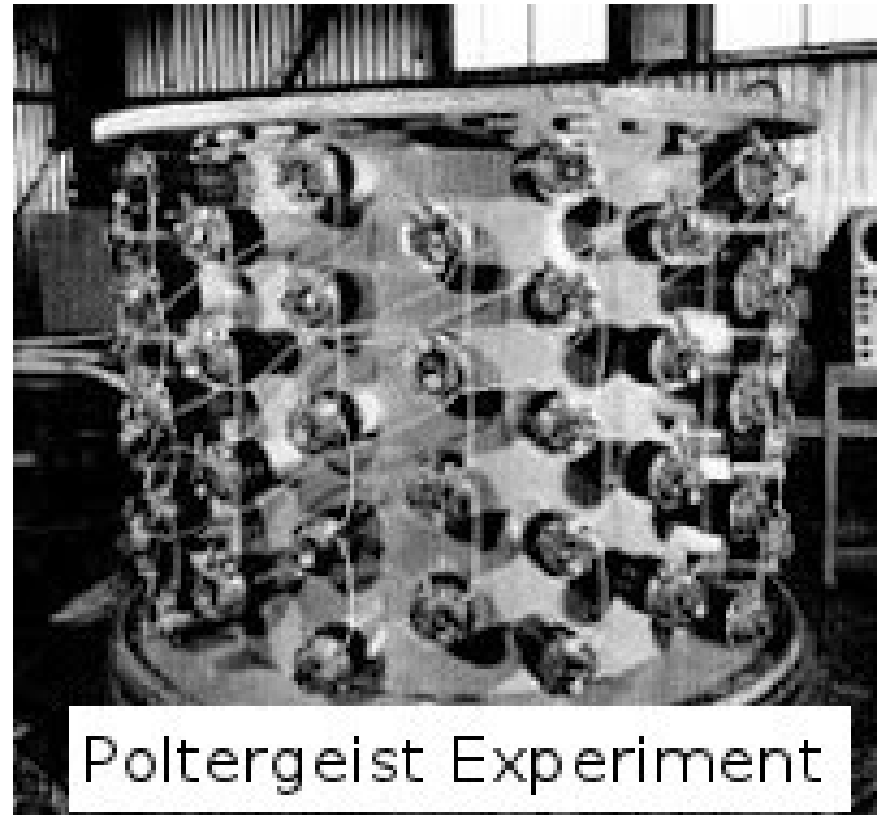


"Wir fangen die höchstenergetischen kosmischen Strahlen ein und lösen damit das Energieproblem!"

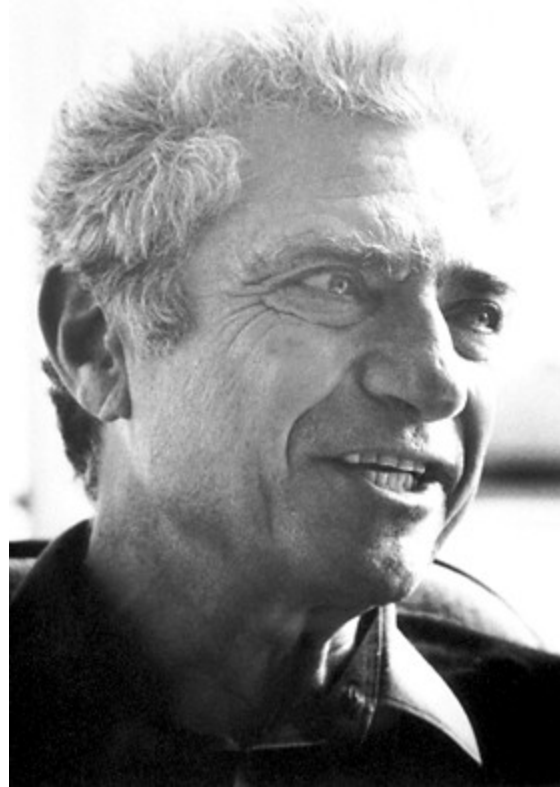


# Beschleuniger und Speicherringe

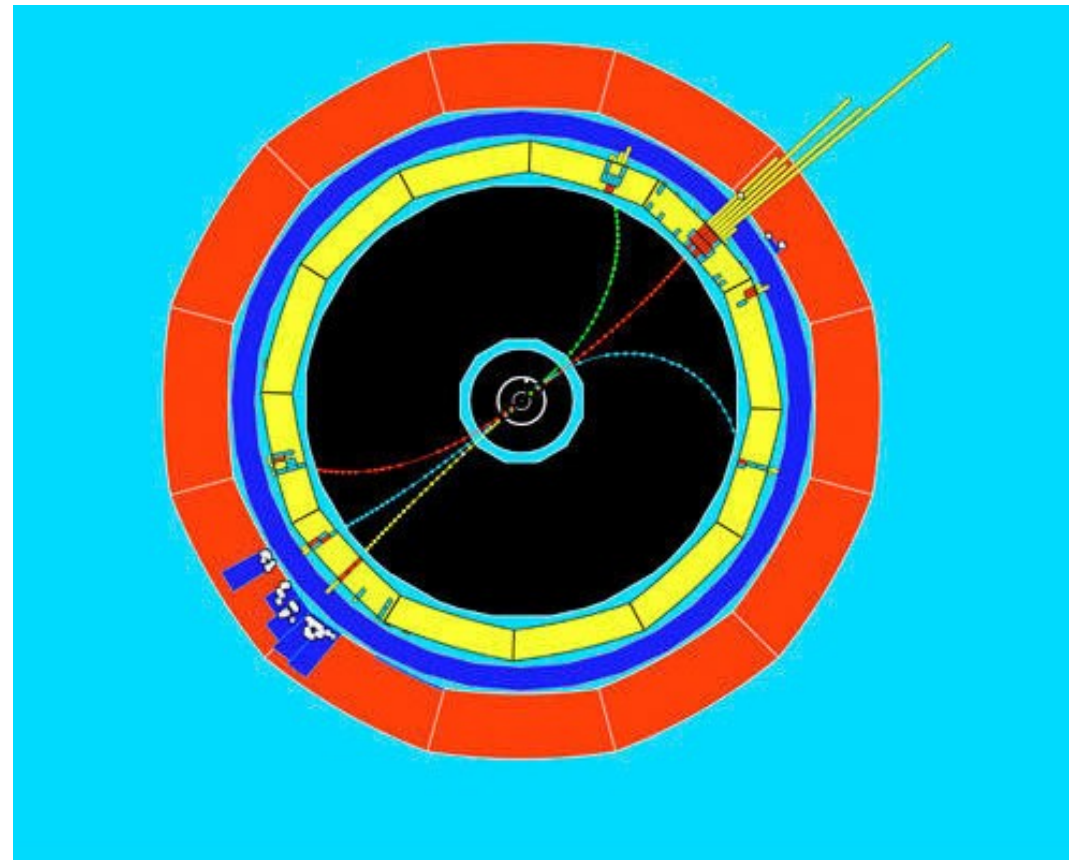
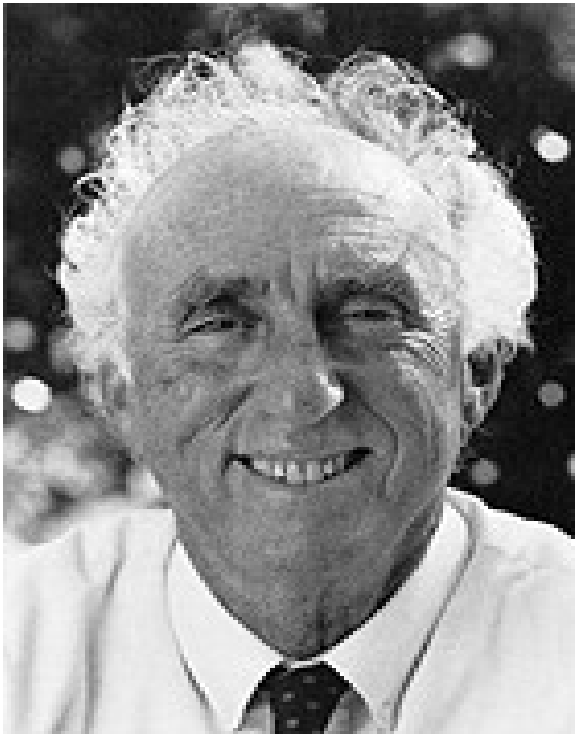
Entdeckung des Elektron-Neutrinos durch  
Cowan und Reines 1956



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



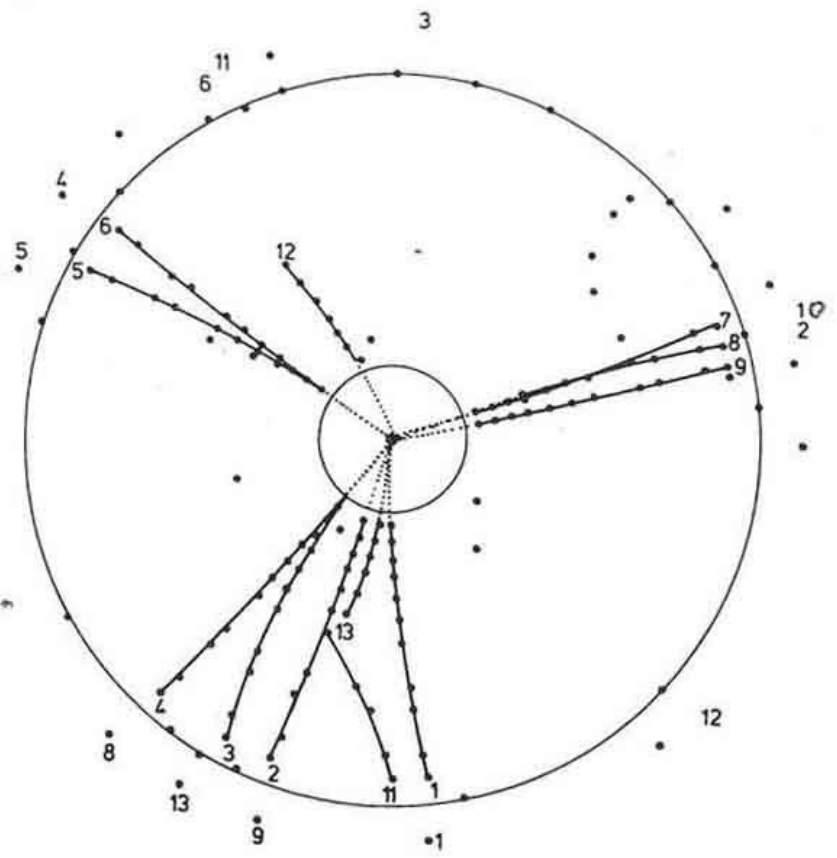
# Entdeckung des Tau-Leptons und Tau-Neutrinos durch Martin Perl 1975



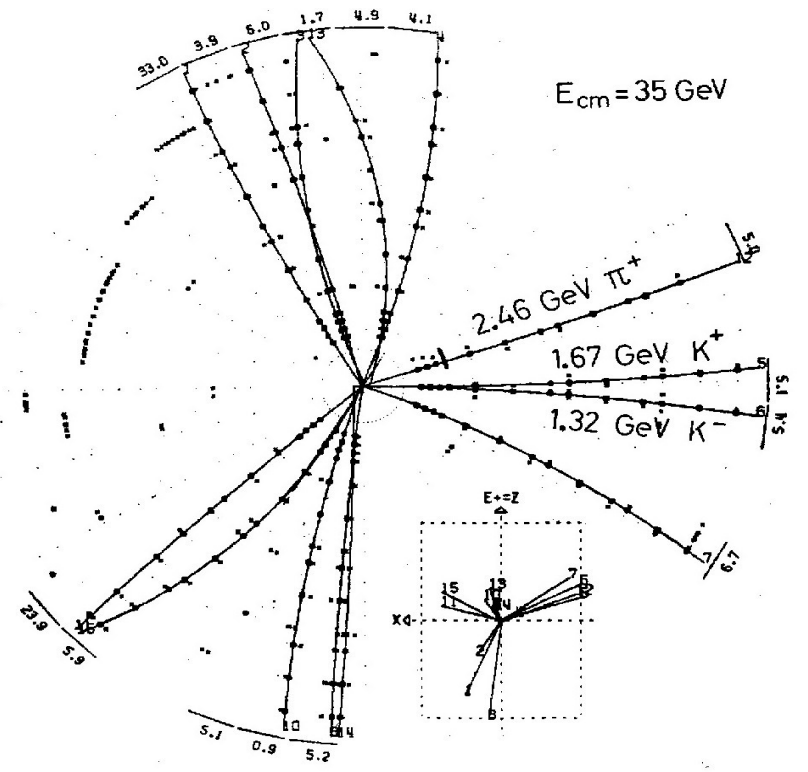
Tau-Paarherzeugung und Zerfall in ALEPH

# Entdeckung des Gluons durch die PETRA-Kollaborationen am DESY 1979

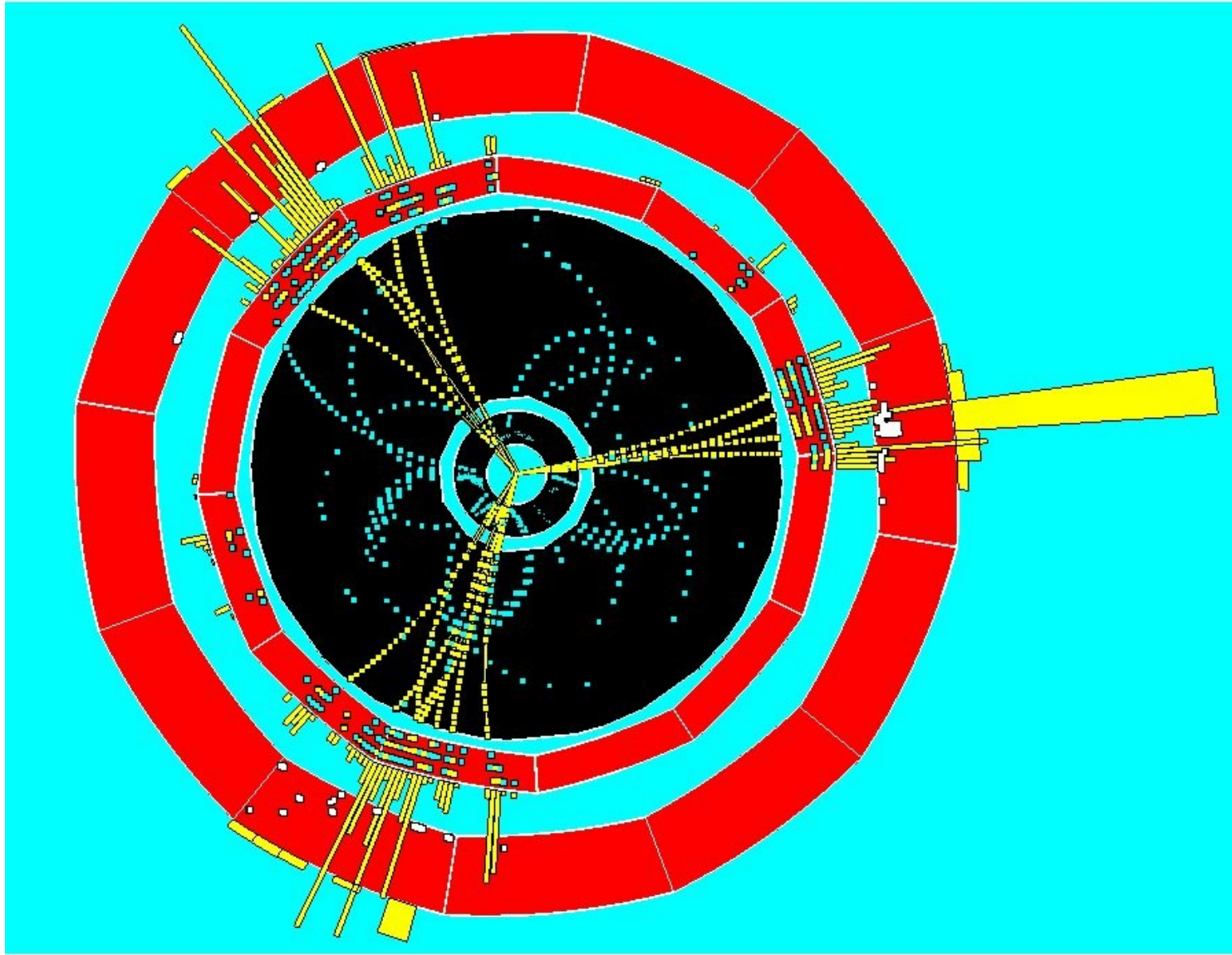
PLUTO  $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q} g$



TASSO

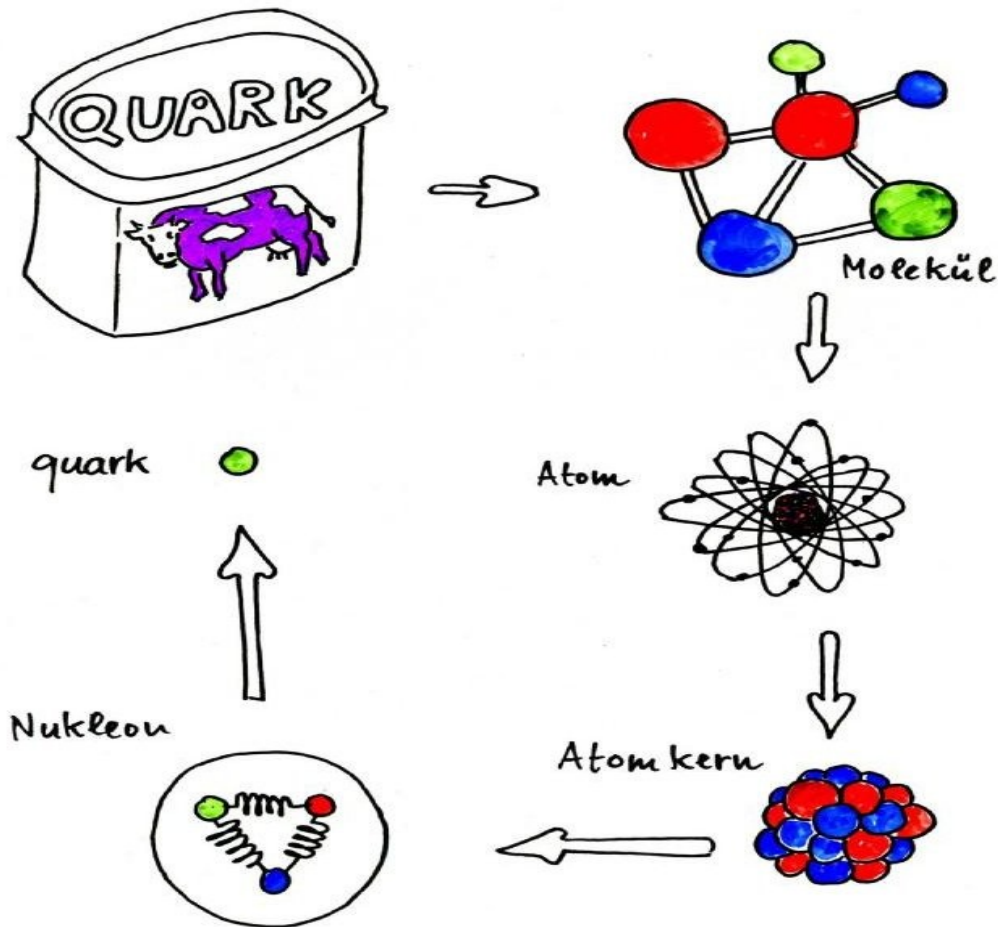


# ALEPH 3-Jet Ereignis 1995





# 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 →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>γ</b> Photon
	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
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> Gluon
	<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
	<b>ν<sub>e</sub></b> Elektron-Neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> Myon-Neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> Tau-Neutrino	<b>Z<sup>0</sup></b> 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
	<b>e</b> Elektron	<b>μ</b> Myon	<b>τ</b> Tau	<b>W<sup>±</sup></b> schwache Kraft

Quarks

Leptonen

Bosonen (Kräfte)

Perioden-  
system  
der  
Elementar-  
teilchen

# Renaissance der Kosmischen Strahlung

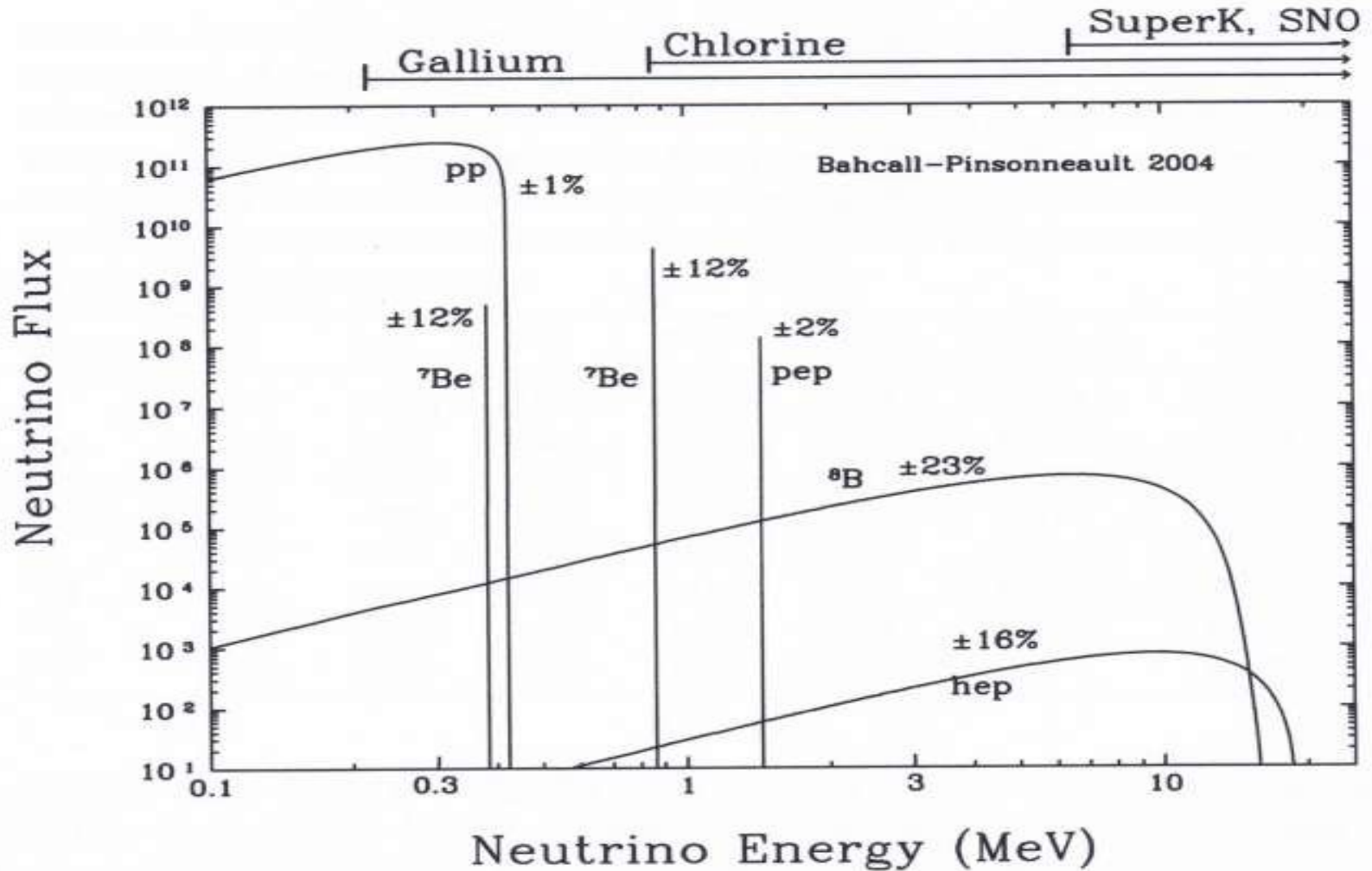
Ray Davis jun.



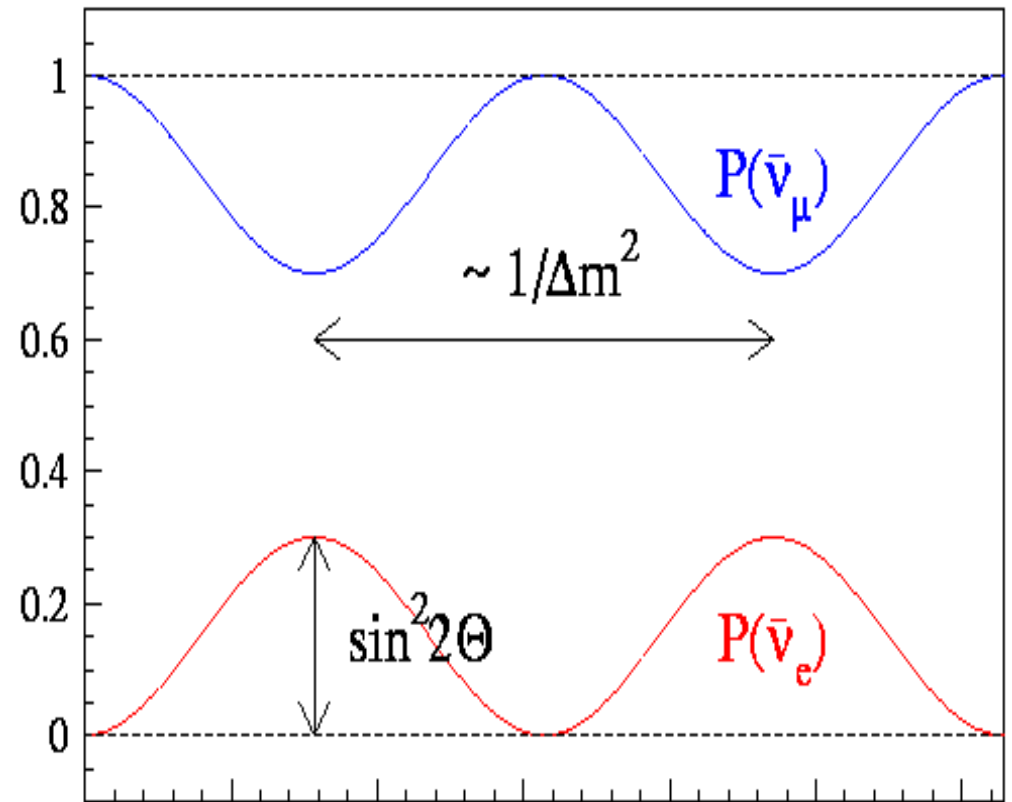
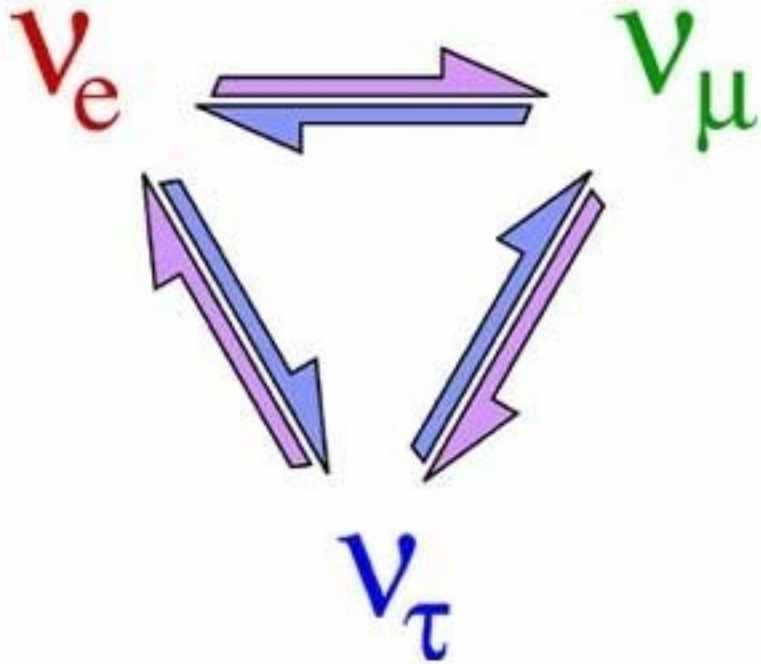
ab 1967



# Solare Neutrinos



# Neutrino-Oszillationen



Abhängig vom Mischungswinkel und der Differenz der Massenquadrate

# Super-Kamiokande Experiment

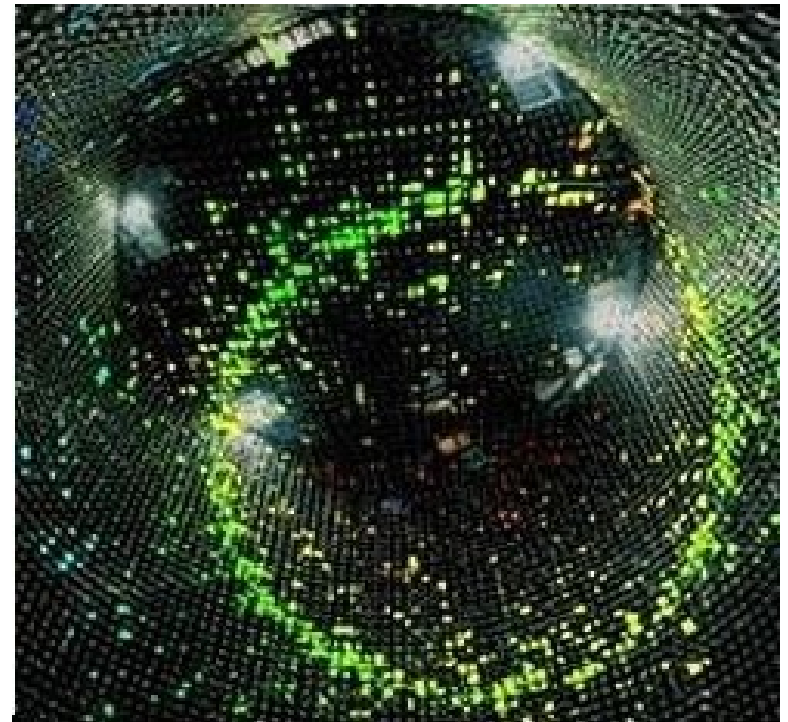
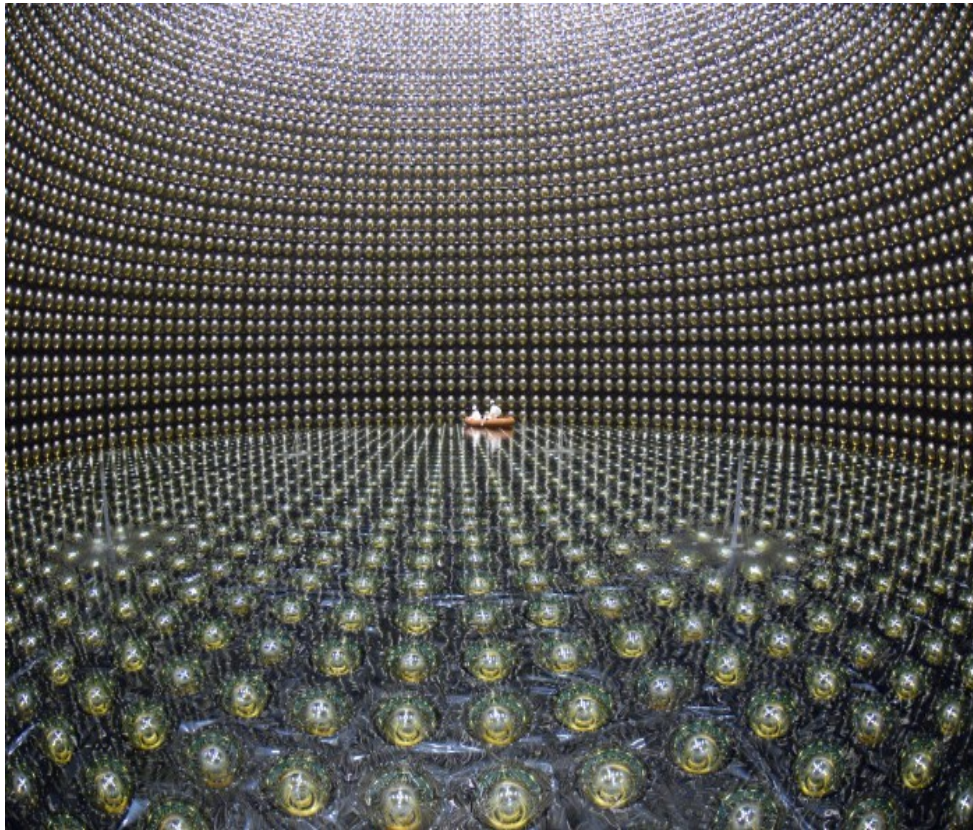


Masatoshi Koshiba

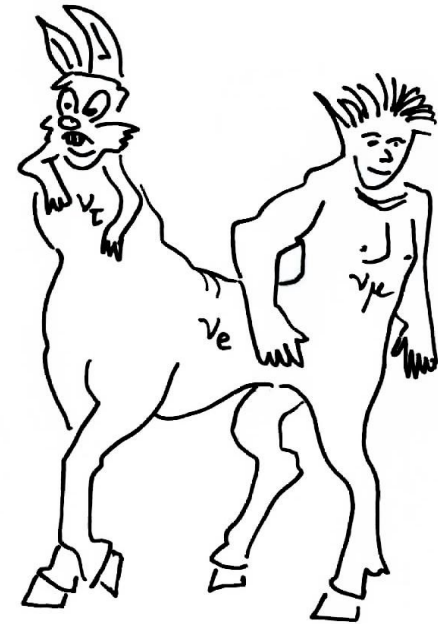
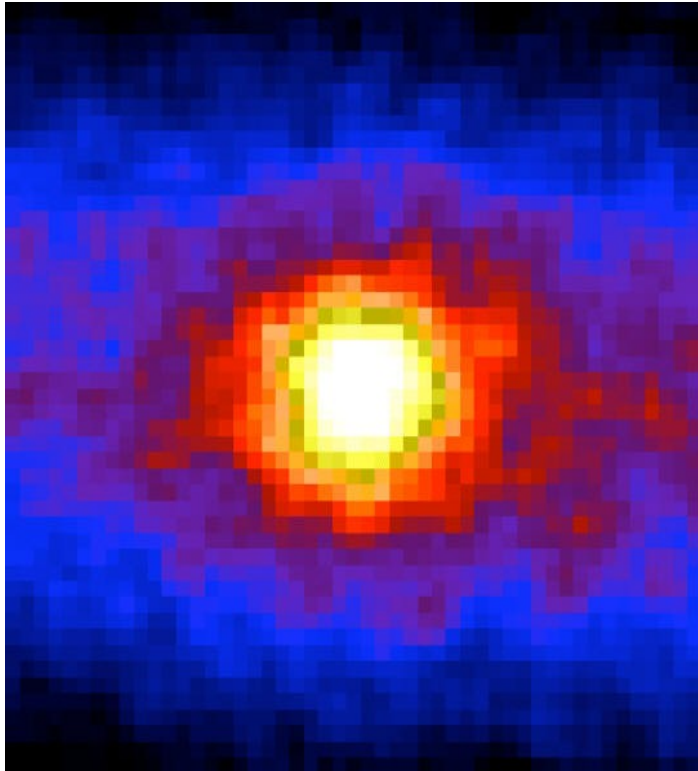


# Super-Kamiokande Detektor

## Cherenkov-Ring



# Sonne im Licht von Neutrinos



Tierische Oszillationen



# Supernova 1987 A



© Anglo-Australian Observatory

# Supernova 1987 A

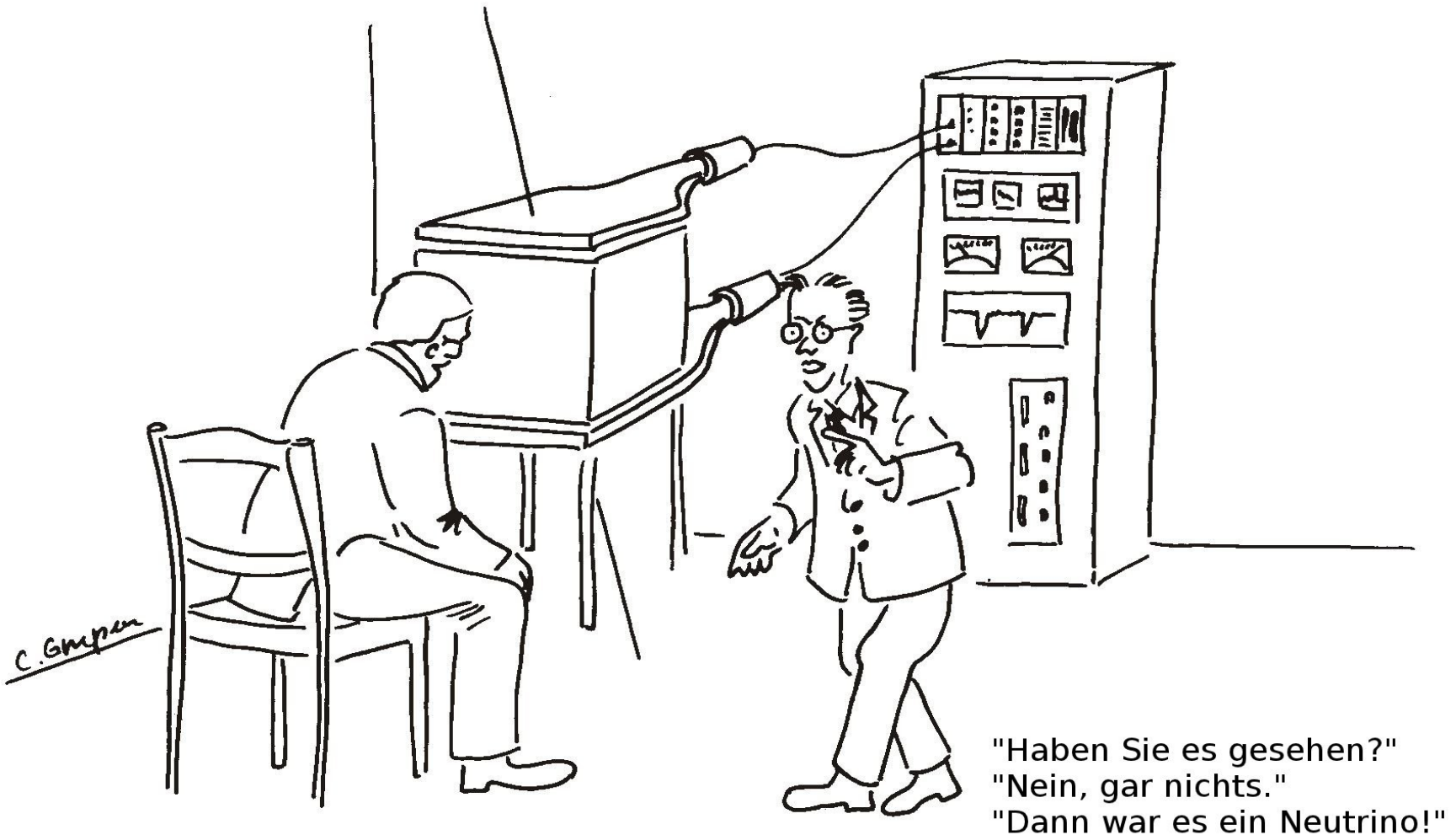
Supernova-Explosion in der Großen Magellanschen Wolke

Entfernung 170 000 Lichtjahre

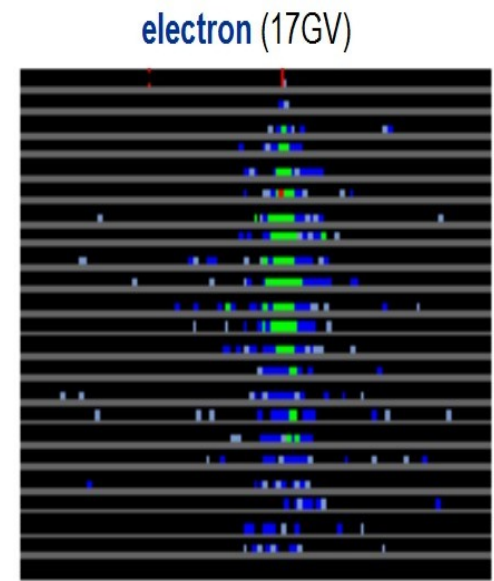
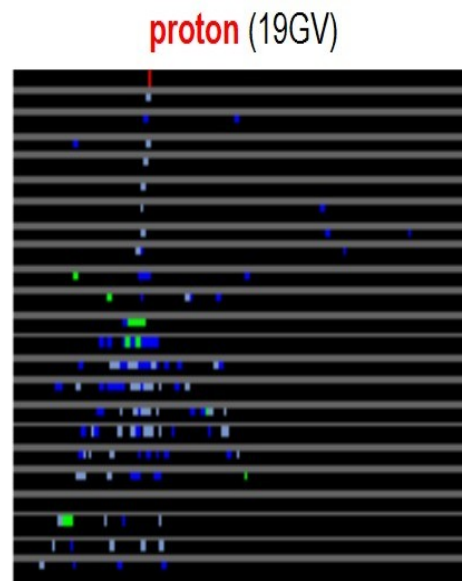
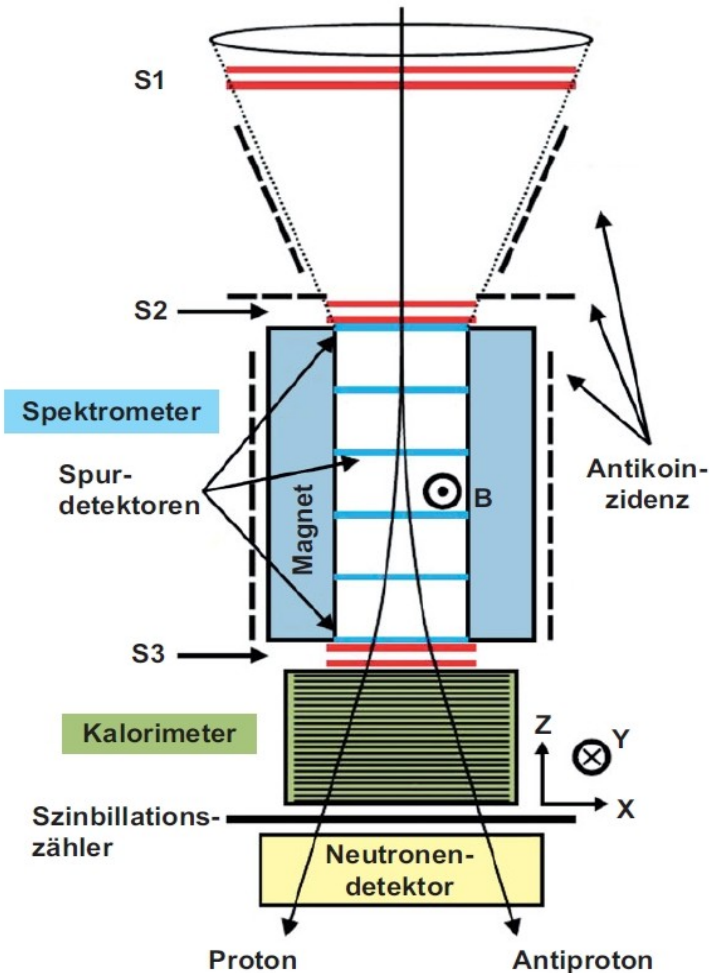
Energieausstoß  $6 \times 10^{46}$  Joule  
(Weltenergieverbrauch  $10^{21}$  Joule pro Jahr)

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

# Die Schwierigkeiten, Neutrinos zu messen

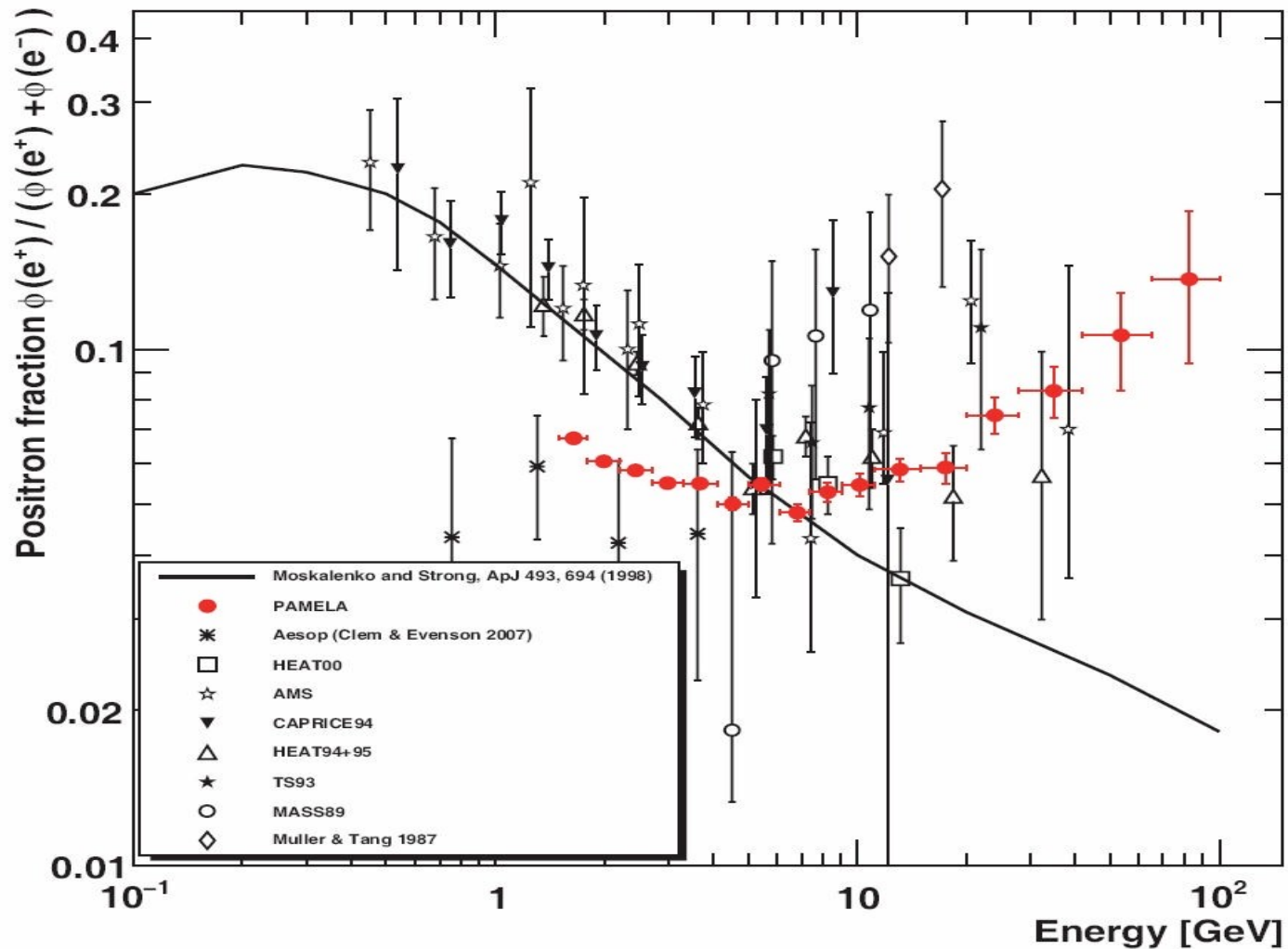


# Wo bleibt die Antimaterie?

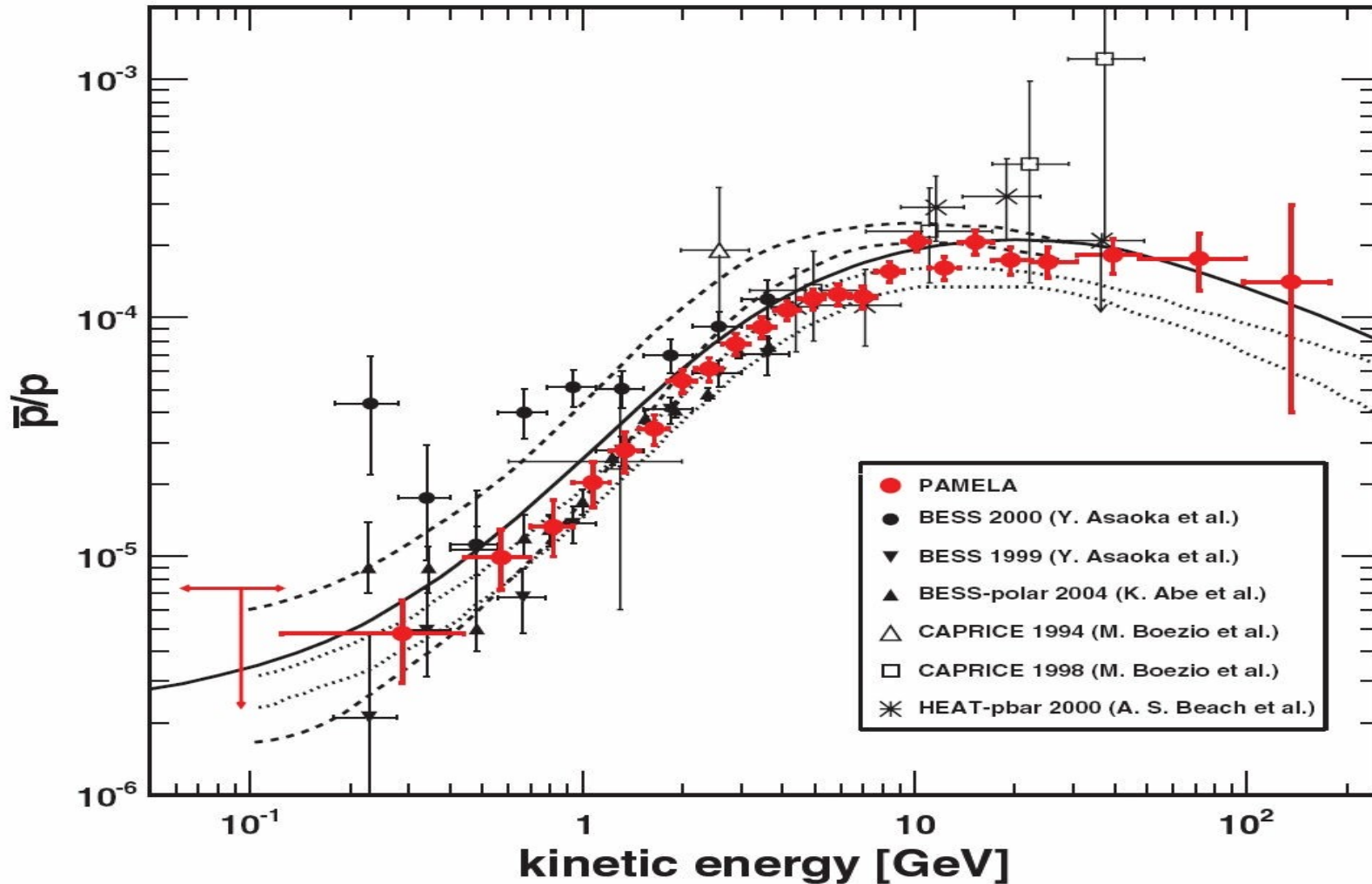


PAMELA-Experiment;  
Italien, Russland, Schweden,  
Deutschland

# Positronenspektren



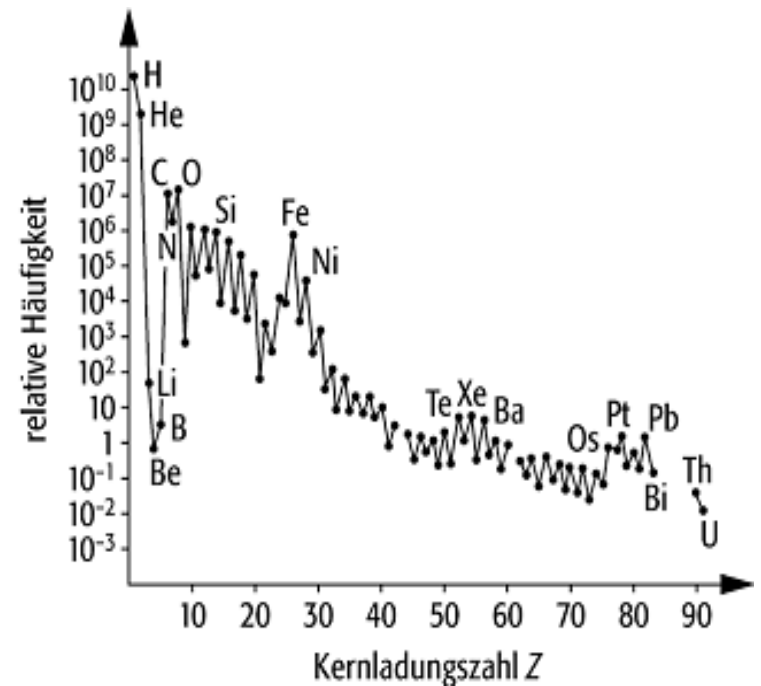
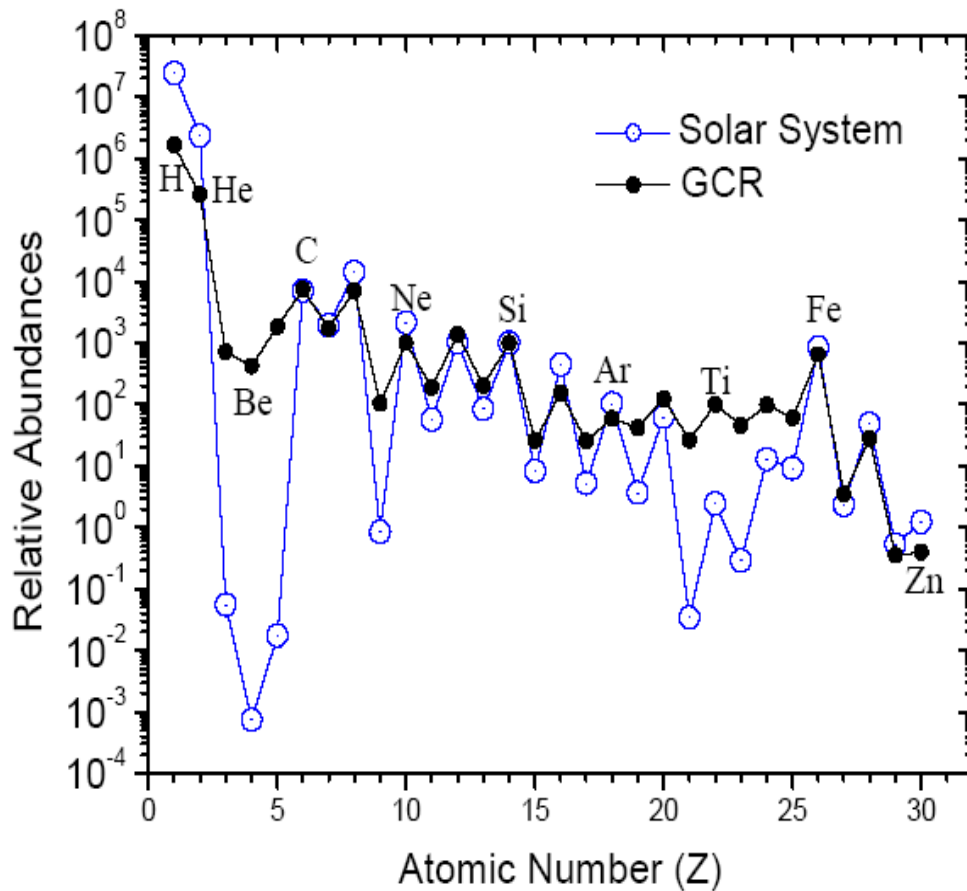
# Antiprotonenspektren



# Ursprung der Kosmischen Strahlung

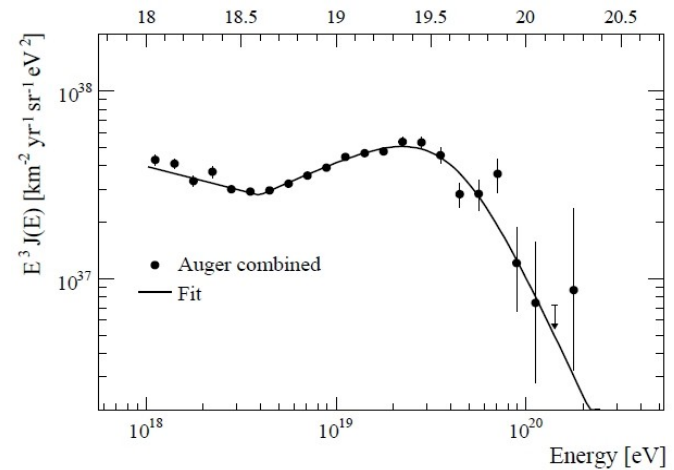
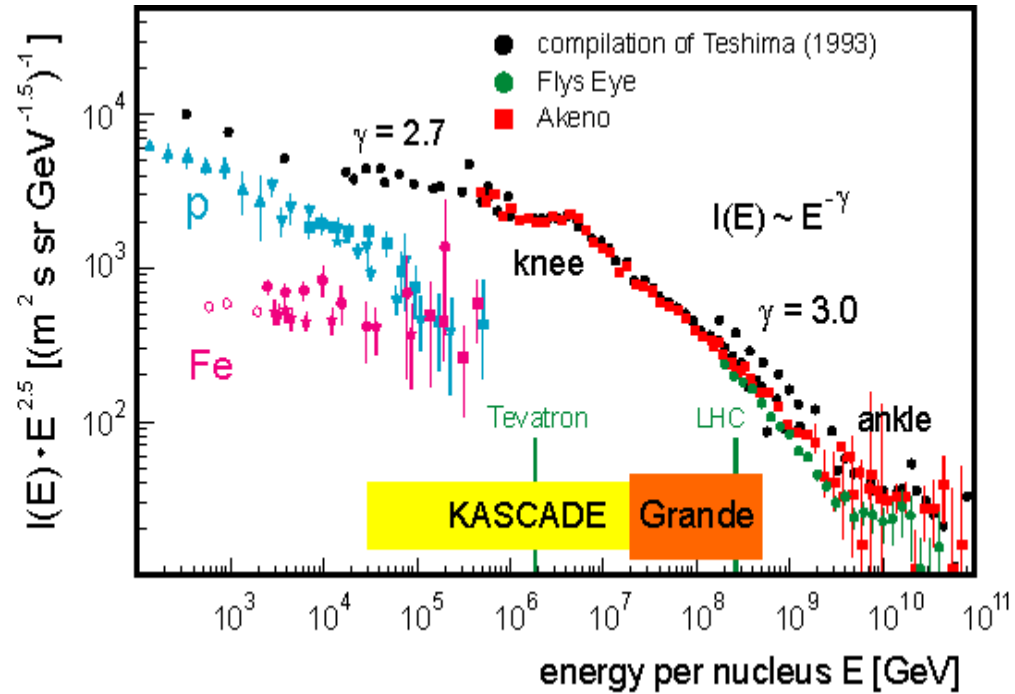
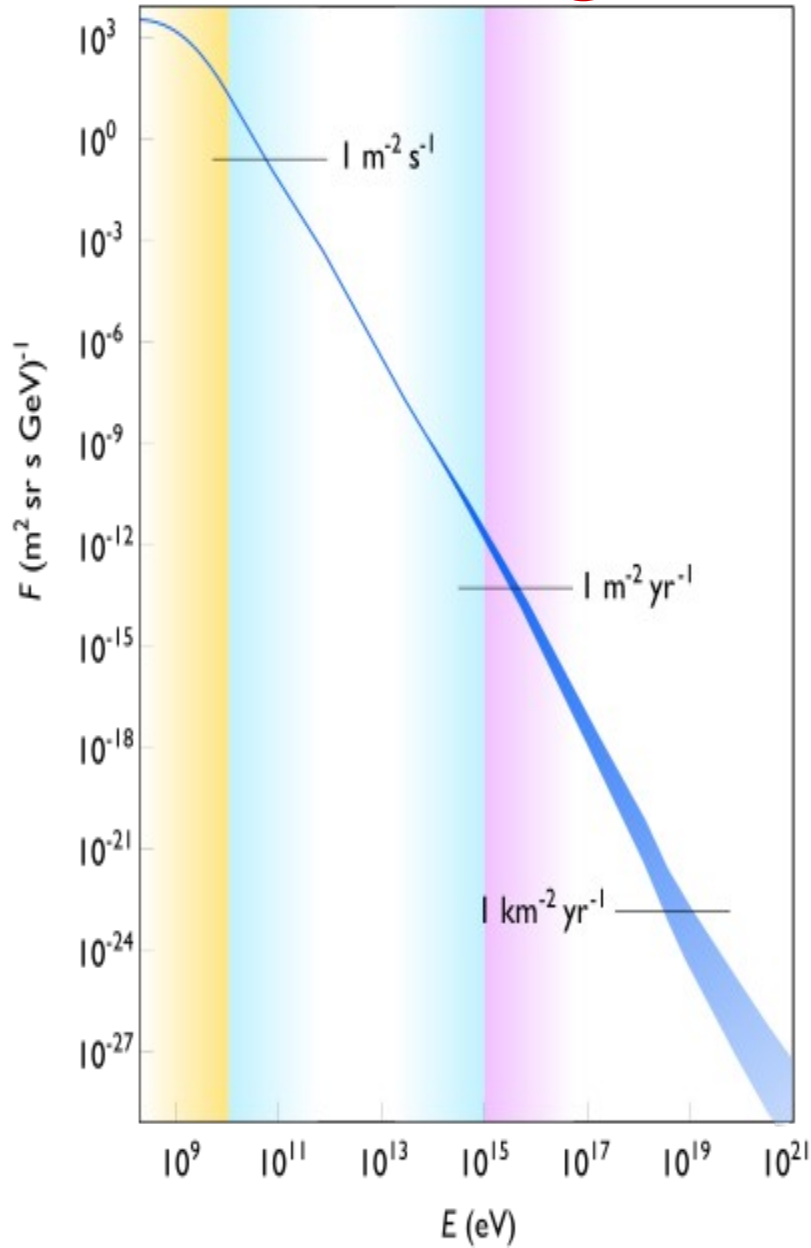


# Elementhäufigkeit

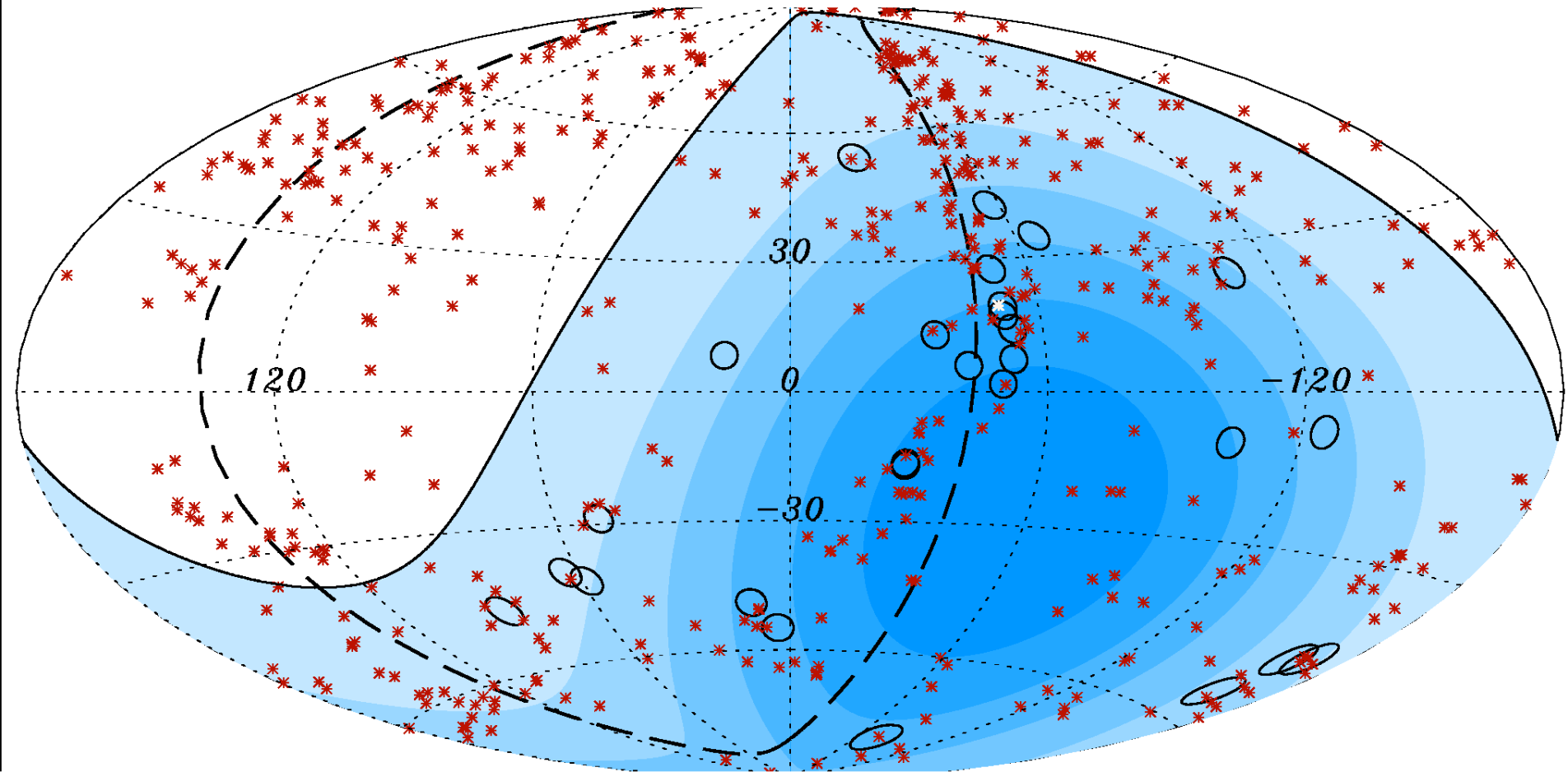




# Ausgedehnte Luftschauer



# Quellen Kosmischer Strahlung?



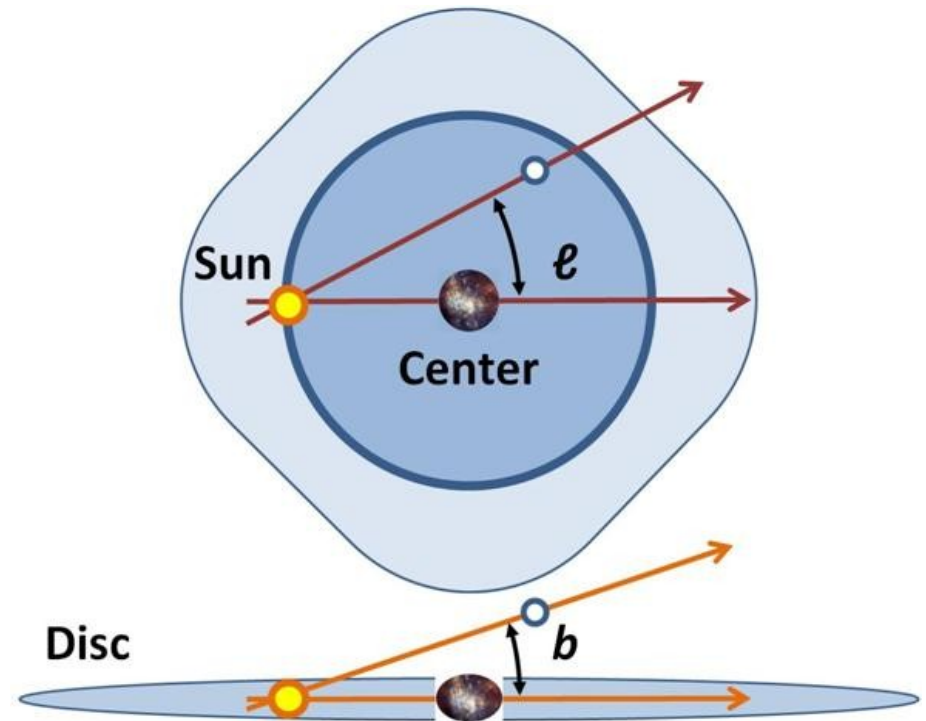
Auger Experiment

# Quellen?

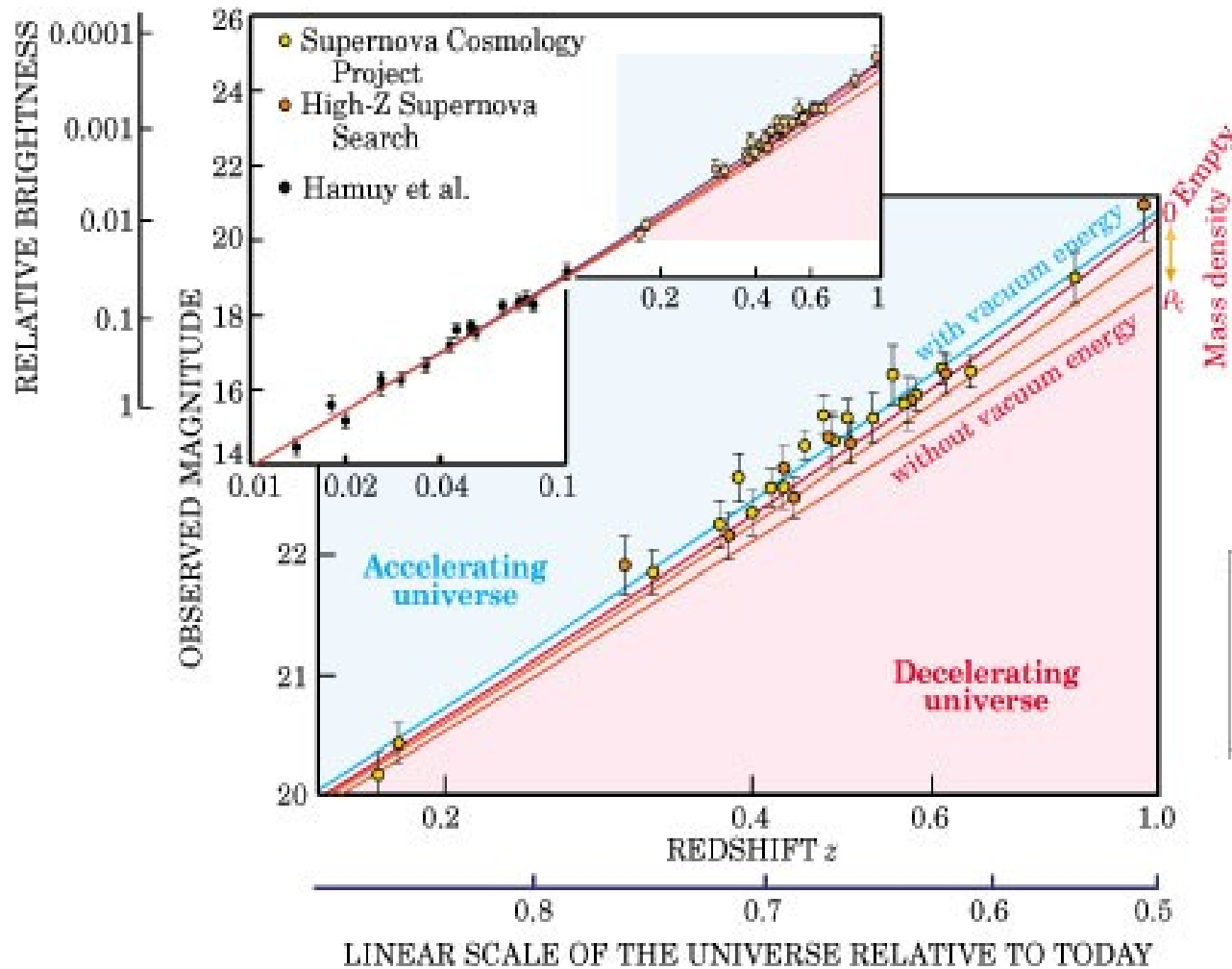
27 ausgedehnte Luftschauer mit Energien oberhalb 57 EeV; Radius 3,1 Grad (Messgenauigkeit; magnetische Unschärfe)

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

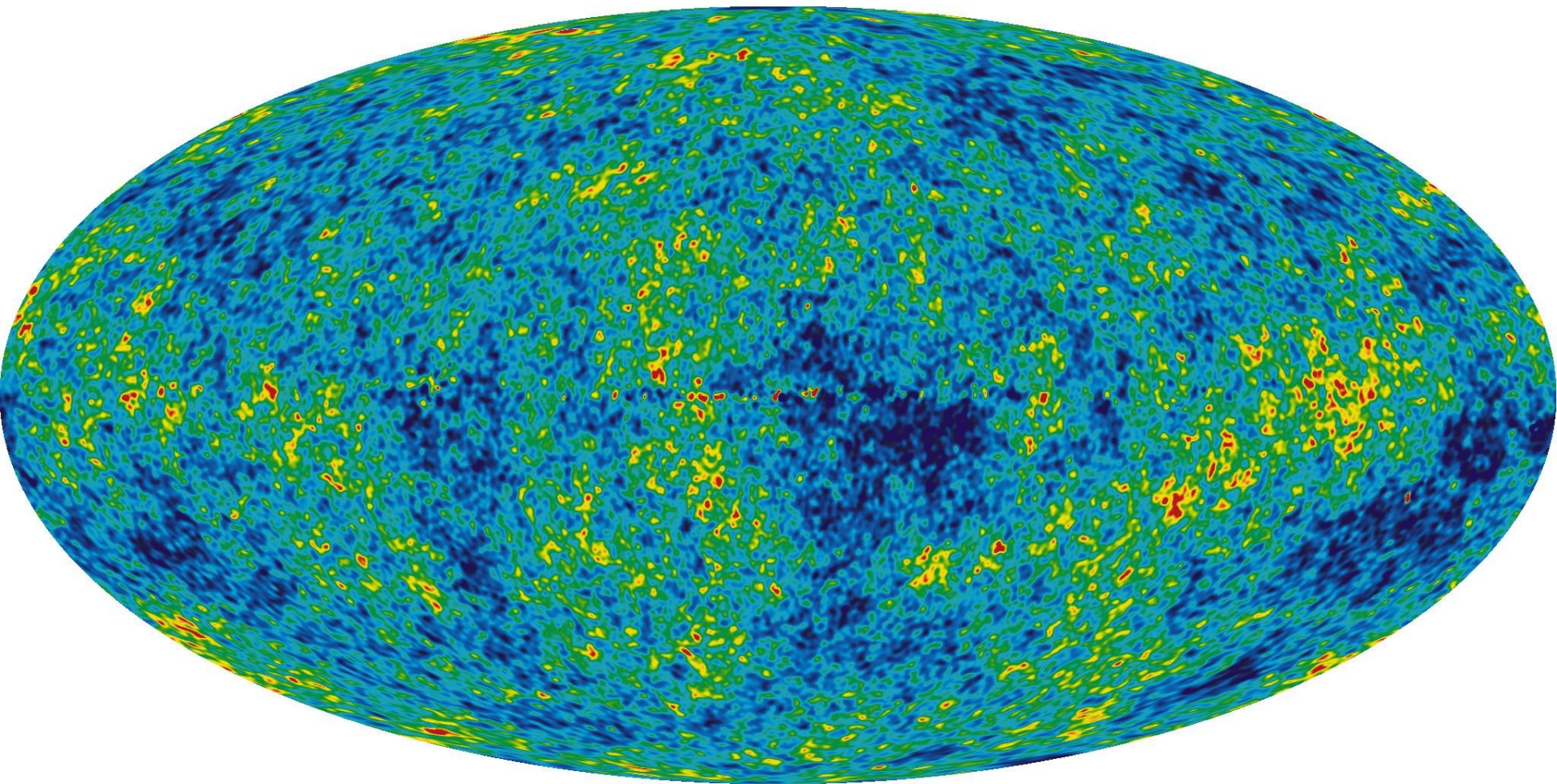


# Dunkle Materie; Dunkle Energie



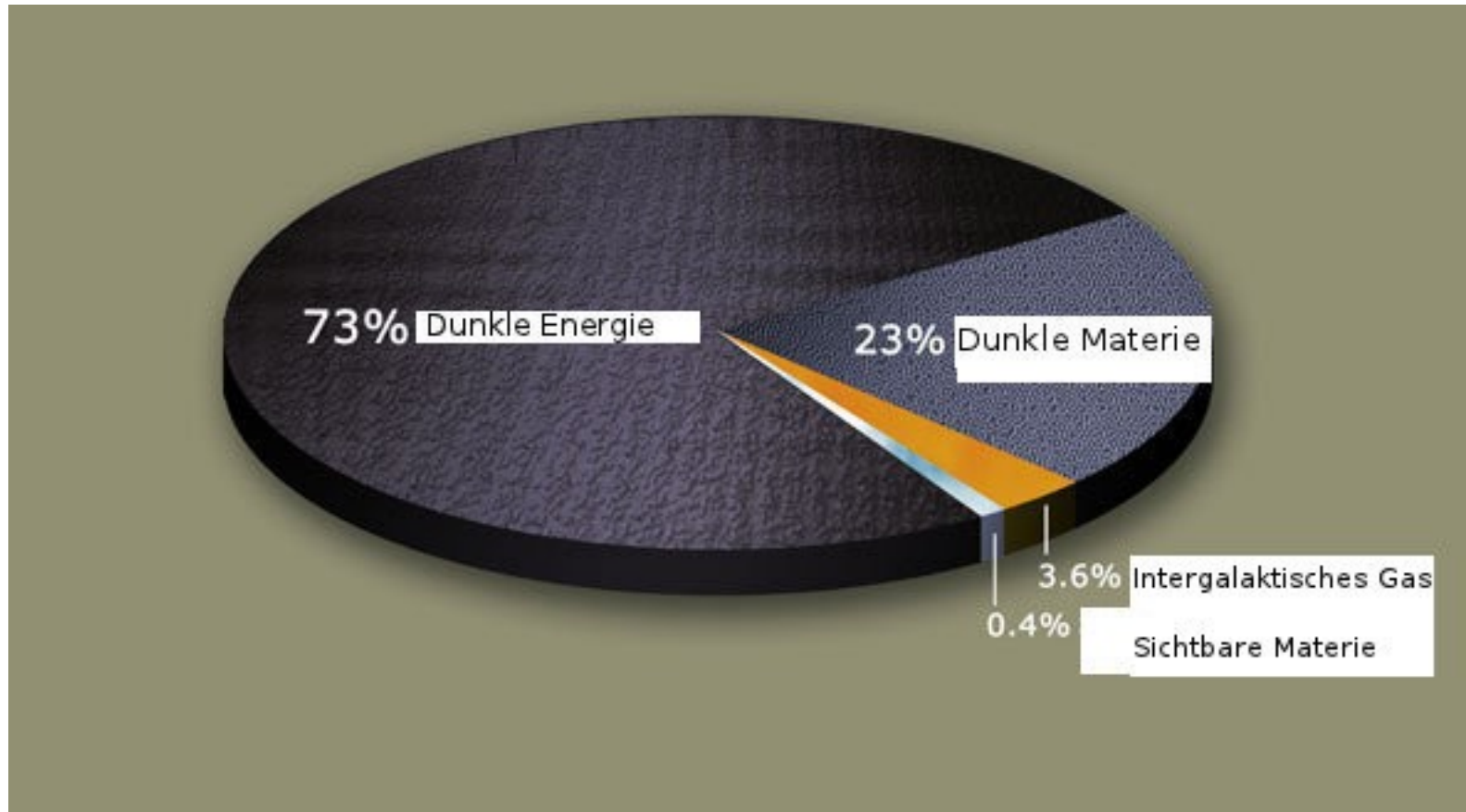
$$z = \frac{\lambda_{\text{obsv}} - \lambda_{\text{emit}}}{\lambda_{\text{emit}}}$$

# Das Echo des Urknalls

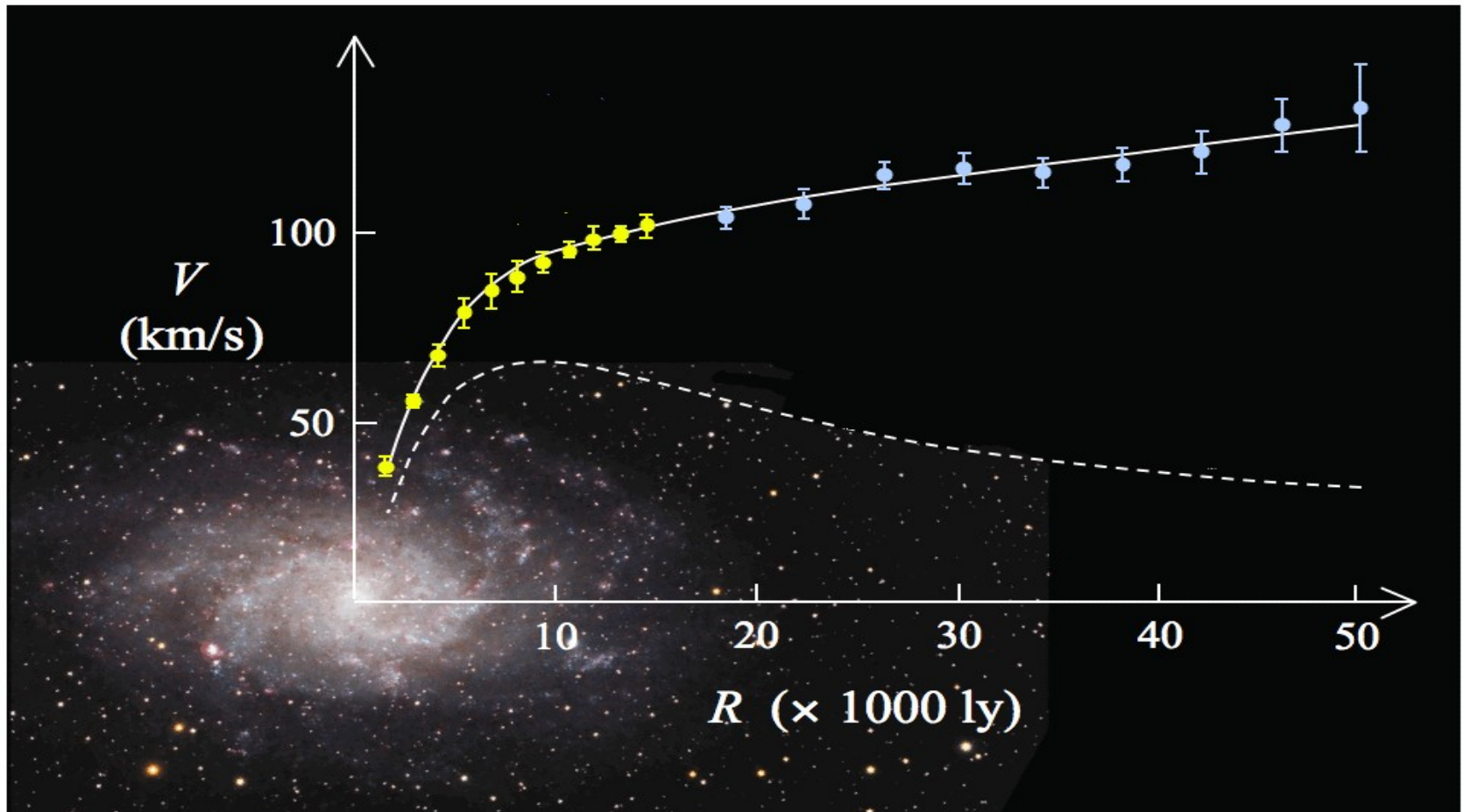


WMAP 2010

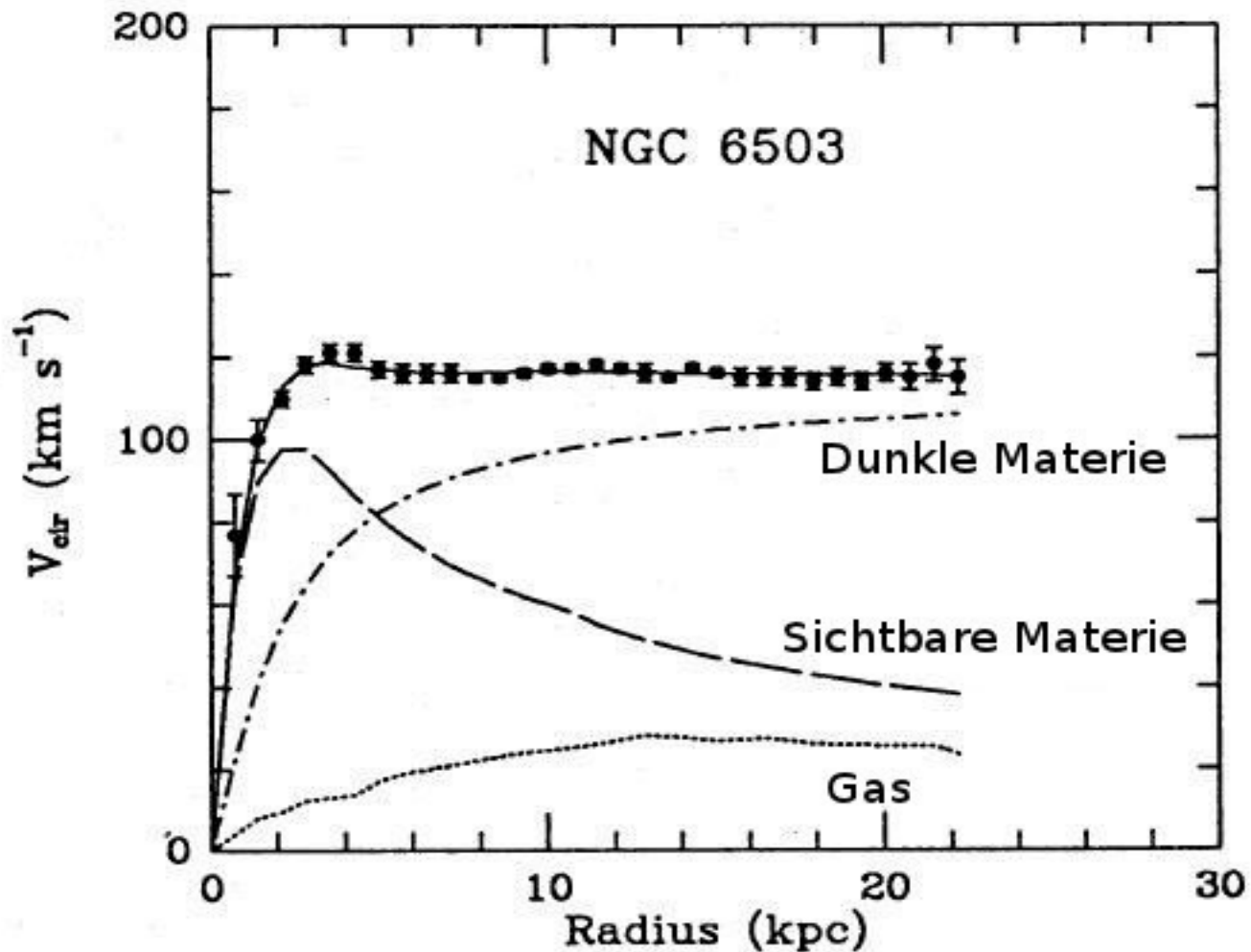
# Woraus besteht die Welt?



# Evidenz für Dunkle Materie/Dunkle Energie



# Rotationskurven von Galaxien





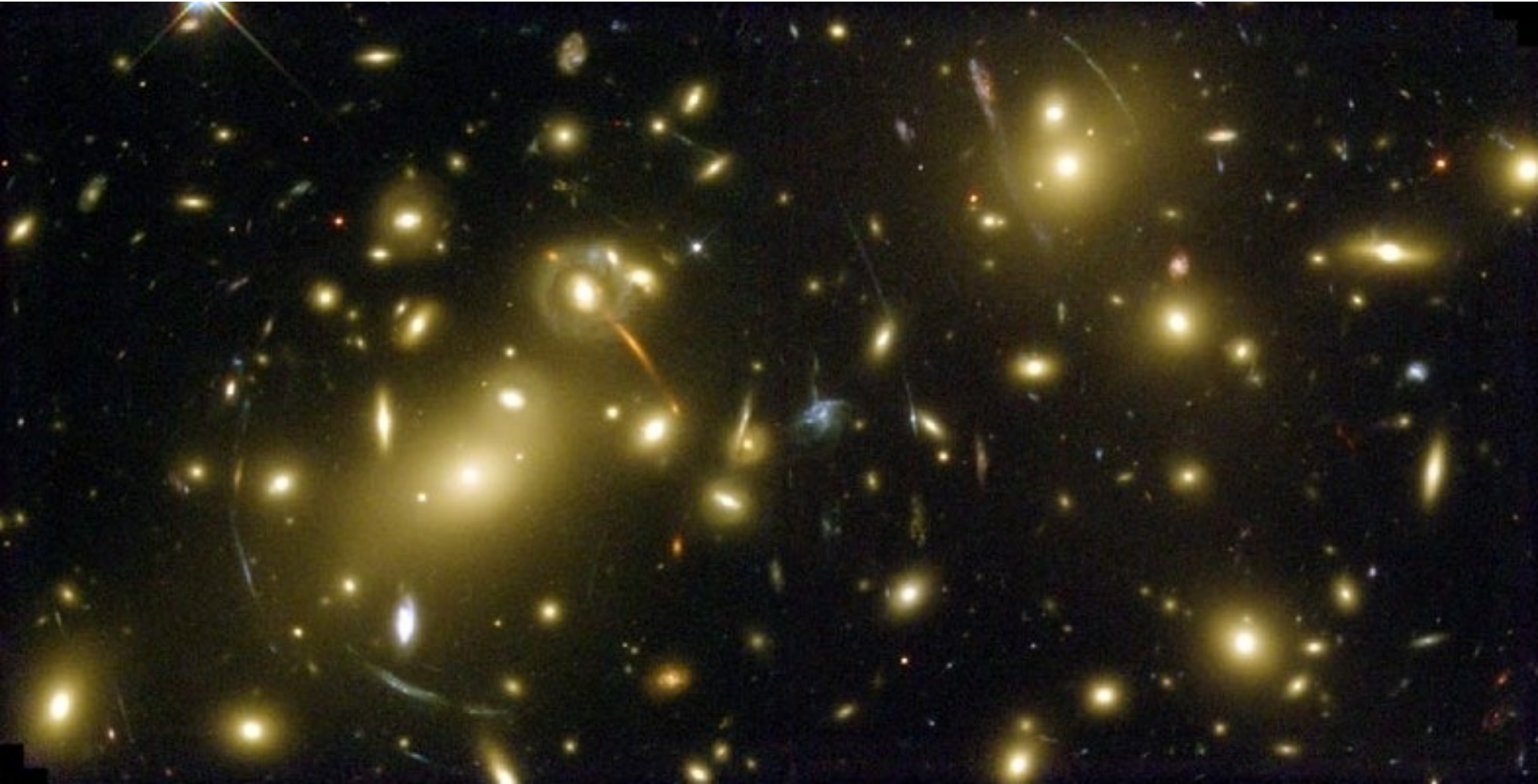
# Galaxienkollisionen; Bullet Cluster



Blau:  
Dunkle  
Materie  
(Mikro  
Gravita-  
tion)

Rosa:  
Heißes  
Gas:  
Chandra

# Gravitationslinseneffekte: Abell 2218



# Raumfahrt und Kosmische Strahlung

Einheiten: 1 Becquerel = 1 Zerfall pro Sekunde

Äquivalentdosis: absorbierte Energie pro Kilogramm gewichtet mit der relativen biologischen Wirksamkeit

Innsbruck: 2,5 Milli-Sievert pro Jahr

Röntgenaufnahme der Brust: 70 Mikro-Sievert

Mammographie: 500 Mikro-Sievert

Computertomographie 10 Milli-Sievert

Flug Wien – New York: 30 Mikro-Sievert

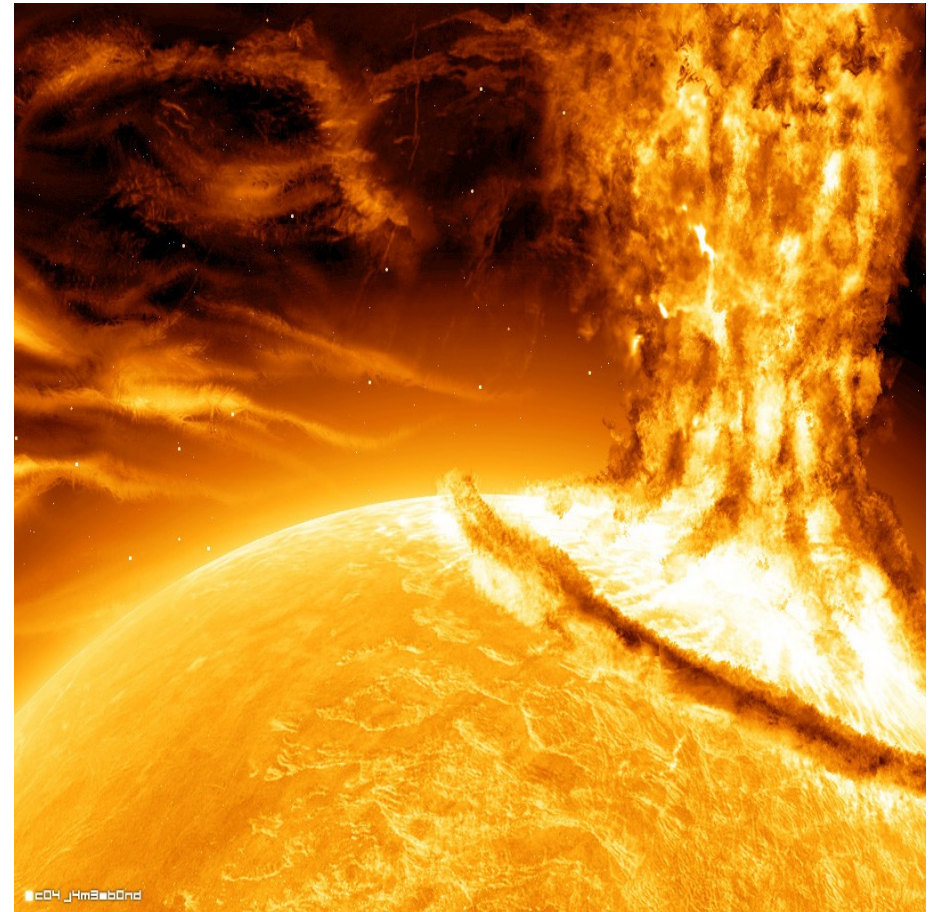
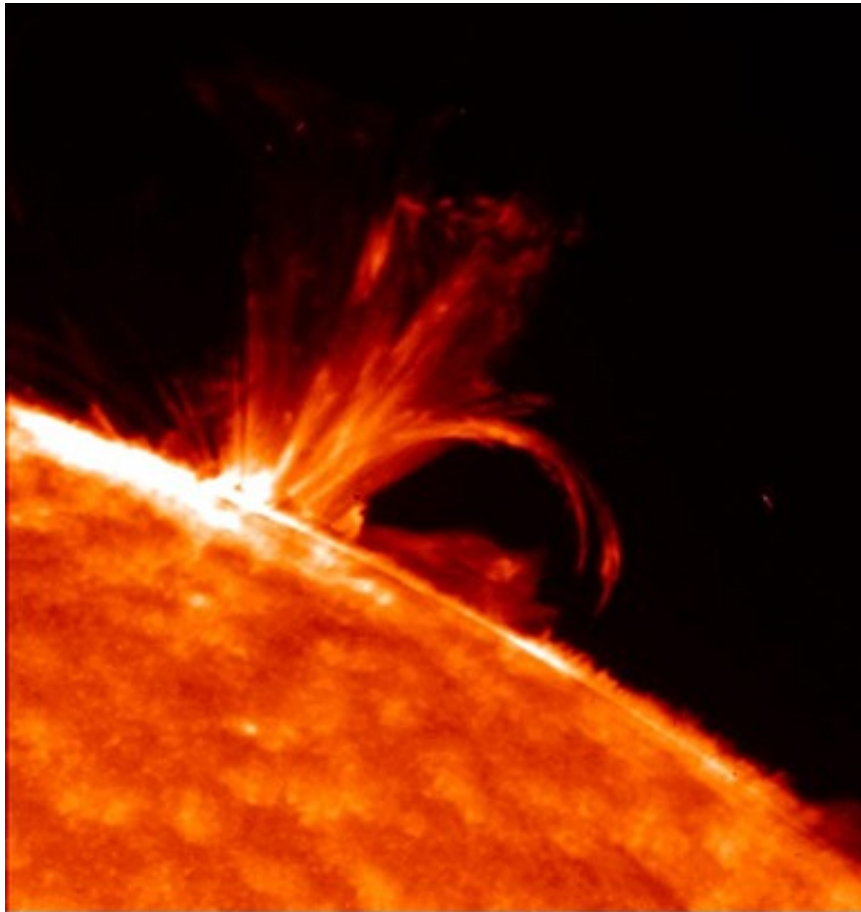
Ballonflug Hess (Aussig – Piskow): 5 Mikro-Sievert

Mondlandung Apollo 11: 7 Milli-Sievert

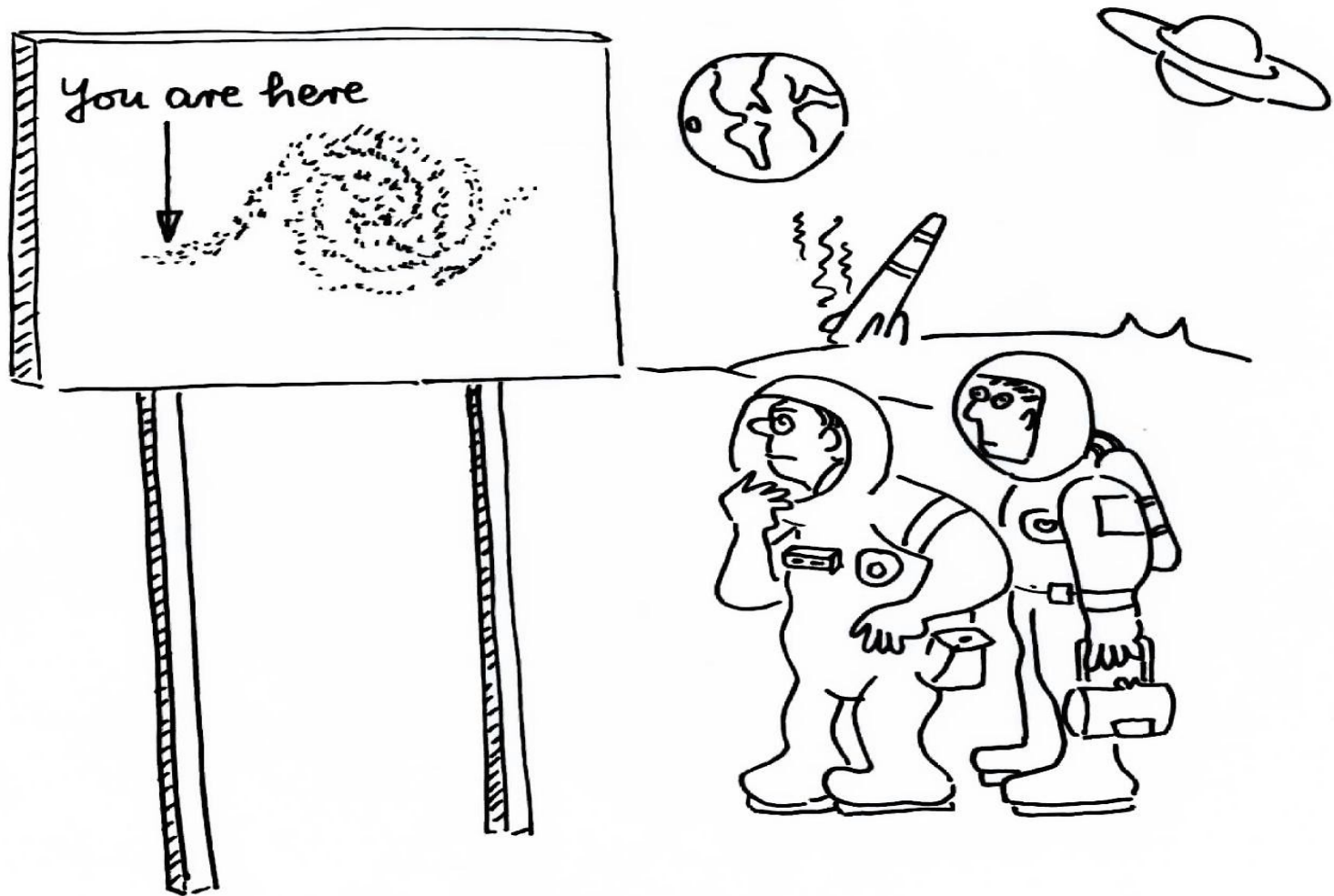
Mars-Mission: ca. 400 Milli-Sievert

Letale Dosis: 4500 Milli-Sievert

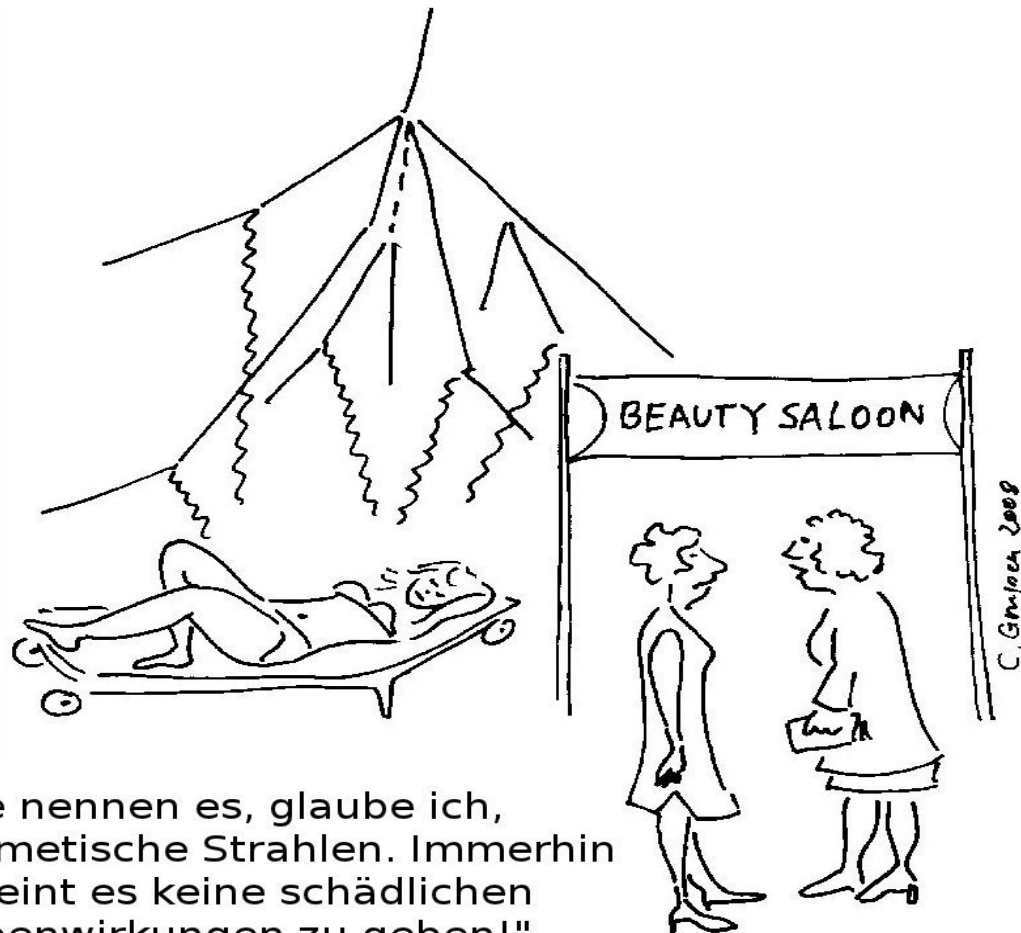
# Strahlengefahr bei Solaren Eruptionen



# 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*