

Elementarteilchen im frühen Universum

ausgearbeitet von Marcel Kimmmerle
betreut von Prof. Heinz Clement

Was haben Elementarteilchen mit Kosmologie zu tun?

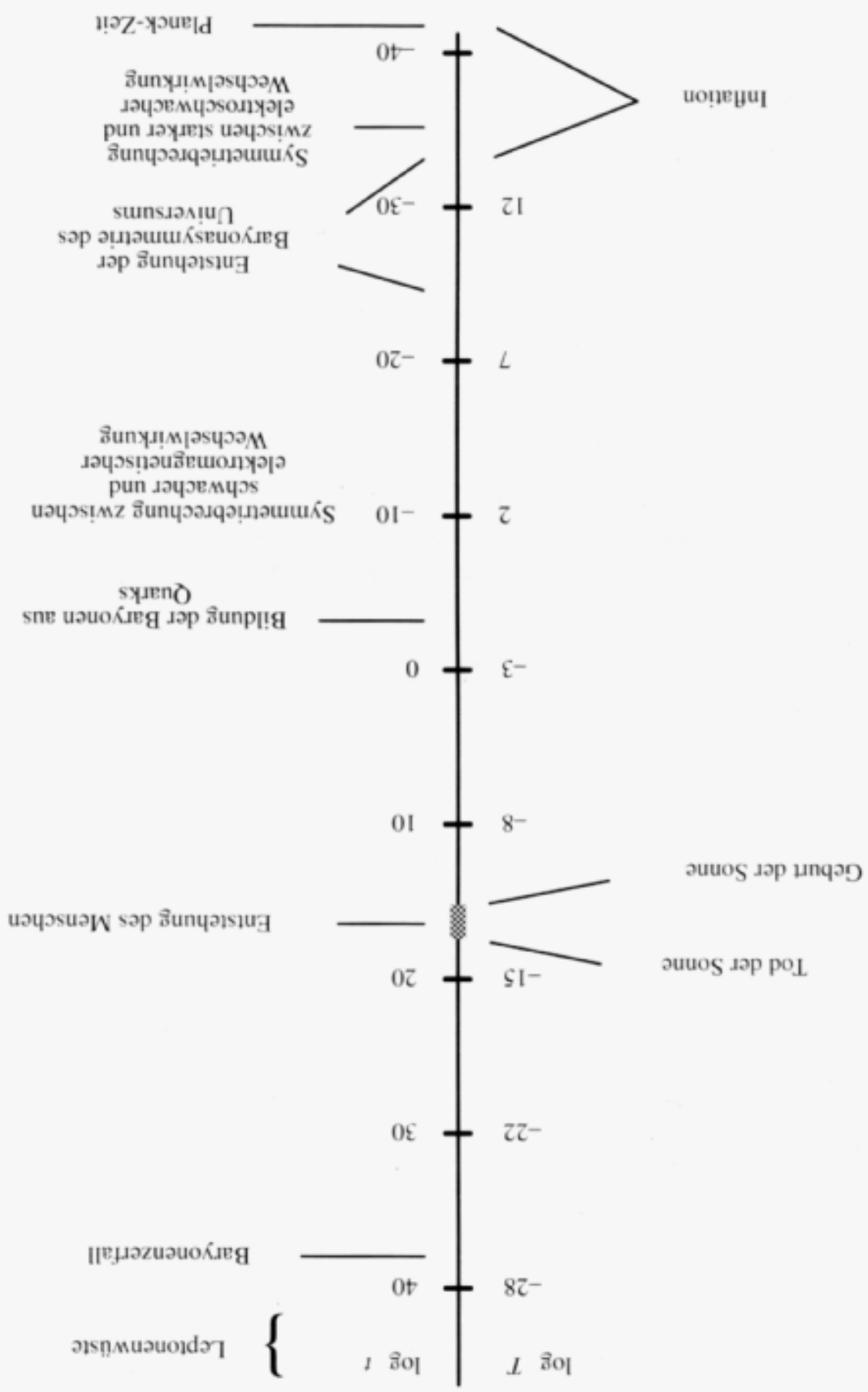
Bild Temperatur-Zeit-Urknallbild (GSI, Reise zum Urknall)

Problem der Dunklen Materie (WIMPS, Neutrinos)

Problem der Vakuumenergiedichte (Teilchen-Antiteilchenfluktuationen)

Was verleiht der Materie Masse, auf die dann die Gravitation wirkt?

Wie genau ging der Urknall vor sich, falls es ihn gab?(Quark Gluonen Plasma)



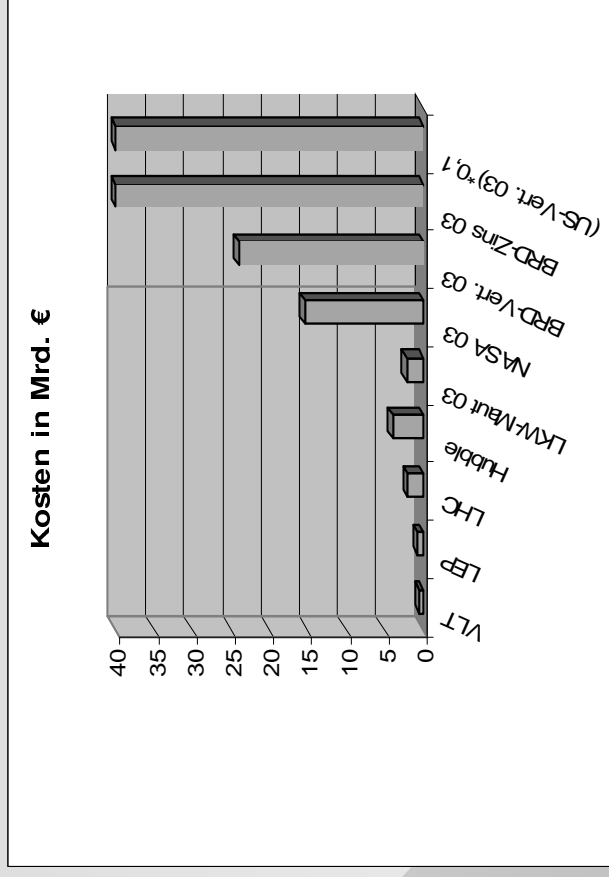
Wieso ist es interessant für die Gesellschaft?

Die moderne Spitzenforschung in Astronomie und Teilchenphysik benötigt riesige Geldsummen:

Reine Baukosten:

- VLT 500 Mio. €
- LEP 700 Mio. €
- LHC 1900 Mio. €
- Hubble 4000 Mio. €

Verglichen mit anderen Ausgaben:



Was bekommt die Gesellschaft?

Wissen über die Materie,
die uns umgibt

- für medizinische Anwendungen (Krebsbehandlung, Kernspintomographie)
- für neue Materialien und Verfahren, die das Leben einfacher und bequemer oder sicherer machen (Nichtzerstörende Materialprüfung, Quantencomputer)

Antworten auf
grundlegende,
philosophischen Fragen:

- Aus was besteht die Welt?
- Sind wir Menschen etwas „Besonderes“?
- Woher kommt die Welt?
- Warum sind wir da?
- Brauchen wir einen Schöpfer?

Themengebiete:

- Standardmodell
- Supersymmetrische Erweiterung
- Quark-Gluonen Plasma

Standardmodell

- **Bild** mit den Bausteinen(aus Vorlesung)
- **Erfolge:**

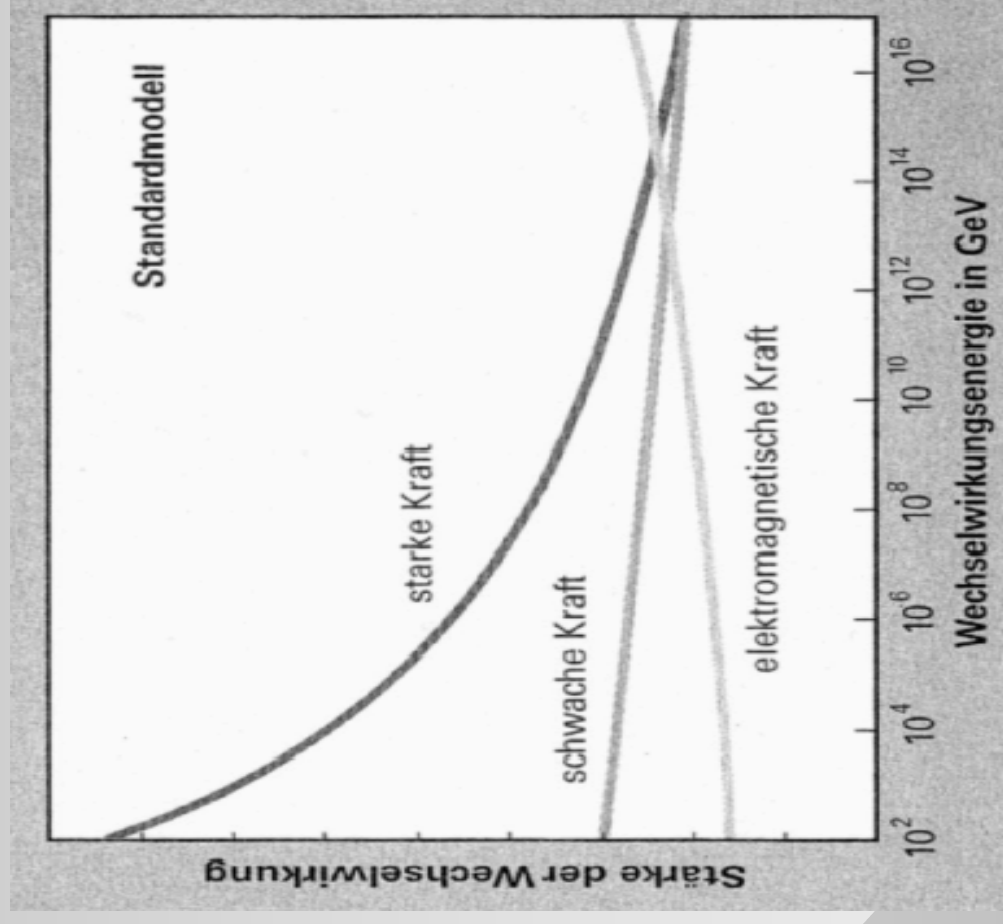
Elektroschwache Vereinigung

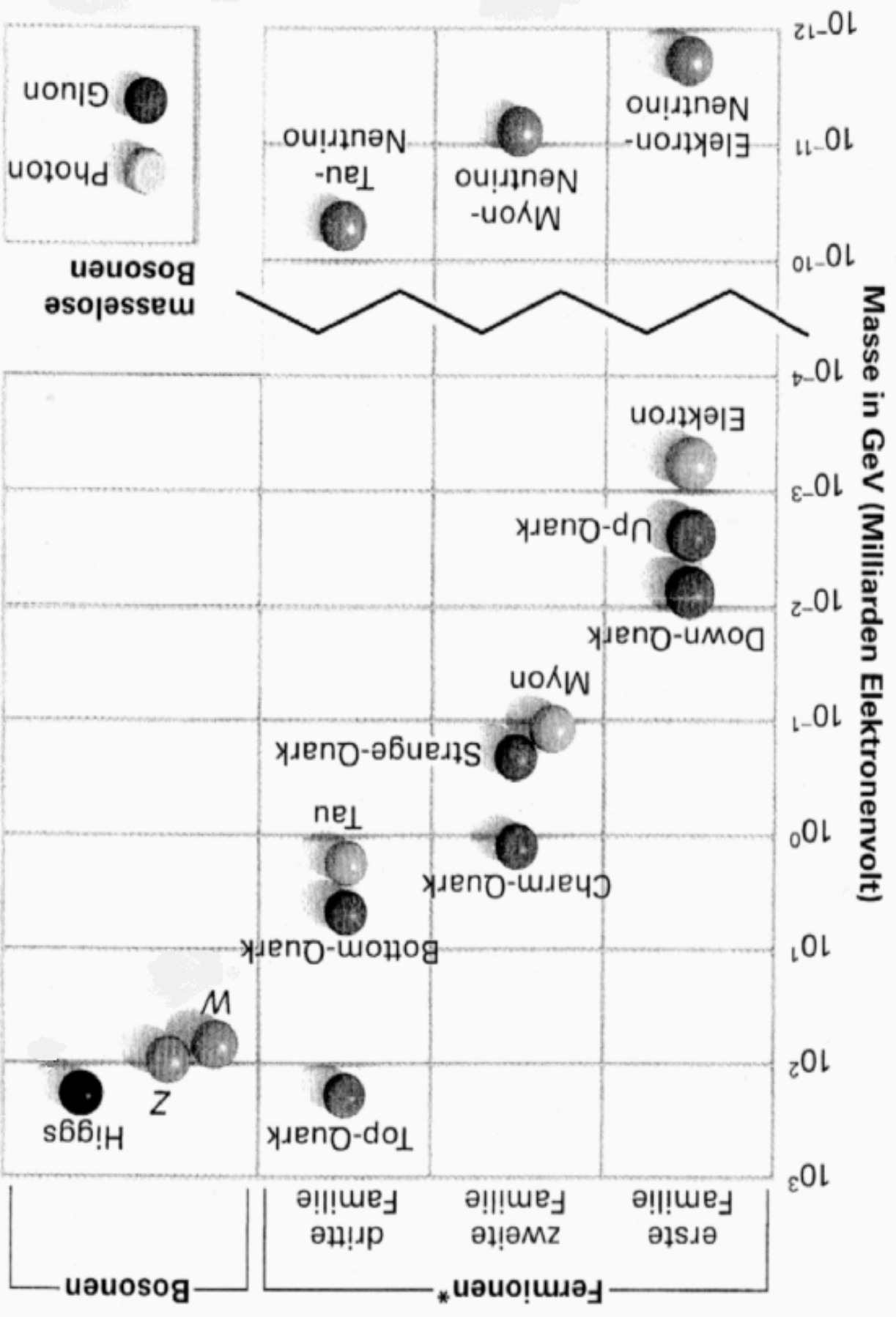
Hohe Experimentelle
Bestätigung

- **Probleme:**

Nicht mit starker Kraft zu
vereinigen

17 „Elementarteilchen“ in 61
Ausführungen





Experimentelle Bestätigung:

Bestätigte Vorhersagen:

- W- und Z-Bosonen
- Gluonen
- schwere Quarks(c,t)
- Konstanter Elektroschwacher Mischungswinkel
- Topquarkmasse

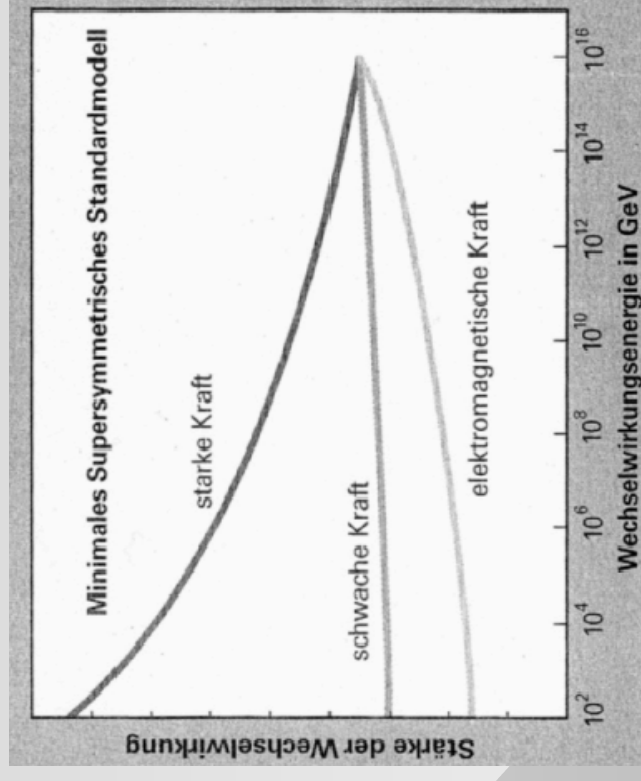
Nicht betätigt:

- Higgsteilchen, eventuell bei 115GeV ,gemessen bis 113,5GeV
- Pentaquark? (z.B. gesehener Zerfall von Nakano: Neutron+Kaon)

Supersymmetrische Erweiterung:

- Symmetrie von Fermionen und Bosonen
- Nachteil: Noch mehr Elementarteilchen
- Vorteile:
 - Kopplungskonstanten von Teilchenanzahl abhängig, daher wird Vereinigung aller Kräfte möglich

SM-Teilchen	Spin	SUSY-Teilchen	Spin
Leptonen	1/2 Fermion	Sleptonen \tilde{l}	0 Boson
Quarks	1/2 Fermion	Squarks \tilde{q}	0 Boson
Gluonen	1 Boson	Gluinos \tilde{g}	1/2 Fermion
elektroschwache Eichbosonen	W, Z, γ 1 Boson	Charginos $\tilde{\chi}^\pm$	1/2 Fermion
Higgs-Bosonen	H 0 Boson	Neutralinos $\tilde{\chi}^0$	1/2 Fermion



Vorhersage:

- Protonenzerfall
- $\sin^2\Theta_W = 0,2335(17)$
- Kopplungskonstanten schneiden sich bei 10^{19} GeV
- Susy-Partner im Energiebereich der nächsten Beschleuniger-Generation

Experiment:

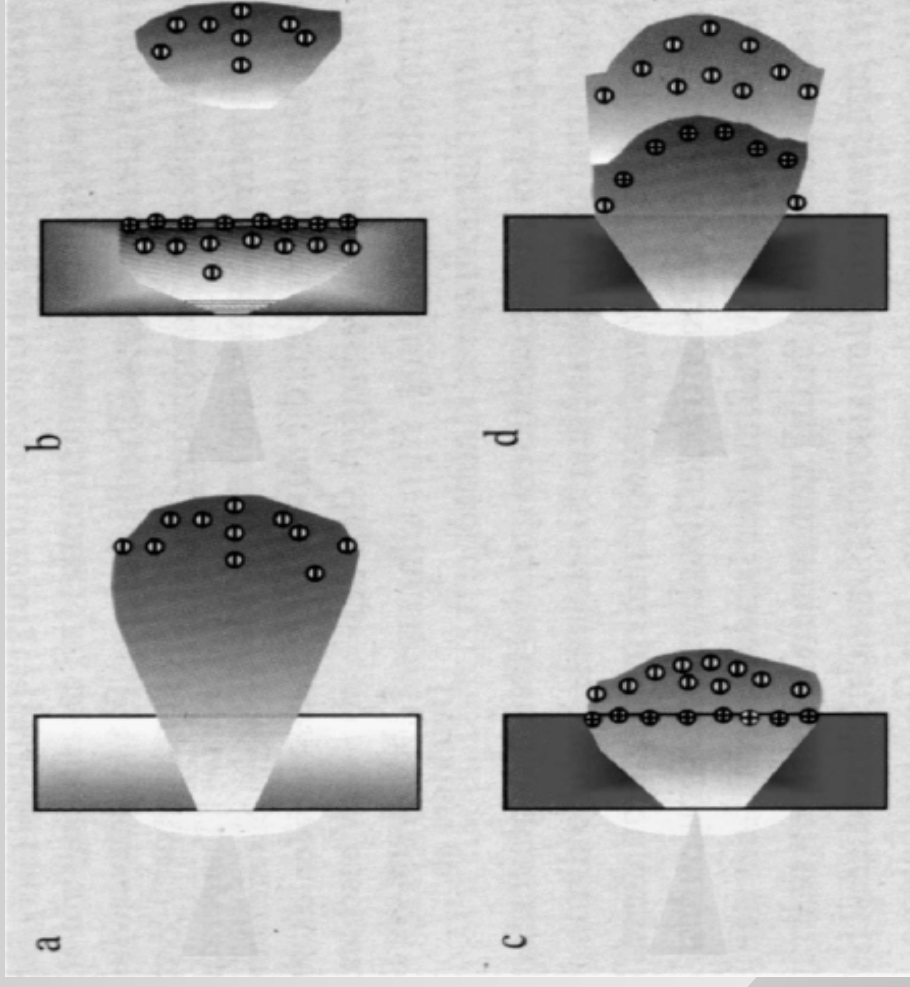
- Proton $t > 10^{25}$ Jr
bzw. $t > 10^{32}$ Jr
 - $\sin^2\Theta_W = 0,2310(2)$
- Aufgaben:
- Bestimmung der Kopplungskonstanten bei hohen Energien
 - Susy-Partner finden

Ausblick:

- Im Moment gibt es viele Varianten der Susy, es werden neue Hochenergieexperimente benötigt um sie auszusortieren
- Probleme:
 - a) Kostenexplosion (LHC)
 - b) Technische Grenze durch den Erdradius: 10^{16} GeV (vgl. 10^{16} GeV für GUT)
- Lösung:
 - i) Langzeitexperimente
 - ii) Andere Beschleuniger, z.B. Laser

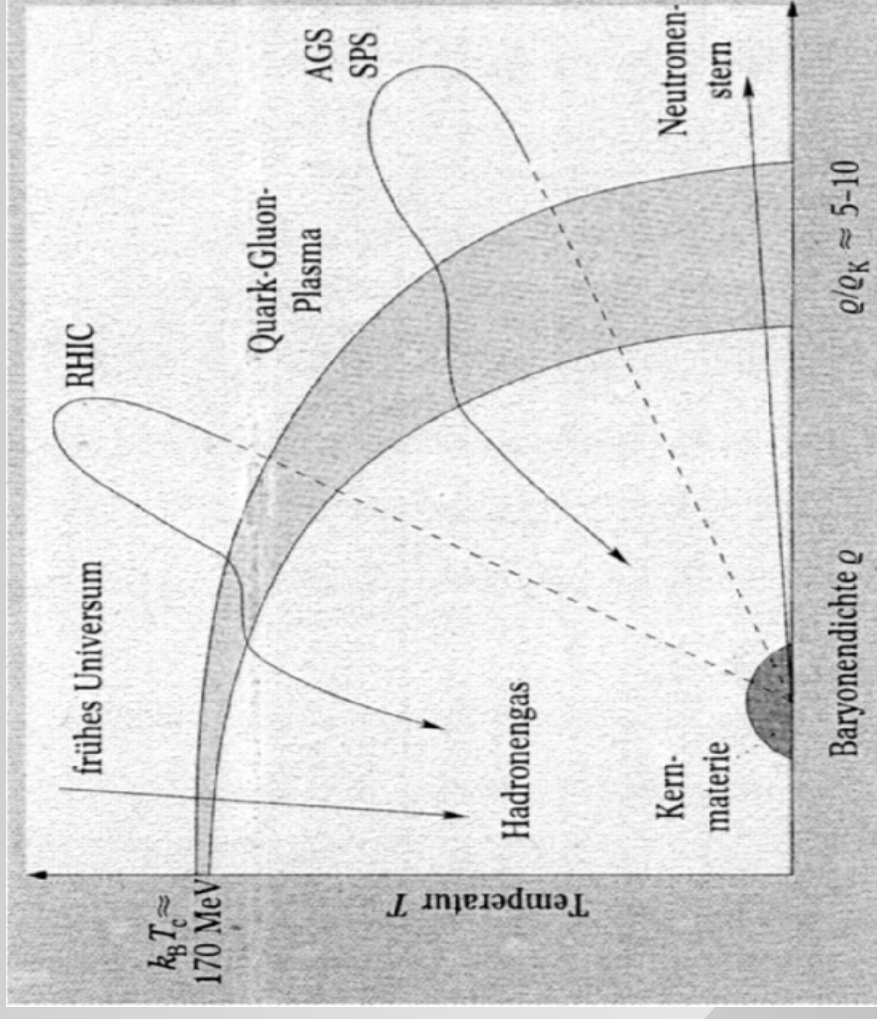
Laserbeschleuniger

- Große Feldstärken:
 10^{12} V/m
- Stromstärke: einige
Megaampere
- 10^{13} Teilchen/Impuls
- Einige hundert
Pikosekunden lang
- Laser im TW-Bereich



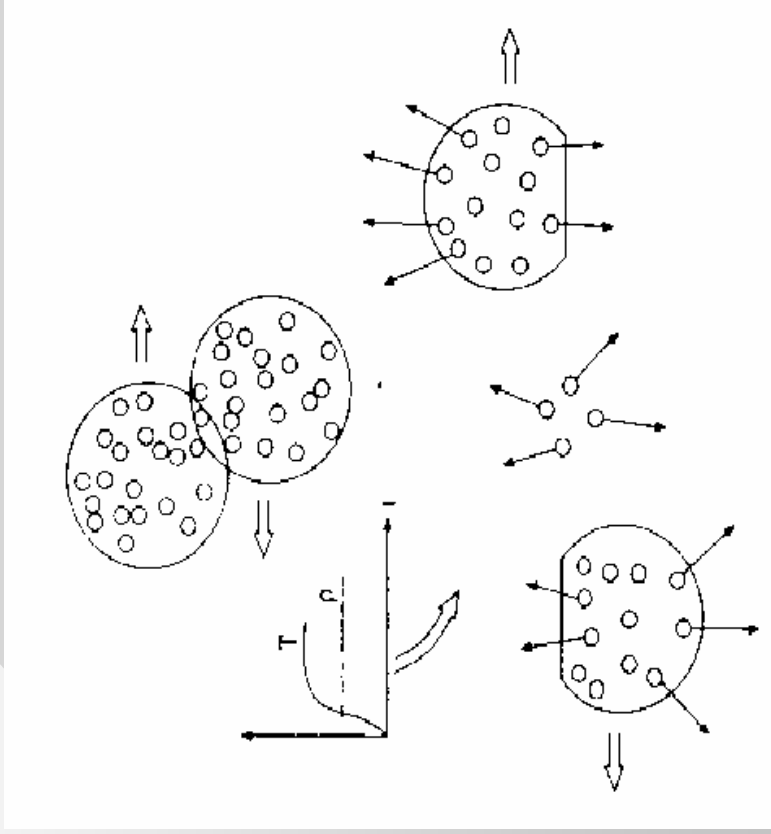
Quark Gluonen Plasma

- Superdichter Materiezustand
- Neutronstern
- expandierendes Universum
- Test für theoretische Modelle

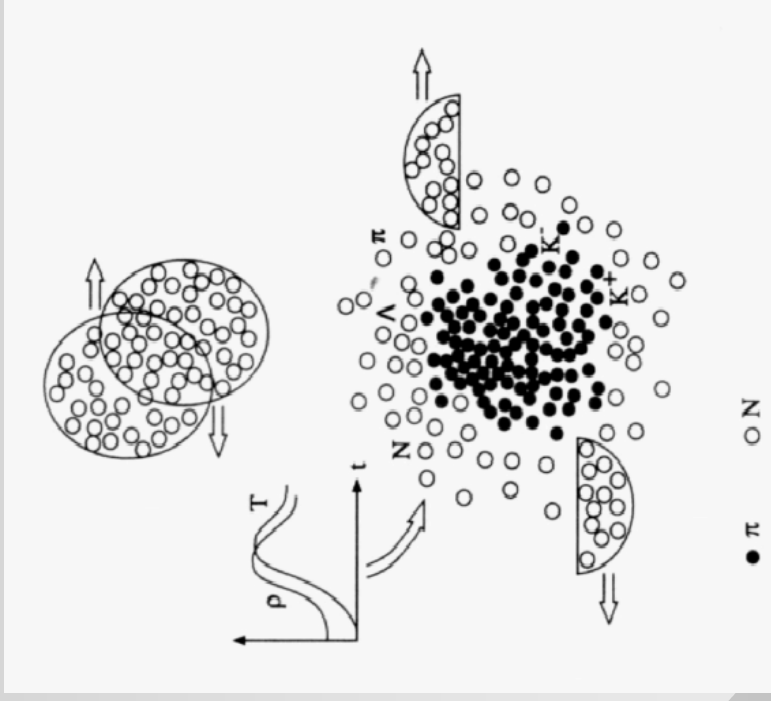


Erzeugung:

- QGP bei konstantem Druck:



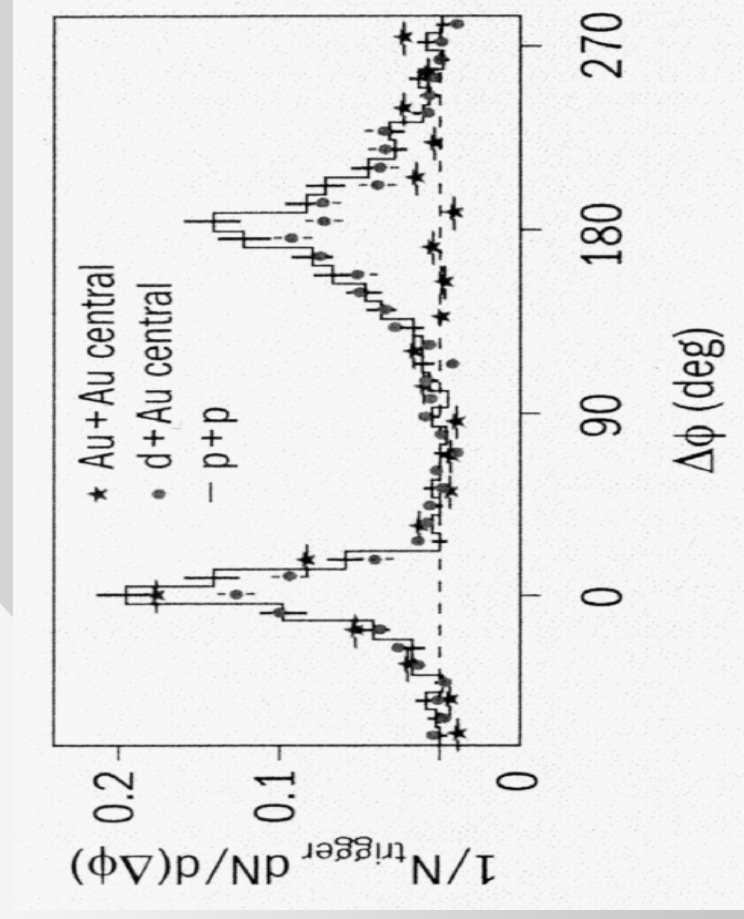
- QGP bei zentralem Stoß:



Experimentelles Merkmal:

Indiz:	Alternative Erklärung:
Stopping power Jetquenching	Erhöhte Wahrscheinlichkeit für Streuung
Teilchenspektrum und deren Verhältnis	Modellabhängig, nicht konsistent
Erhöhter Strangeness Gehalt	Energetische Gründe
J/ψ Unterdrückung	Hülleneffekt
Dileptonen	Entstehen bei allen Vernichtungsprozessen => Ergebnis modellabhängig
Hochenergetische Gammas	Zerfallsprodukte

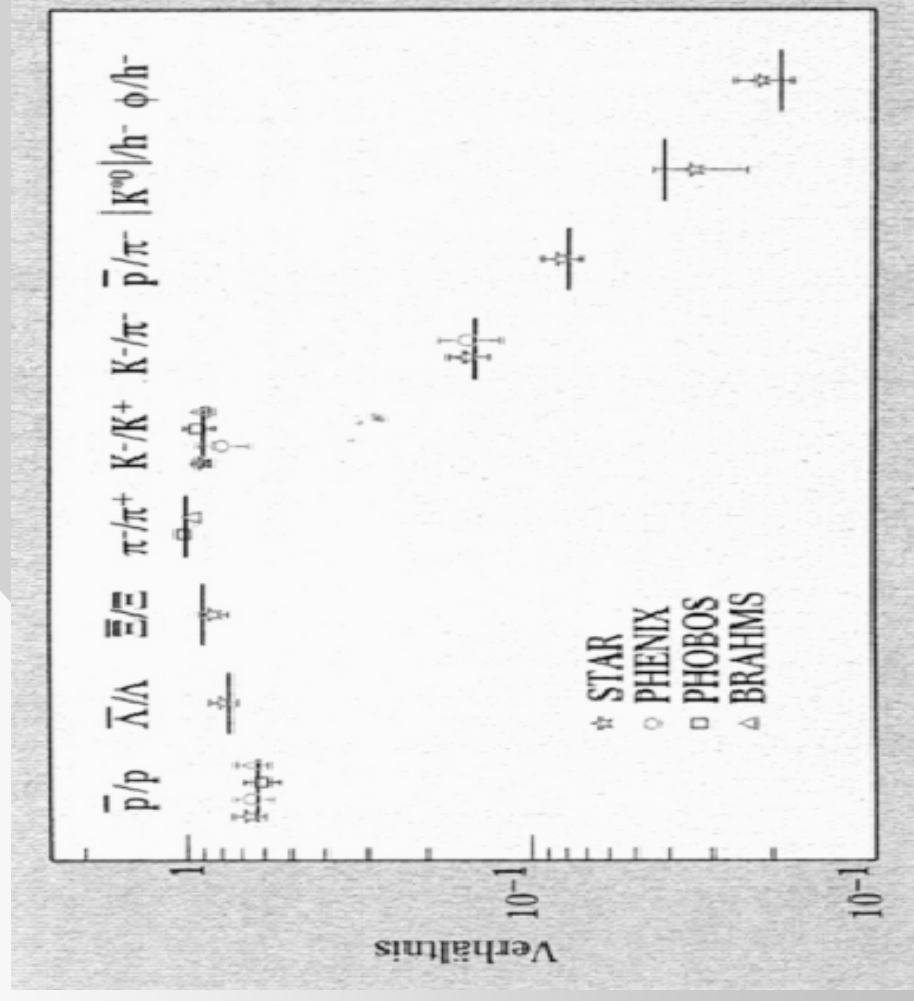
Beispiel: Jet quenching



Entstehung der
symmetrischen Jets
durch Partonen-
streuung

Vermutung: Bei
Schwerionenstößen
wird ein neuer Zustand
erzeugt, der den
zweiten Peak
verschluckt

Beispiel: Teilchenproduktion



- Gute Übereinstimmung mit hydrodynamischem und statistischem Modell
- Problem: Gleiches Bild entsteht bei Elektron-Positron Reaktion

Schwarze Löcher in Europa?

$$m_W = 10^3 \text{ GeV} \quad m_G = 10^{19} \text{ GeV}$$

Manche Modelle mit mikroskopischen Dimensionen sagen $m_G = m_W$ voraus, falls die Energiedichte hoch genug ist

Am LHC möglich zu erzeugen

Kurzlebig, da die Baby schwarzen Löcher sofort durch Hawking-Strahlung vernichtet werden

Signatur?

**Vielen Dank für Eure
Aufmerksamkeit!**