

Einführung in die **Supersymmetrie**

Martin Reitz
07.12.2010

1 Das Standardmodell

- 1.1 Überblick über das Standardmodell
- 1.2 Kritik am Standardmodell
- 1.3 Erweiterungen des Standardmodells

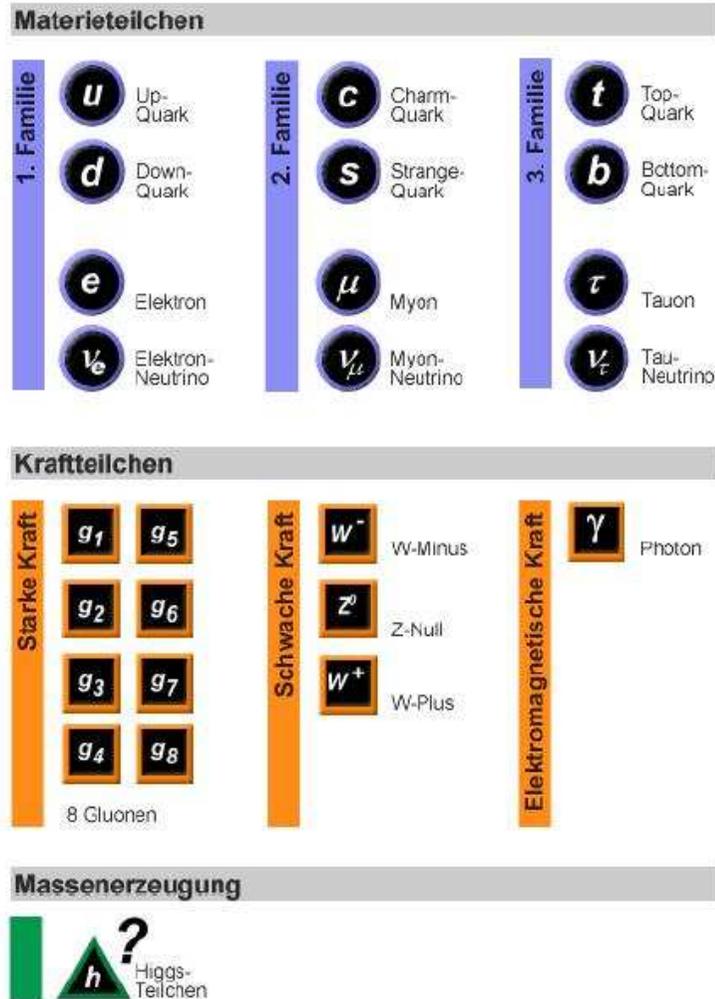
2 Supersymmetrie

- 2.1 Überblick über die Supersymmetrie
- 2.2 Die Vorzüge der Supersymmetrie
- 2.3 Herleitungen von Generatoren

3 Die supersymmetrische Zukunft

1 Das Standardmodell (SM)

1.1 Überblick über das Standardmodell



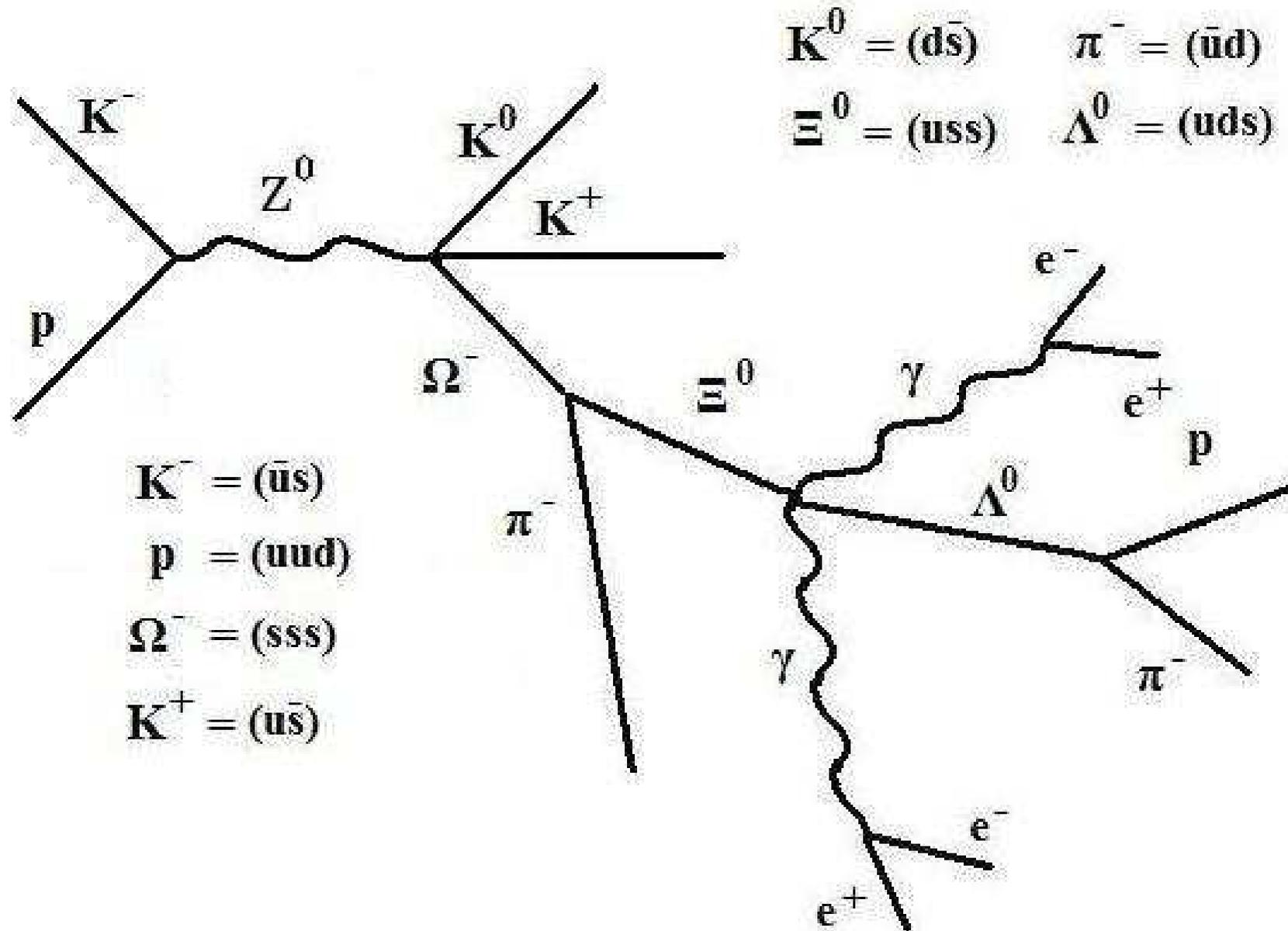
- aus der 1. Familie setzt sich die bekannte stabile Materie zusammen

- es gibt zu 98% keine 4. Familie

- SM verbindet die elektromagnetische, schwache und starke Wechselwirkung

- Higgs ist noch nicht gefunden

EIN WEITERES BEISPIEL VON FEYNMAN-DIAGRAMMEN:



1 Das Standardmodell (SM)

1.2 Kritik am Standardmodell

- **Gravitation** wird nicht mit einbezogen
- **Materie-Antimaterie-Asymmetrie**
- 18 freie Parameter
- **Hierarchieproblem:**

$$M_{\text{Planck}} \gg M_{\text{GUT}} \gg M_{\text{weak}} \gg M_{\text{strong}}$$

$10^{19} \quad 10^{16} \quad 10^2 \quad 10^{-3} \text{ GeV}$

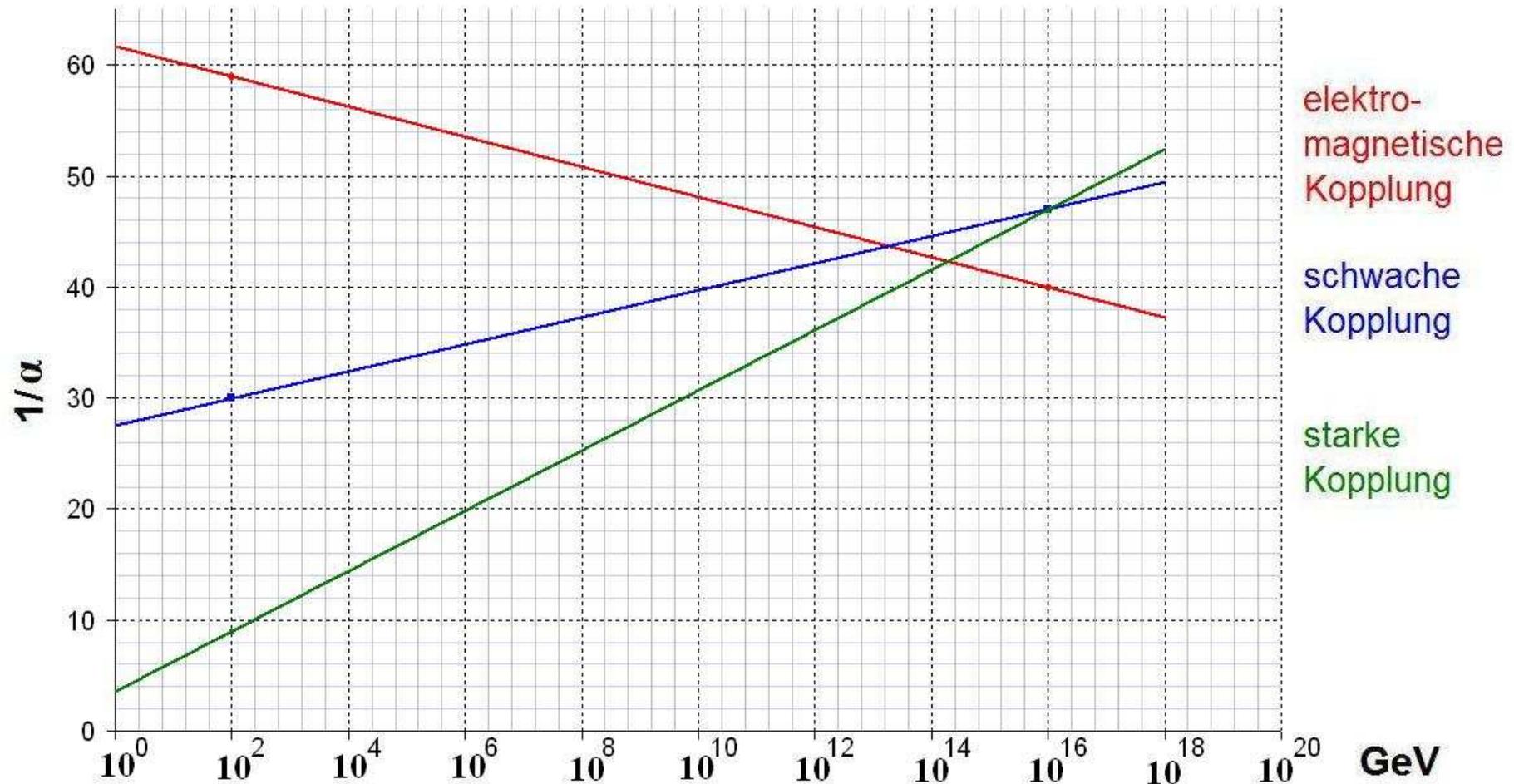
- **Natürlichkeitsproblem (fine-tuning):**

$$M_P = \frac{1}{\sqrt{G_N}} \approx 10^{19} \text{ GeV}$$

(Das Higgs für elektromagnetische WW sollte aber ca. 100GeV haben)

- lässt keine **Neutrinomassen** zu
- Kopplungen treffen sich nicht

KOPPLUNGEN DES STANDARDMODELLS:



$$\alpha_3 = c_3 \frac{g_s^2}{4\pi}$$

starke WW

$$\alpha_2 = c_2 \frac{g^2}{4\pi} = c_2 \frac{\alpha}{\sin^2 \theta_W}$$

schwache WW

$$\alpha_1 = c_1 \frac{g'^2}{4\pi} = c_1 \frac{\alpha}{\cos^2 \theta_W}$$

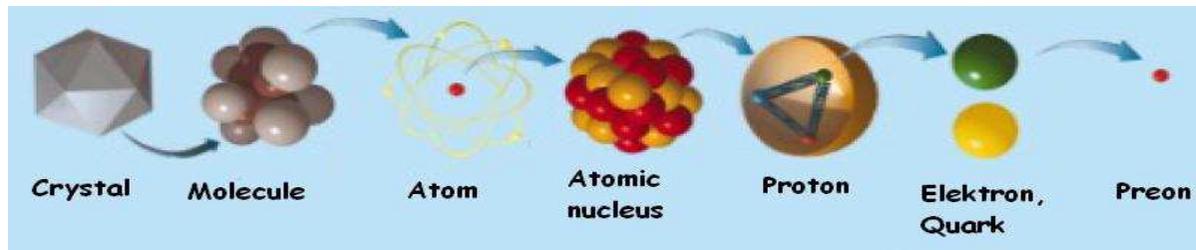
elektromagnetische WW

1 Das Standardmodell (SM)

1.3 Erweiterungen des Standardmodells

COMPOSITNESS:

- Quarks bestehen aus weiteren Teilchen, den Preonen



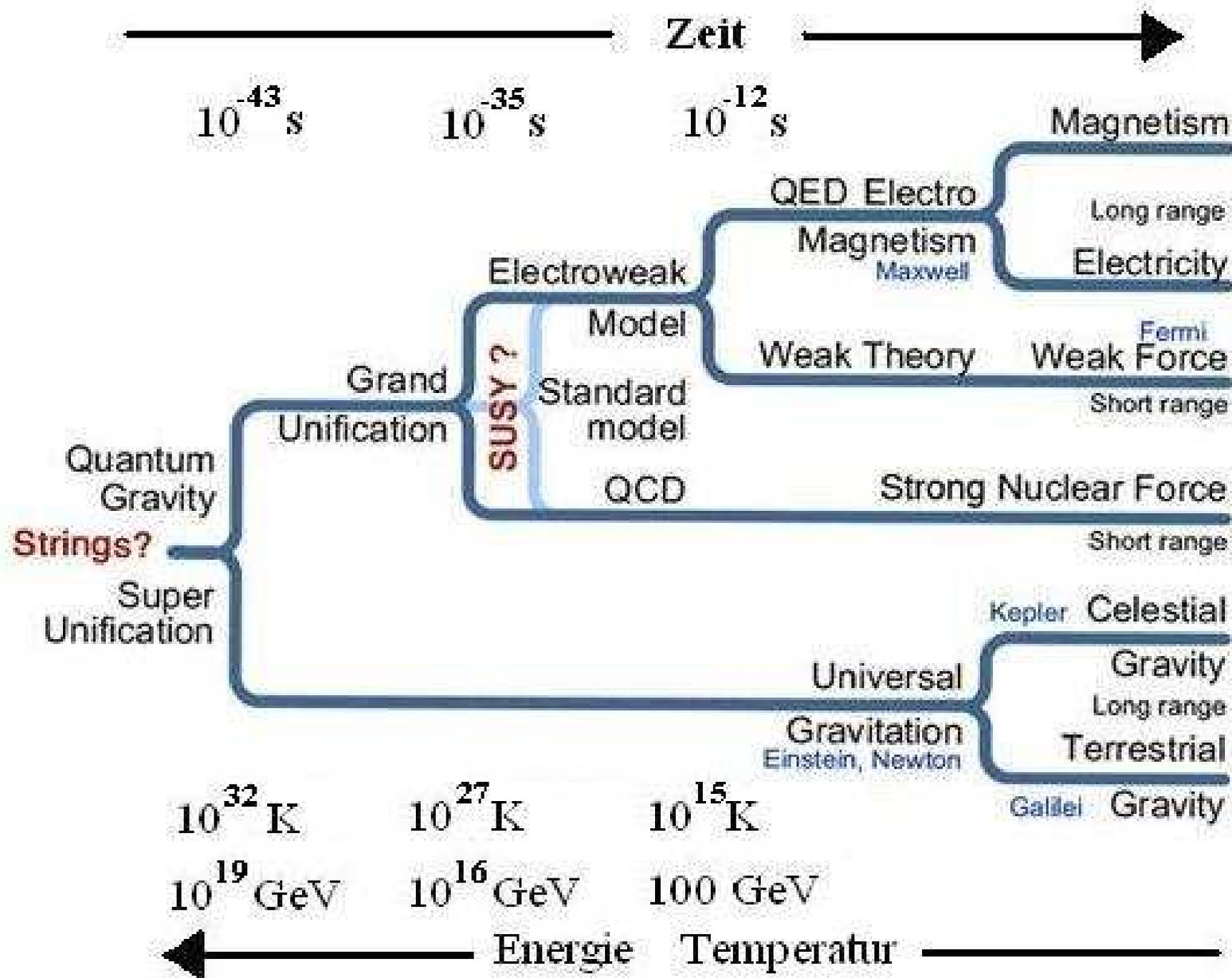
GREAT UNIFIED THEORY:

- Vereinigt die drei fundamentalen Kräfte
- **Stringtheorie** ist eine GUT und kann zu einer Theory of Everything ausgebaut werden

SUPERSYMMETRIE:

- stellt eine Symmetrie zwischen Fermionen und Bosonen auf
- viele GUTs und Theories of Everything sind supersymmetrisch

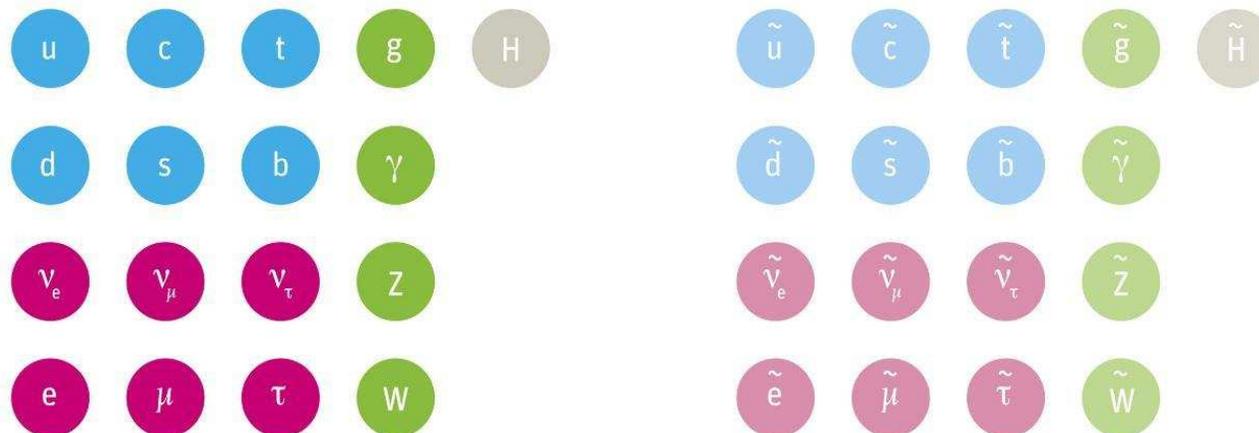
ÜBERSICHT DER THEORIEN:



2 Supersymmetrie

2.1 Überblick über die Supersymmetrie

- Fermionen lassen sich in Bosonen und Bosonen in Fermionen transformieren
 - die Transformierten haben **gleiche Quantenzahlen** und werden Superpartner genannt
- aus dem SM-Higgs werden **5 Higgs-Teilchen**
- Massen der Superpartner liegen zwischen **100GeV** und **1TeV**, kann also am LHC erzeugt werden

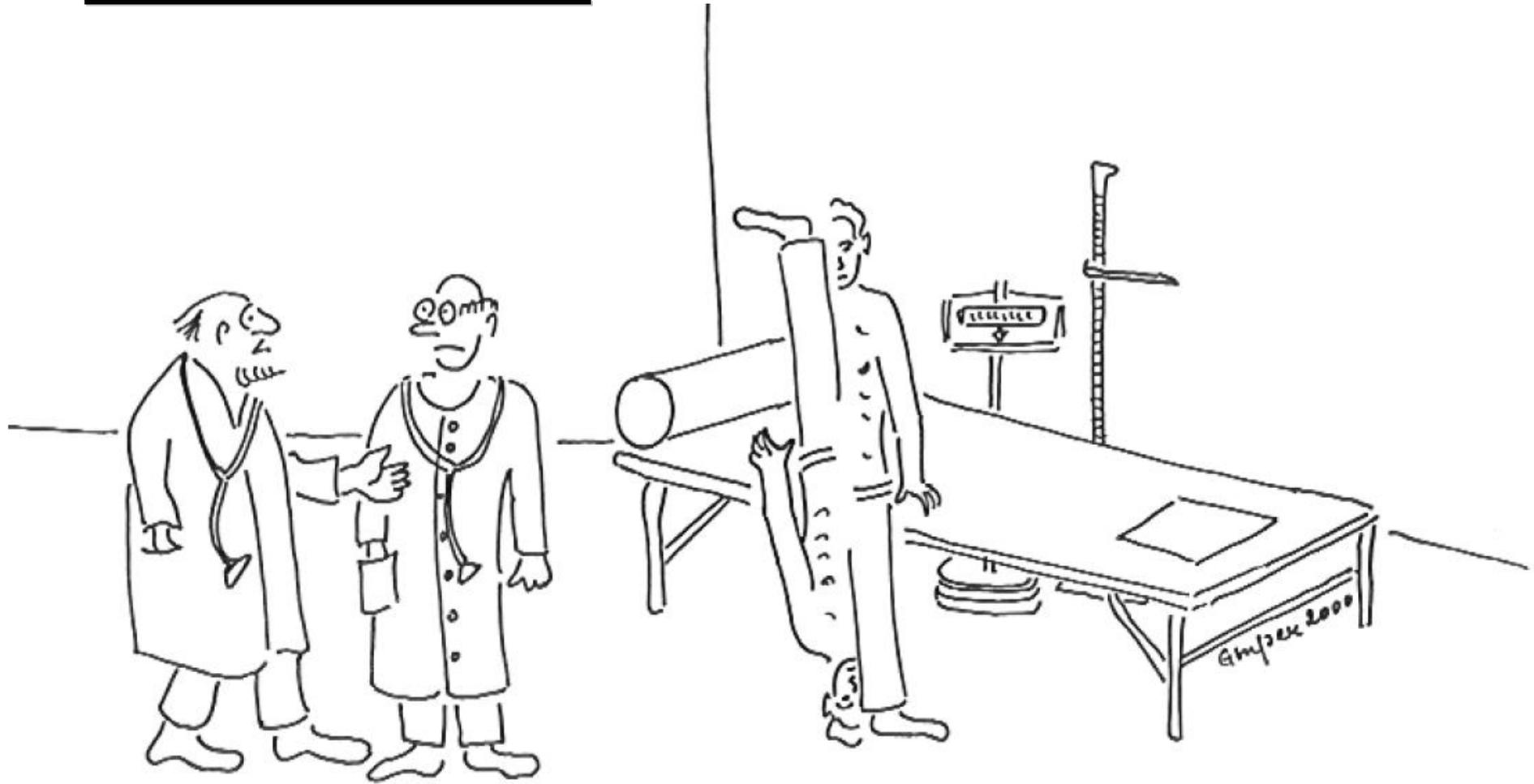


MITTELS DER R-PARITÄT LASSEN SICH TEILCHEN UND STEILCHEN UNTERSCHIEDEN:

$$P_R = (-1)^{3(B-L)+2s}$$

Teilchen	B	L	s	P_R
Photon	0	0	1	1
Photino	0	0	1/2	-1
Elektron	0	1	1/2	1
Selektron	0	1	0	-1
Anti-Elektron	0	-1	1/2	1
Anti-Selektron	0	-1	0	-1
Quark	1/3	0	1/2	1
Squark	1/3	0	0	-1
Anti-Quark	-1/3	0	1/2	1
Anti-Squark	-1/3	0	0	-1
Gluon	0	0	1	1
Gluino	0	0	1/2	-1

ES GIBT KEINE ERKLÄRUNG FÜR DIE SPONTAN GEBROCHENE SYMMETRIE VON SUSY:



"A severe case of symmetry breaking!"

2 Supersymmetrie

2.2 Die Vorzüge der Supersymmetrie

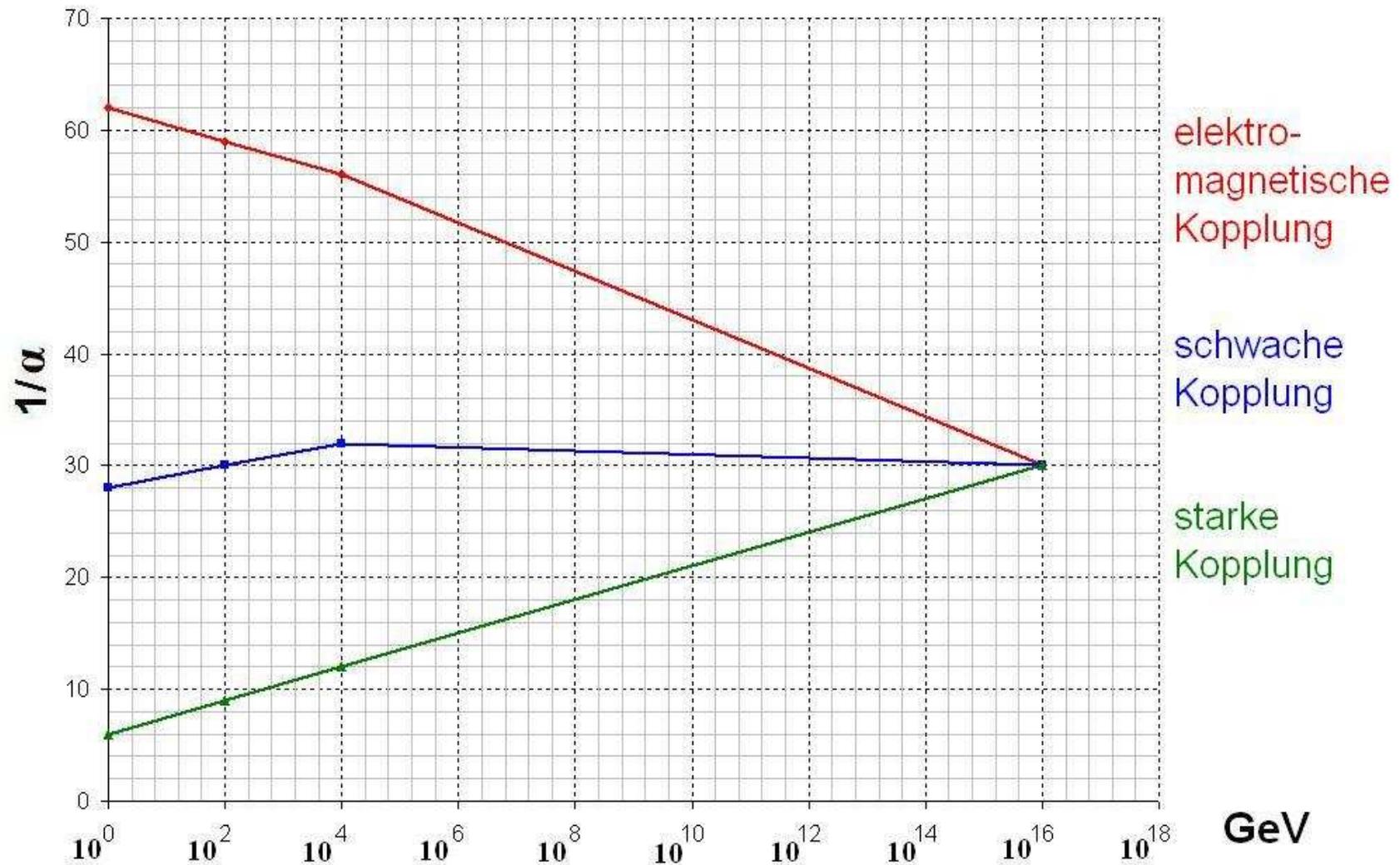
- löst das **Hierarchieproblem**
- löst das **Natürlichkeitsproblem** (fine-tuning-problem)
- ist die einzige mögliche Erweiterung der **Poincaré Gruppe** (bewiesen)
- das leichteste supersymmetrische Teilchen (**LSP**) ist ein Kandidat für **Dunkle Materie** (das Neutralino ist eine Mischung aus Bino, Winos und Higgsinos):

4 Neutralinos $\chi^0_{1,2,3,4}$ Mischungen aus: $(\tilde{B}, \tilde{W}, \tilde{H}_d, \tilde{H}_u)$

4 Charginos $\chi^\pm_{1,2}$ Mischungen aus: $(\tilde{W}^+, \tilde{H}^+)$

- die Kopplungen treffen sich

KOPPLUNGEN DES MSSM:



$$\alpha_3 = \frac{g_s^2}{4\pi}$$

$$\alpha_2 = \frac{g^2}{4\pi} = \frac{\alpha}{\sin^2 \theta_W}$$

$$\alpha_1 = \frac{5 g'^2}{3 \cdot 4\pi} = \frac{5}{3} \frac{\alpha}{\cos^2 \theta_W}$$

3 Die supersymmetrische Zukunft

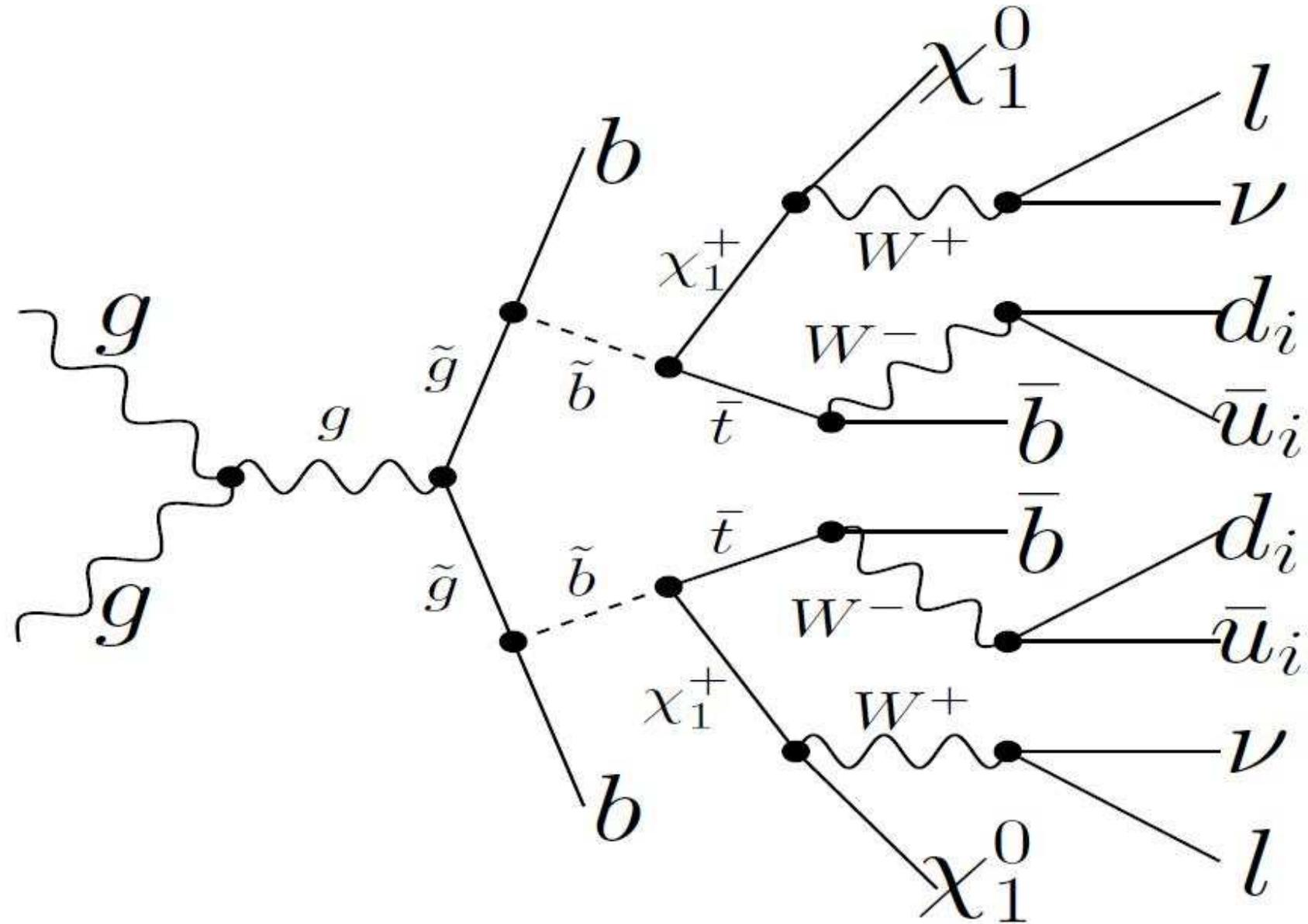
3.1 Konsequenzen der Supersymmetrie

- nicht supersymmetrische Theorien können ausgeschlossen werden
- man kann Dunkle Materie beschreiben
- größeres Verständnis des frühen Universums

3 Die supersymmetrische Zukunft

- falls SUSY stimmt, wird sie am LHC verifiziert:
 - **LHC** erzeugt genug Energie pro Teilchen
 - **CMS** ist in der Lage Energien genau genug aufzulösen, so dass die Neutralinos indirekt nachgewiesen werden können
- SUSY könnte auch am **LEP** nachgewiesen werden:
 - man müsste die Energie pro Teilchen dafür erhöhen

THEORETISCHE ERZEUGUNG VON SUSY-TEILCHEN AM LHC:



FRAGEN?