

Krise, gar Ende der Physik?

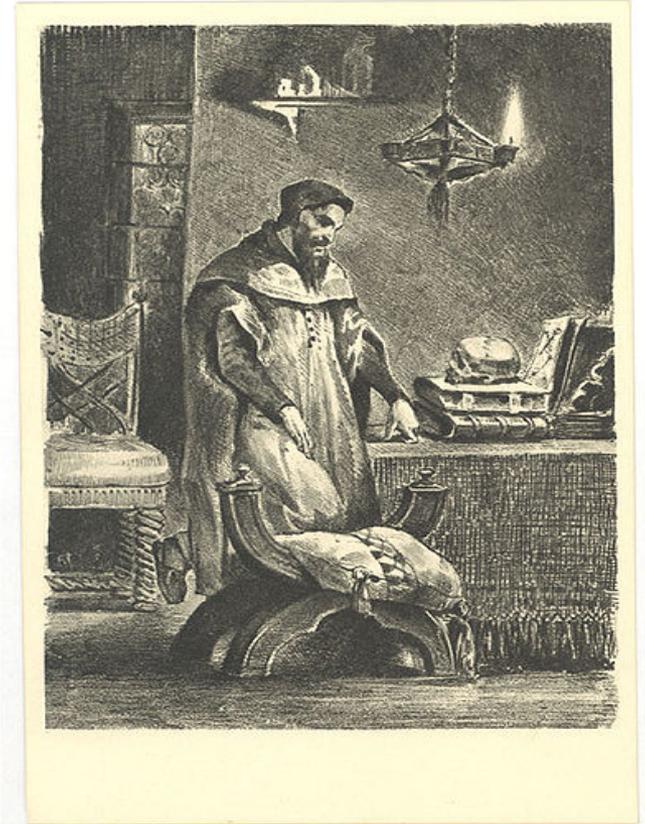


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Beschreiben der grundlegenden Teilchen von Materie und ihrer Wechselwirkungen
- Auf der Suche nach dem, "was die Welt im Innersten zusammenhält"



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

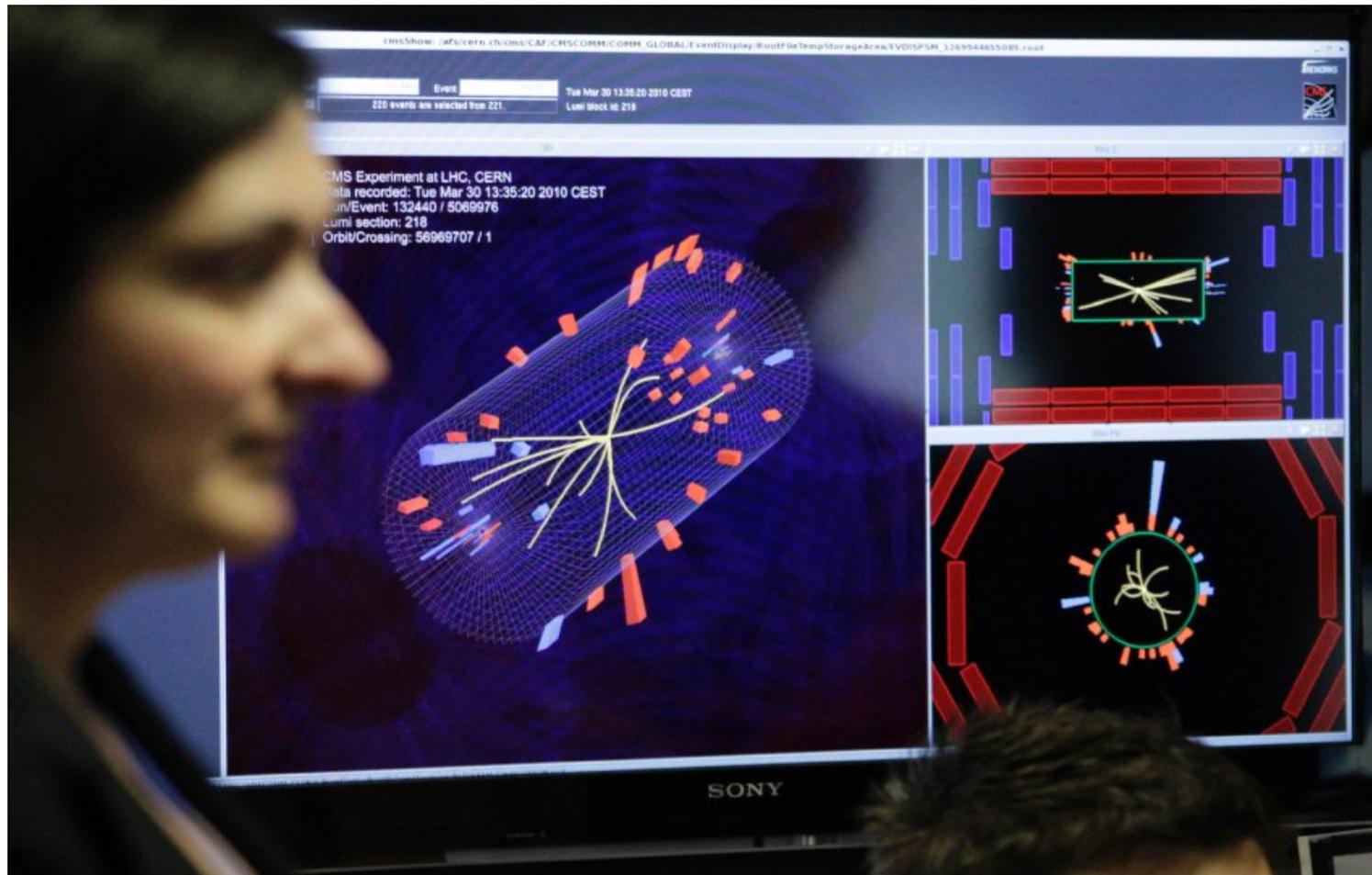
- Kollision geladener Teilchen (z.B. Protonen) bei annähernd Lichtgeschwindigkeit
- Auswertung der Bruchstücke



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

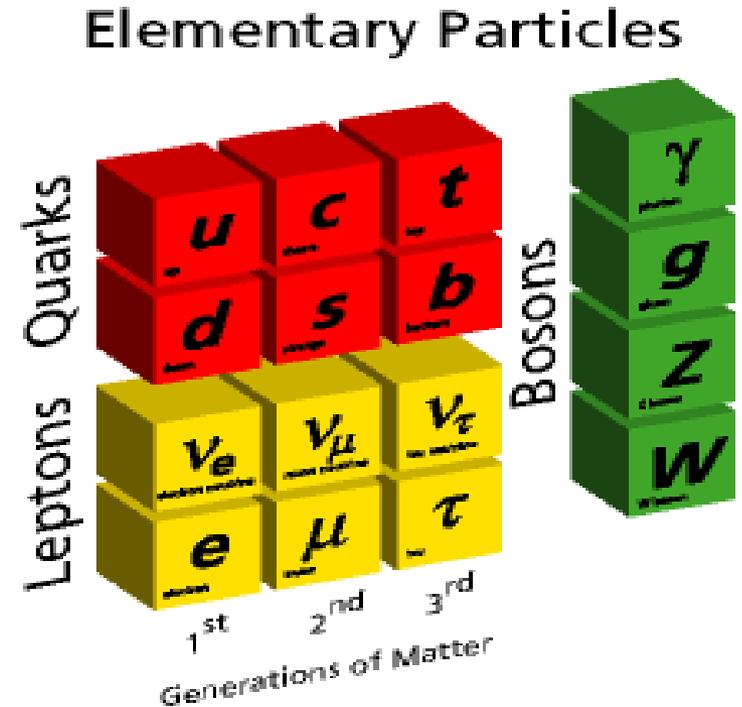


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Standardmodell:
 - 12 Elementarteilchen
 - 13 Austauschteilchen
- Entwicklung um 1960
- Letztes nachzuweisendes Teilchen:
Higgs-Boson (“Gottesteilchen”)



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



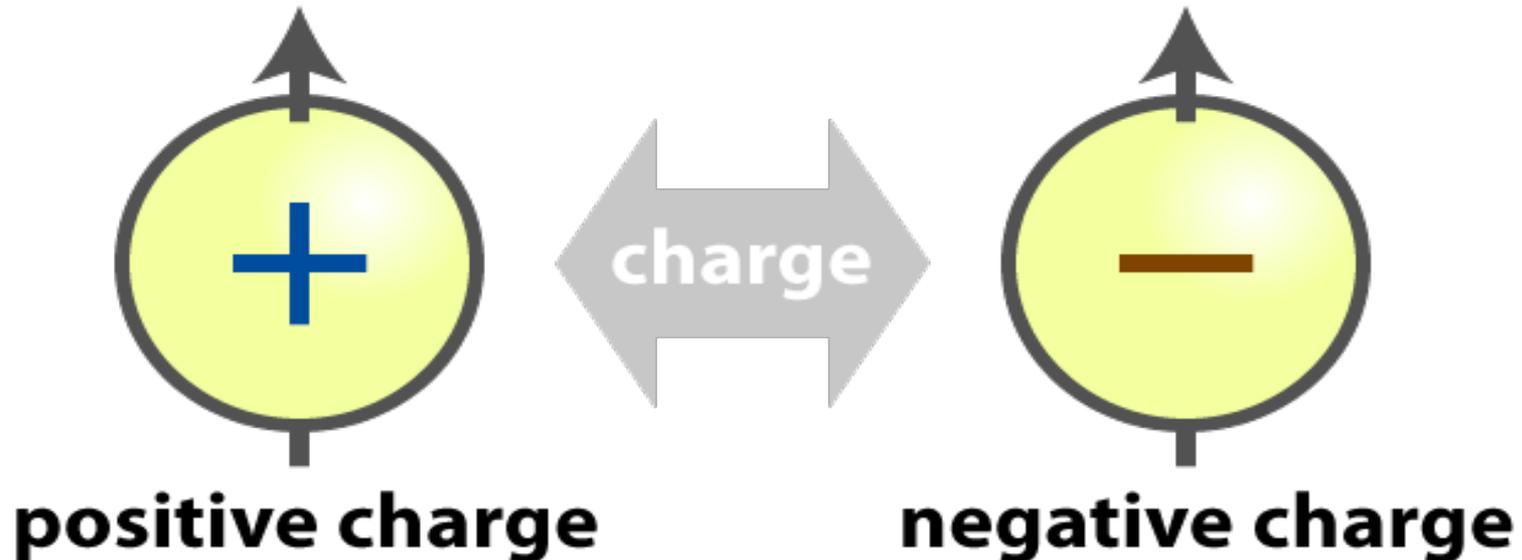
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- ungelöste Probleme des Standardmodells:
- CP-Verletzung
- Dunkle Materie, Dunkle Energie
- Neutrino-Oszillation



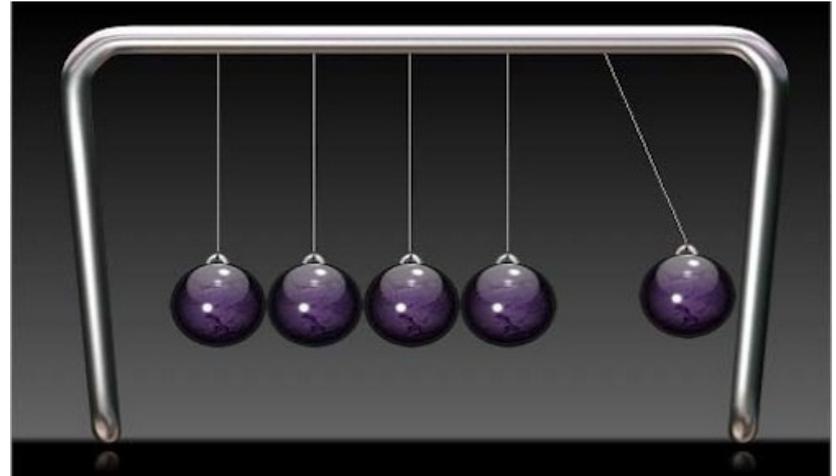
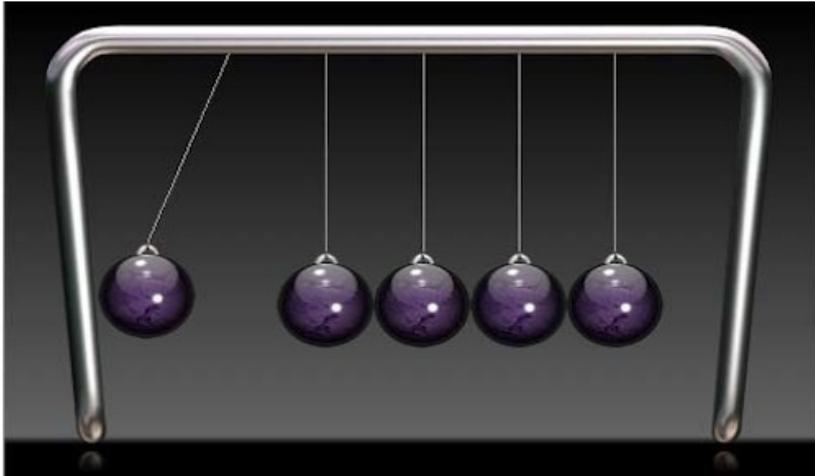
Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Charge-Symmetry:
Symmetrie physikalischer Systeme beim Austauschen aller
Teilchen durch ihre Antiteilchen (z.B. Elektron \rightarrow Positron)



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Parity-Symmetry:
Symmetrie physikalischer Systeme bei räumlicher Spiegelung

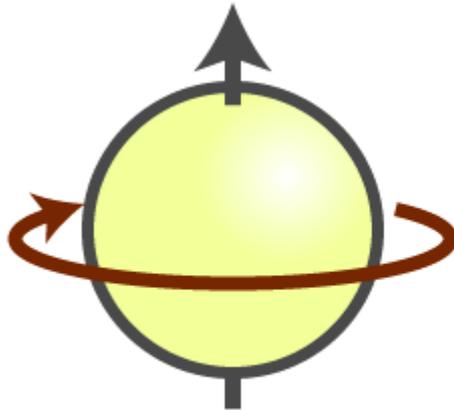


Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

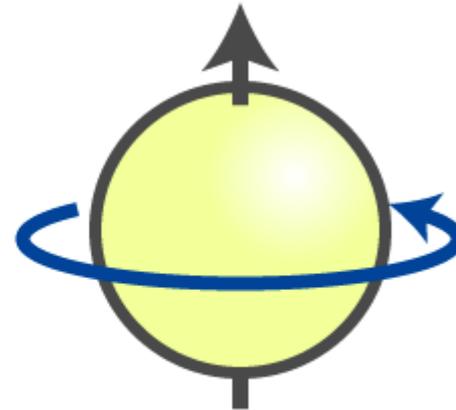


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Chiralität als Eigenschaft von Elementarteilchen (z.B. Elektronen)



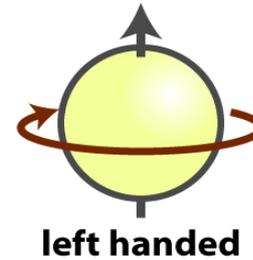
left handed



right handed

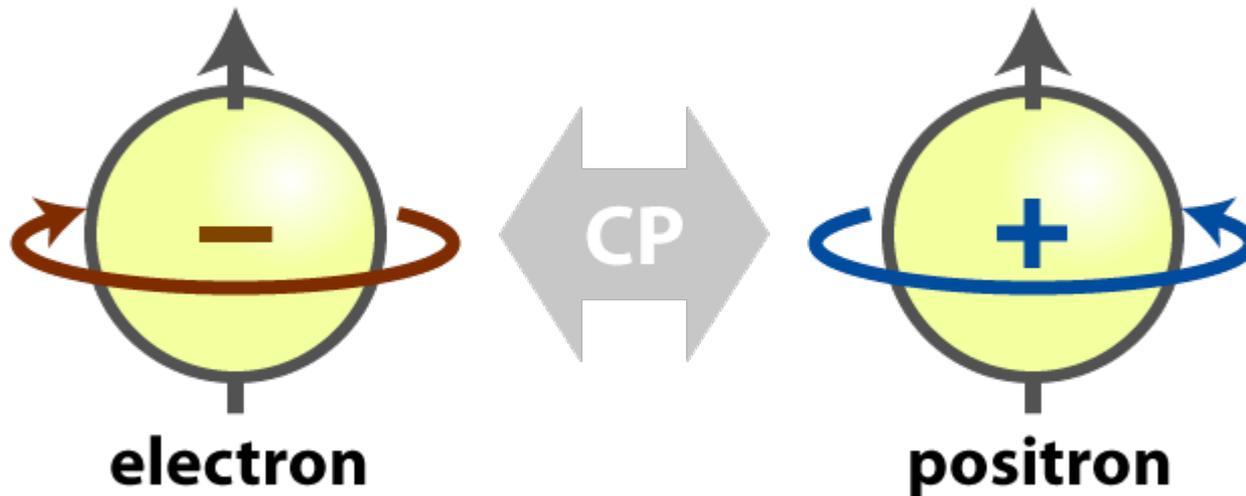
Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Chiralität unter Spiegelung



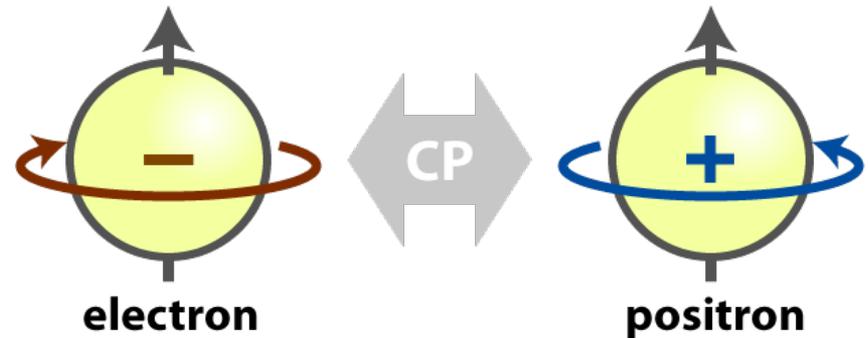
Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Simultane C und P-Spiegelung:
-> CP-Symmetry



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Nachweis 1964: bestimmte Teilchen und Antiteilchen besitzen unterschiedliche Zerfallswahrscheinlichkeiten
- Differenz: ca. 0,2 %
-> CP-Verletzung

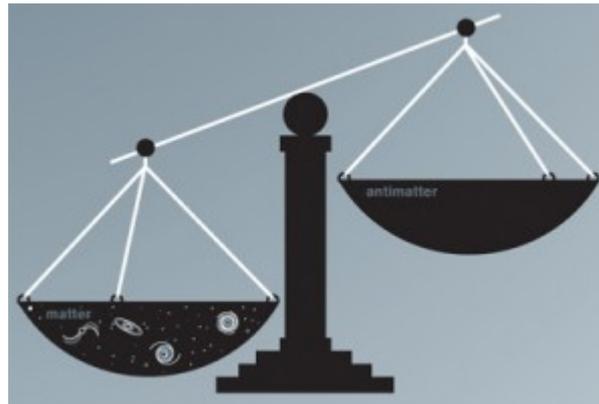


Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- CP-Verletzung als notwendige Bedingung für Materie-Antimaterie-Ungleichgewicht?

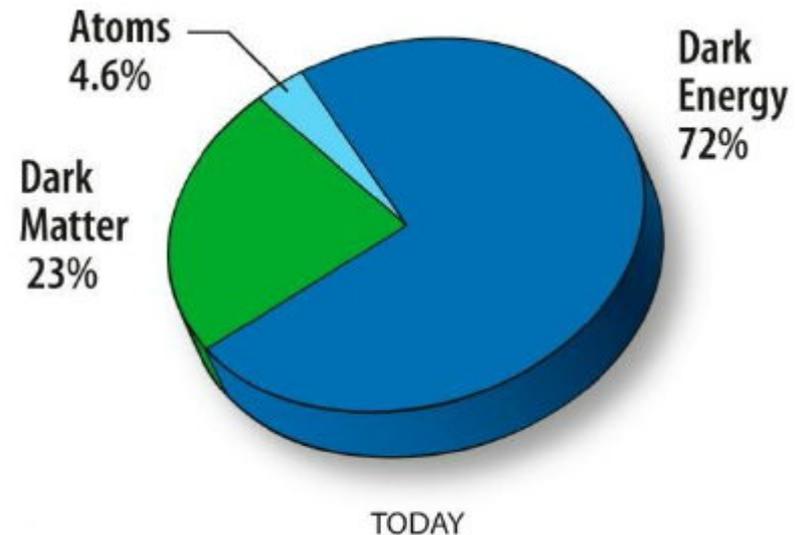


Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



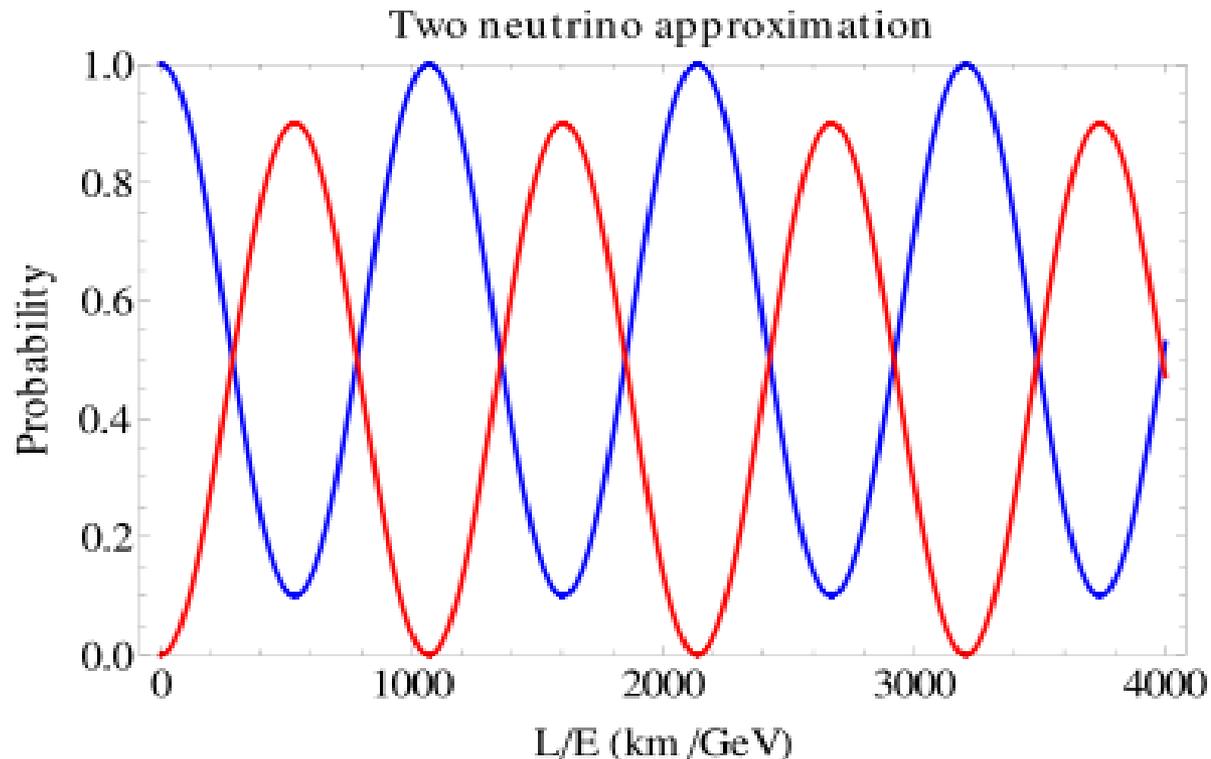
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Weitere Lücken auf kosmologischer Ebene:
- Dunkle Materie
- Dunkle Energie



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Neutrino-Oszillation :
Periodische Änderung der Flavor-Wahrscheinlichkeiten



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

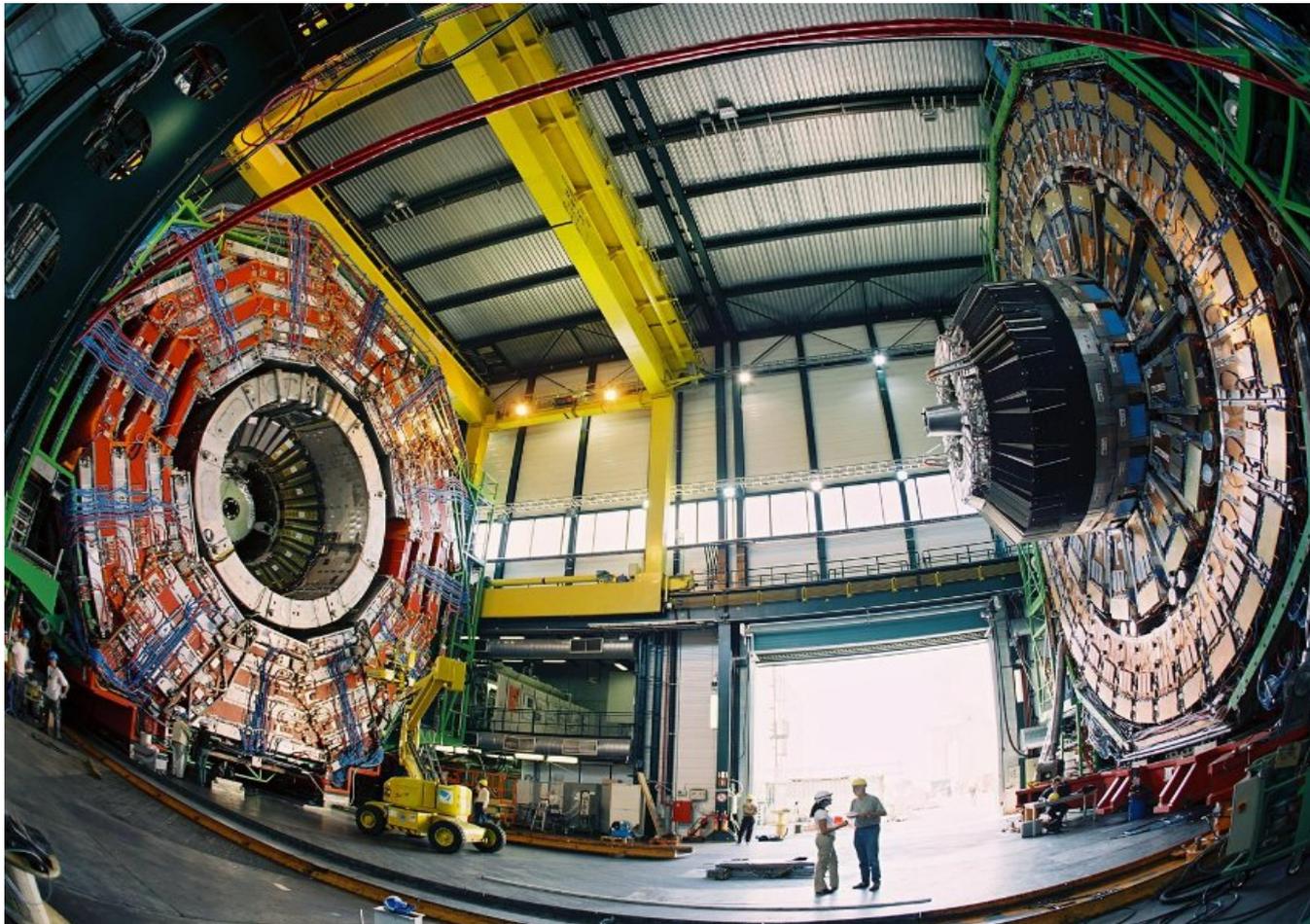
- Weitere Forschung bei höheren Energien?



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

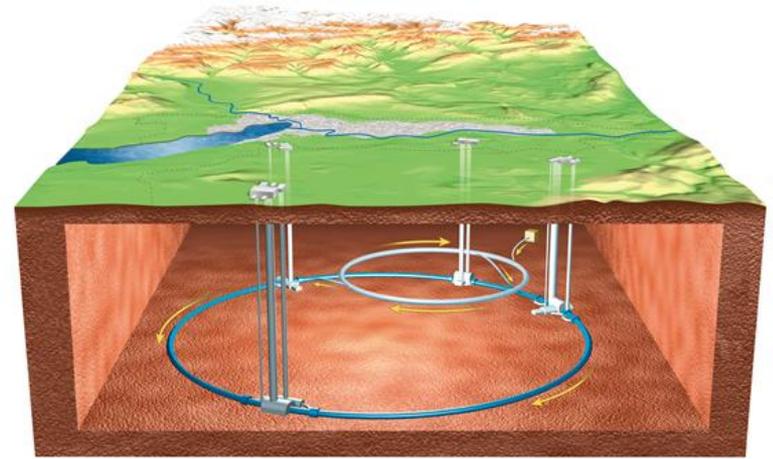


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Wichtige Beschleuniger:
- Tevatron (1983-2011) : 1TeV, 6.3km, \$265 Millionen
- LHC: 7TeV, 27km, \$4.4 Milliarden
- Superconducting Super Collider (Bau 93 gestoppt): 20 TeV, 87km, über \$12 Milliarden

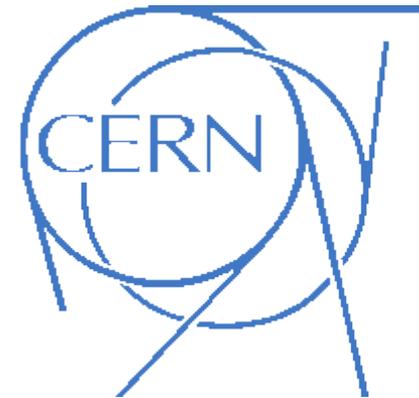


Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- steigender Aufwand & sinkende gesellschaftliche Akzeptanz
- CERN: (1954) Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Weitere Forschung bei höheren Energien?
In naher Zukunft unwahrscheinlich!



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

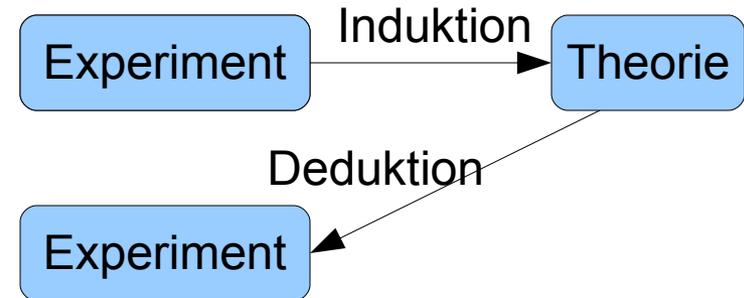


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Konsequenzen für den physikalischen Fortschritt und die Physik?

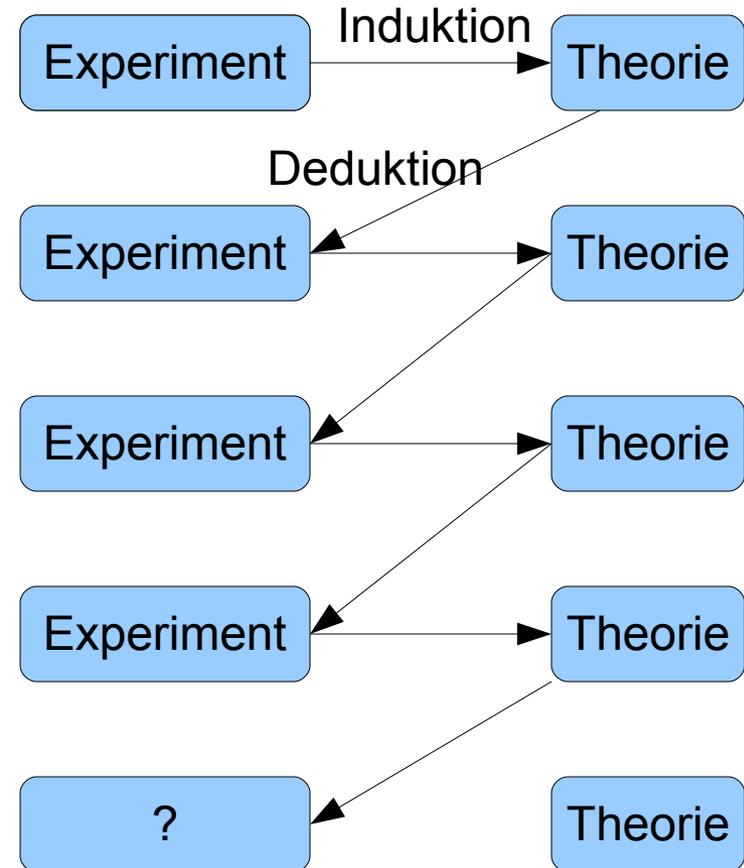
Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Konsequenzen für den physikalischen Fortschritt und die Physik?
- Entzug der physikalischen Basis: das Experiment



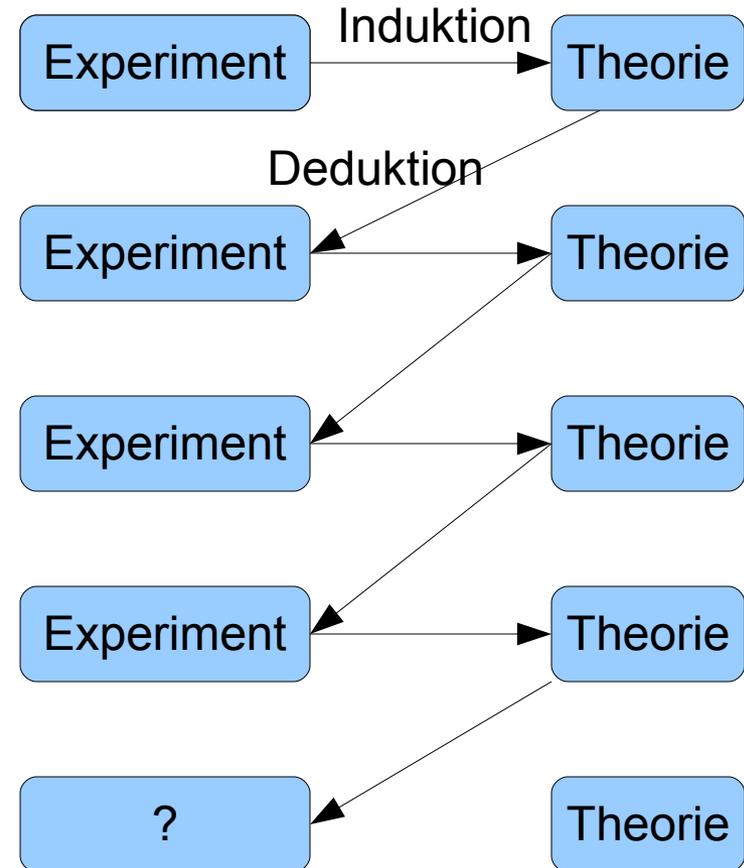
Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Konsequenzen für den physikalischen Fortschritt und die Physik?
- Entzug der physikalischen Basis: das Experiment



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

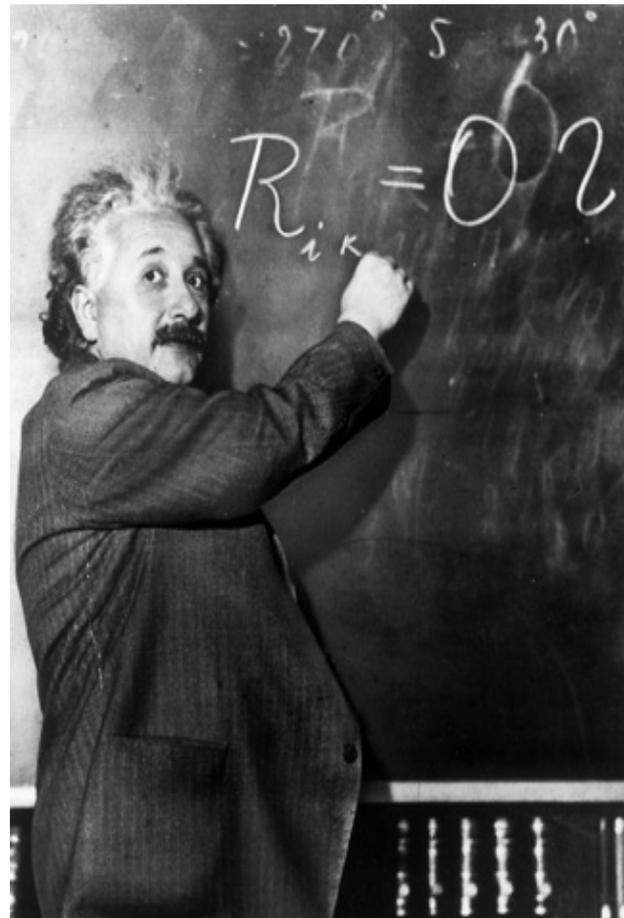
- Konsequenzen für den physikalischen Fortschritt und die Physik?
- Entzug der physikalischen Basis: das Experiment
- Mertons Normen – ferner denn je?
 - communitarianism
 - universalism
 - disinterestedness
 - organized skepticism



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

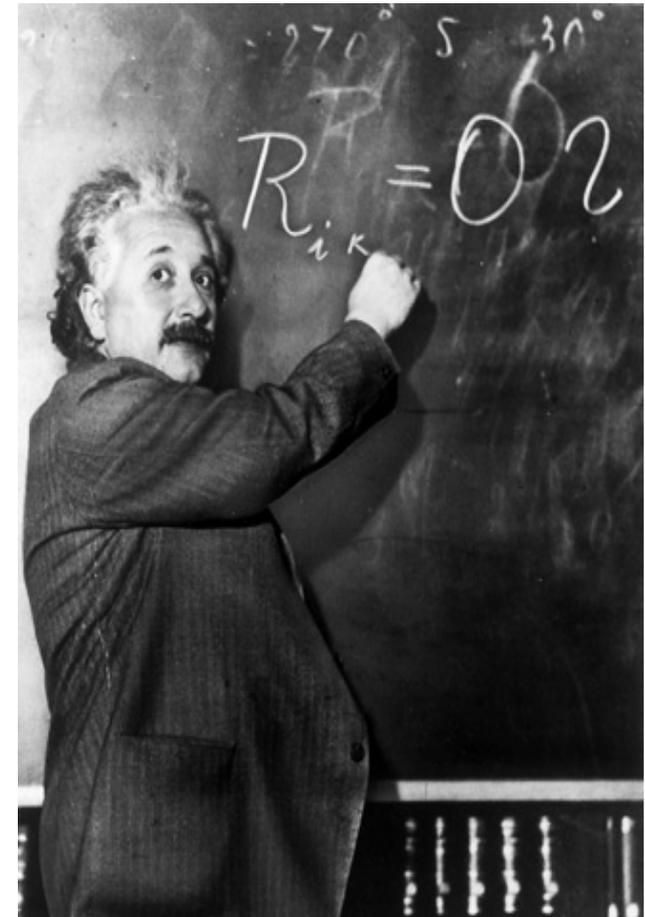


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

- Weltformel (Theory of Everything):
- eine Menge von (physikalischen) Prinzipien, die nicht mehr mithilfe tieferer Prinzipien erklärt werden können (Weinberg)
- eine physikalische Theory, die den Ausgang jedes beliebigen physikalischen Experiments vorhersagen kann



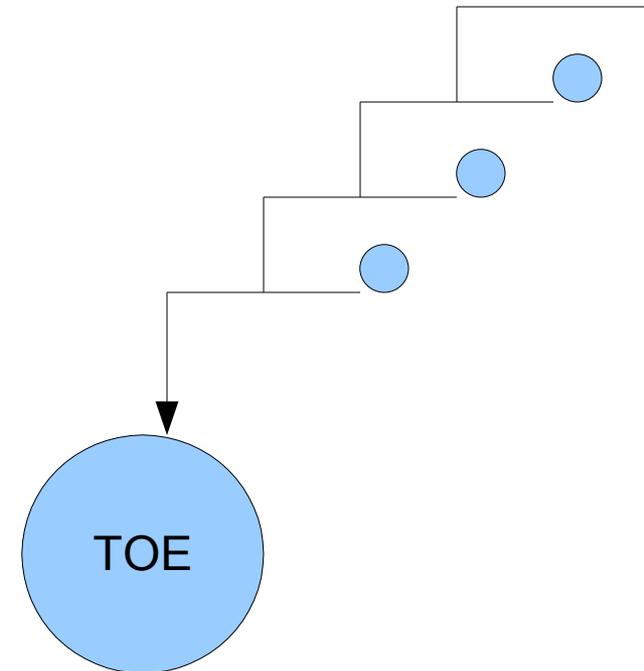
Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



- Konstruktion einer Weltformel durch Reduktion

z.B. Reduktion von

- “Gegenstände fallen zur Erde”
und
- “Die Planeten umkreisen die Sonne”
zu
- “Massen ziehen sich an”

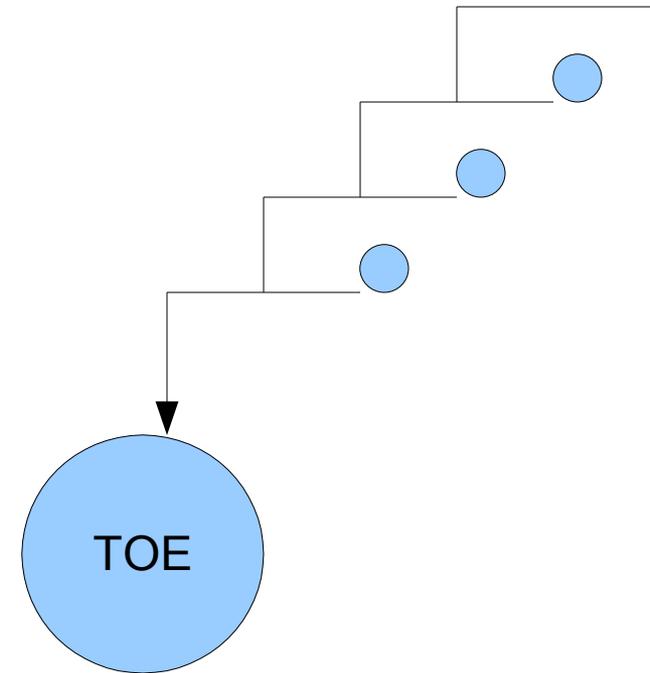


Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

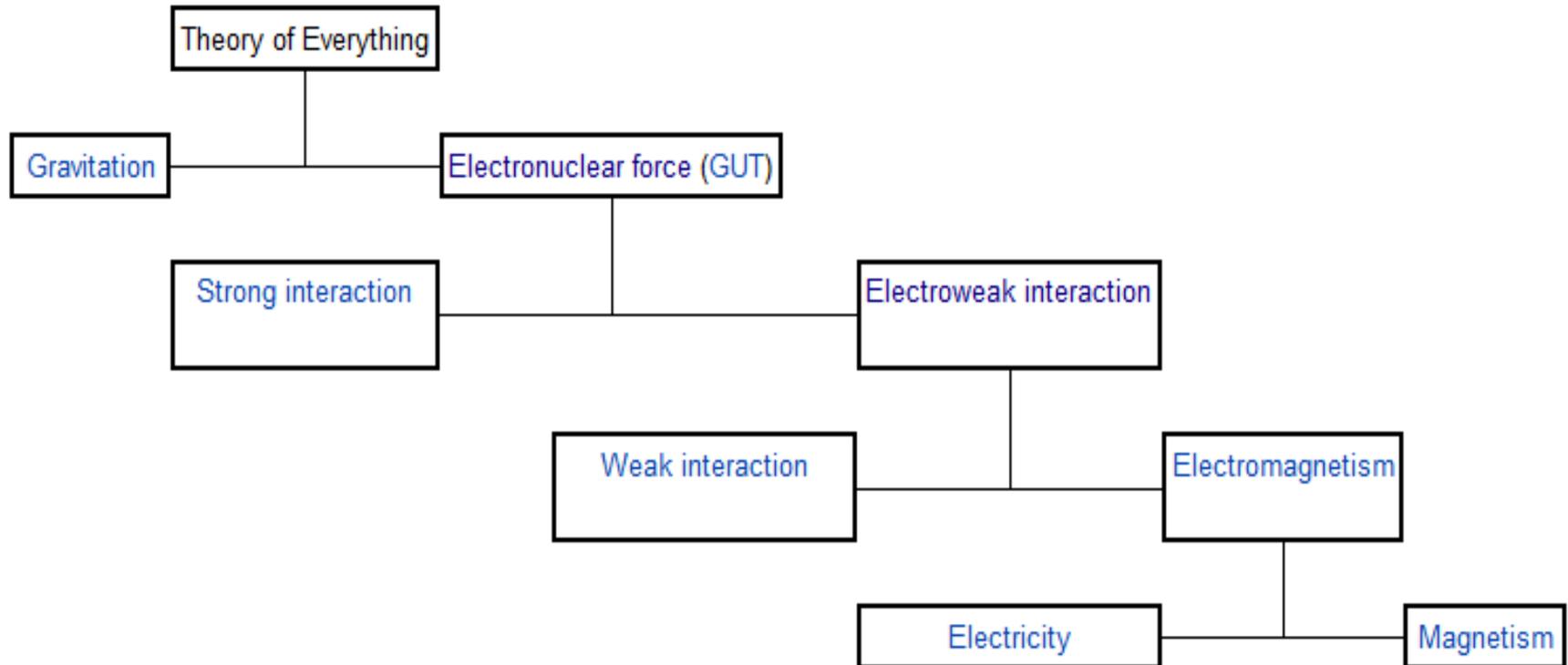


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- 4 Grundkräfte:
- Elektromagnetische Kraft
- Schwache Kernkraft
- Starke Kernkraft
- Gravitation

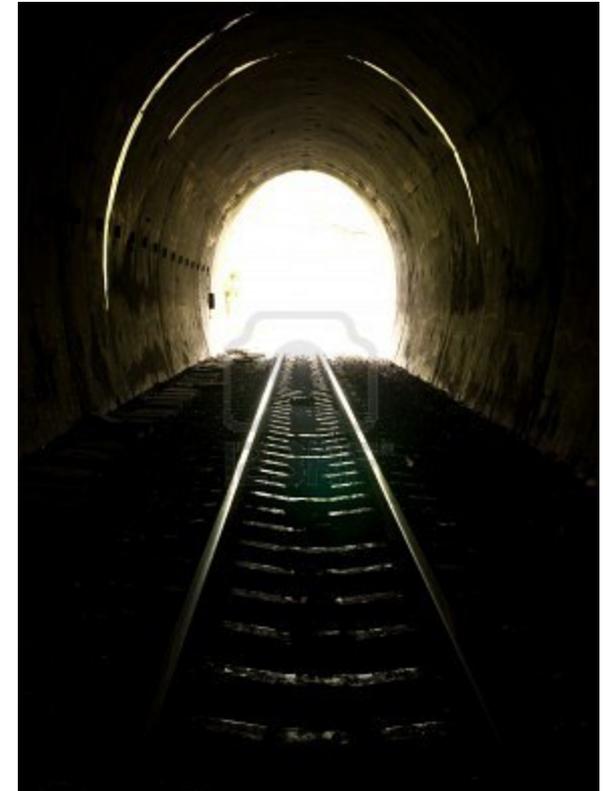


Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

- TOE als “Ende” der Physik?

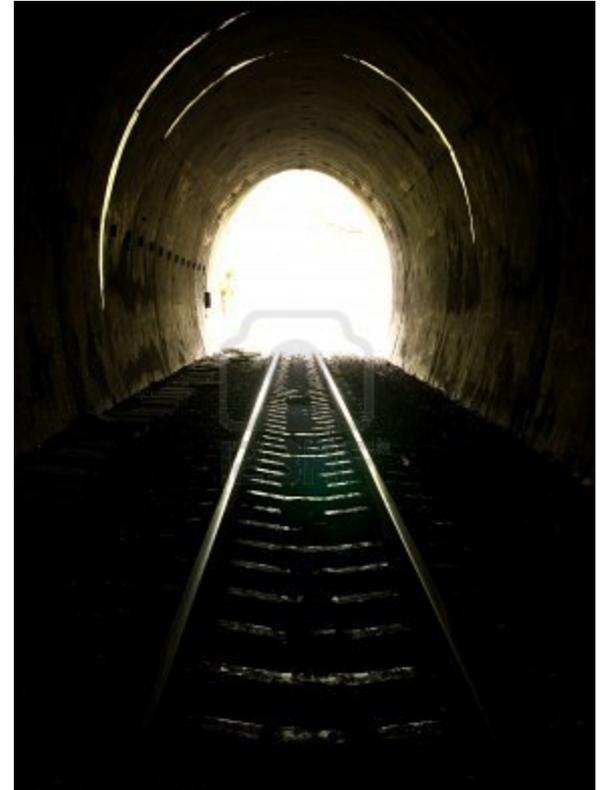


Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- TOE als “Ende” der Physik?
oder
grundlegende Grenzen
- Gödelscher Unvollständigkeitssatz:
Jedes hinreichend mächtige formale
System ist entweder widersprüchlich
oder unvollständig.
- Unschärferelation

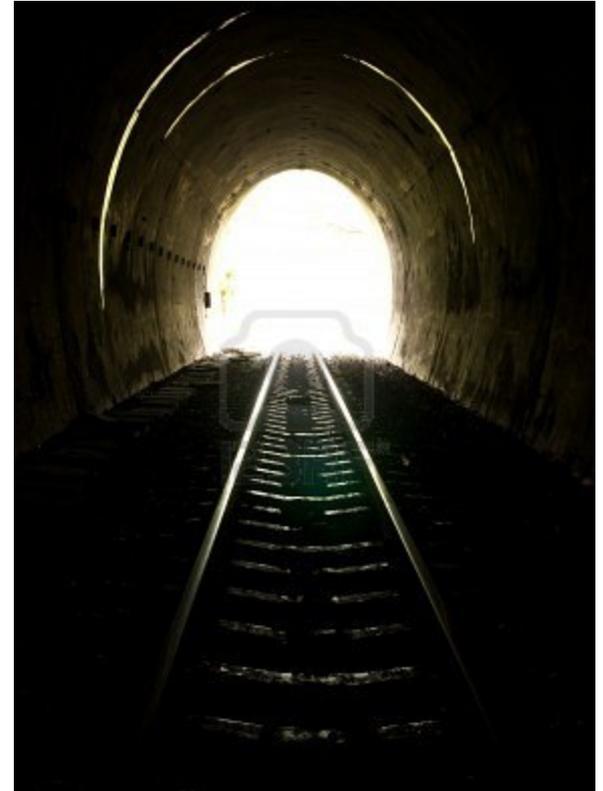


Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- TOE als “Ende” der Physik?
oder
grundlegende Grenzen
- Gödelscher Unvollständigkeitssatz:
Jedes hinreichend mächtige formale
System ist entweder widersprüchlich
oder unvollständig.
- Unschärferelation
- Begrenztheit menschlichen
Verstehens



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



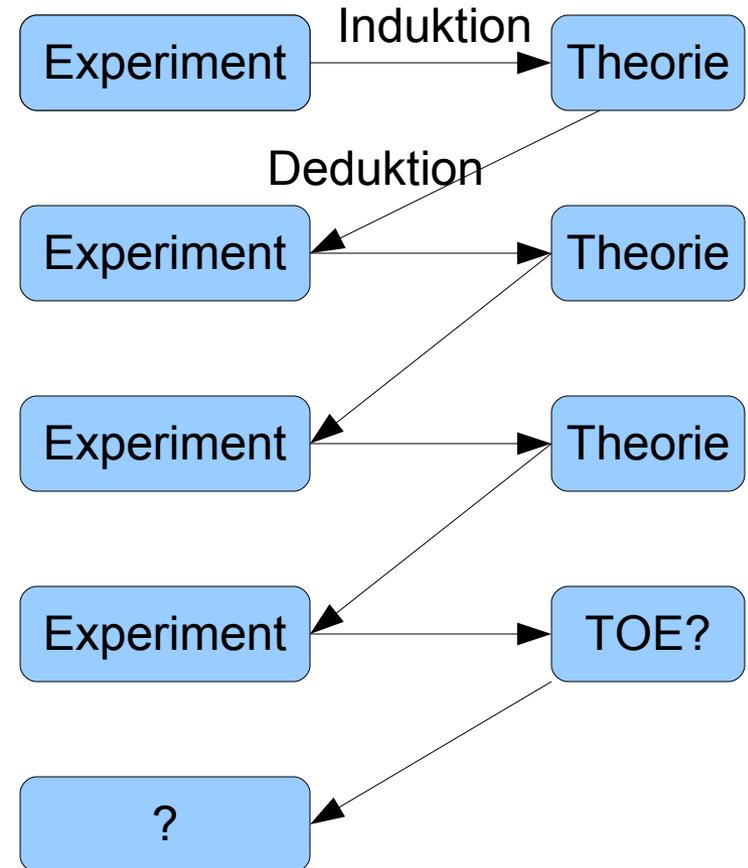
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Endlichkeit als Wunschvorstellung?



Elementarteilchenphysik – Ziele Methoden & Grenzen

- Verifizieren einer TOE?



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

- “Schönheit” als Kriterium?
- z.B. String Theorie

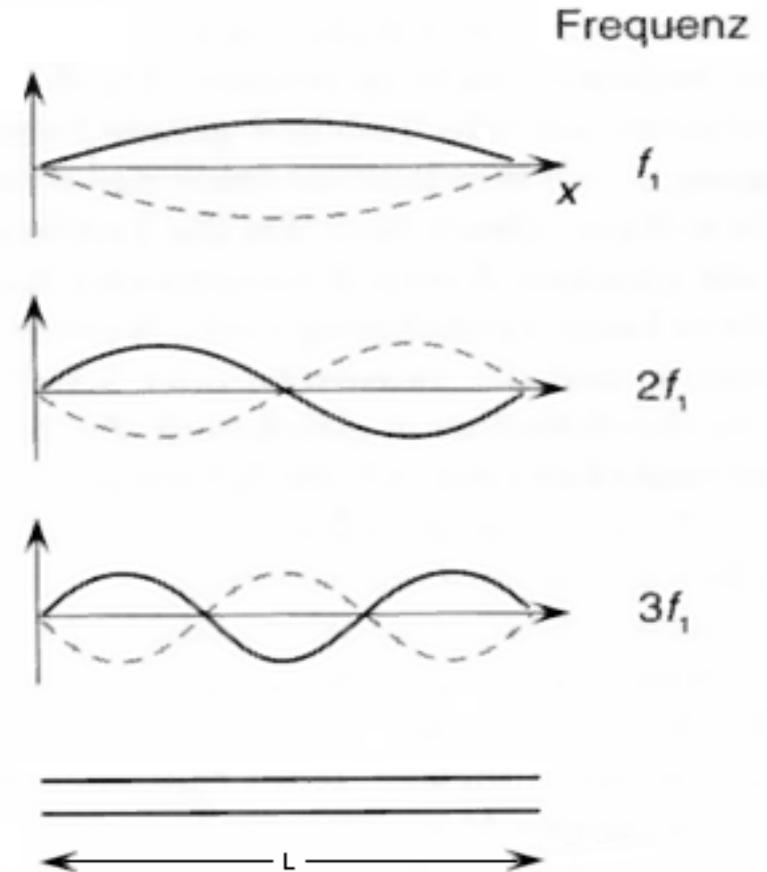


“Good Lord, Professor! There it goes—the theory of everything!”

Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

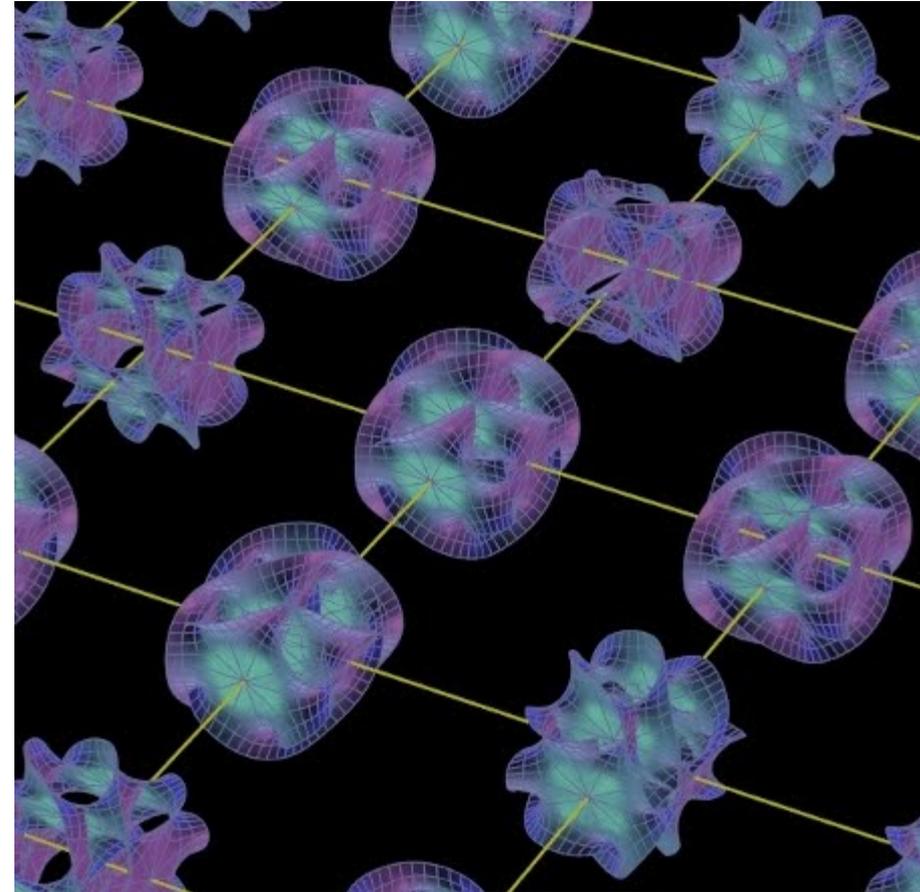


- String Theory:
ersetzen der punktförmigen
Elementarteilchen durch
mehrdimensionale vibrierende
"Strings" oder "Branes"
- Elementarteilchen als
Schwingungszustand der Strings
->
- Umgehen von Singularitäten
- Quantengravitation integrierbar



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?

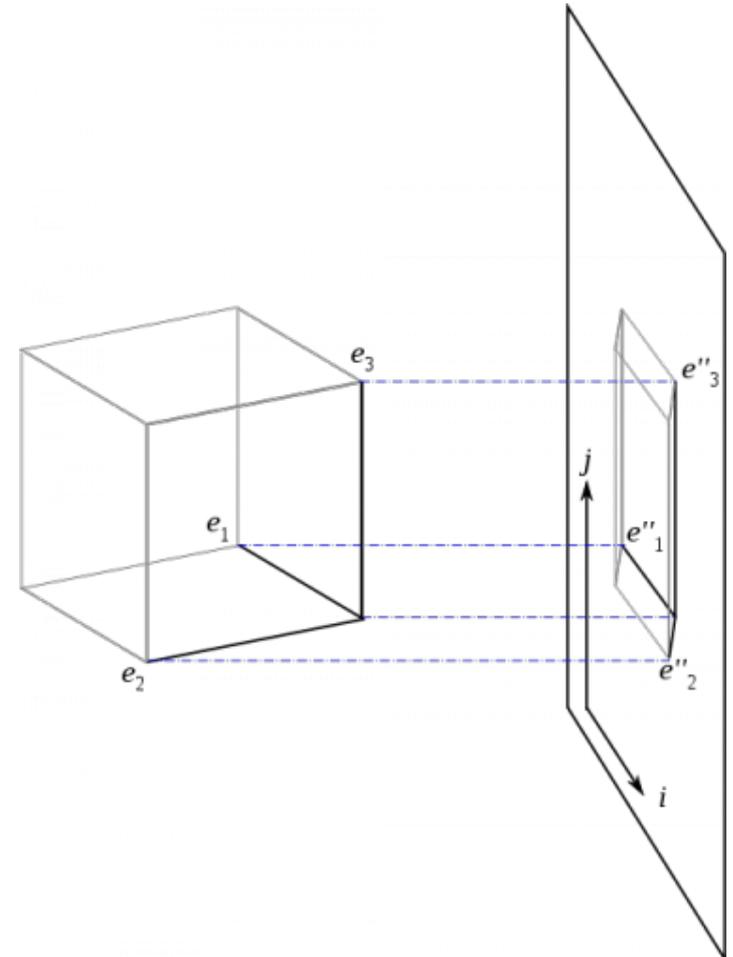
- Aber: zusätzliche Dimensionen benötigt
- “Einrollen” der zusätzlichen Dimensionen
- Neues Problem: Eindeutigkeit!



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



- Bereits im Standardmodell: 18 freie Parameter
- String Theory: nahezu unbegrenzte Anzahl freier Parameter

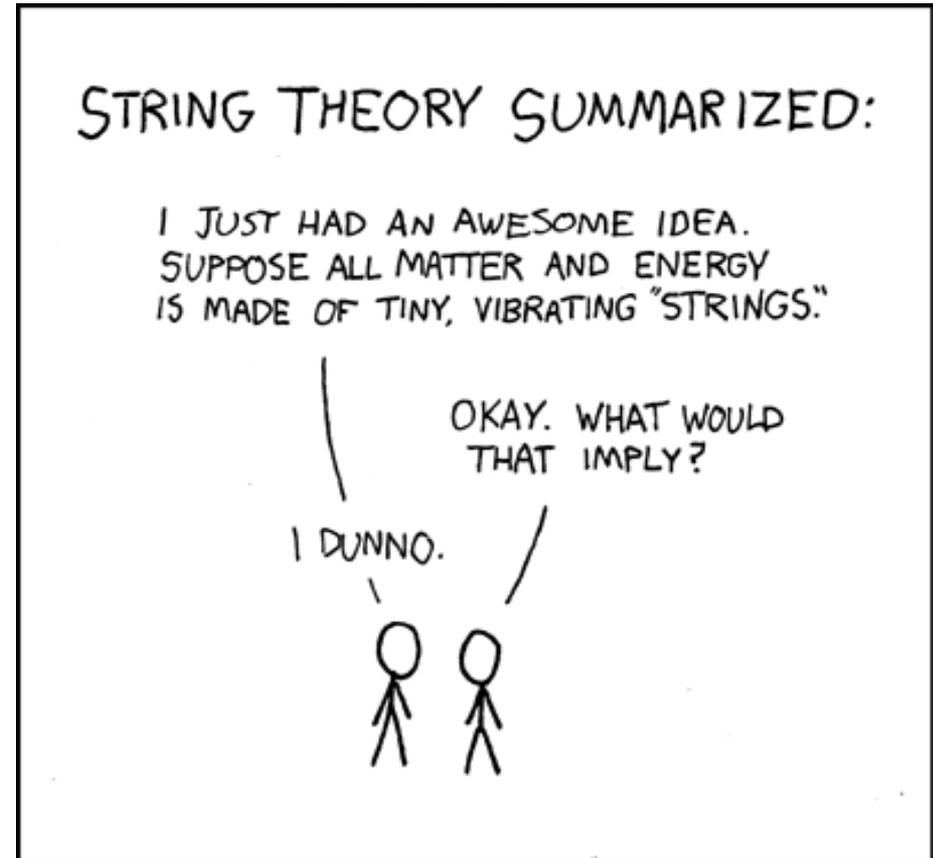


Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Konsequenz: nicht überprüfbar, da keine konkreten Vorhersagen möglich



Auf dem Weg zur Weltformel – Grenzen des Wissens?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Konsequenz: nicht überprüfbar, da keine konkreten Vorhersagen möglich
- Ist die String-Theorie überhaupt noch eine physikalische Theorie?

