

Dozent Prof. Th. Müller
Übungsleiter Dr. Jeannine Wagner-Kuhr
Dr. Jan Lück

Inhalt der Vorlesung

Kapitel 1 **Einführung**

- 1.1 Physiklische Größen und Maßeinheiten
- 1.2 Messungen und Datenauswertung

Kapitel 2 **Klassische Mechanik**

- 2.1 Mechanik von Massenpunkten
- 2.2 Mechanik von Massenpunkten: Newtonsche Gesetze
- 2.3 Systeme von Massenpunkten
- 2.4 Rotation

Kapitel 3 **Gravitation**

- 3.1 Das Gravitationsgesetz
- 3.2 Das Gravitationspotential
- 3.3 Planetenbahnen, Keplersche Gesetze
- 3.4 Bestimmung der Gravitationskonstante G
- 3.5 Gravitation in Massenverteilungen

Kapitel 4

Relativistische Mechanik

- 4.1 Bewegte Bezugssysteme, Transformationen
- 4.2 Relativistische Kinematik

Kapitel 5

Mechanik fester Körper und Flüssigkeiten

- 5.1 Feste Körper
- 5.2 Hydrostatik und Hydrodynamik
- 5.3 Thermische Eigenschaften von Festkörpern und Flüssigkeiten

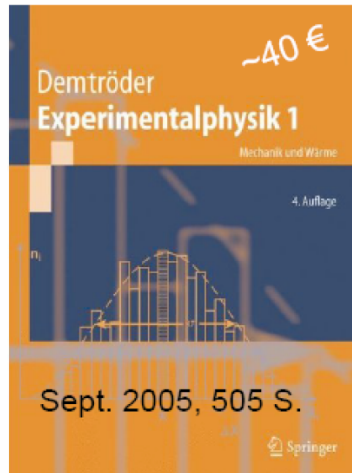
Kapitel 6

Schwingungen und Wellen

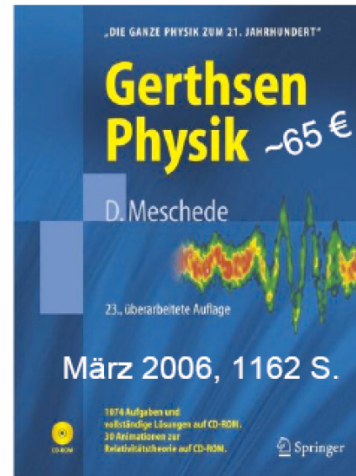
- 6.1 Schwingungen
- 6.2 Wellen
- 6.3 Licht und Materie

Informationen auf

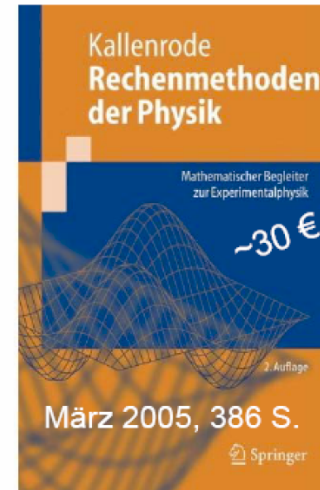
<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~jwagner/WS0910/Vorlesung/>



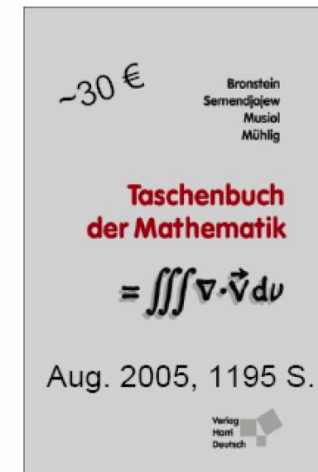
der ‚Demtröder‘: Teil 1 einer vier-bändigen Reihe



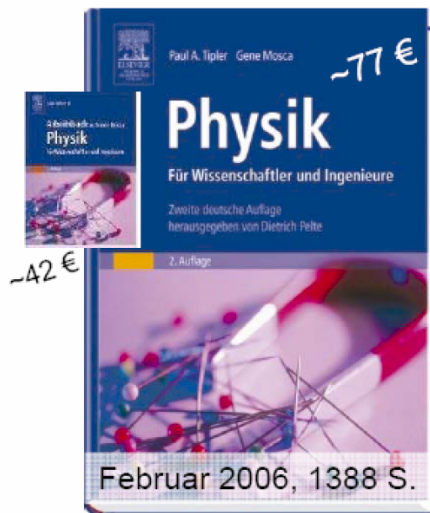
der ‚Gerthsen‘: Standard-Werk, gesamte Physik



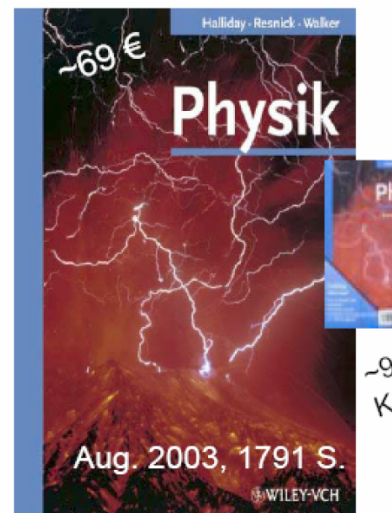
Rechenmethoden der Physik, beispiel- & praxisorientiert



der ‚Bronstein‘: Standard-Referenz, gesamte Mathematik



der ‚Tipler‘: dt. Übersetzung des US-Originals (+Arbeitsb.)



der ‚Halliday‘: dt. Übersetzung des US-Originals

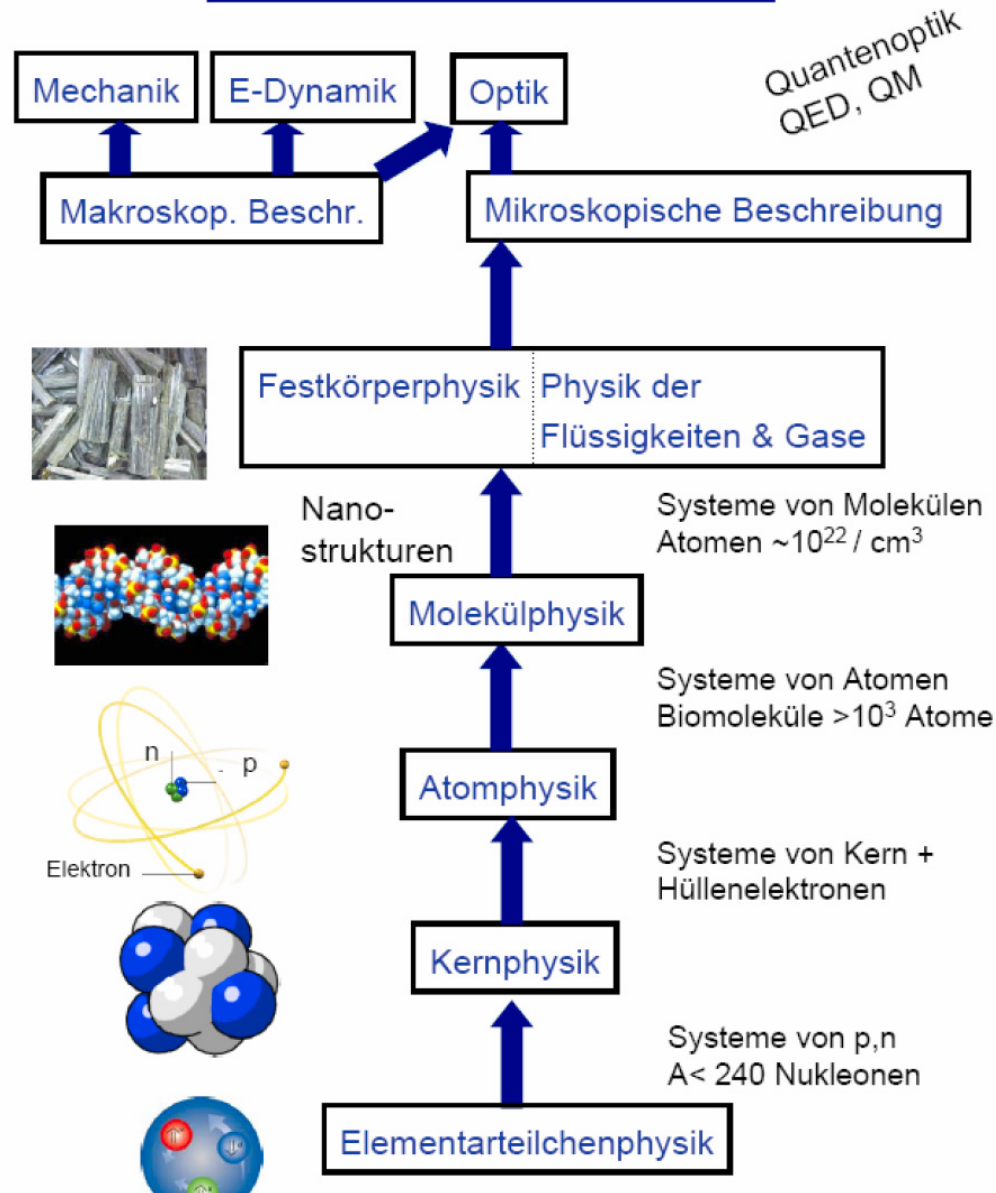


Einführung in die mathematischen Methoden

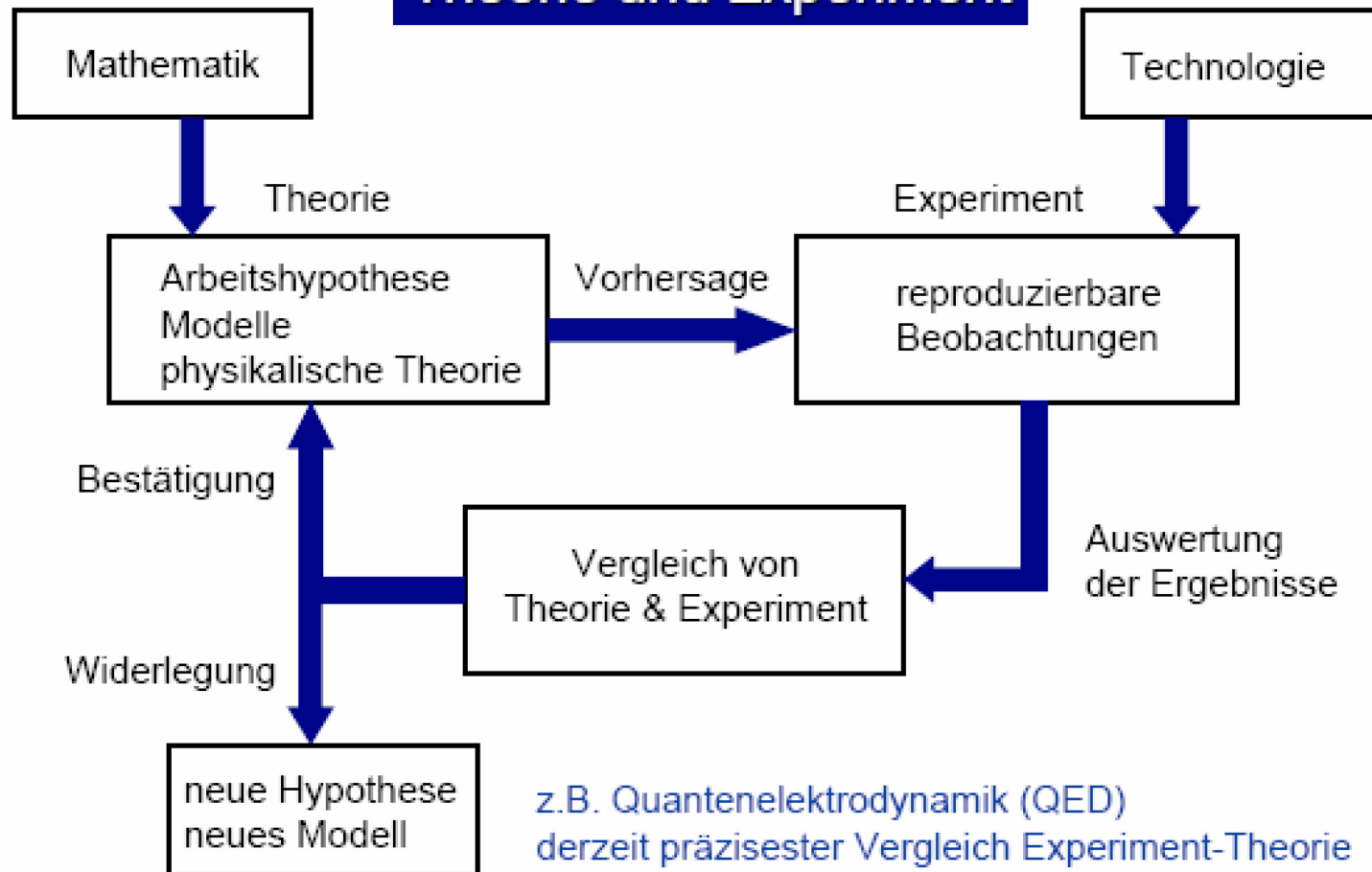


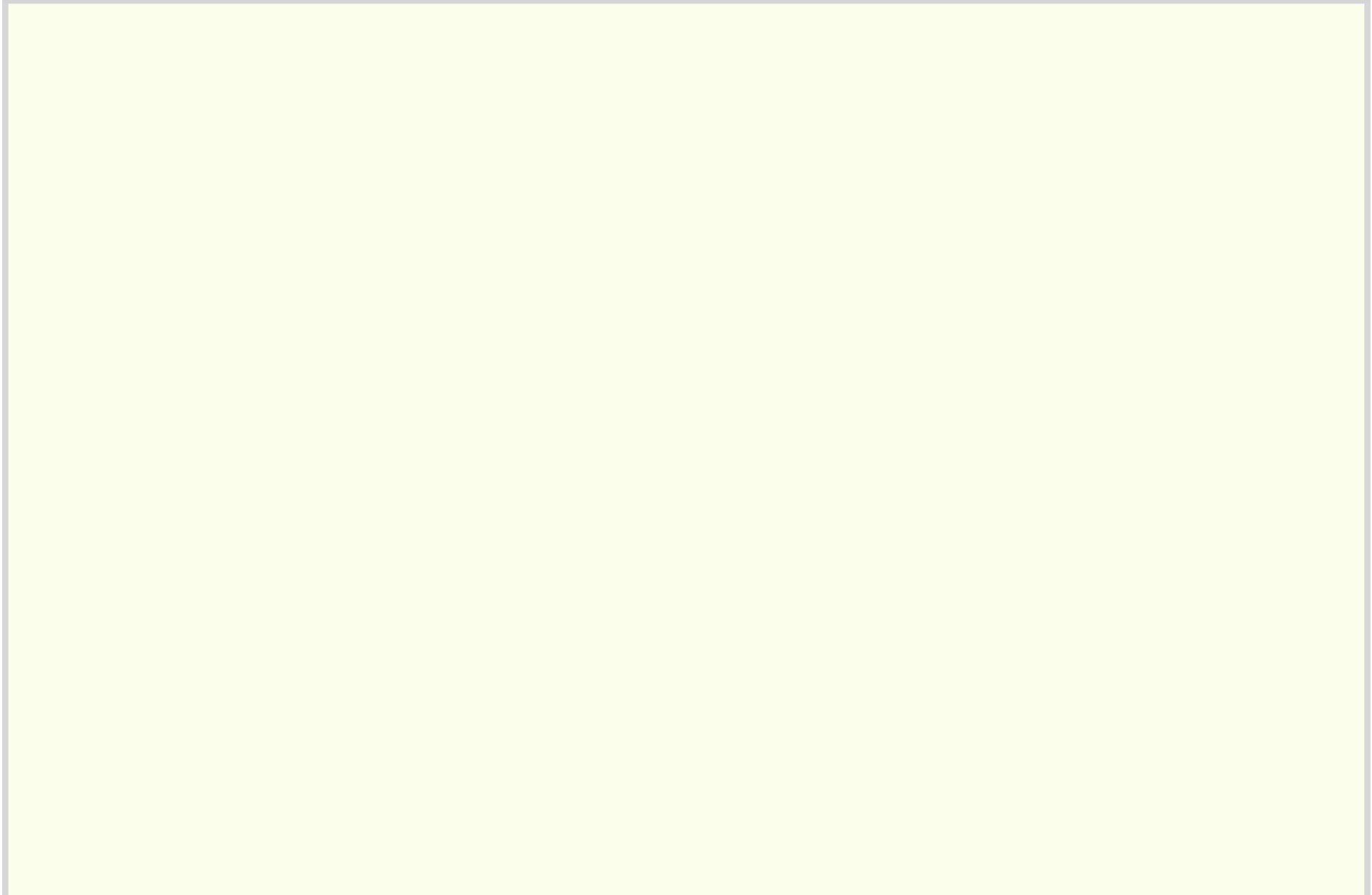
Standard der Ingenieur-Mathematik, gute Didaktik

Physikalisches Weltbild



Theorie und Experiment





DER LARGE HADRON COLLIDER AM CERN: DEM URKNALL AUF DER SPUR

Im Anfang war das Wort Johannes 1,1-2

ZWEI FUNDAMENTALE FRAGEN :

WIE IST DAS UNIVERSUM ENTSTANDEN ?

WORAUS BESTEHT DIE MATERIE MIT IHREN KRÄFTEN ?

BEIDE FRAGEN SIND MITEINANDER VERKNÜPFT :

VERSTÄNDNIS VON DER STRUKTUR DER MATERIE UND IHRER KRÄFTE

↔ BESSERES WISSEN ÜBER IHREN URSPRUNG

FÜR DIE SUCHE NACH DEN GESETZMÄßIGKEITEN :

**SCHAFTE IM LABOR ZUSTÄNDE WIE IN DEN ERSTEN ANFÄNGEN DES
UNIVERSUMS**

DAS UNIVERSUM IST VOR 13,7 MILLIARDEN JAHREN IN EINEM URKNALL ENTSTANDEN ("BIG BANG")

1. BEOBACHTUNG:

PRIMORDIALE HÄUFIGKEIT DER ELEMENTE 75% H, 24% He, <1% Li, ...

→ ELEMENTSYNTHESE IN DEN ERSTEN DREI MINUTEN

2. BEOBACHTUNG:

**DIE GALAXIEN ENTFERNEN SICH
VON EINANDER (Hubble 1930)**

**JE GRÖßER DIE ENTFERNUNG
DESTO SCHNELLER**

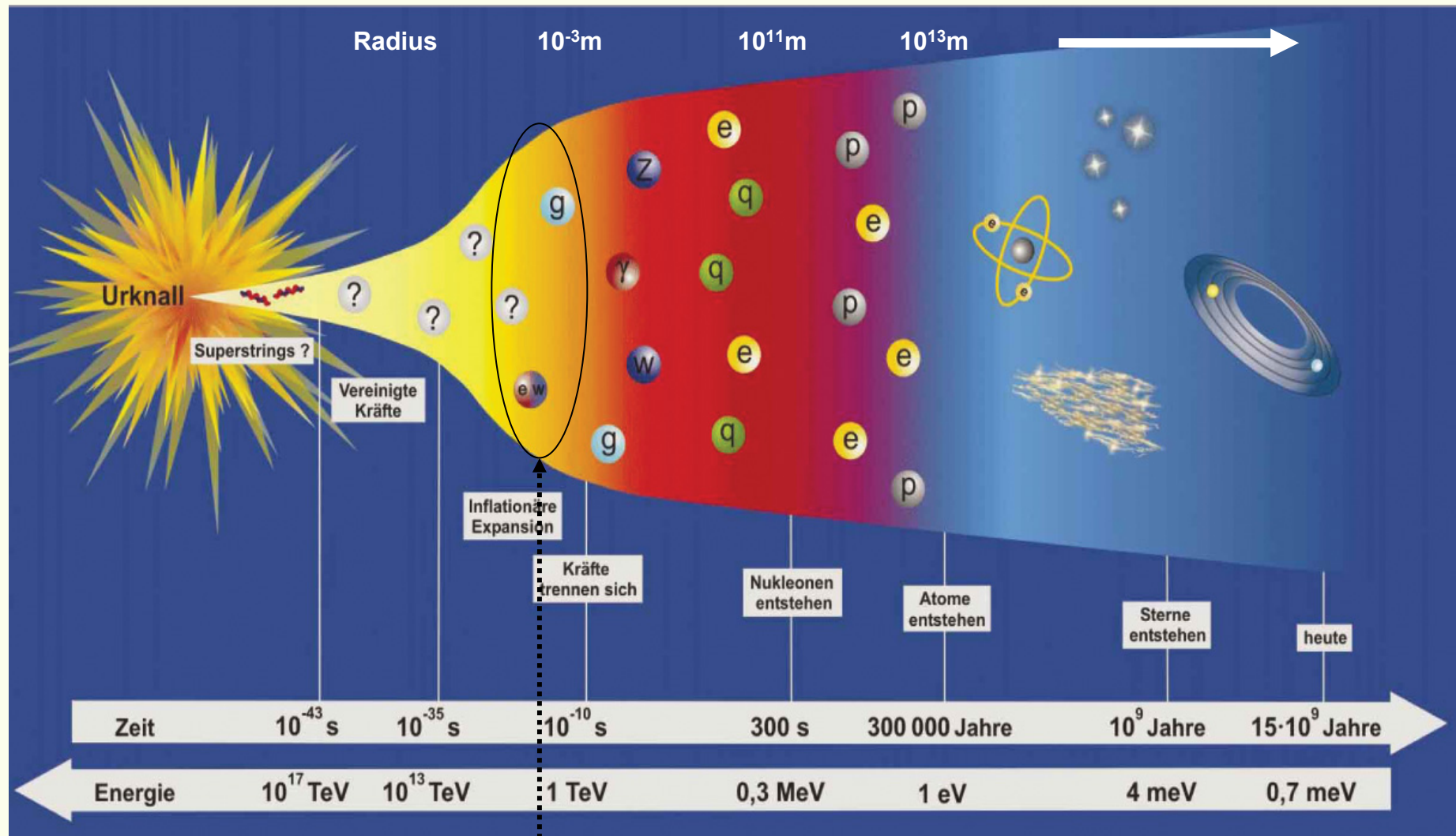


3. BEOBACHTUNG:

KOSMISCHE HINTERGRUNDSTRAHLUNG (Penzias, Wilson 1956)

2.7 K TEMPERATURSTRAHLUNG: „LICHTBLITZ“ DES URKNALLS

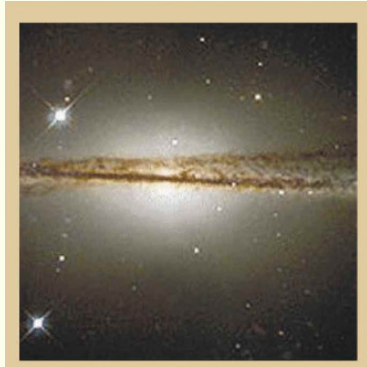
DIE ABKÜHLUNG DES UNIVERSUMS



Large Hadron Collider

„REICHWEITE“ UNSERER INSTRUMENTE

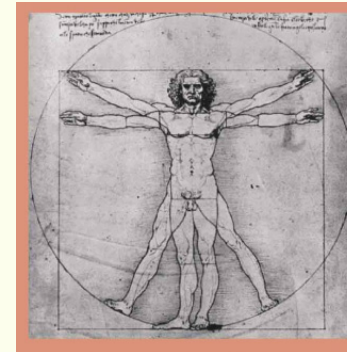
$10^{26} \text{ m} = 100.000.000.000.000.000.000.000.000 \text{ m}$



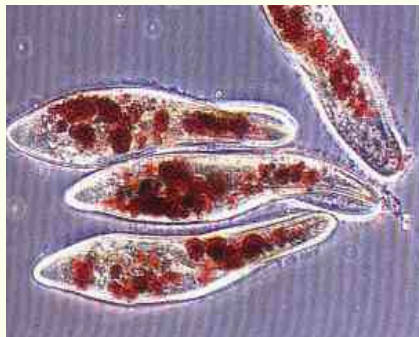
10^{26} m
Teleskop



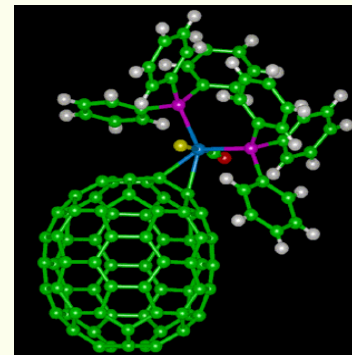
10^7 m
Fernrohr



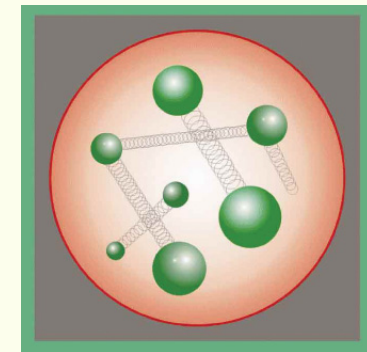
10^1 m
Auge



10^{-4} m
Mikroskop



10^{-8} m
Elektronenmikroskop



10^{-19} m
Teilchenbeschleuniger

$10^{-19} \text{ m} = 0.000.000.000.000.000.000.000.1 \text{ m}$

Was sind die kleinsten Teilchen (woraus besteht die Materie) ?

Brauche stärkstes Mikroskop der Welt !

**Welche Teilchen und Kräfte gibt es bzw. gab es im frühen Universum
(was sind die schwersten Bausteine der Natur) ?**

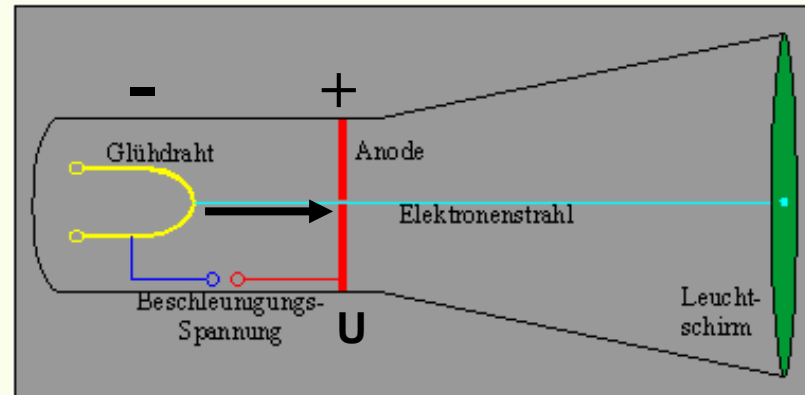
Brauche die höchsten Energien und Kollisionsraten, um sie zu erzeugen !

————→ **Moderne Teilchenbeschleuniger**

Wie kann man die Teilchen beobachten ?

————→ **Moderne Detektoren**

PRINZIP EINES TEILCHENBESCHLEUNIGERS: DIE BRAUNSCHE RÖHRE



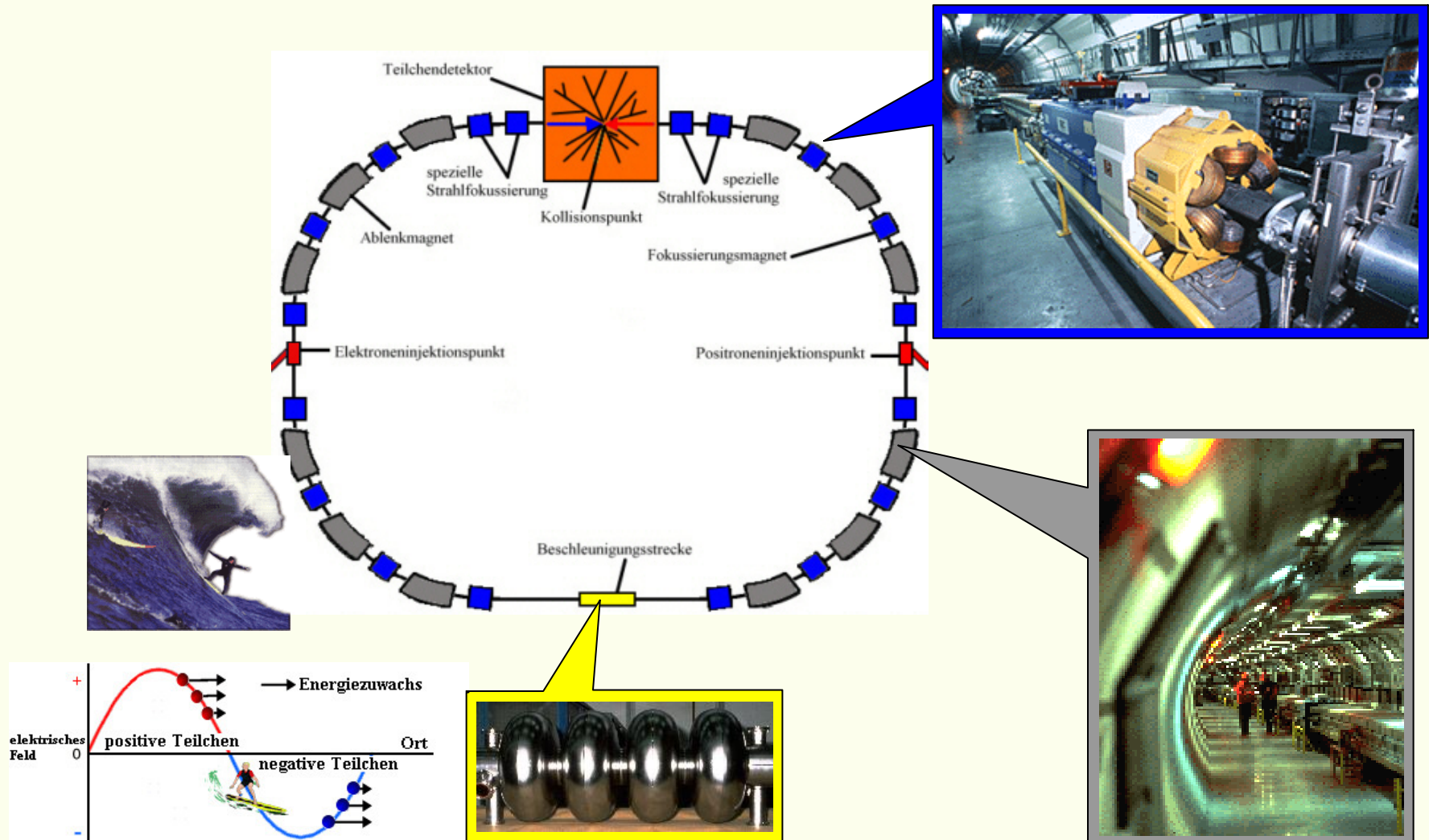
Beschleunigungsspannung $U = 1\text{Volt}$
 Beschleunigungsspannung $U = 1000\text{Volt}$

$\Rightarrow$ kinetische Energie = 1eV
 $\Rightarrow$ kinetische Energie = 1keV

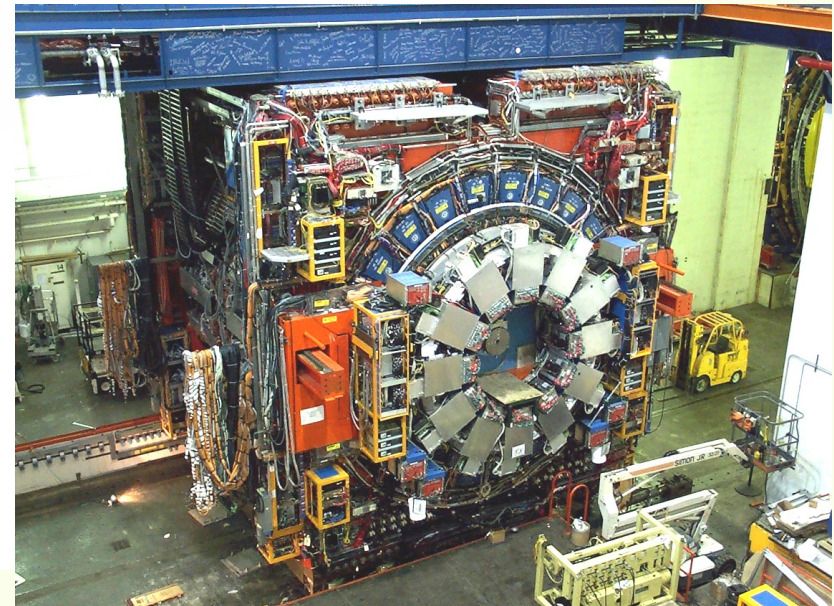
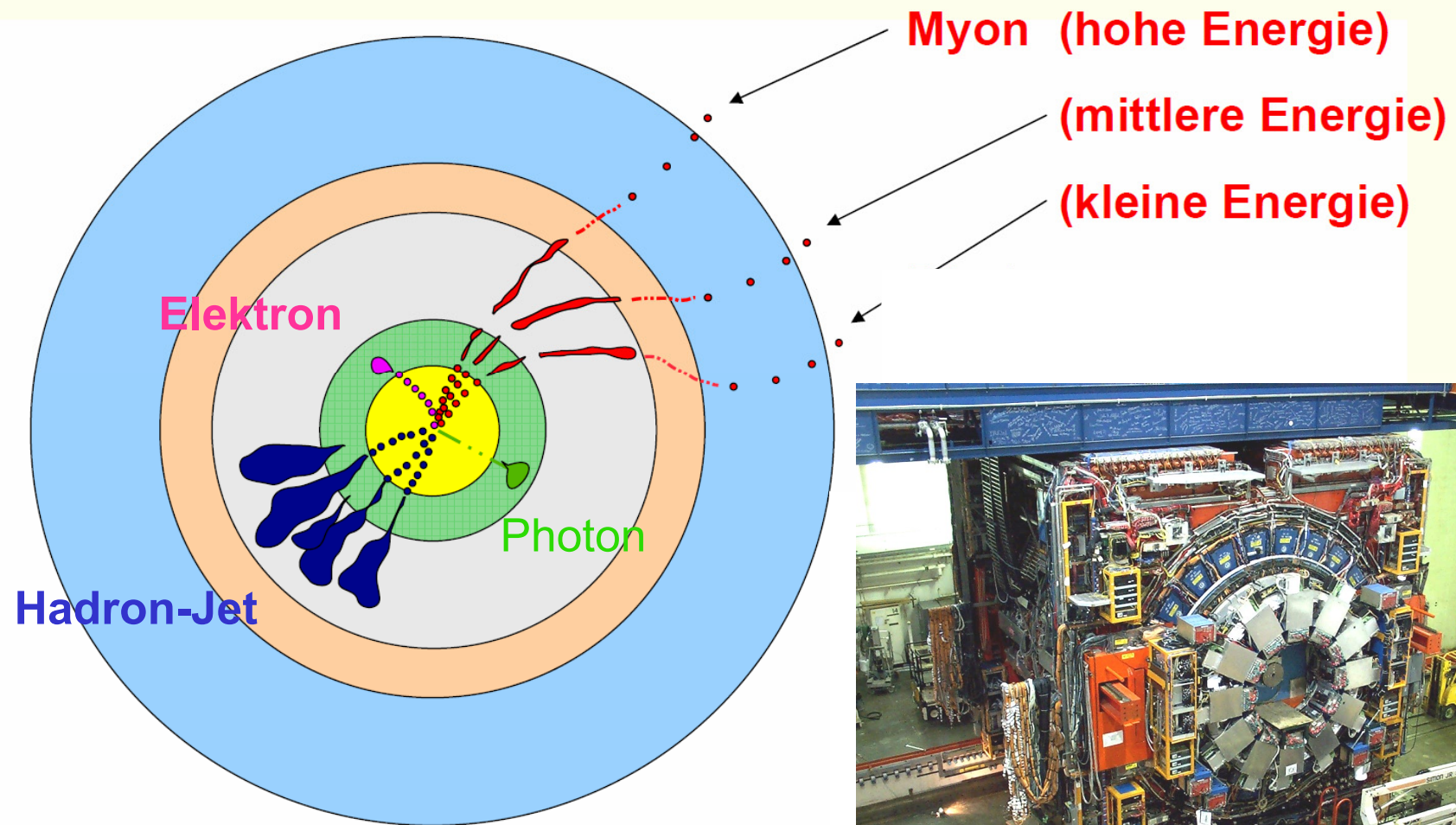
MODERNE ANFORDERUNGEN:

$10^{12}\text{eV} = 1\text{TeV}$

PRINZIP EINES KREISFÖRMIGEN TEILCHENBESCHLEUNIGERS:







Das CDF-Experiment am Fermilab

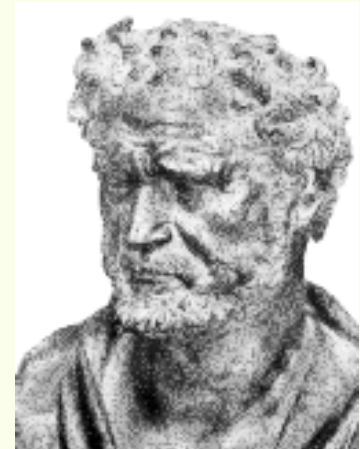
UNSER HEUTIGES VERSTÄNDNIS VON DER NATUR IST VON GRIECHISCHEN PHILOSOPHEN GEPRÄGT:

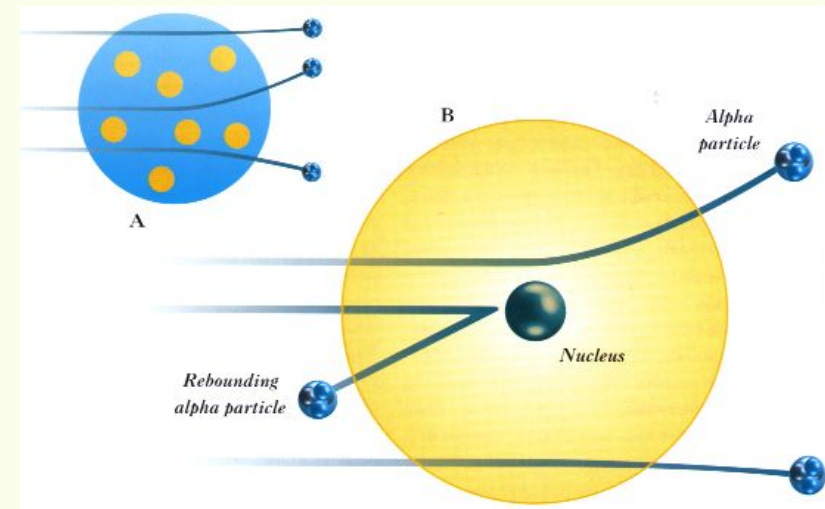
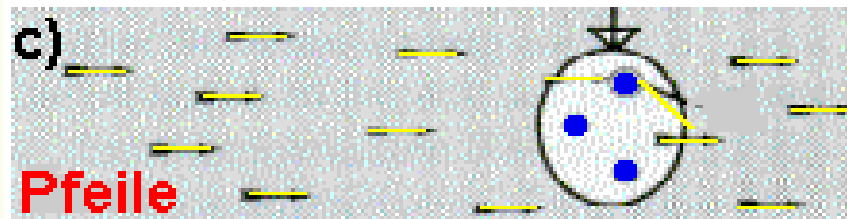
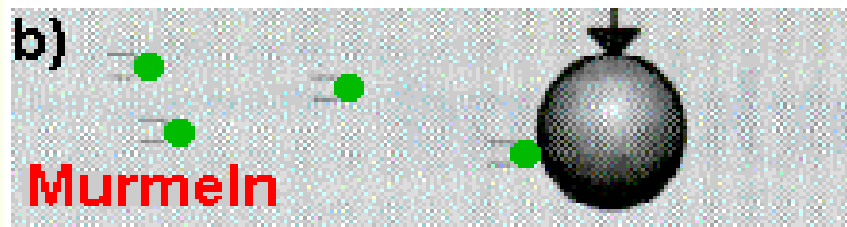
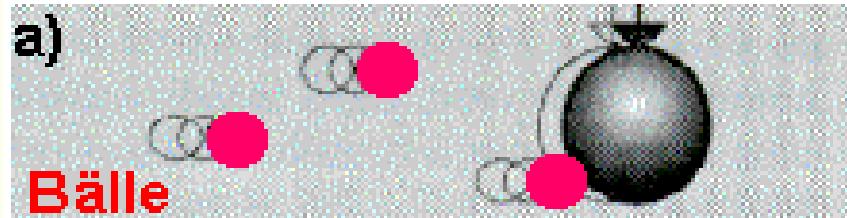
**"Denn weder gibt es beim Kleinen ja ein Kleinstes, sondern stets ein noch
Kleineres (denn es ist unmöglich, daß das Seiende zu sein aufhöre) - aber
auch beim Großen gibt es immer ein Größeres."**

Anaxagoras, 500-425 v. Chr.

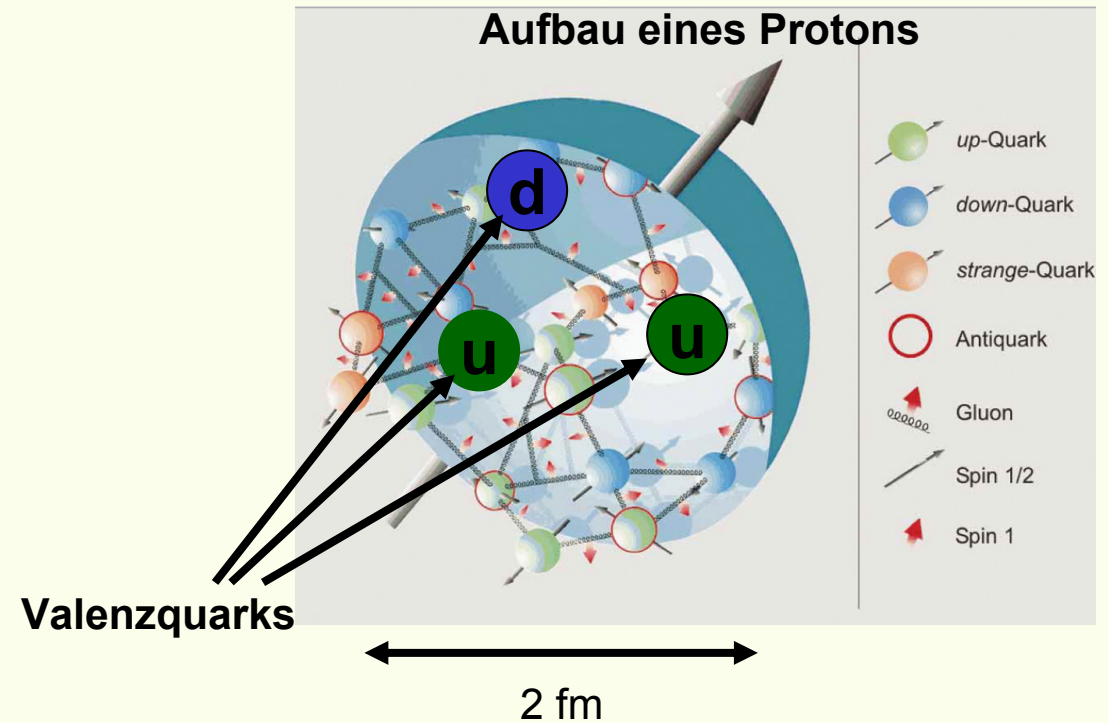
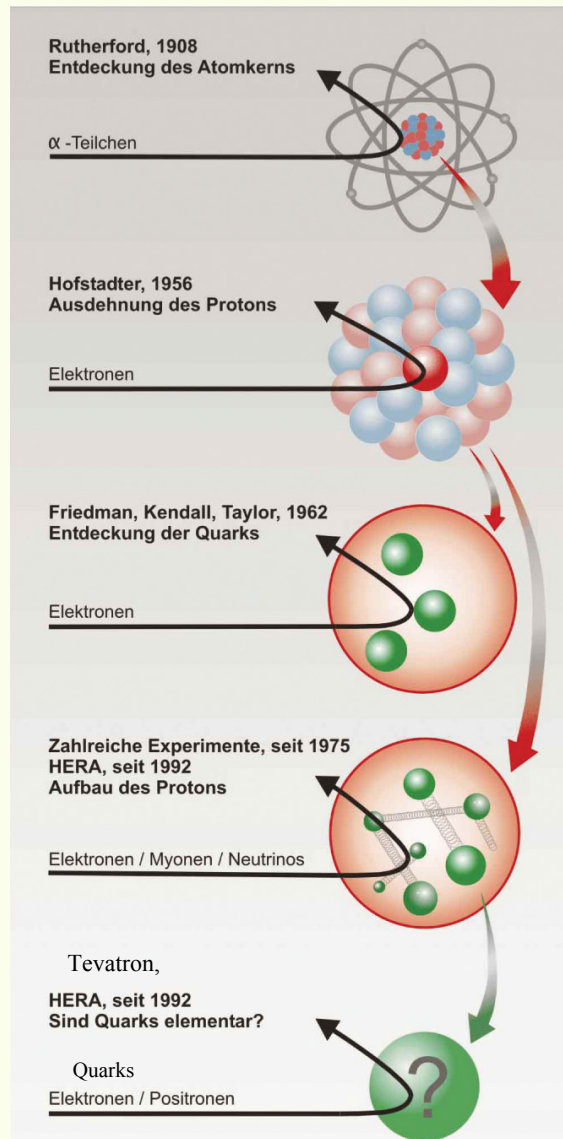
**"Der gebräuchlichen Redeweise nach gibt es Farbe, Süßes,
Bitteres, in Wahrheit aber nur die Atome und das Leere."
(ατομος = unteilbar)**

Démokrit, 460-370 v. Chr.





**Winkelverteilung der Projektile
nach der Streuung:**
HINWEIS AUF INNERE STRUKTUREN



**AUFBAU DES PROTONS;
LEPTONEN, QUARKS PUNKTFÖRMIG: $R < 10^{-19}$ m**

**PROTONEN SIND 100000x KLEINER
ALS ATOME (1911)**

Atomkern : Atomhülle

**= Knopf : Innenstadt
Karlsruhe**



**QUARKS, LEPTONEN SIND MIND. 10000x KLEINER
ALS PROTONEN (1998)**

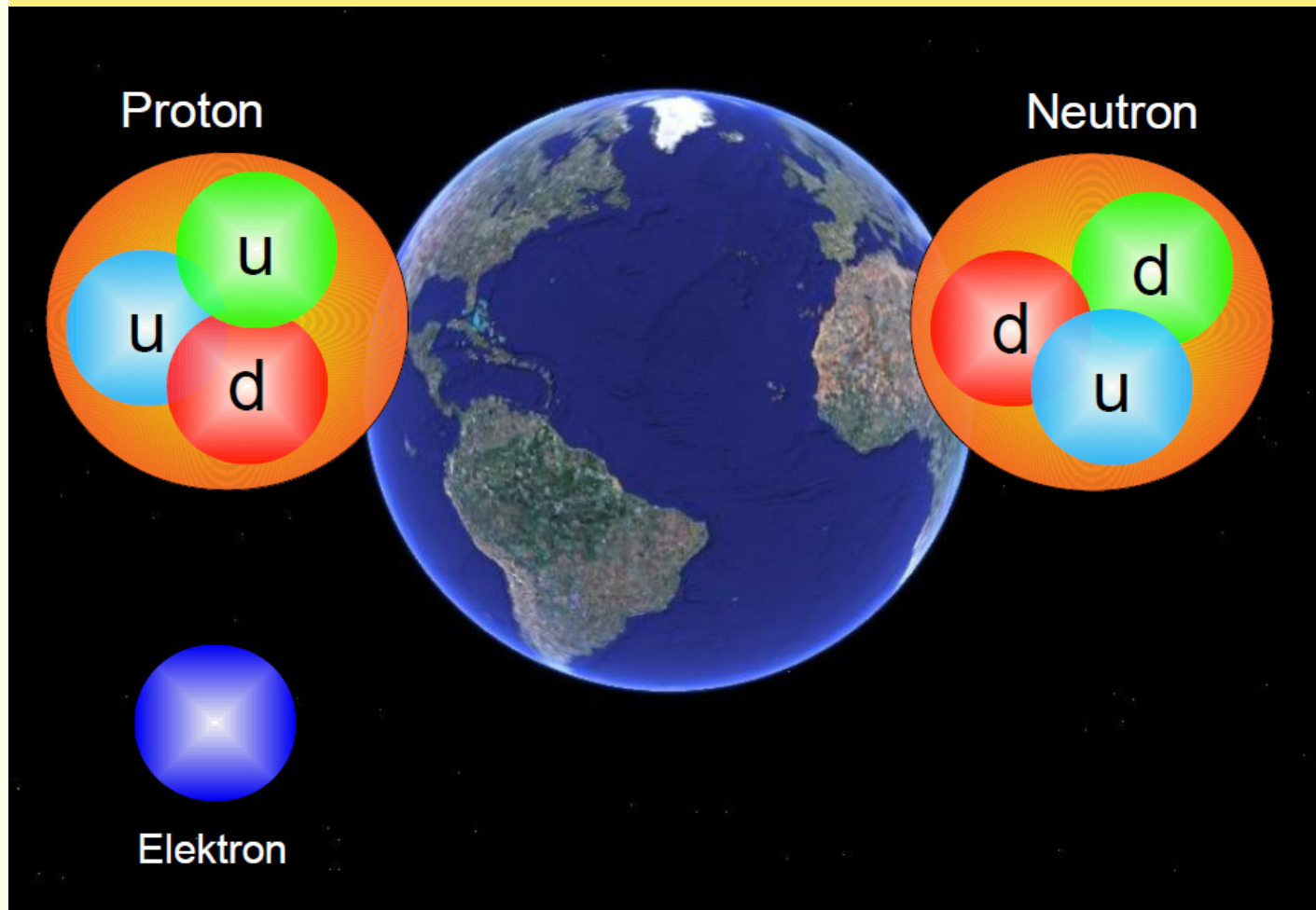
Quark : Atomhülle

< Knopf : Erde



(Quark : Stecknadelkopf < Stecknadelkopf : Sonnensystem, usw)

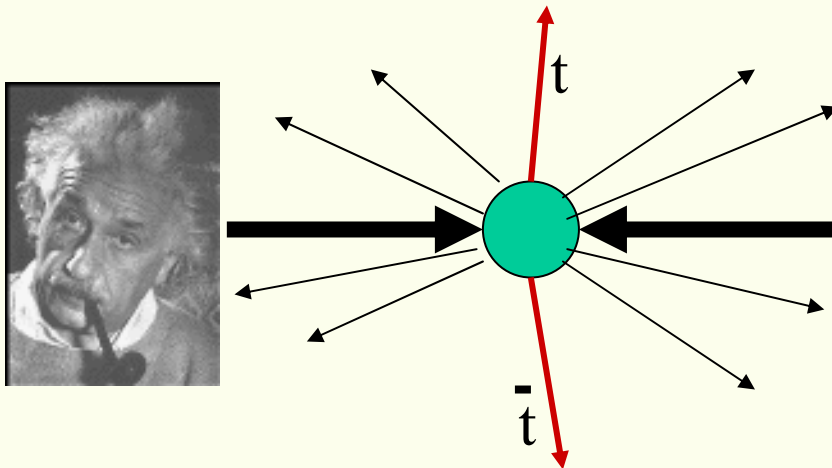
**DIE SICHTBARE WELT BESTEHT AUS QUARKS UND LEPTONEN
DER ERSTEN GENERATION: u , d , e^-**



IN DEN ERSTEN MILLIARDSTEL SEKUNDEN DES
UNIVERSUMS GAB ES OBJEKTE, DIE HEUTE LÄNGST
ZERFALLEN SIND

DIESE KÖNNEN AN TEILCHENBESCHLEUNIGERN IN
KLEINEN "URKNALLEN" AUS ENERGIE ERZEUGT
WERDEN, z.B.:

Top-Quarks (Entdeckung 1995):



ANWENDUNG: $E = mc^2$ (Albert Einstein)

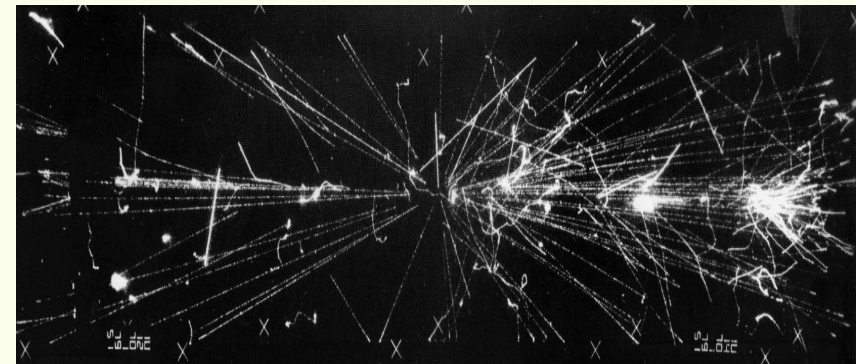
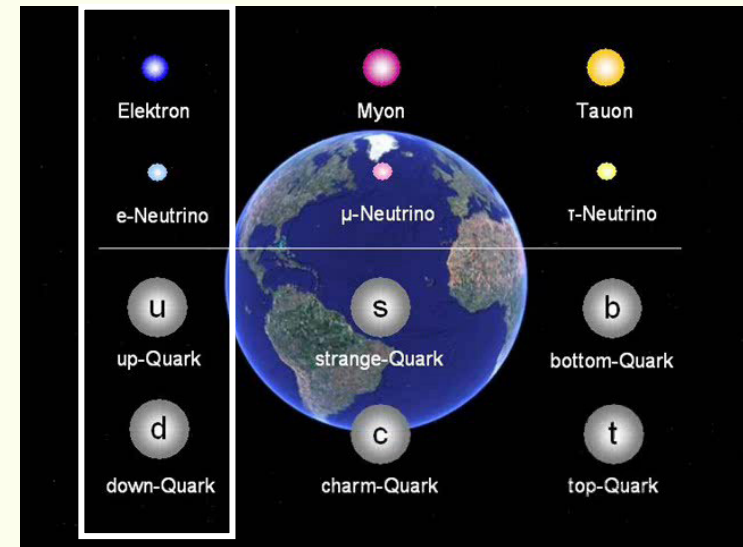


Foto eines „Mini-Urknalls“ 1981

GRAVITATION:

NEWTON (1642-1727):

GRAVITATIONSGESETZ



ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS:

MAXWELL (1831-1879):

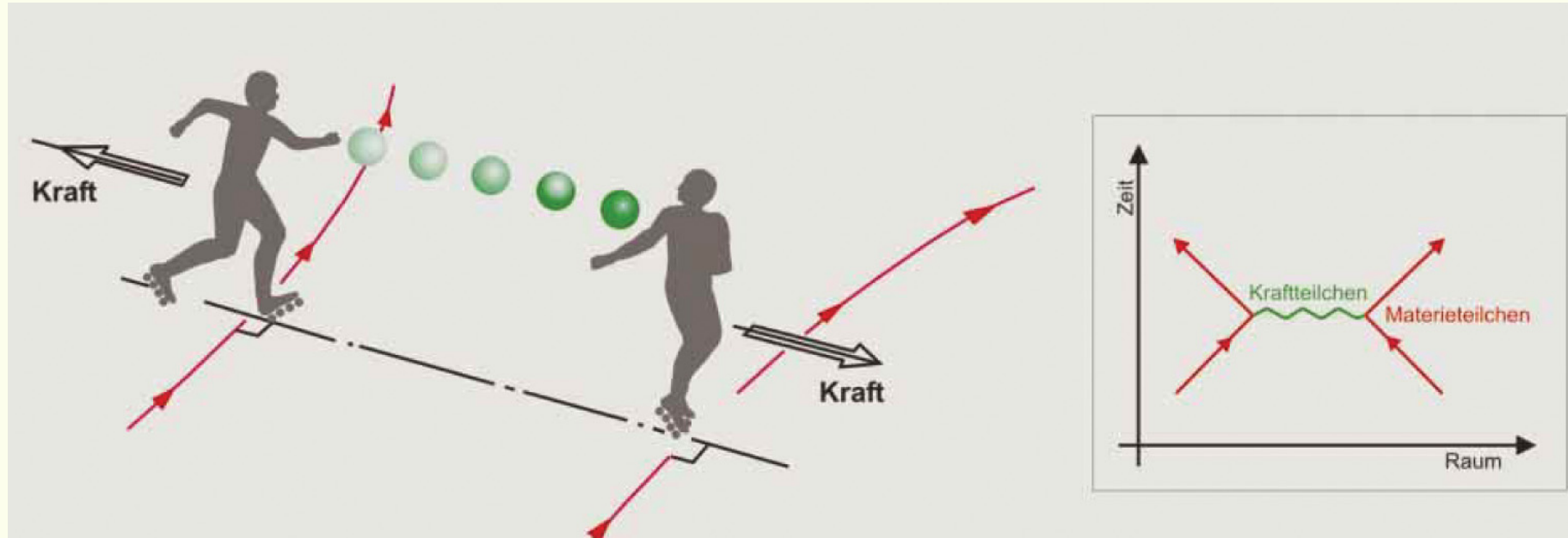
**VEREINIGUNG ELEKTROSTATIK
UND MAGNETISMUS**



**HEINRICH HERTZ (1857-94): ENTDECKUNG DER ELEKTRO-
MAGNETISCHEN WELLEN IN KARLSRUHE**

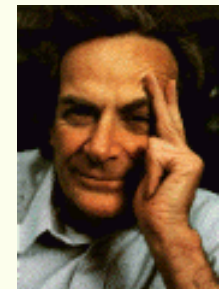


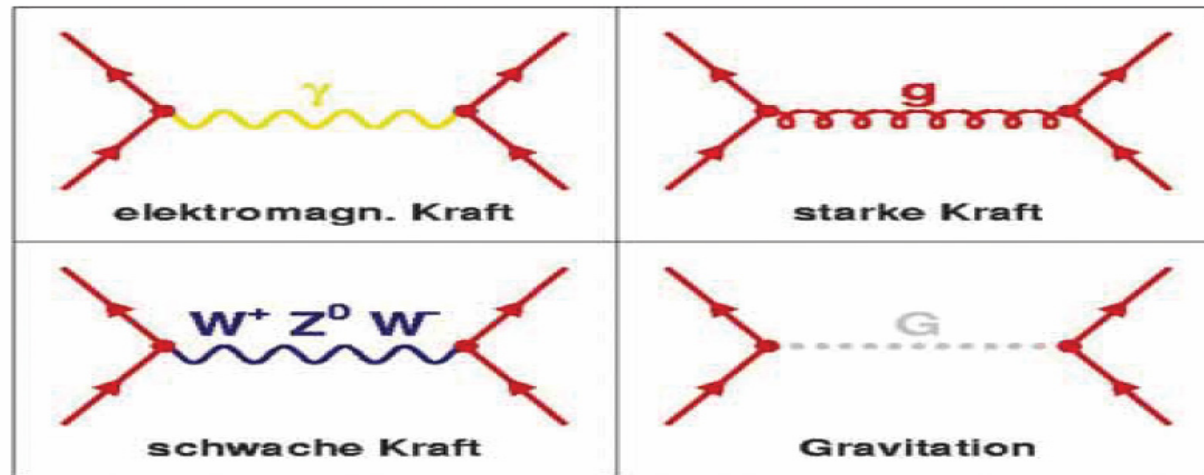
Heinrich Hertz (1857-1894). He taught and carried out research from 1885 to 1889 at the University of Karlsruhe.



ALLGEMEIN:

- KRÄFTE ENTSTEHEN DURCH AUSTAUSCH VON BOSONEN
- SCHEMATISCHE BESCHREIBUNG DURCH FEYNMANDIAGRAMME





◆ **Gravitation**

Anziehung von Massen

Stärke : 10^{-38}

Reichweite: unendlich

◆ **Schwache Wechselwirkung**

Bewirkt den radioaktiven Zerfall

Stärke : $1/100000$

Reichweite: sehr klein!

◆ **Elektromagnetische Wechselwirkung**

Gleiche Ladungen stoßen sich ab,
ungleiche ziehen sich an

Stärke : $1/100$

Reichweite: unendlich

◆ **Starke Wechselwirkung**

Anziehende Kraft zwischen den Quarks

Stärke : 1

Reichweite: $\sim 10^{-15} \text{m}$

UNSER HEUTIGES WELTBILD KENNT

12 FUNDAMENTALE MATERIETEILCHEN: QUARKS UND LEPTONEN

4 FUNDAMENTALE KRÄFTE

Die Teilchen sind höchstens 10^{-19} m groß.

Ob sie zusammengesetzt sind, ist nicht bekannt. Ich halte es für nicht naheliegend.

OFFENE FRAGEN:

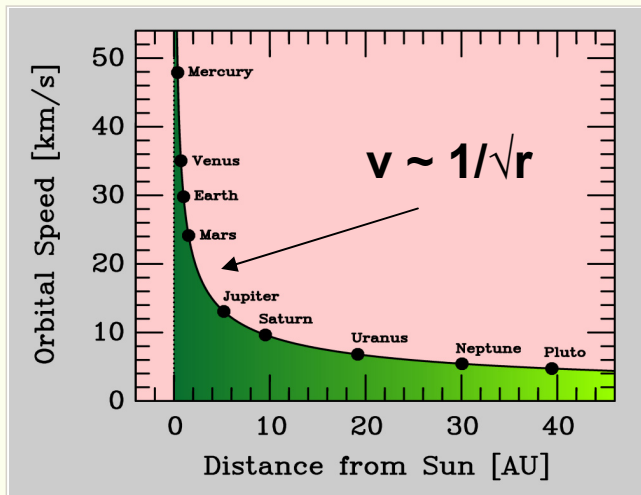
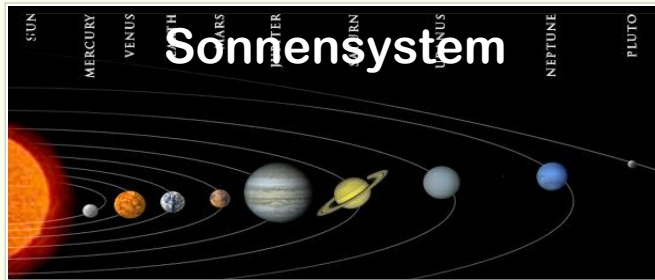
WIE BEKOMMEN TEILCHEN IHRE MASSE ?

WIESO GIBT ES NUR MATERIE IM HEUTIGEN UNIVERSUM ?

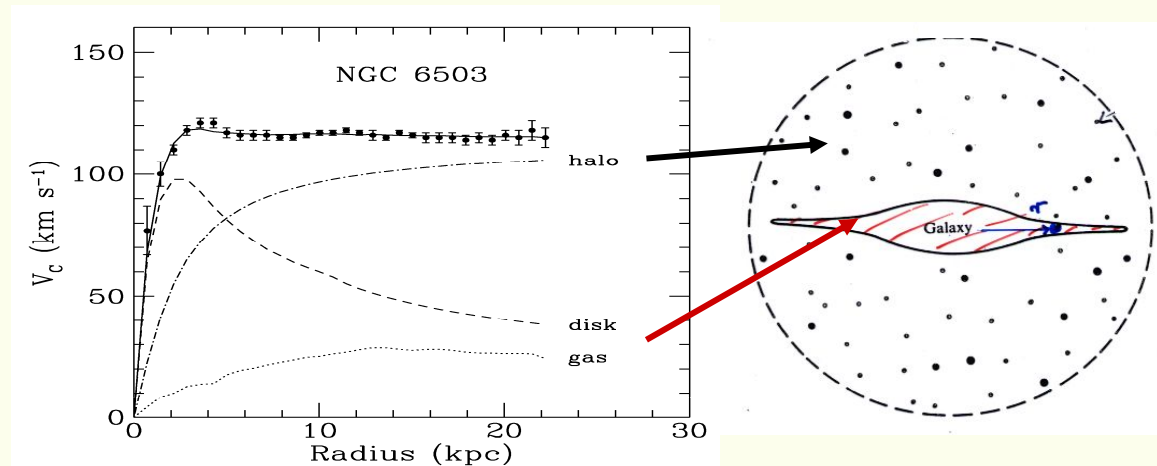
WIE ERKLÄRT SICH DIE VIELFALT DER TEILCHEN UND KRÄFTE ?

UND.....

1. ÜBERRASCHUNG IM UNIVERSUM: DUNKLE MATERIE

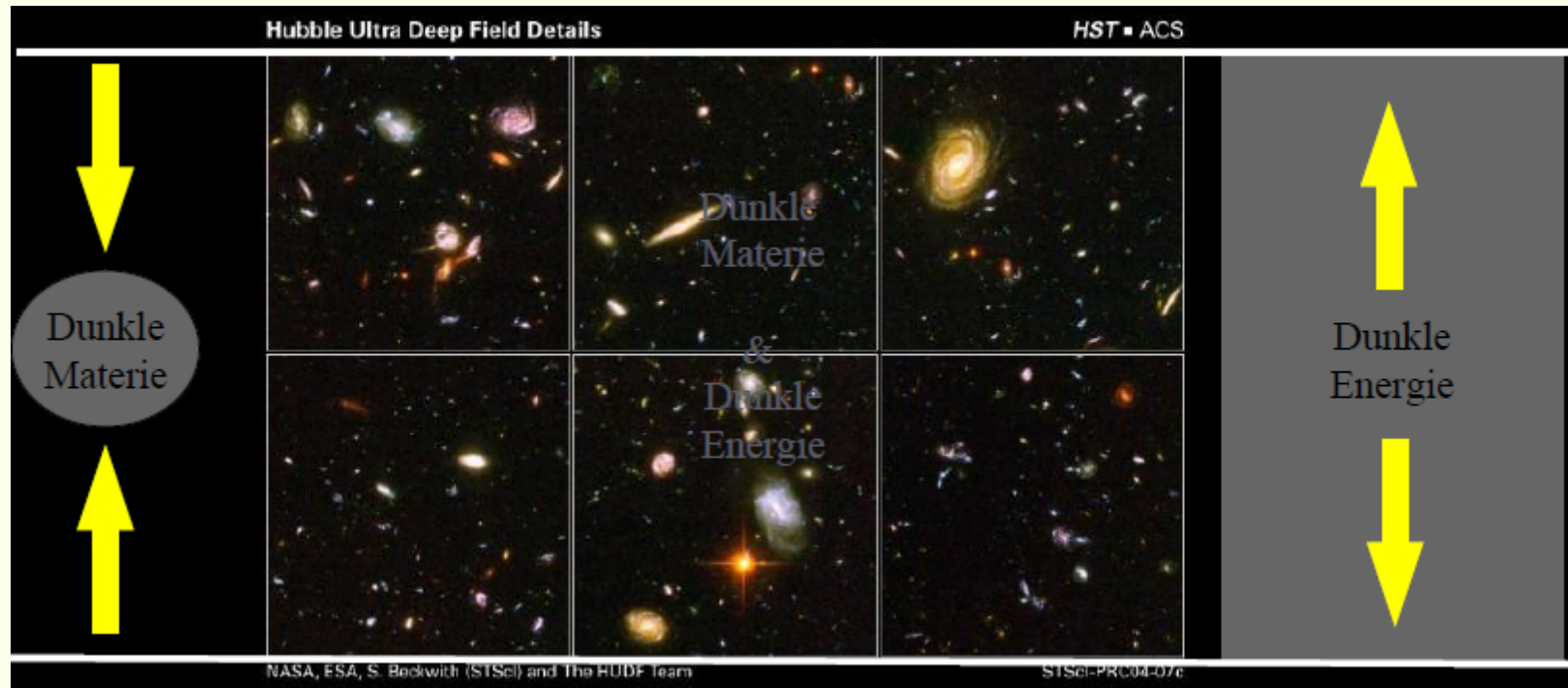


**Im Sonnensystem:
Gültigkeit von Keplers Gesetzen !**



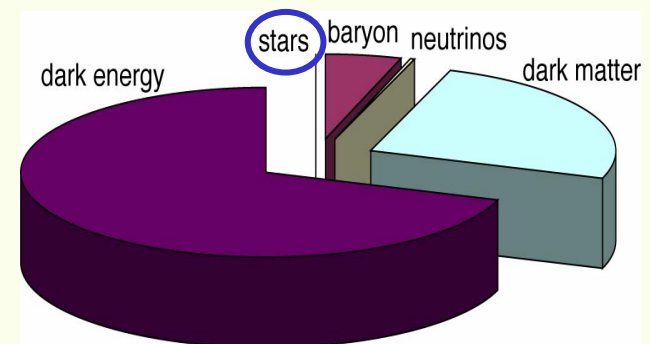
**In Galaxien und Galaxienhaufen:
Neue Form nicht-sichtbarer Masse !**

2. ÜBERRASCHUNG IM UNIVERSUM: DUNKLE ENERGIE

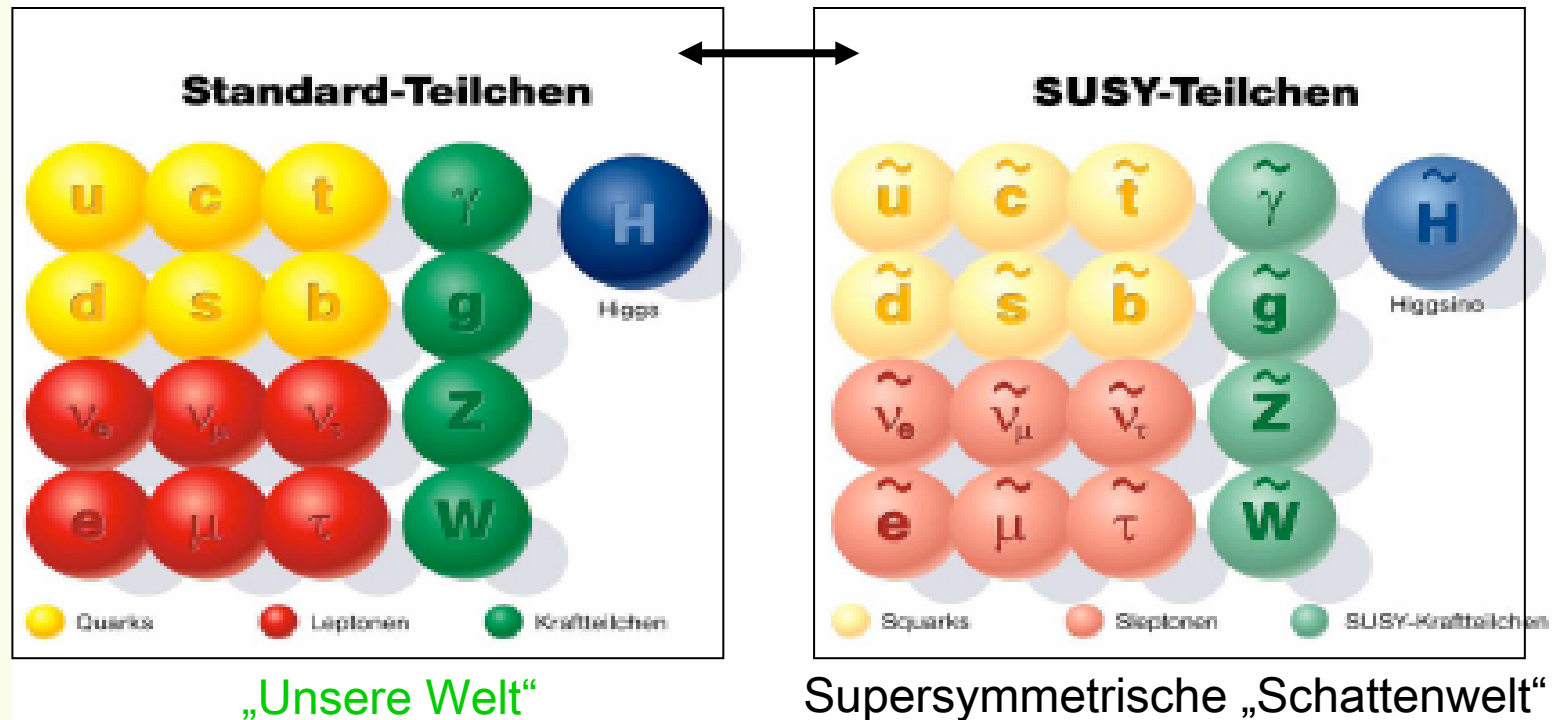


Das Universum dehnt sich immer schneller aus !

Die uns vertraute Materie macht nur 4,5 %
der Gesamtmasse des Universums aus!
Der Rest ist dunkel!

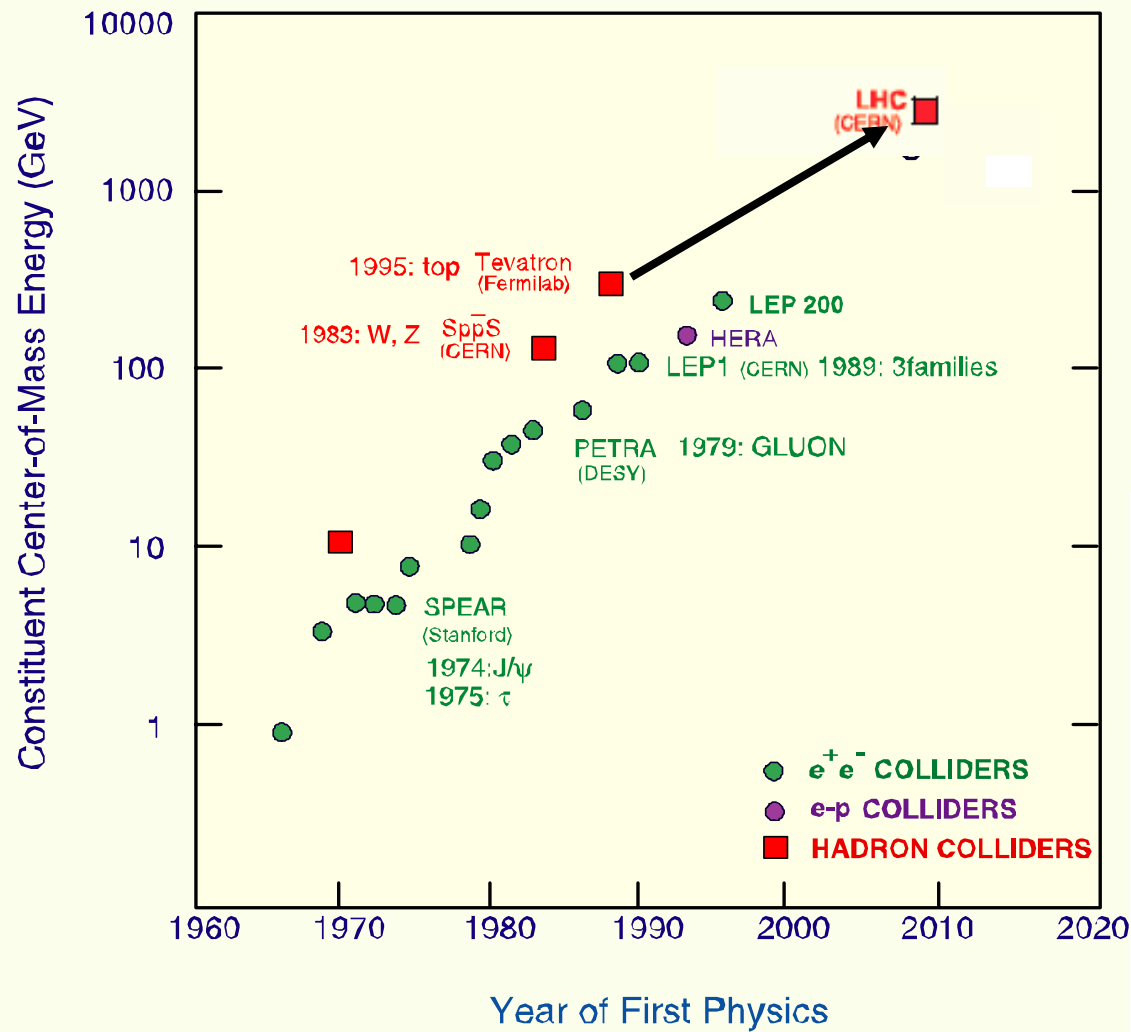


Supersymmetrie



Wenn es diese Teilchen gibt, müssen sie sehr schwer sein!
 Deren leichtestes würde die Dunkle Materie bilden.
 Die derzeitigen Beschleuniger sind zu „schwach“, es zu erzeugen

Zur Klärung dieser Fragen: deutlicher Leistungssprung der Beschleuniger nötig !



**LHC: Energie 7 X
Rate 100 X
mehr als Tevatron !**

