



# **Was ist Physik ?**

Peter Schleper

Hamburg, 22.10.03

# Was ist Physik ?

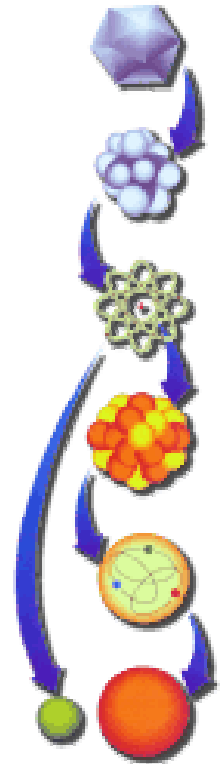
Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

Brockhaus:

Die Wissenschaft von den Naturvorgängen im Bereich der unbelebten Materie, die experimenteller Erforschung, messender Erfassung & math. Darstellung zugänglich sind und allgemein gueltigen Gesetzen unterliegen.

**Physik ist:** schwierig, ein riesiges Feld,  
arrogant in den Fragestellungen,  
die Neugier auf Neues,  
(einer) meiner Lebensaufgaben

- Von groessen, kleinen und komplexen Dingen
- Von Hogwarts, Muggeln und der spanischen Koenigin
- Der Stand der Physik



# Warum Physik (Studieren) ?

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

Meine Motivation: Segeln gegen den Wind  
erster Kontakt mit Physik in der Schule

- **Theorie:** unklar
- **Experiment:** ueberzeugend

Spaeter: erstklassige Lehrer



**Neugierde:**

- Wie funktioniert die Natur ? .....physik. Gesetze
- Warum ist sie, wie sie ist ? .....die grossen Fragen
- Wie kann man das nutzen ? .....Anwendungen

# Feuer Erde Wasser Luft

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

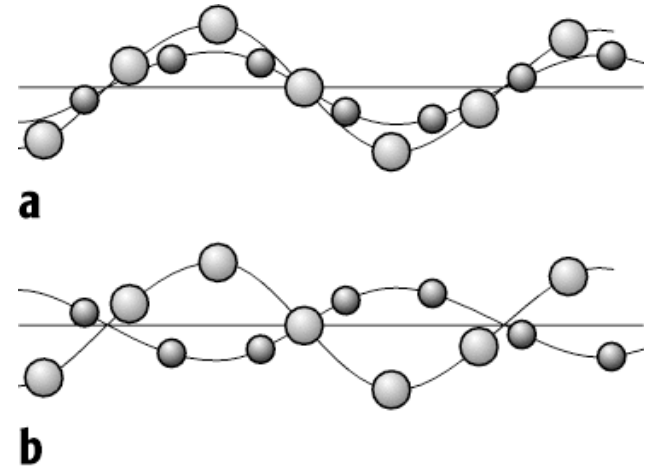
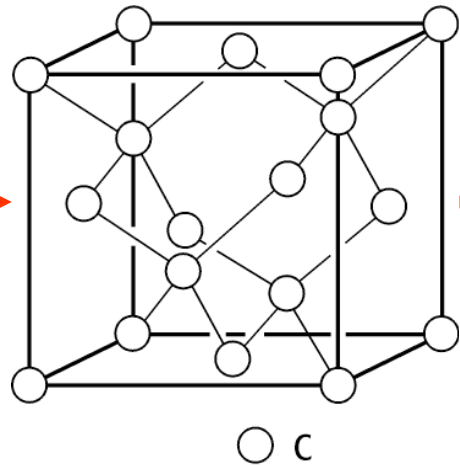
|   | I                        | II                       | IIIb                     | IVb                       | Vb                        | VIb                       | VIIb                      | VIIIb                    | IB                       | IIB                      | III                      | IV                       | V                         | VI                       | VII                       | VIII                      |                           |                           |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 1<br><b>H</b><br>1,007   |                          |                          |                           |                           |                           |                           |                          |                          |                          |                          |                          |                           |                          |                           | 2<br><b>He</b><br>4,002   |                           |                           |
| 2 | 3<br><b>Li</b><br>6,941  | 4<br><b>Be</b><br>9,012  |                          |                           |                           |                           |                           |                          |                          |                          | 5<br><b>B</b><br>10,81   | 6<br><b>C</b><br>12,01   | 7<br><b>N</b><br>14,00    | 8<br><b>O</b><br>15,99   | 9<br><b>F</b><br>18,99    | 10<br><b>Ne</b><br>20,17  |                           |                           |
| 3 | 11<br><b>Na</b><br>22,98 | 12<br><b>Mg</b><br>24,30 |                          |                           |                           |                           |                           |                          |                          |                          | 13<br><b>Al</b><br>26,98 | 14<br><b>Si</b><br>28,08 | 15<br><b>P</b><br>30,97   | 16<br><b>S</b><br>32,06  | 17<br><b>Cl</b><br>35,45  | 18<br><b>Ar</b><br>39,94  |                           |                           |
| 4 | 19<br><b>K</b><br>39,09  | 20<br><b>Ca</b><br>40,07 | 21<br><b>Sc</b><br>44,95 | 22<br><b>Ti</b><br>47,88  | 23<br><b>V</b><br>50,94   | 24<br><b>Cr</b><br>51,99  | 25<br><b>Mn</b><br>54,93  | 26<br><b>Fe</b><br>55,84 | 27<br><b>Co</b><br>58,93 | 28<br><b>Ni</b><br>58,69 | 29<br><b>Cu</b><br>63,54 | 30<br><b>Zn</b><br>65,39 | 31<br><b>Ga</b><br>69,72  | 32<br><b>Ge</b><br>72,61 | 33<br><b>As</b><br>74,92  | 34<br><b>Se</b><br>78,96  | 35<br><b>Br</b><br>79,90  | 36<br><b>Kr</b><br>83,8   |
| 5 | 37<br><b>Rb</b><br>85,46 | 38<br><b>Sr</b><br>87,62 | 39<br><b>Y</b><br>88,90  | 40<br><b>Zr</b><br>91,22  | 41<br><b>Nb</b><br>92,90  | 42<br><b>Mo</b><br>95,94  | 43<br><b>Tc</b><br>98,90  | 44<br><b>Ru</b><br>101,0 | 45<br><b>Rh</b><br>102,9 | 46<br><b>Pd</b><br>106,4 | 47<br><b>Ag</b><br>107,8 | 48<br><b>Cd</b><br>112,4 | 49<br><b>In</b><br>114,8  | 50<br><b>Sn</b><br>118,7 | 51<br><b>Sb</b><br>121,7  | 52<br><b>Te</b><br>127,6  | 53<br><b>I</b><br>126,9   | 54<br><b>Xe</b><br>131,2  |
| 6 | 55<br><b>Cs</b><br>132,9 | 56<br><b>Ba</b><br>137,3 |                          | 72<br><b>Hf</b><br>178,4  | 73<br><b>Ta</b><br>180,9  | 74<br><b>W</b><br>183,8   | 75<br><b>Re</b><br>186,2  | 76<br><b>Os</b><br>190,2 | 77<br><b>Ir</b><br>192,2 | 78<br><b>Pt</b><br>195,0 | 79<br><b>Au</b><br>196,9 | 80<br><b>Hg</b><br>200,5 | 81<br><b>Tl</b><br>204,3  | 82<br><b>Pb</b><br>207,2 | 83<br><b>Bi</b><br>208,9  | 84<br><b>Po</b><br>208,9  | 85<br><b>At</b><br>209,9  | 86<br><b>Rn</b><br>222,0  |
| 7 | 87<br><b>Fr</b><br>223,0 | 88<br><b>Ra</b><br>226,0 |                          | 104<br><b>Rf</b><br>261,1 | 105<br><b>Db</b><br>262,1 | 106<br><b>Sg</b><br>263,1 | 107<br><b>Bh</b><br>262,1 | 108<br><b>Hs</b><br>265  | 109<br><b>Mt</b><br>266  | 110<br><b>Ds</b><br>269  | 111<br><b>Uuu</b><br>272 | 112<br><b>Uub</b><br>277 | ©2003 periodensystem.info |                          |                           |                           |                           |                           |
|   |                          |                          |                          | 57<br><b>La</b><br>138,9  | 58<br><b>Ce</b><br>140,1  | 59<br><b>Pr</b><br>140,9  | 60<br><b>Nd</b><br>144,2  | 61<br><b>Pm</b><br>146,9 | 62<br><b>Sm</b><br>150,3 | 63<br><b>Eu</b><br>151,9 | 64<br><b>Gd</b><br>157,2 | 65<br><b>Tb</b><br>158,9 | 66<br><b>Dy</b><br>162,5  | 67<br><b>Ho</b><br>164,9 | 68<br><b>Er</b><br>167,2  | 69<br><b>Tm</b><br>168,9  | 70<br><b>Yb</b><br>173,0  | 71<br><b>Lu</b><br>174,9  |
|   |                          |                          |                          | 89<br><b>Ac</b><br>227,0  | 90<br><b>Th</b><br>232,0  | 91<br><b>Pa</b><br>231,0  | 92<br><b>U</b><br>238,0   | 93<br><b>Np</b><br>237,0 | 94<br><b>Pu</b><br>244,0 | 95<br><b>Am</b><br>243,0 | 96<br><b>Cm</b><br>247,0 | 97<br><b>Bk</b><br>247,0 | 98<br><b>Cf</b><br>251,0  | 99<br><b>Es</b><br>252,0 | 100<br><b>Fm</b><br>257,0 | 101<br><b>Md</b><br>258,0 | 102<br><b>No</b><br>259,1 | 103<br><b>Lr</b><br>260,1 |

Erklärung  
makroskopischer  
Effekte

Eigenschaften der Elemente: Elektron + Elektromagn.  
Warum diese Elemente ? p, n Kombinationen im Kern  
Warum p,n ? Quark Kombinationen + Starke Kraft

# Kollektive Systeme

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

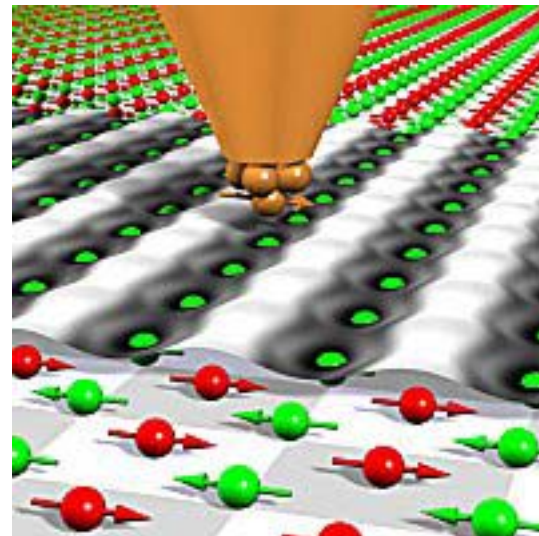


- Modellbildung
- Anwendungen

Mikroelektronik:  $10^{-6}$  m

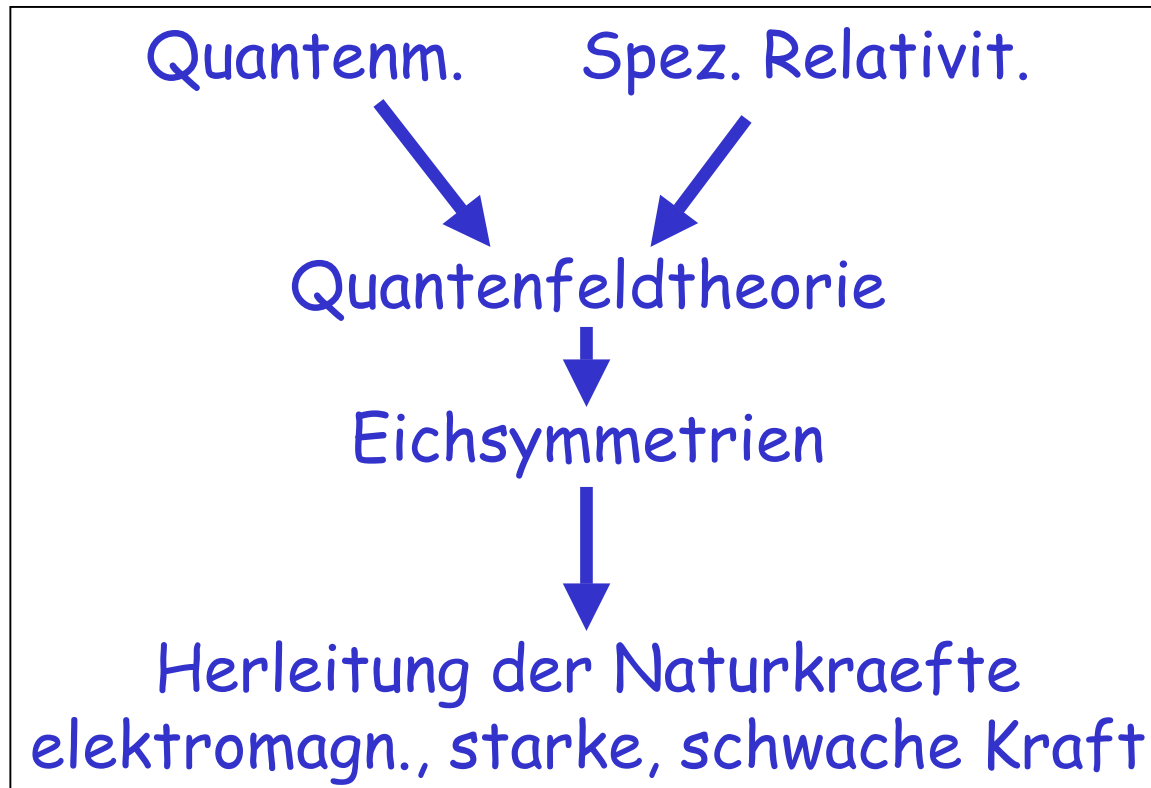
Nanosysteme:  $10^{-9}$  m

Technik mit einzelnen Atomen !



# Theorien der Physik

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04



TOE: Theory of Everything

String - Theorie  
Allgemeine Relativ.

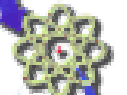
• Festkoerper



• Molekuele



• Kerne



• Teilchen



# Grundbausteine der Natur

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

Austauschteilchen

Elementarteilchen

Materieteilchen

## BOSONS

force carriers  
spin = 0, 1, 2, ...

### Unified Electroweak spin = 1

| Name               | Mass<br>GeV/c <sup>2</sup> | Electric<br>charge |
|--------------------|----------------------------|--------------------|
| $\gamma$<br>photon | 0                          | 0                  |
| $W^-$              | 80.4                       | -1                 |
| $W^+$              | 80.4                       | +1                 |
| $Z^0$              | 91.187                     | 0                  |

### Strong (color) spin = 1

| Name              | Mass<br>GeV/c <sup>2</sup> | Electric<br>charge |
|-------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>g</b><br>gluon | 0                          | 0                  |

## FERMIONS

matter constituents  
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

### Leptons spin = 1/2

| Flavor                       | Mass<br>GeV/c <sup>2</sup> | Electric<br>charge |
|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| $\nu_e$ electron neutrino    | $<1 \times 10^{-8}$        | 0                  |
| <b>e</b> electron            | 0.000511                   | -1                 |
| $\nu_\mu$ muon neutrino      | $<0.0002$                  | 0                  |
| <b><math>\mu</math></b> muon | 0.106                      | -1                 |
| $\nu_\tau$ tau neutrino      | $<0.02$                    | 0                  |
| <b><math>\tau</math></b> tau | 1.7771                     | -1                 |

### Quarks spin = 1/2

| Flavor           | Approx.<br>Mass<br>GeV/c <sup>2</sup> | Electric<br>charge |
|------------------|---------------------------------------|--------------------|
| <b>u</b> up      | 0.003                                 | 2/3                |
| <b>d</b> down    | 0.006                                 | -1/3               |
| <b>c</b> charm   | 1.3                                   | 2/3                |
| <b>s</b> strange | 0.1                                   | -1/3               |
| <b>t</b> top     | 175                                   | 2/3                |
| <b>b</b> bottom  | 4.3                                   | -1/3               |

Warum diese Massen ?  
Higgs Teilchen !?

Warum Unterschied fuer  
Fermionen und Bosonen ?  
Supersymmetrie !?

# Theorien der Sonne

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04



## 1. Theorie:

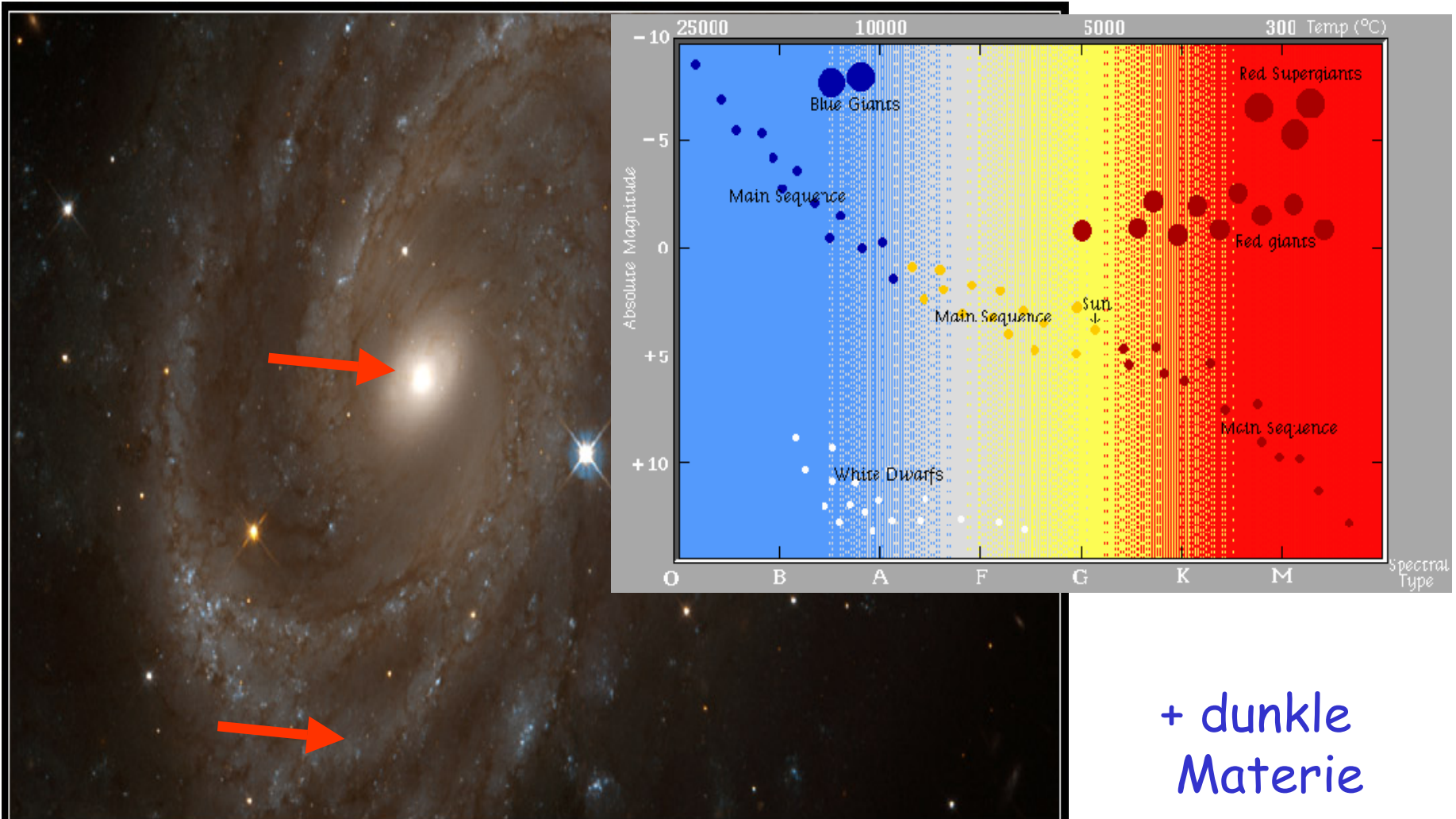
Helios zieht jeden Morgen mit seinem Streitwagen und vier feurigen Roessern ueber das Himmelsgewoelbe...

## 2. Theorie

- 150 Mil. km entfernt,  $10^{30}$  kg schwer,
- 4 Protonen  $\rightarrow$  Helium + 2 Anti-Elektronen + 2 Neutrinos
- energetisch guentiger durch "Starke Kraft",
- aber eigentlich unmoeglich, da 15 Mil. Grad nicht ausreichen fuer Coulomb Abstossung der Protonen
- erlaubt wegen Tunneleffekt der Quantenmechanik

# Strukturen

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04



+ dunkle  
Materie

Galaxy NGC 4603

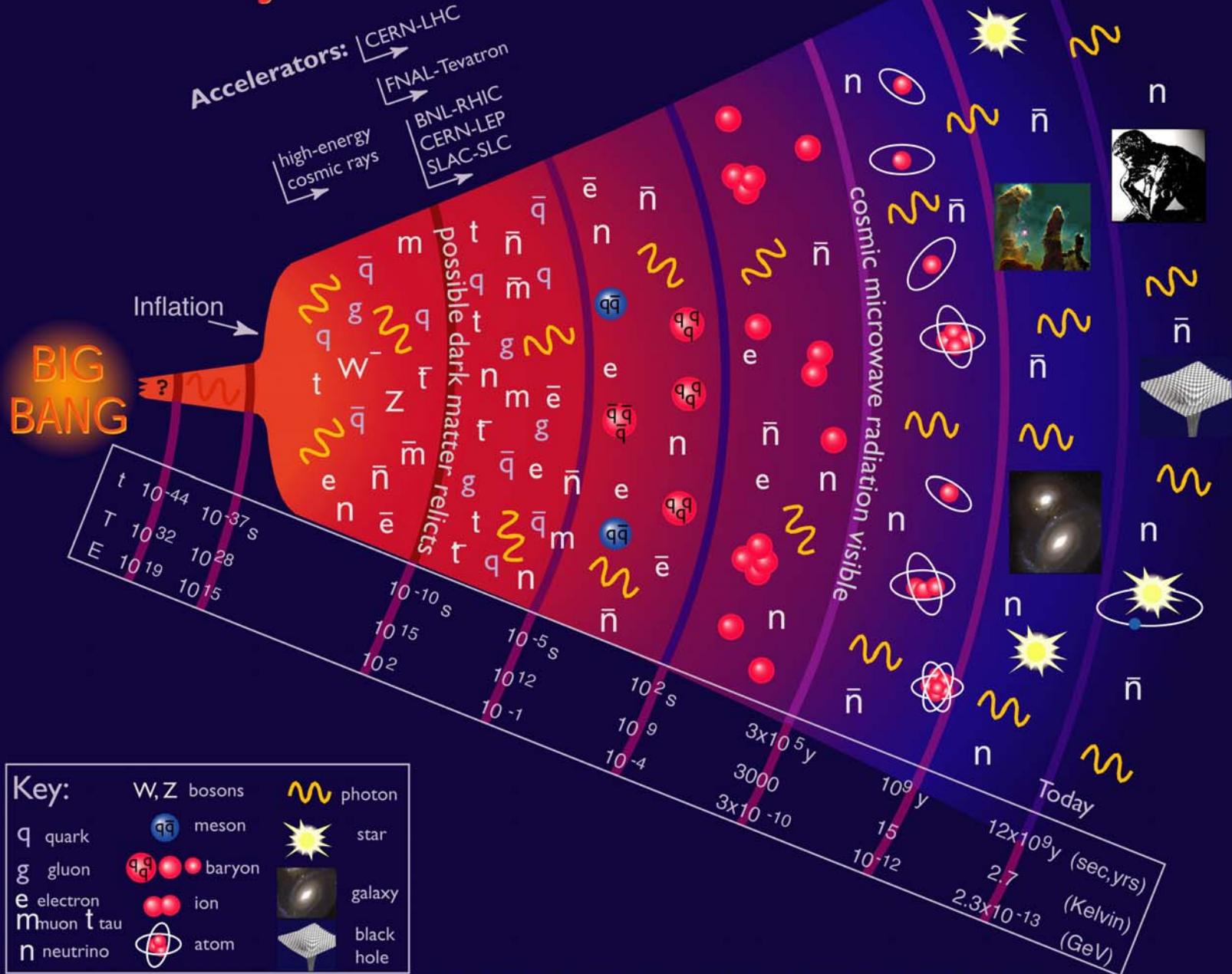
PRC99-19 • STScI OPO

J. Newman (University of California, Berkeley) and NASA

HST • WFPC2

# History of the Universe

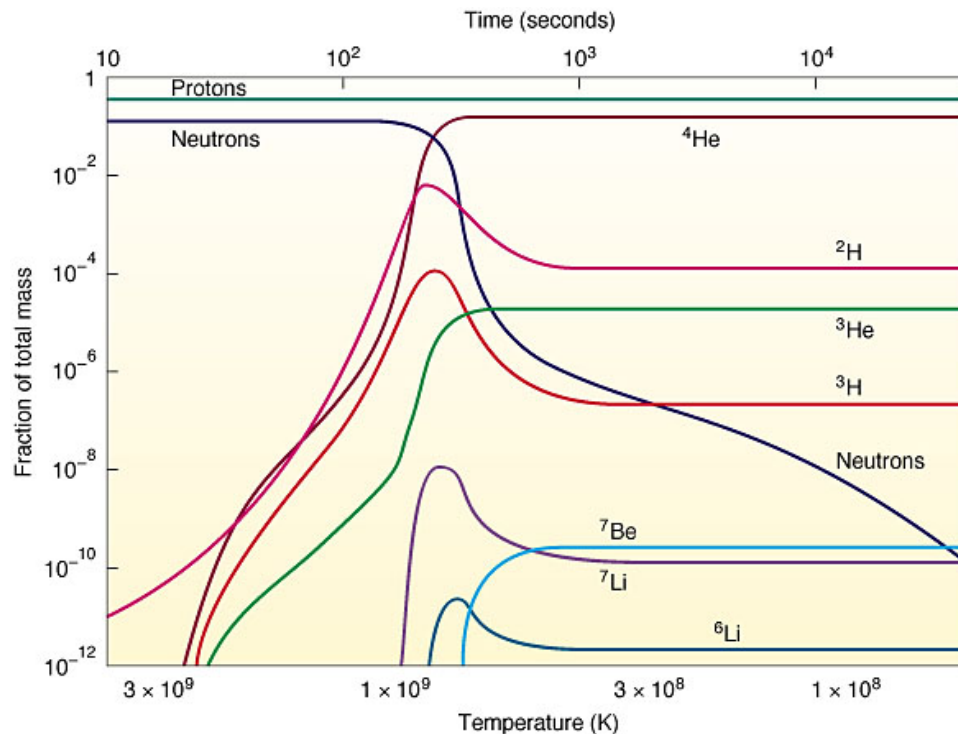
Peter Schleper  
as ist Physik ?  
WS 2003/04



# Entstehung der Elemente

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

## Urknall: leichte Elemente



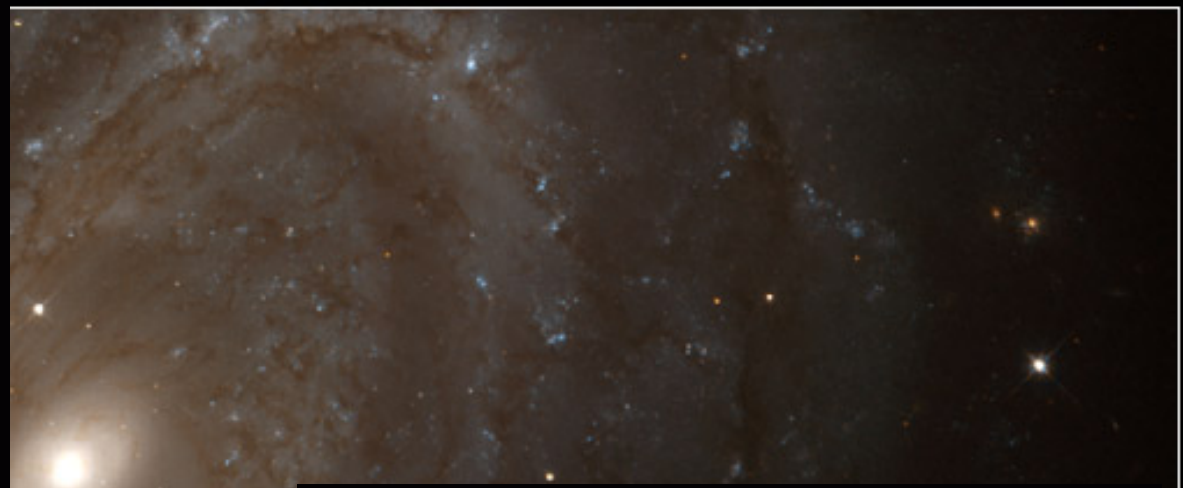
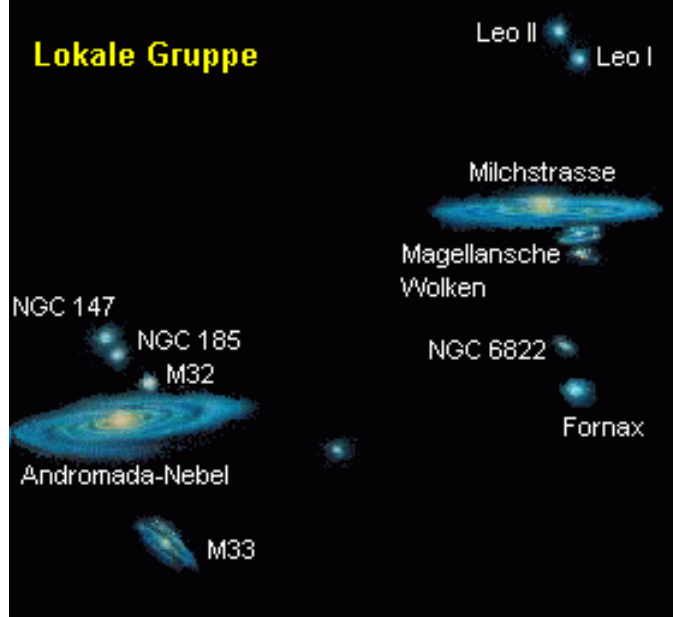
## Supernova Explosion: schwere Elemente



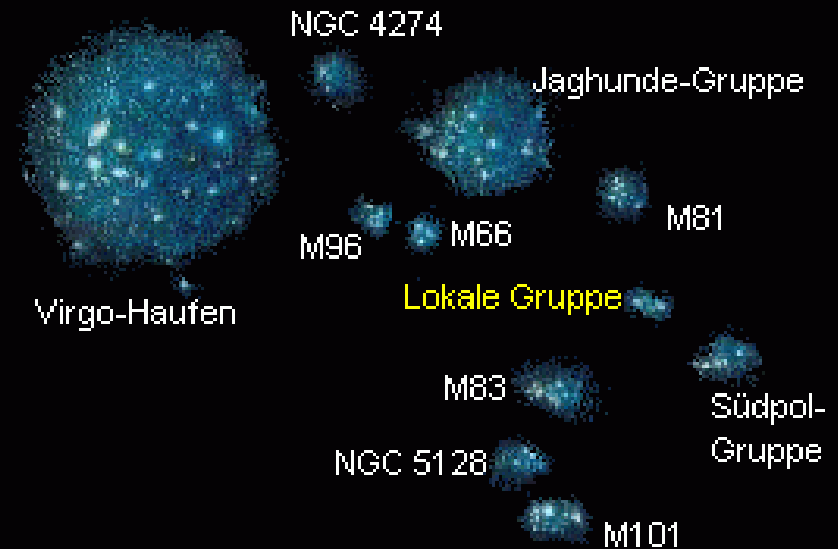
# Strukturen

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

## Lokale Gruppe



## Virgo-Superhaufen



## Galaxy NGC 4603

PRC99-19 • STScI OPO

J. Newman (University of California, Berkeley) and N/A

# Internationales

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04



## CMS Collaboration



36 Nations, 159 Institutions, 1940 Scientists (February 2003)

### TRIGGER & DATA ACQUISITION

Austria, Finland, France, Greece, Hungary, Italy, Korea, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

### TRACKER

Austria, Belgium, Finland, France, Germany, Italy, Japan\*, New Zealand, Switzerland, UK, USA

### CRYSTAL ECAL

Belarus, China, Croatia, Cyprus, France, Italy, Japan\*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA

### PRESHOWER

Armenia, Belarus, Greece, India, Russia, Taipei, Uzbekistan

### RETURN YOKE

Barrel: Czech Rep., Estonia, Germany, Greece, Russia  
Endcap: Japan\*, USA, Brazil

### SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular:  
Finland, France, Italy, Japan\*, Korea, Switzerland, USA

### FEET

Pakistan  
China

### HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain\*, USA  
Endcap: Belarus, Bulgaria, Russia, Ukraine  
HO: India

### MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, China, Germany, Hungary, Italy, Spain,  
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Korea, Pakistan, Russia, USA

### FORWARD CALORIMETER

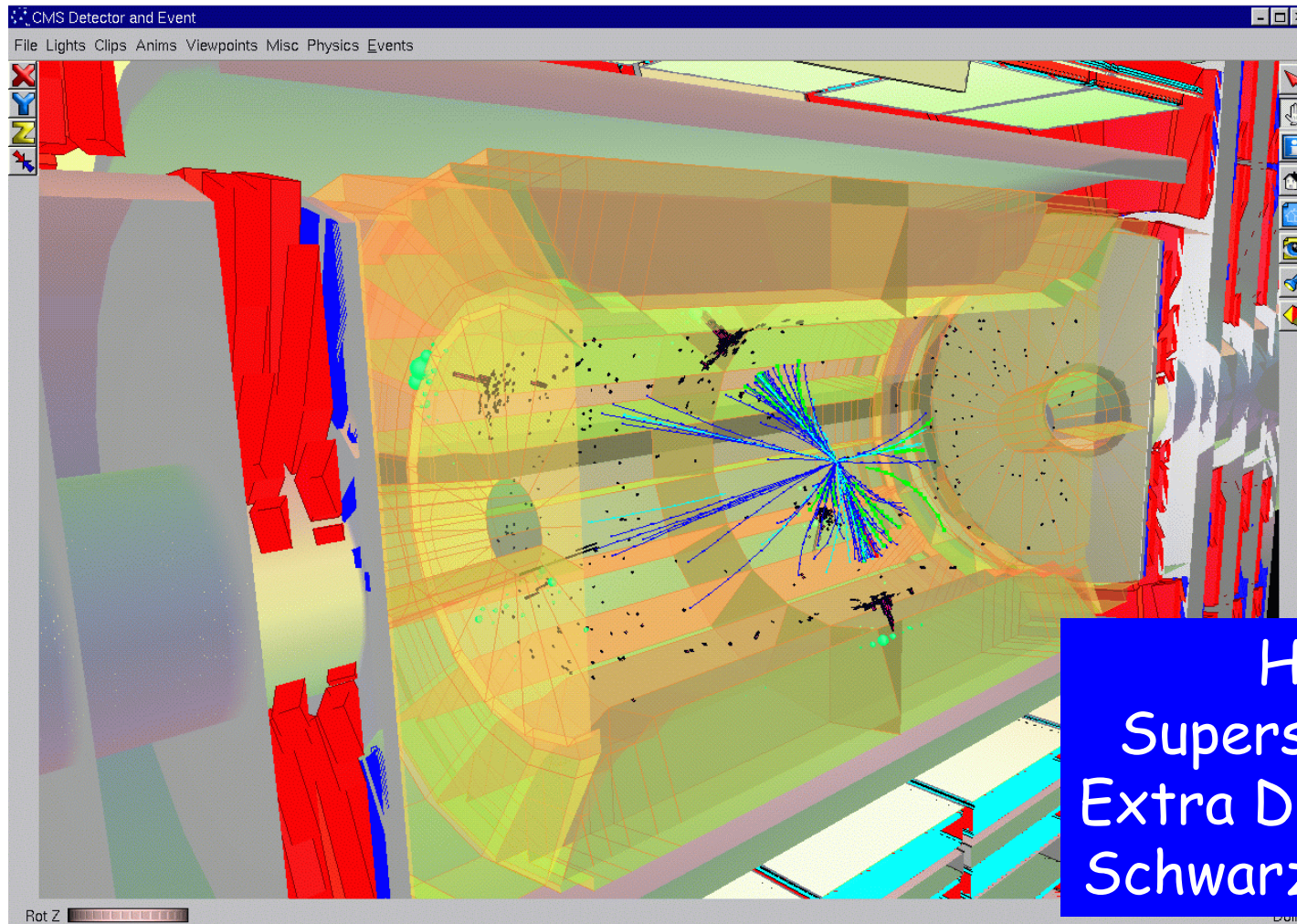
Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

Total weight : 12500 T  
Overall diameter : 15.0 m  
Overall length : 21.5 m  
Magnetic field : 4 Tesla

\* Only through industrial contracts

# Experimenteller Urknall

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04



Higgs  
Supersymmetry  
Extra Dimensionen  
Schwarze Löcher

$E=mc^2$  Materie - Antimaterie Erzeugung

Ein Zitat:

...it seems probable that most of the grand underlying principles of Physical Science have been firmly established and that further advances are to be sought chiefly in the rigorous applications of these principles to all the phenomena which come under our notice.

...

An eminent physicist has remarked that the future truths of Physical Science are to be looked for in the sixth place of decimals.

Aus: Physics Curriculum Uni. Chicago, 1898-99

Kurz danach:

Roentgen Strahlung, Entdeckung des  
Elektrons, Atom = Kern+Huelle,  
Relativitaetstheorie, Quantenmechanik

# Naturkonstanten

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

| Größe                                                                         | Symbol          | Wert                    | Einheiten                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Lichtgeschwindigkeit im Vakuum                                                | $c$             | 299 792 458 (exakt)     | $\text{m s}^{-1}$                                           |
| magnetische Feldkonstante                                                     | $\mu_0$         | $4\pi$ (exakt)          | $\cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$                            |
| elektrische Feldkonstante                                                     | $\epsilon_0$    | 8,854 187 817...(exakt) | $\cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$                           |
| Plancksches Wirkungsquantum                                                   | $h$             | 6,626 075 5(40)         | $\cdot 10^{-34} \text{ J Hz}^{-1}$                          |
| Elementarladung (des Protons)                                                 | $e$             | 1,602 177 33(49)        | $\cdot 10^{-19} \text{ C}$                                  |
| Avogadro-Konstante                                                            | $N_A$           | 6,022 136 7(36)         | $\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$                            |
| Newtonsche Gravitationskonstante                                              | $G$             | 6,672 59(85)            | $\cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ |
| Boltzmann-Konstante                                                           | $k_B$           | 1,380 658(12)           | $\cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$                           |
| Molare Gaskonstante                                                           | $R$             | 8,314 510(70)           | $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$                          |
| Ruhemasse des Elektrons                                                       | $m_e$           | 9,109 389 7(54)         | $\cdot 10^{-31} \text{ kg}$                                 |
| Ruhemasse des Protons                                                         | $m_p$           | 1,672623(10)            | $\cdot 10^{-27} \text{ kg}$                                 |
| als Vielfaches der Elektronen-Ruhemasse                                       | $m_p / m_e$     | 1836,152 701(37)        |                                                             |
| Feinstrukturkonstante                                                         | $\alpha$        | 7,29735308(33)          | $\cdot 10^{-3}$                                             |
| inverse Feinstrukturkonstante                                                 | $\alpha^{-1}$   | 137,035 9895(6)         |                                                             |
| Rydberg-Konstante                                                             | $R_\infty$      | 10 973 731,534(13)      | $\text{m}^{-1}$                                             |
| Bohrscher Radius                                                              | $a_0$           | 0,529 177 249(24)       | $\cdot 10^{-10} \text{ m}$                                  |
| magnetisches Flußquantum                                                      | $\Phi_0$        | 2,067 834 61(61)        | $\cdot 10^{-15} \text{ Wb}$                                 |
| Stefan-Boltzmann-Konstante                                                    | $\sigma$        | 5,670 51(19)            | $\cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$             |
| magnetisches Moment des Elektrons                                             | $\mu_B$         | 928,477 01(31)          | $\cdot 10^{-26} \text{ J T}^{-1}$                           |
| in Bohrschen Magnetonen                                                       | $\mu_e / \mu_B$ | 1,001 159 652 193(10)   |                                                             |
| magnetisches Moment des Protons                                               | $\mu_p$         | 1,410 607 61(47)        | $\cdot 10^{-26} \text{ J T}^{-1}$                           |
| in Kernmagnetonen                                                             | $\mu_p / \mu_N$ | 2,792 847 386(63)       |                                                             |
| gyromagnetisches Verhältnis des Protons<br>(sphärische Wasserprobe bei 25 °C) | $\gamma'_p$     | 42,576 375(13)          | $\cdot 10^6 \text{ Hz T}^{-1}$                              |
| Einige Größen, die als »Einheiten« dienen:                                    |                 |                         |                                                             |
| atomare Masseneinheit                                                         | $u$             | 1,660 540 · 2(10)       | $\cdot 10^{-27} \text{ kg}$                                 |
| Elektronenvolt                                                                | $\text{eV}$     | 1,602 177 · 33(49)      | $\cdot 10^{-19} \text{ J}$                                  |

# Terra incognita

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

- Fundamentale neue Theorie
- Plan fuer ein Experiment
- Verspricht Geldgebern grossen praktischen Nutzen



Internationale Zusammenarbeit  
3-fach redundantes Experiment

Nicht wie erwartet,  
dennoch grosser Erfolg.



# 2013: Schlagzeilen

Peter Schleper  
Was ist Physik ?  
WS 2003/04

GRID abgestuerzt

Kein Hacker !

Fehler in Urknall Simulation

Warnung vor Nano-Augen !

Implantate ueberfordern Gehirn

Eurasische Praesidentin weiht  
Linear Collider ein.

Hamburger wollen in Extra Dimension tunneln

