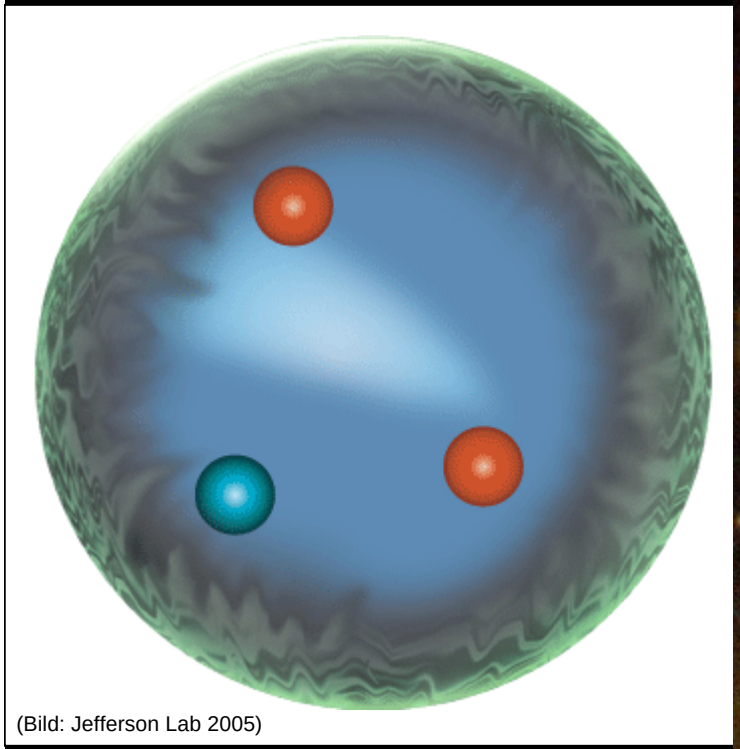
Physik: Von den Quarks zu Galaxien



(Bild: Jefferson Lab 2005)

- Forschungsschwerpunkte am Physik Department
- Studium der Physik in Hamburg
- Berufsfelder und Berufsaussichten

Prof. Dr. Caren Hagner
Institut für Experimentalphysik
Universität Hamburg (seit 2004) email: caren.hagner@desy.de

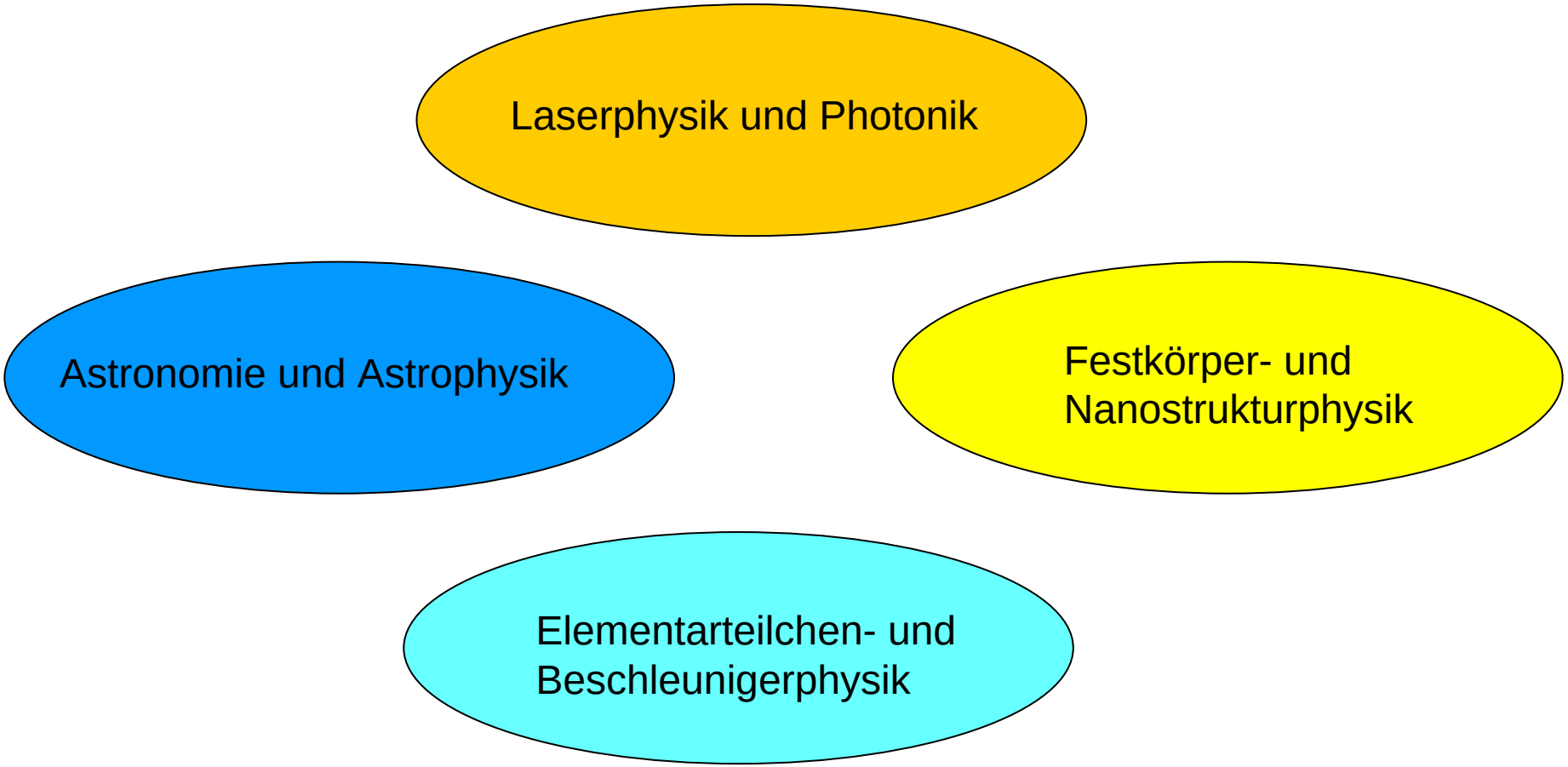
Forschungsgebiet:
Experimentelle Teilchenphysik, speziell Neutrinophysik
Entwicklung und Bau von Teilchendetektoren,
Mitglied der internationalen Opera Kollaboration
(Neutrinostrahl Cern - Gran Sasso Untergrundlabor)

Lehre:
Physik 1 und 2, Physik 5,
Elementarteilchenphysik für Fortgeschrittene,
Neutrinophysik, Physik für Mediziner, Biologen

Aktuelle Forschungsgruppe:
3 Postdocs, 6 Doktoranden, 7 Diplomanden

Standorte des Physik Departments der Universität Hamburg: Eines der größten Physik Departments in Deutschland

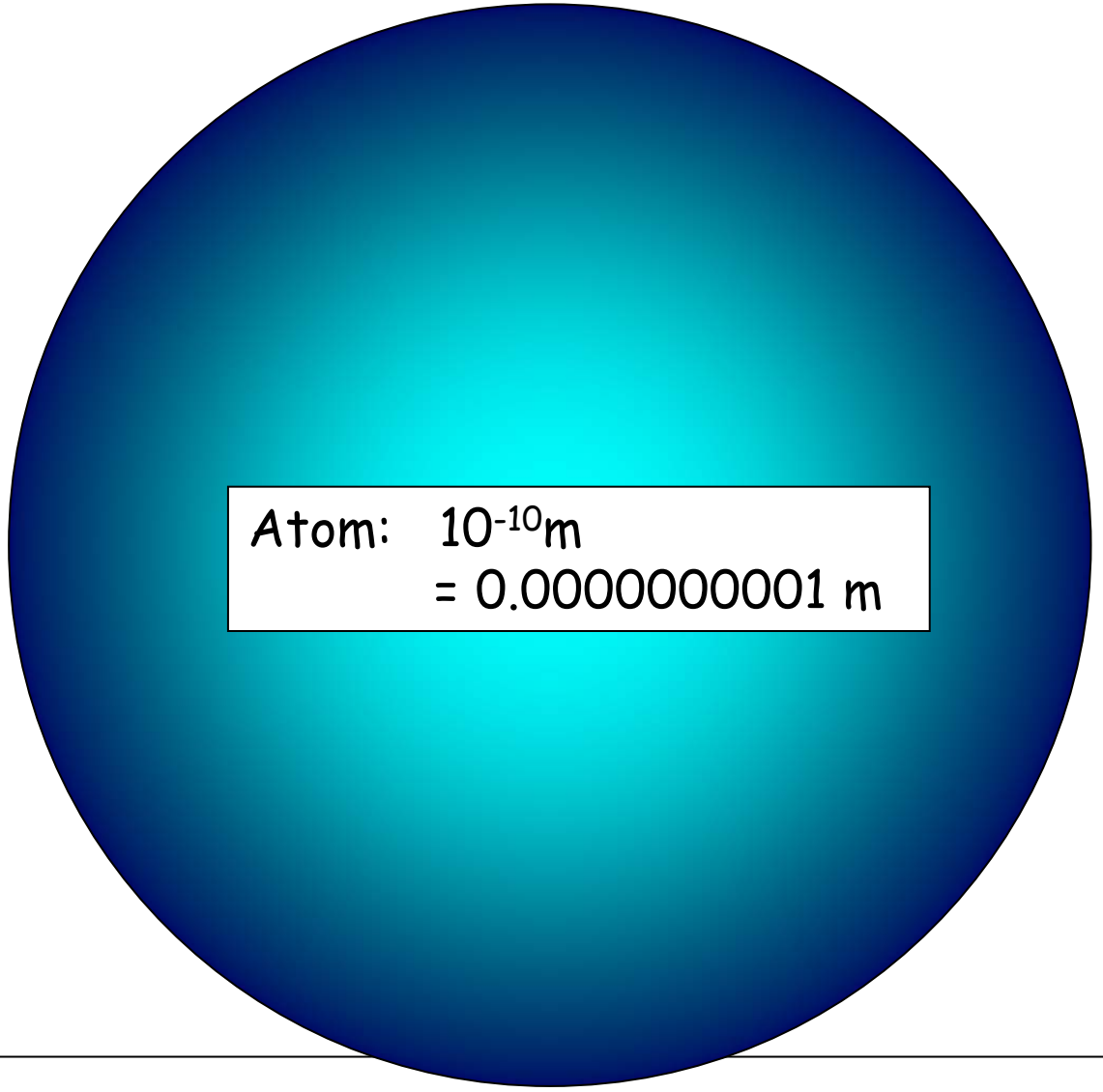
Die Forschungsschwerpunkte an der Uni Hamburg



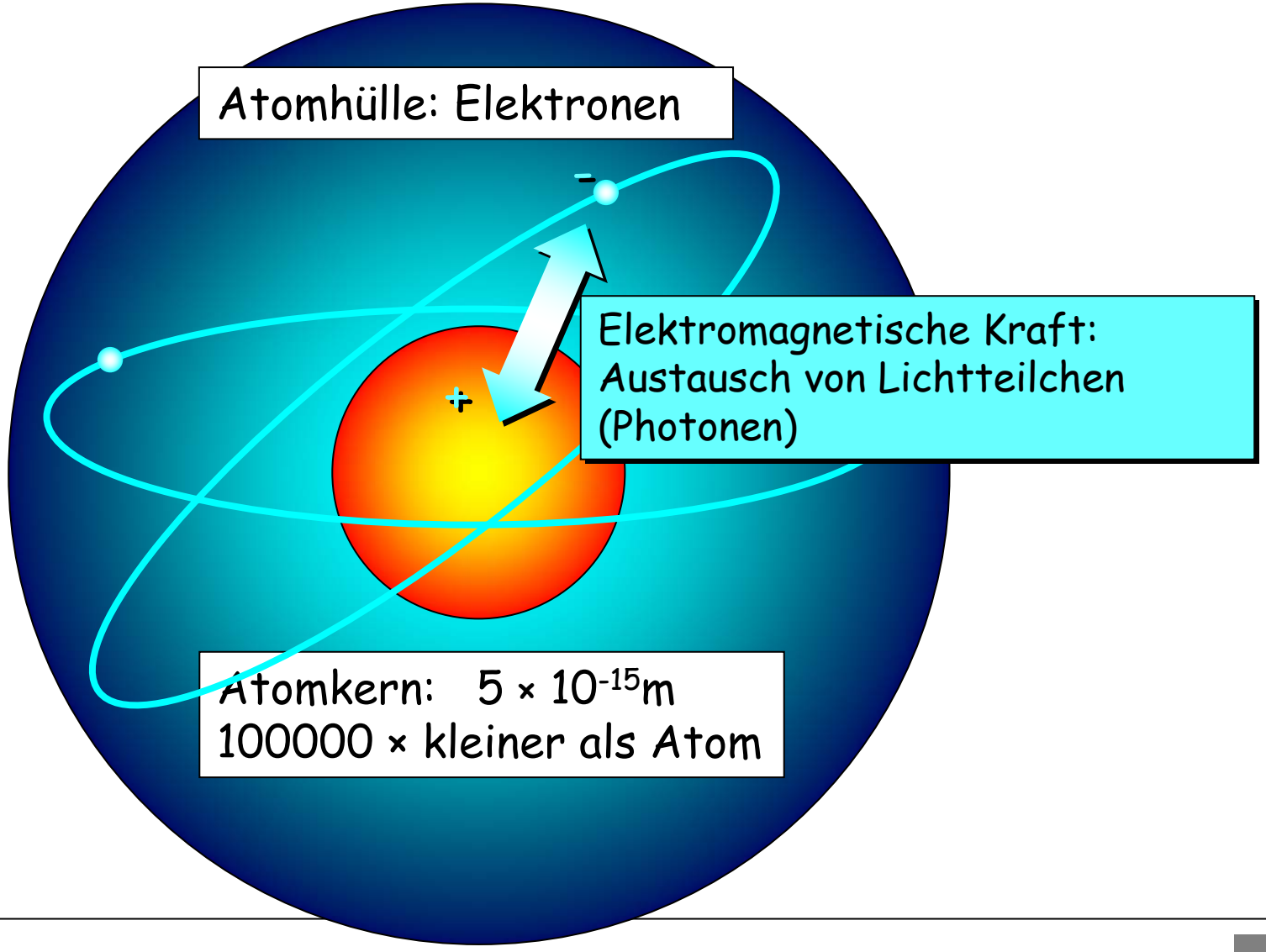
Elementarteilchenphysik: Was die Welt im Innersten zusammenhält

enge Zusammenarbeit von DESY = Deutsches Elektronen Synchrotron
mit der Universität Hamburg

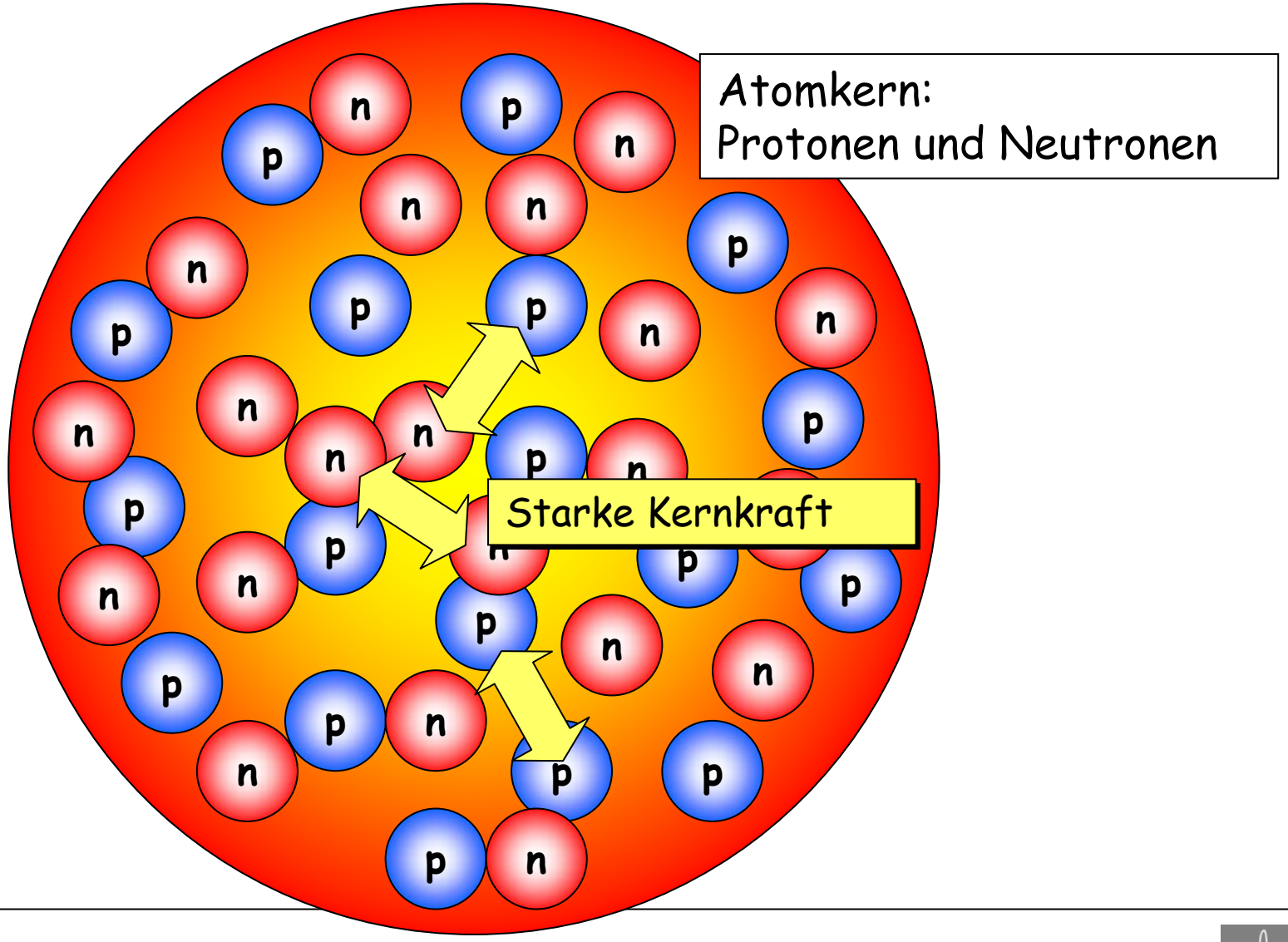
Aufbau der Materie: Atome



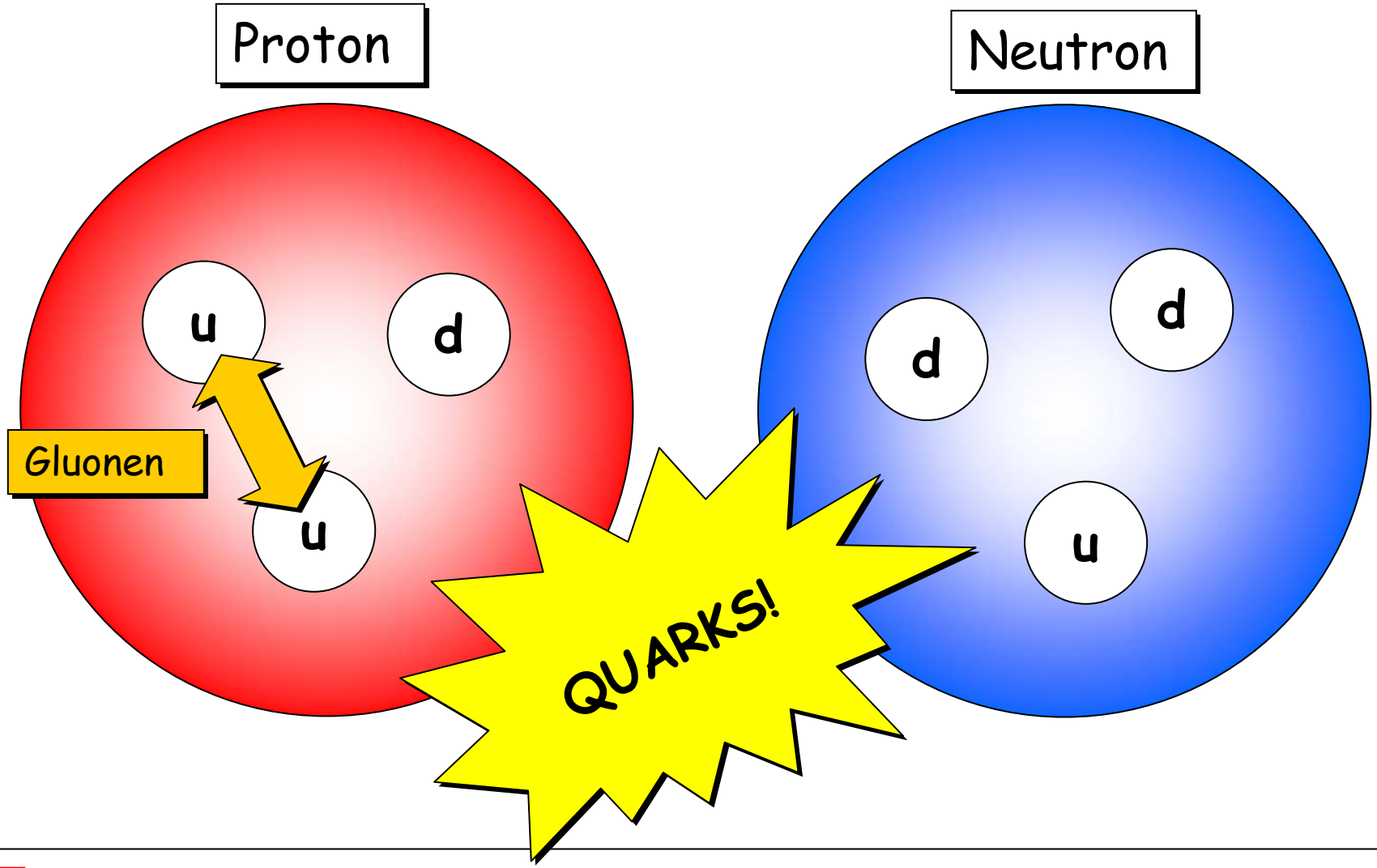
Die Struktur der Atome



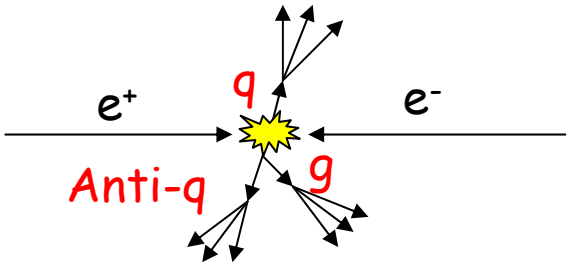
Die Struktur der Atomkerne

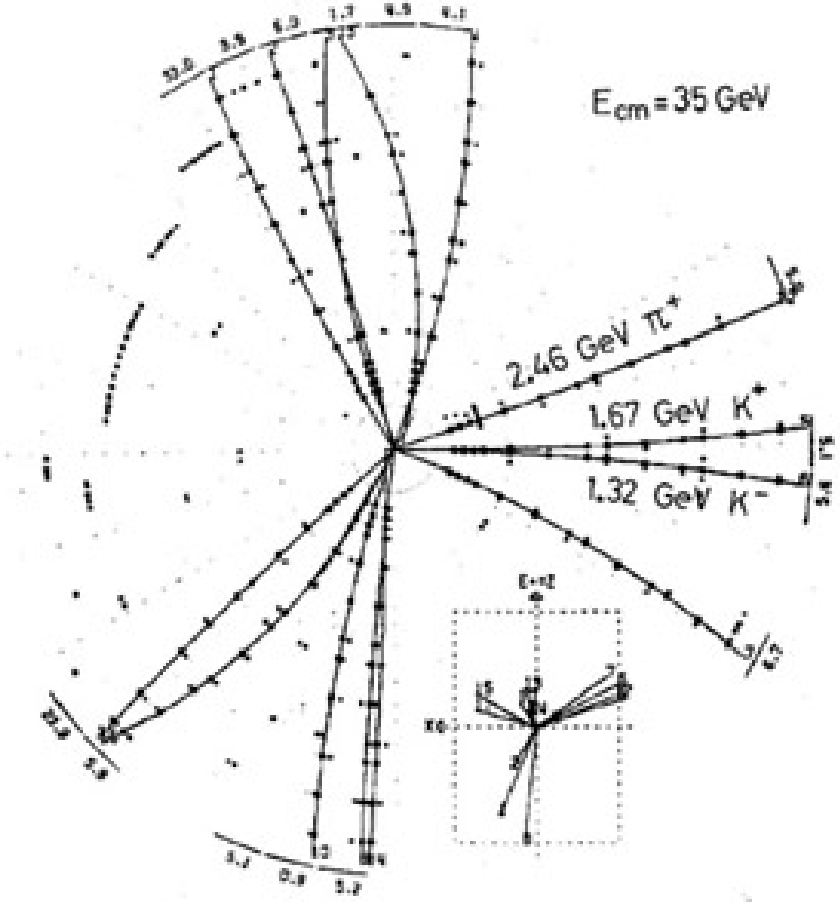


Die Struktur der Protonen und Neutronen

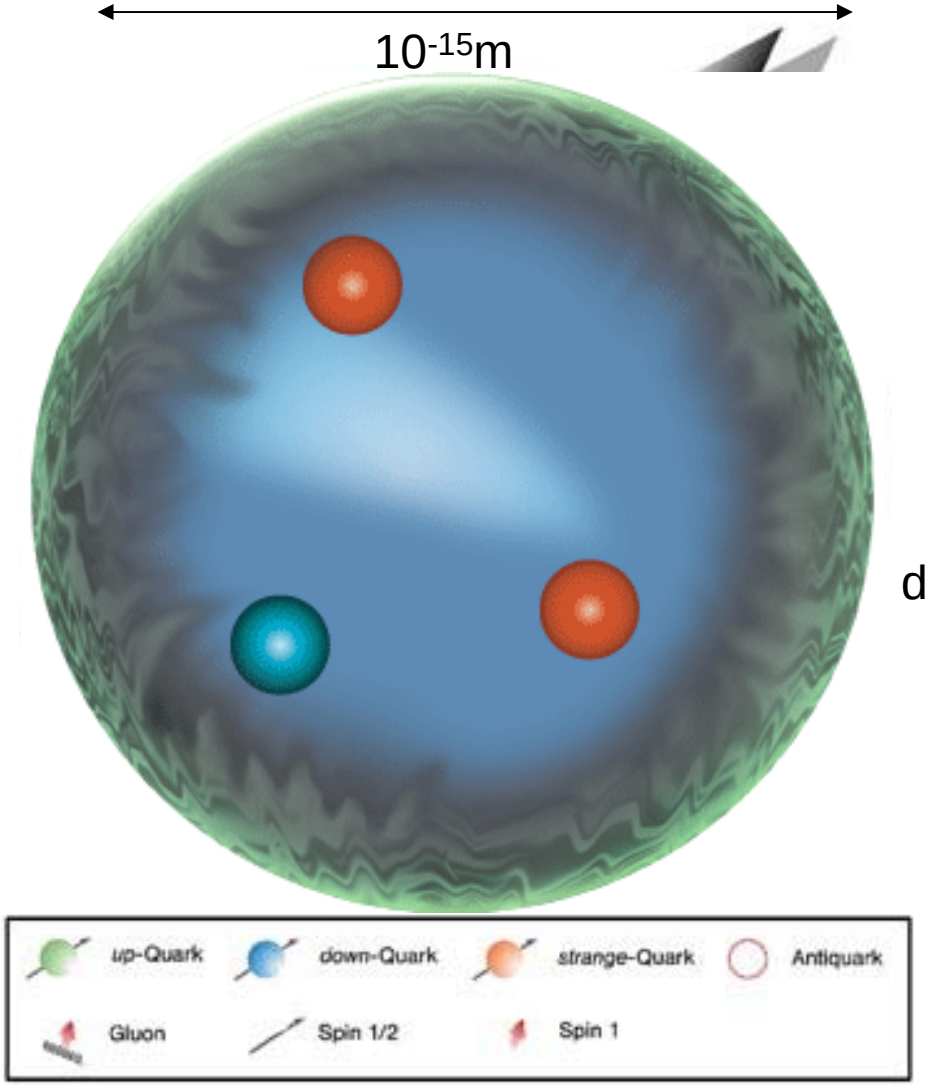


Beispiel für bedeutende Entdeckungen am DESY: Das Gluon





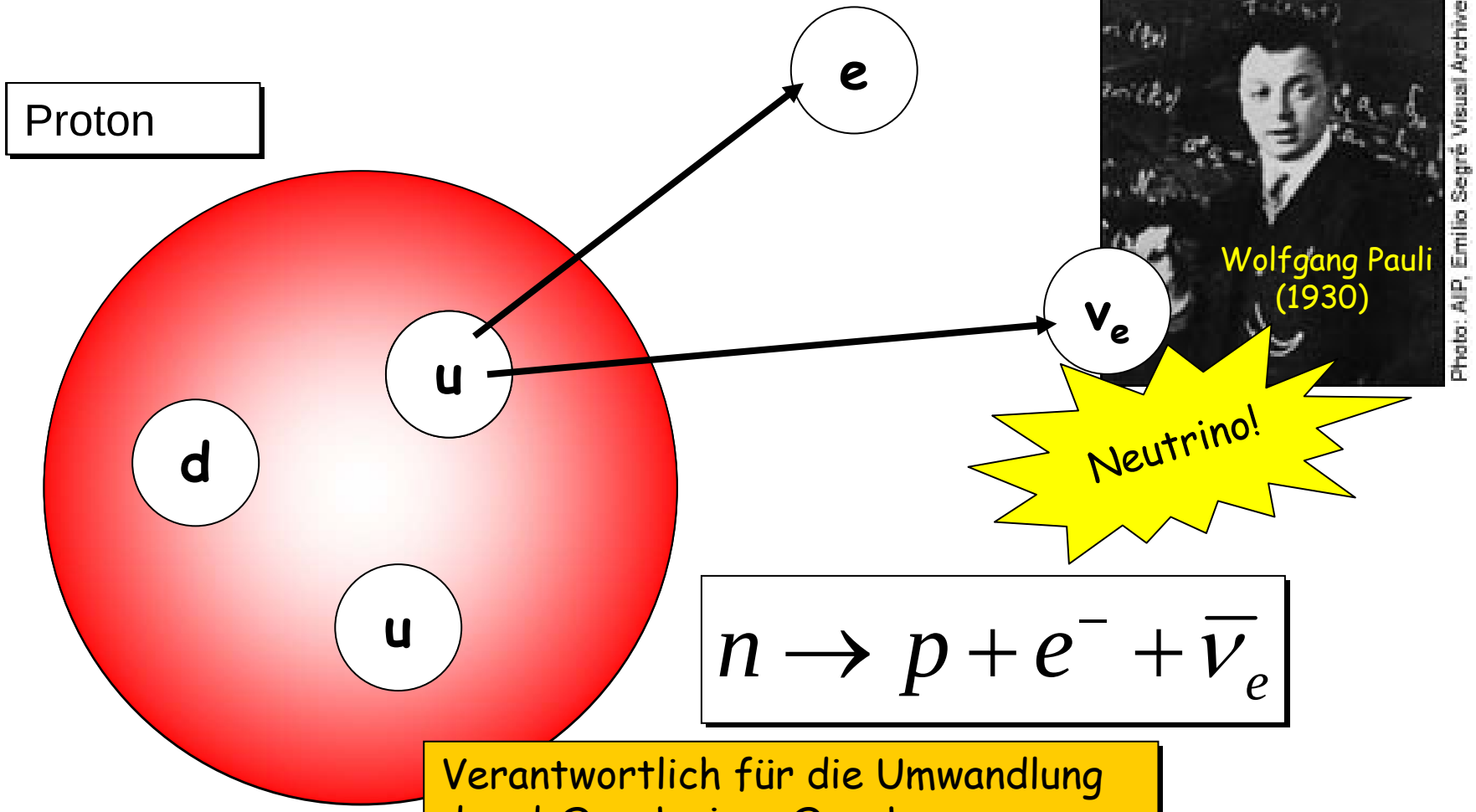
1979 wurden in den Experimenten JADE, PLUTO, TASSO, MARK-J übereinstimmend 3-jet Ereignisse beobachtet



Was wir heute über die
Struktur des Protons wissen:

3 Valenzquarks,
viele Seequarks (quark + antiquark)
die dauernd erzeugt und vernichtet werden,
Gluonen

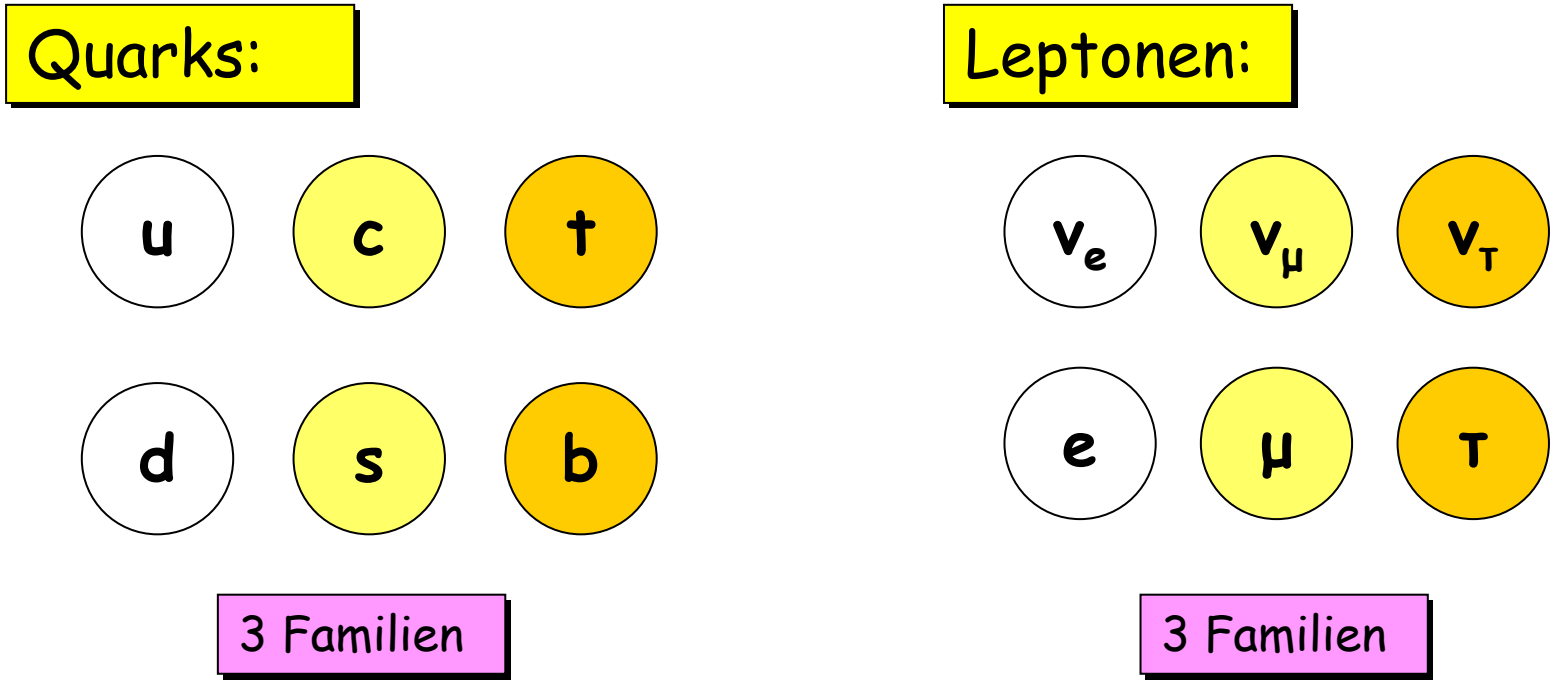
Zerfall des Neutrons - Geburt des Neutrinos



$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

Verantwortlich für die Umwandlung des d-Quarks in u-Quark:
schwache Kernkraft
(elektroschwache Wechselwirkung)

Fundamentale Teilchen

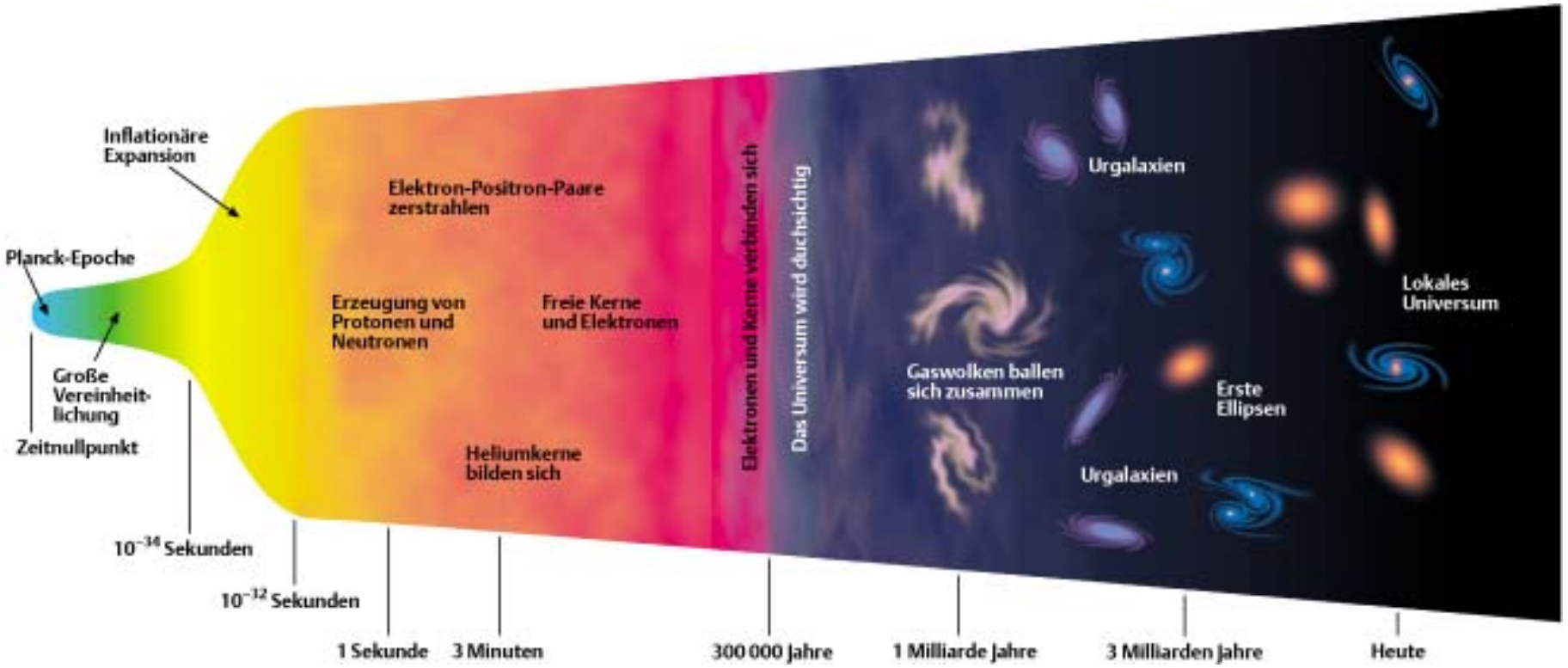


Was hält die Materie zusammen?
Die 4 Grundkräfte des Universums

Gravitation	Elektromagnetische Kraft	Schwache Kraft	Starke Kraft
Graviton	Photon	W^+, W^-, Z^0	8 Gluonen

Austauschteilchen = Vermittler der Kräfte

Heutiges „Standardmodell der Kosmologie“



Was wir noch nicht wissen:

- Warum gibt es 3 Familien?
- Woher kommen die Teilchenmassen?
  Higgs-Teilchen?
- Haben die Quarks (Leptonen)
  auch wieder eine Substruktur?
- Sind die Naturkonstanten konstant?
- Lassen sich die 4 Kräfte auf eine Kraft zurückführen?
- ...
- Kürzlich beantwortet:
  Haben die Neutrinos eine Masse?
- ... und schliesslich:

Woraus besteht das Universum?

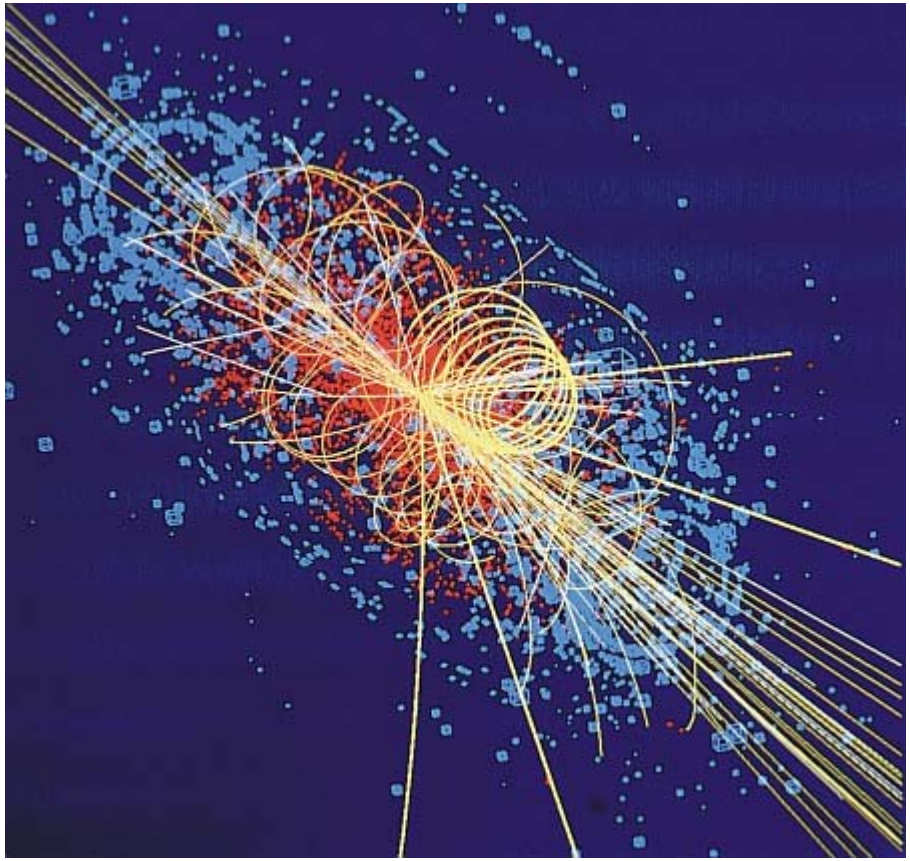
Ergebnisse von Experimenten in den letzten Jahren:

4% normale Materie
(Quarks, Leptonen)

23% dunkle Materie

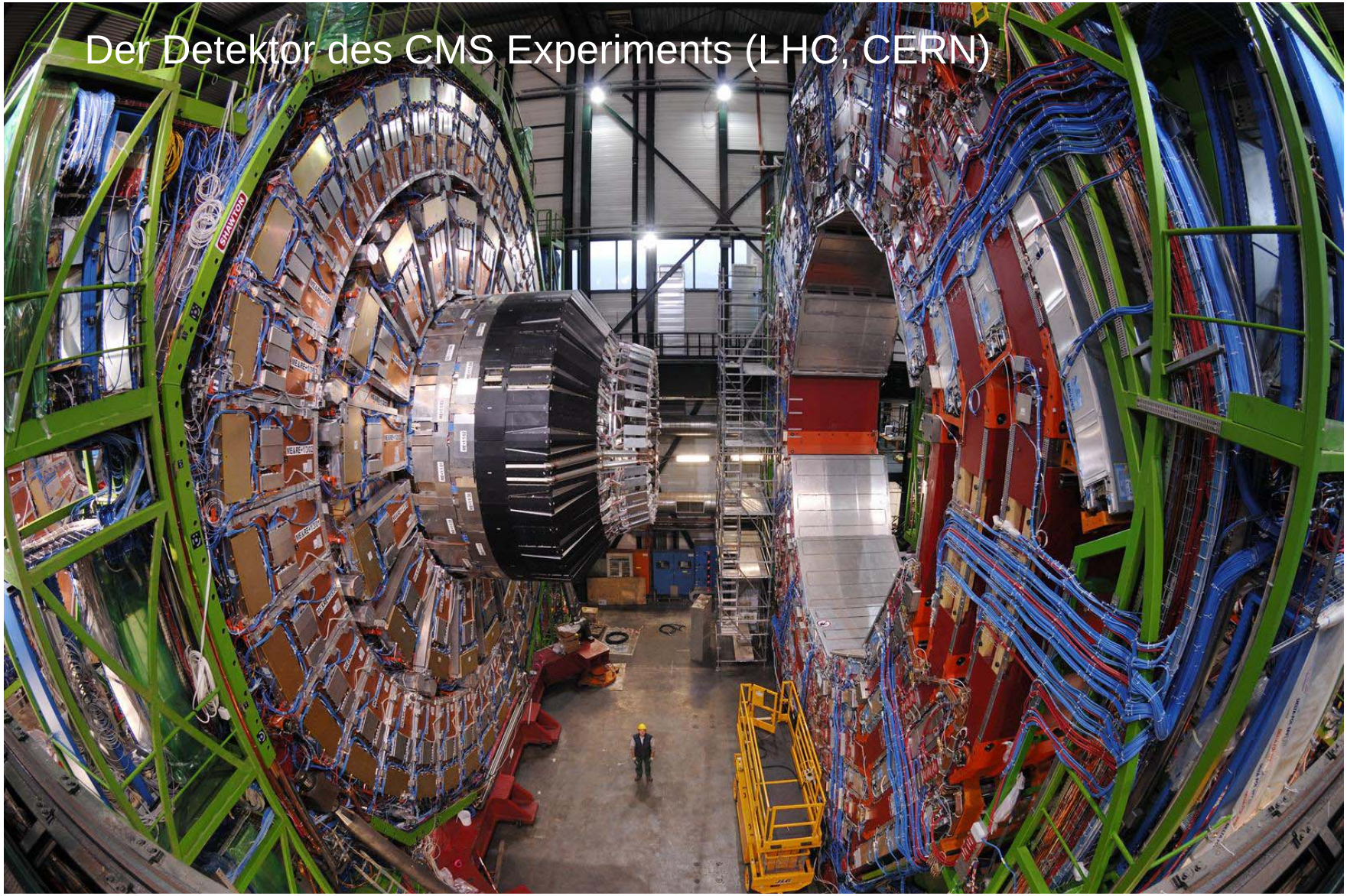
73% dunkle Energie

Die Zukunft der Elementarteilchenphysik (I): Der LHC (Large Hadron Collider) am CERN



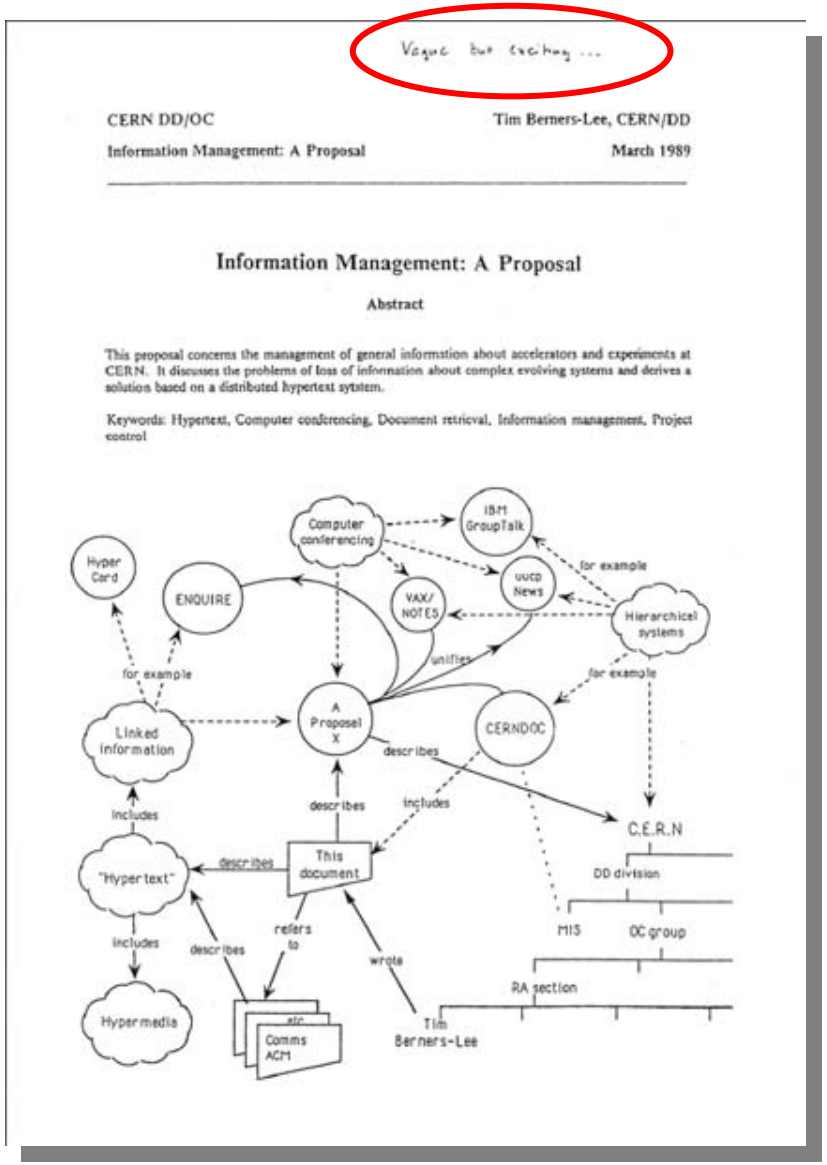
Rolf Heuer
aktueller Generaldirektor des CERN
bis 2008 Forschungsdirektor von DESY
bis 2004 Professor an der Uni Hamburg

Forschungsgruppen der Universität Hamburg sind an den Experimenten CMS und ATLAS beteiligt


Der Detektor des CMS Experiments (LHC, CERN)

Nebenbemerkung:
Am 13.März war der 20. Geburtstag des “World Wide Web” das Tim Berners-Lee am CERN erfand um die Daten der Experimente der Hochenergiephysik auszuwerten…

ein Beispiel für ganz unerwartete Anwendungsmöglichkeiten der Grundlagenforschung!



Vague but exciting ...

CERN DD/OC — Tim Berners-Lee, CERN/DD

Information Management: A Proposal — March 1989

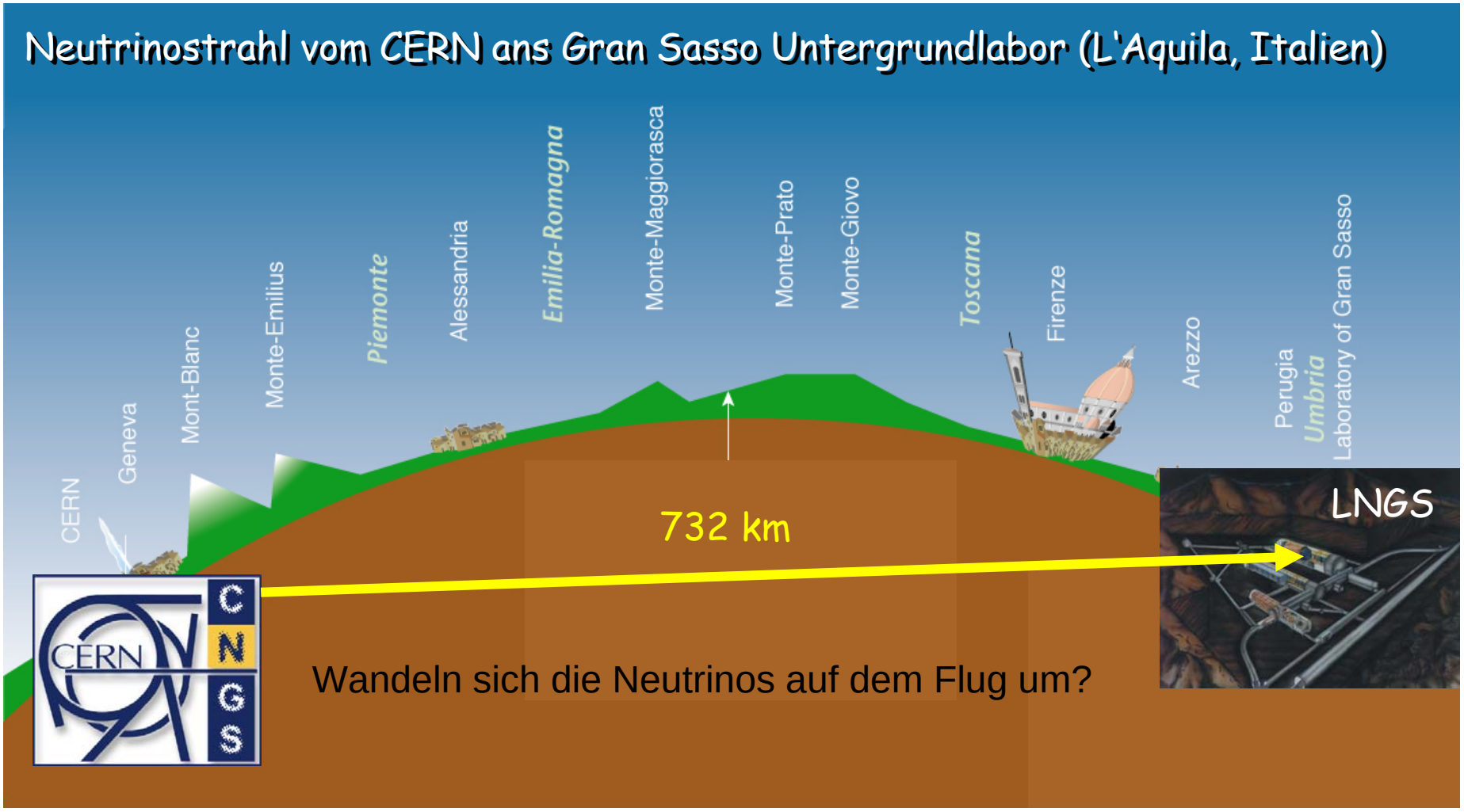
Information Management: A Proposal

Abstract

This proposal concerns the management of general information about accelerators and experiments at CERN. It discusses the problems of loss of information about complex evolving systems and derives a solution based on a distributed hypertext sytstem.

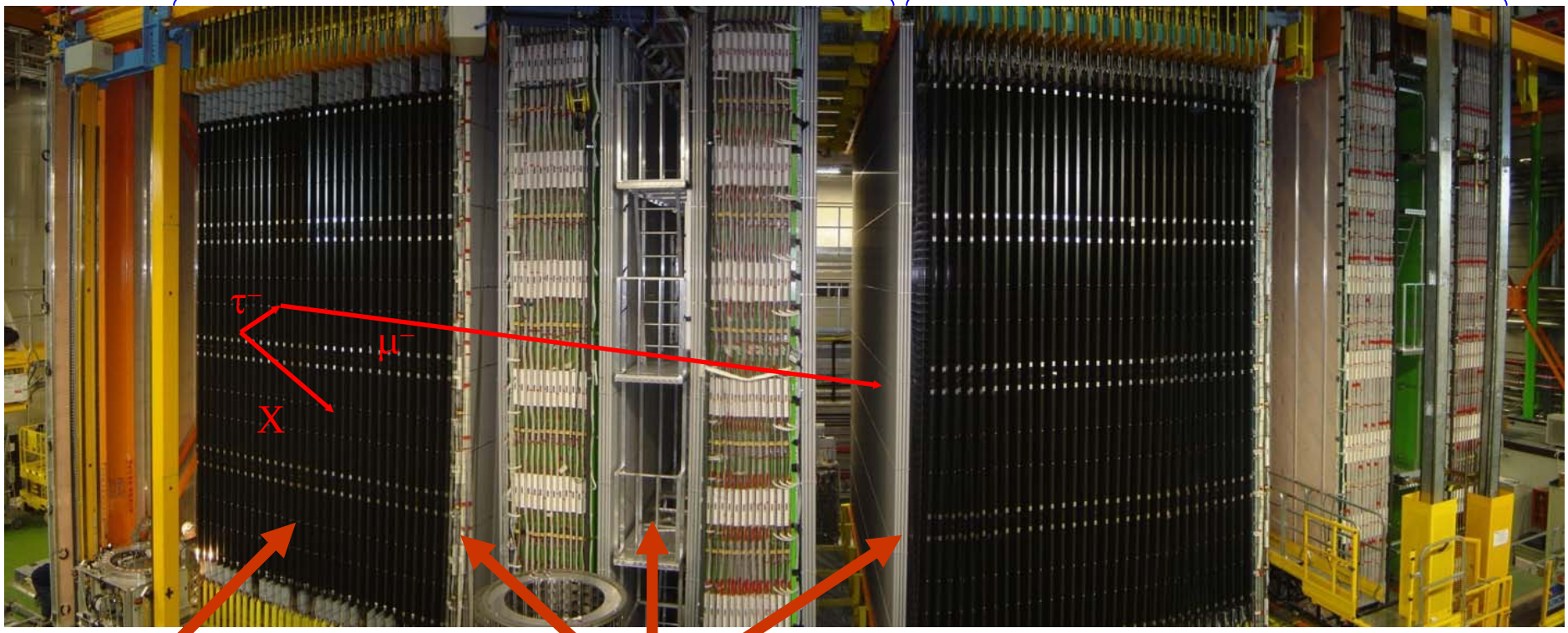
Keywords: Hypertext, Computer conferencing, Document retrieval, Information management, Project control

Die Zukunft der Elementarteilchenphysik (II): Neutrinophysik

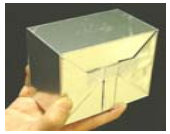


Der OPERA Detektor

Super Modul 1 Super Modul 2



Target: Dort sollen die Neutrinos wechselwirken!

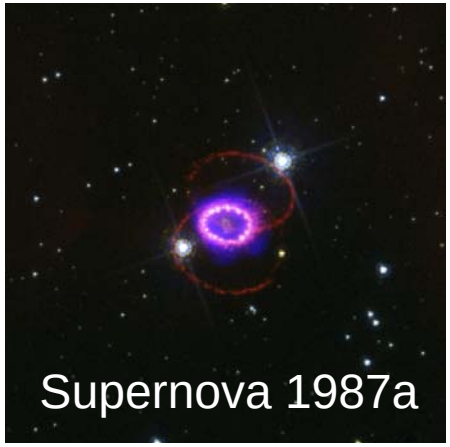


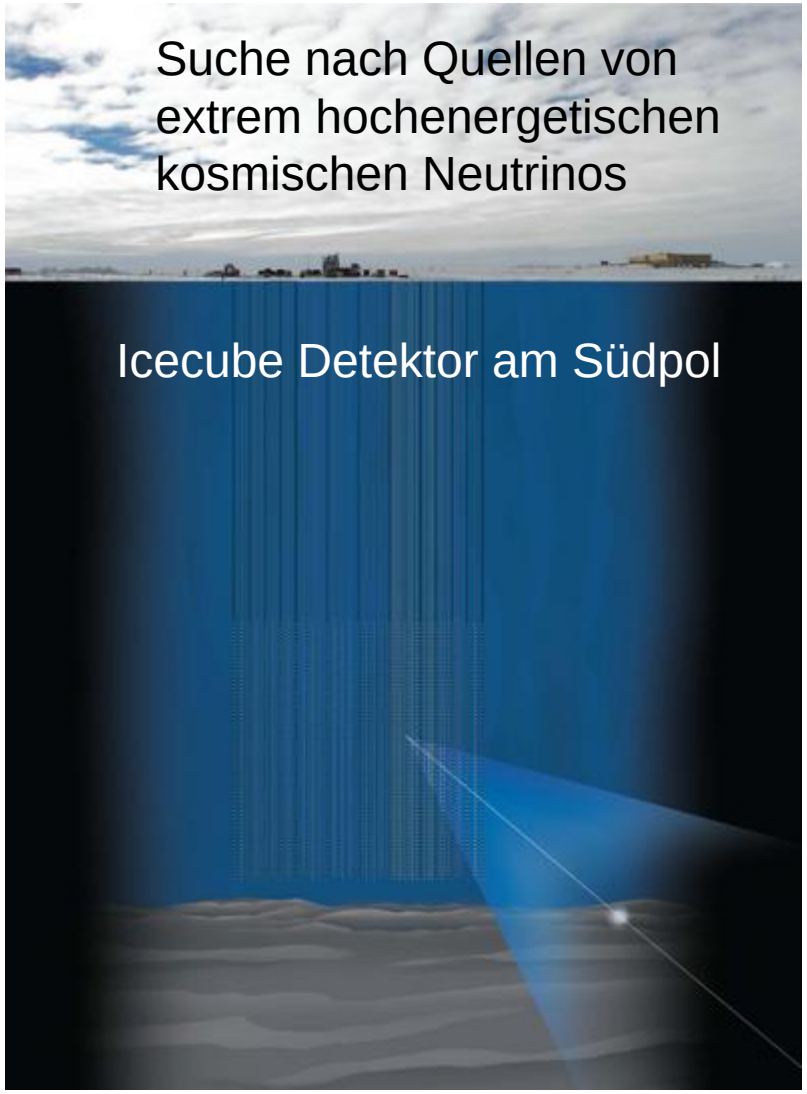
200.000 Bleiziegel

Spektrometer:
Misst Geschwindigkeit
und Vorzeichen von Myonen (<- Uni Hamburg)

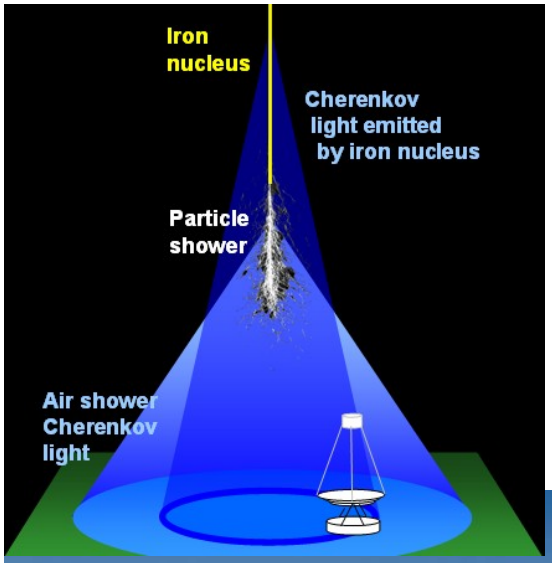
Installation des OPERA PT
am Gran Sasso

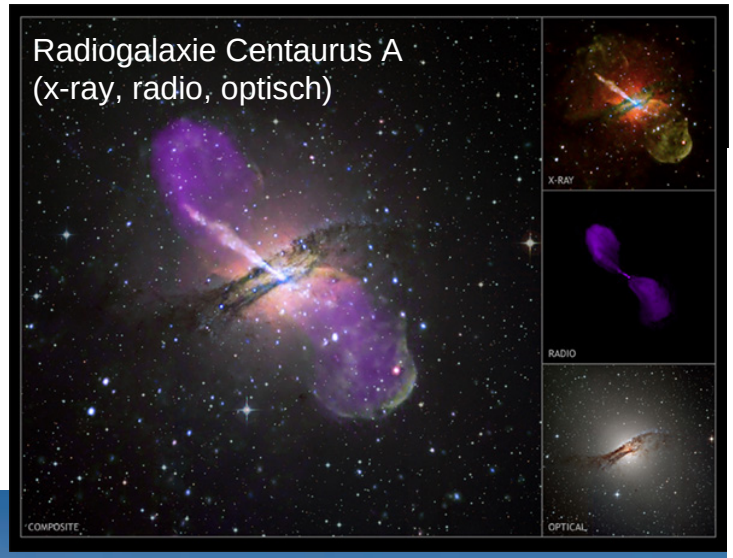
Neutrinos aus dem Weltall



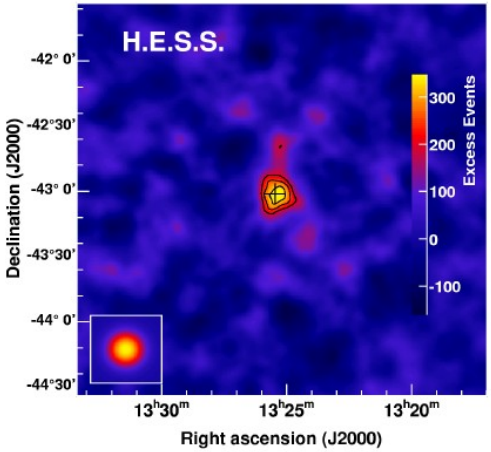


Die Zukunft der Elementarteilchenphysik (III): Astroteilchenphysik





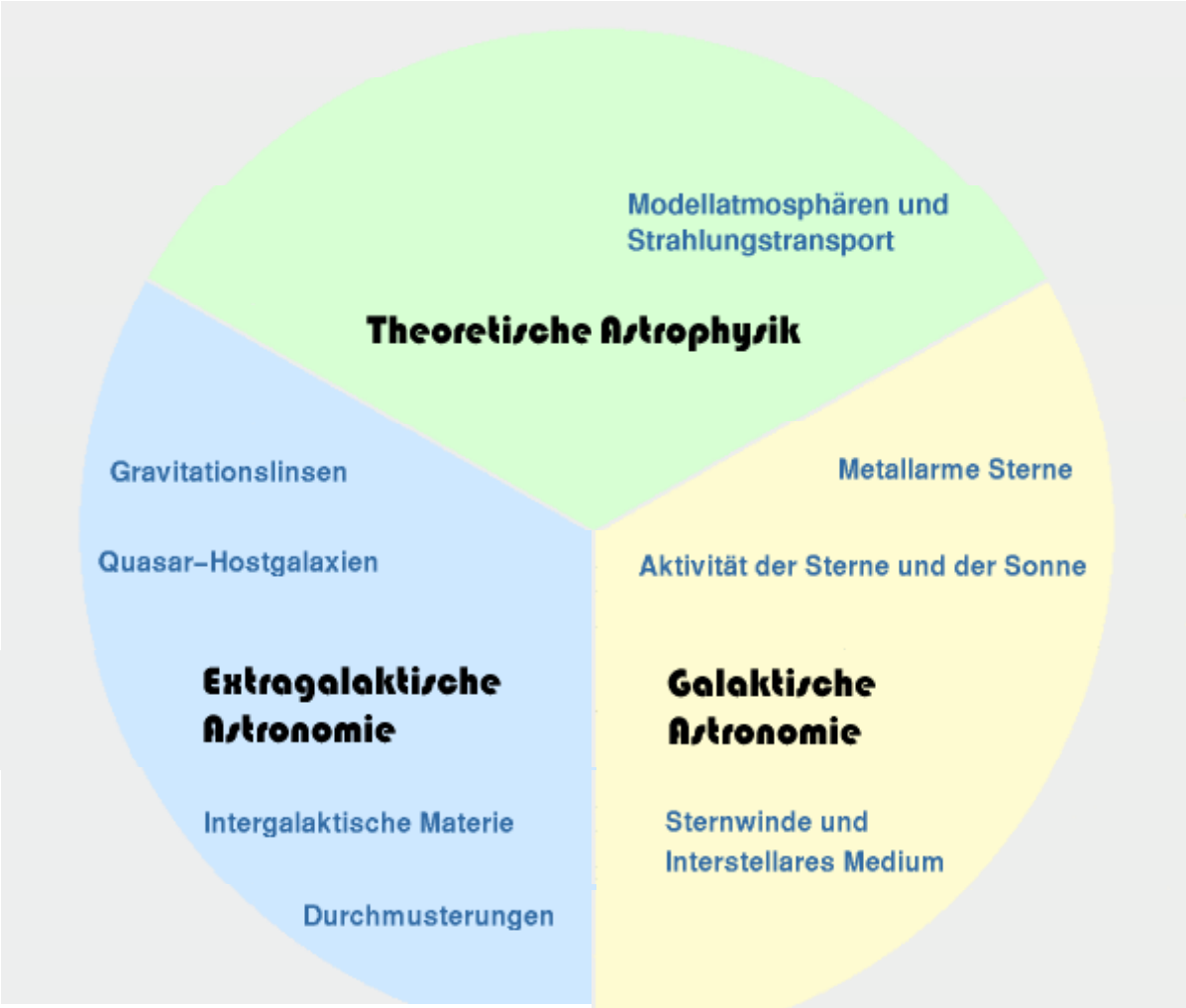
Aktuellstes Ergebnis:
Hochenergie-Gammastrahlung von Centaurus A beobachtet!



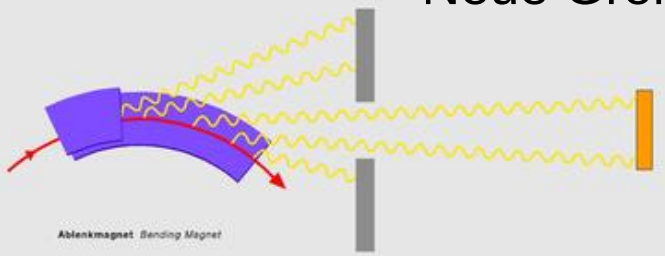
Die HESS Teleskope in Namibia

Hamburger Sternwarte in Bergedorf: Astronomie und Astrophysik

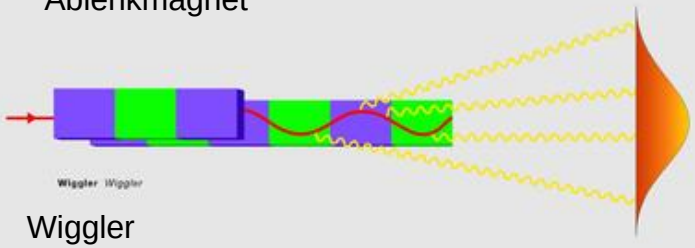
Hamburger Sternwarte in Bergedorf: Astronomie und Astrophysik



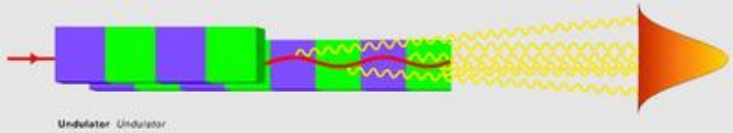
Neue Großforschungsprojekte am DESY (I):



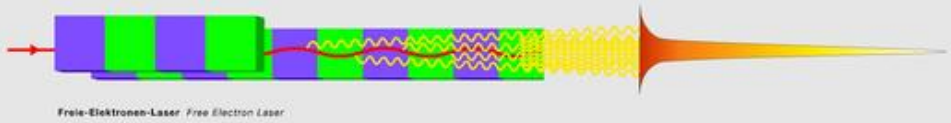
Ablenkmagnet



Wiggler



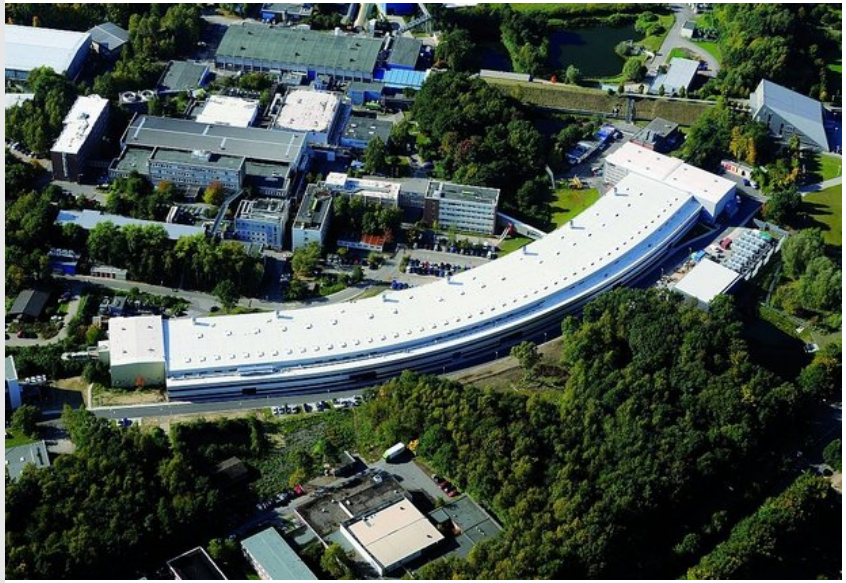
Undulator



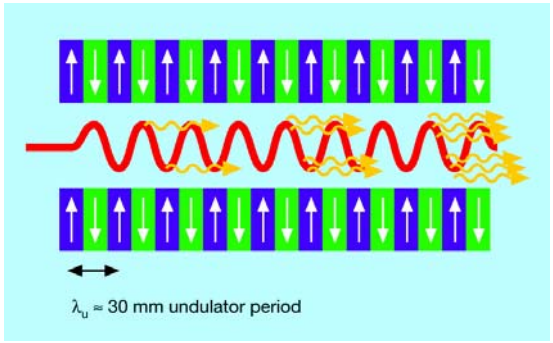
Freier Elektronen Laser

Wie entsteht Synchrotron Strahlung?

Seit dem 21. April 2009 ist die weltbeste Synchrotronstrahlungsquelle in Betrieb:
PETRA III

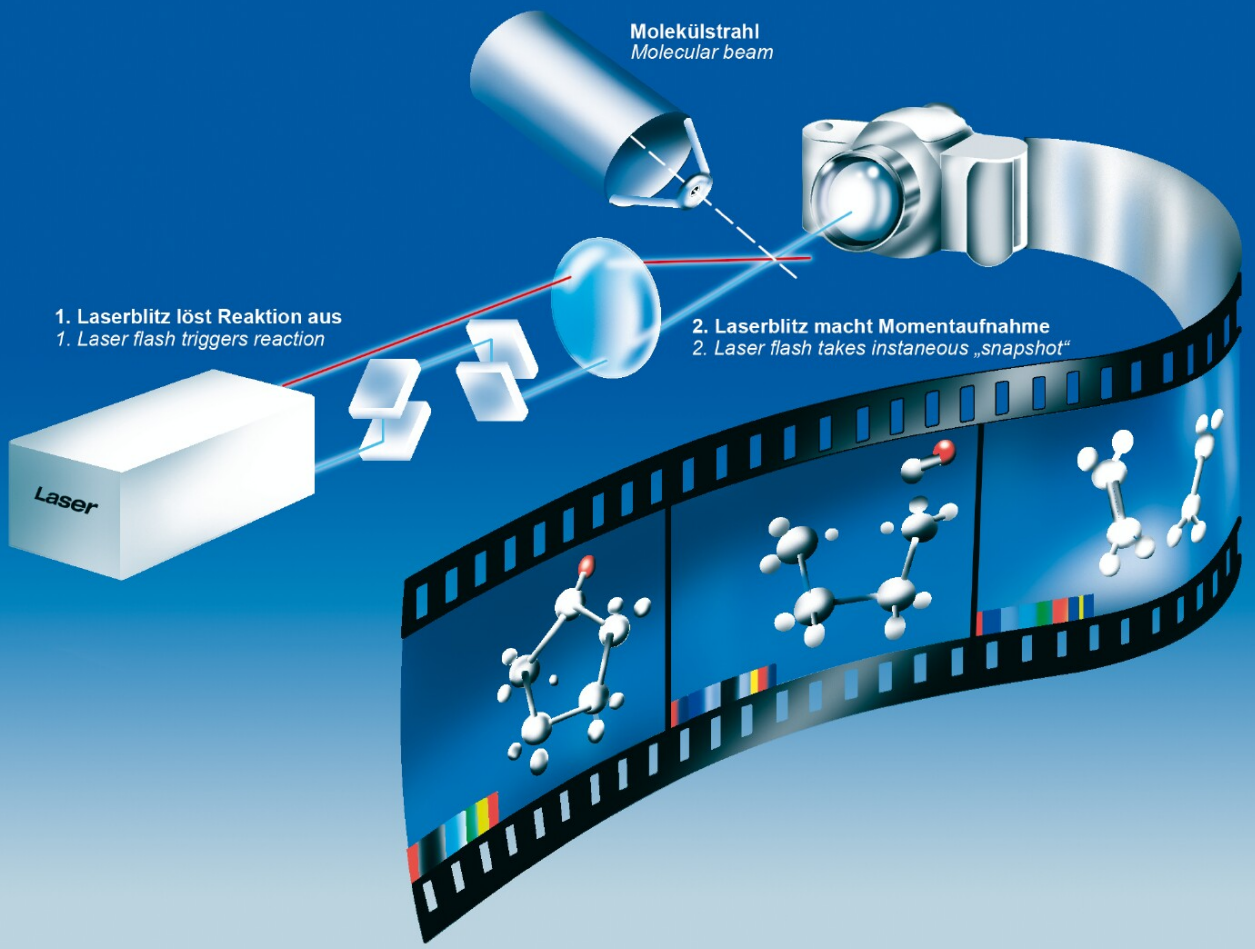


Neue Großforschungsprojekte am DESY (II): **FLASH** - Pilotanlage für das europäische Röntgenlaserprojekt **XFEL**



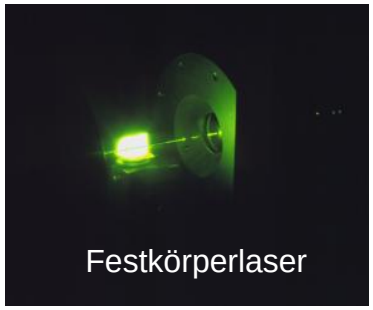
Experimentatoren am FLASH

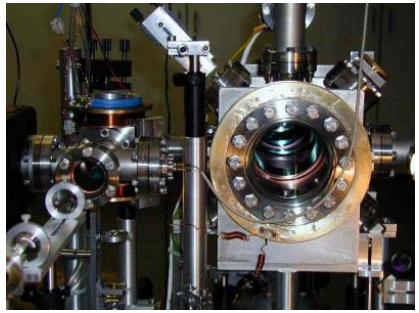
Femtochemistry: "Filming" chemical reactions using ultra-fast lasers



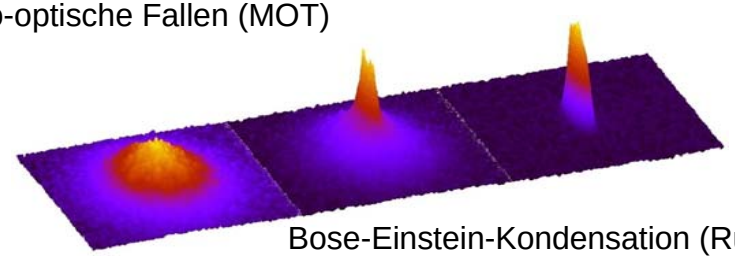
© DESY/European XFEL

Laserphysik und Photonik





magneto-optische Fallen (MOT)



Bose-Einstein-Kondensation (Rubidium)

Laserphysik und Photonik

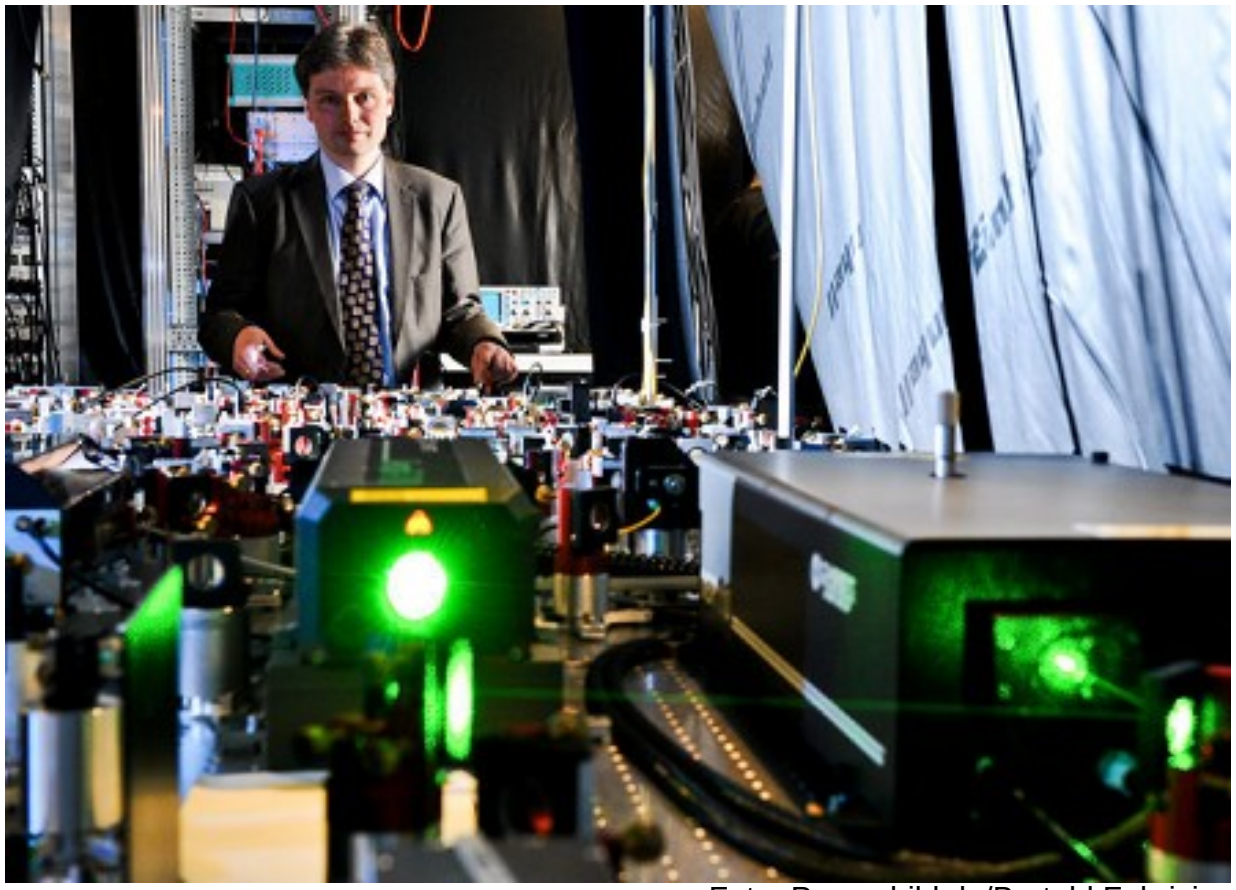
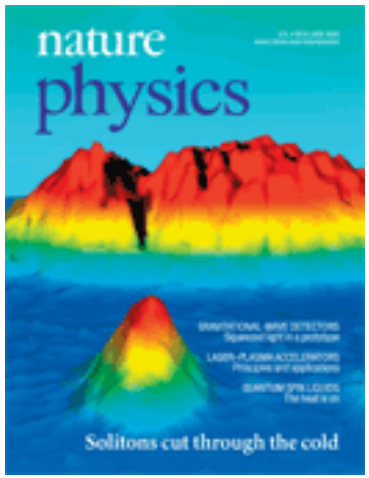
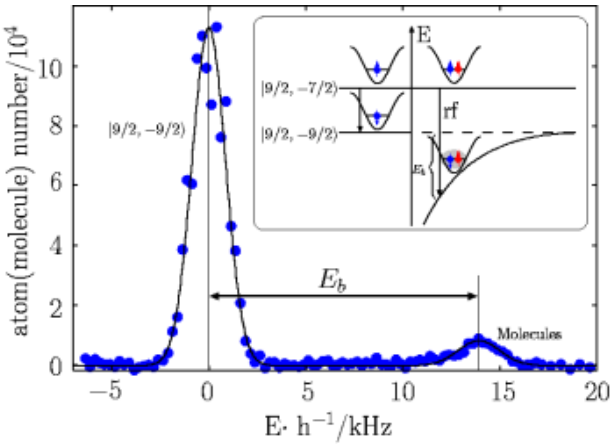


Foto: Pressebild.de/Bertold Fabricius

Forschung an ultrakalten Quantengasen

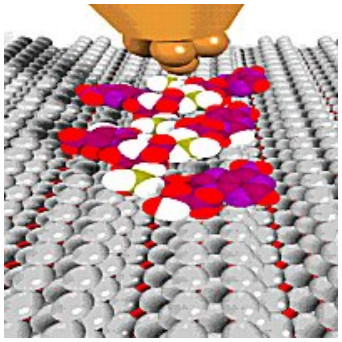


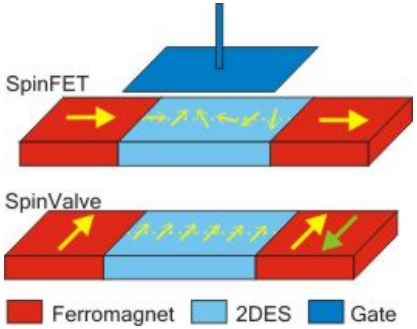


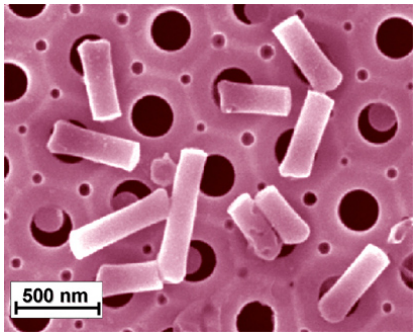
ultrakalte Quantengase
(erste langlebige Moleküle)

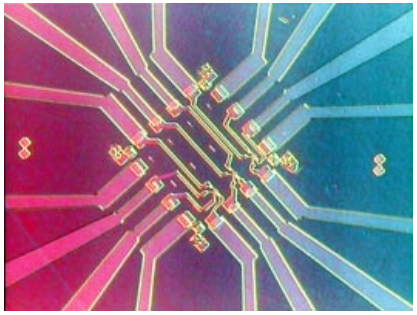
Festkörper- und Nanostrukturphysik: Institut für Angewandte Physik

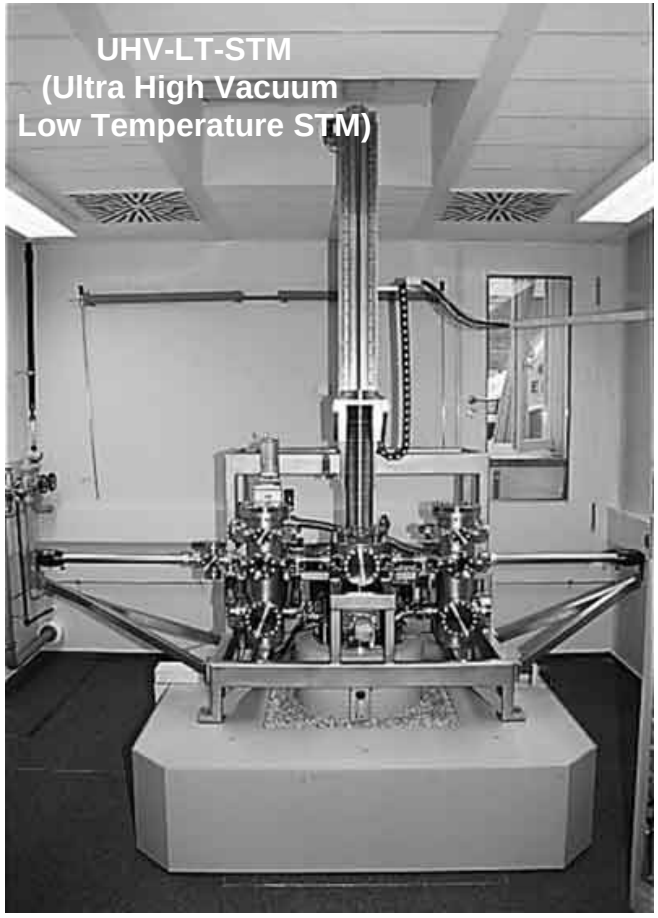
- Grenzflächenphysik
- Halbleiterphysik
- Multifunctional Nanostructures
- Nanostructure Physics
- Rastersensormethoden
- Theory of Spintronics
- Wachstum



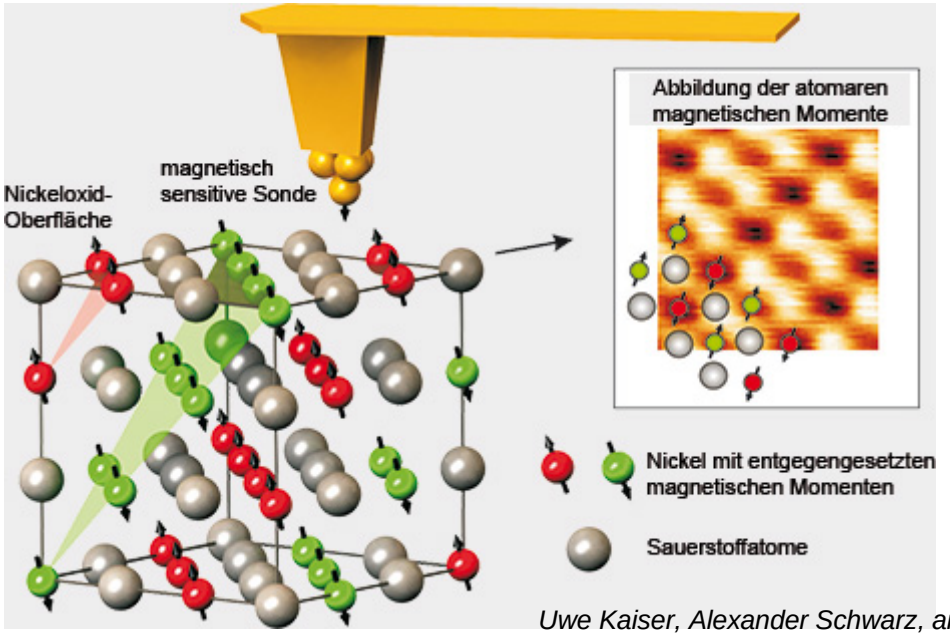








Festkörper- und Nanostrukturphysik

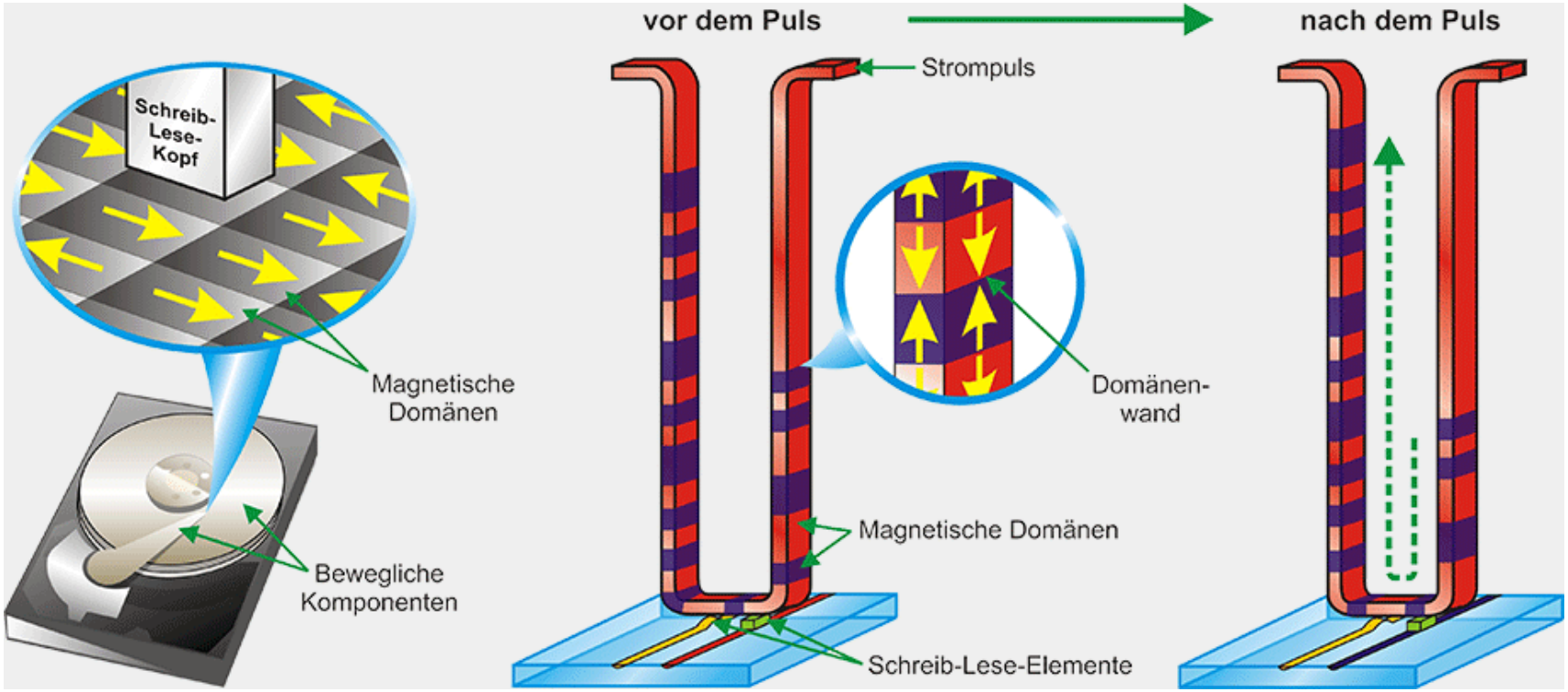


Uwe Kaiser, Alexander Schwarz, and Roland Wiesendanger
Magnetic exchange force microscopy with atomic resolution
Nature **446**, 522-525 (29 March 2007)

Prinzip der magnetischen Austauschkraftmikroskopie:
Eine magnetisch sensitive Sonde tastet die Ausrichtung der durch Pfeile gekennzeichneten atomaren magnetischen Momente (Spins) auf einer Nickeloxidoberfläche ab. Der Kasten zeigt die Mikroskopaufnahme, deren Helligkeitsunterschiede die atomare Struktur und die Anordnung der magnetischen Momente widerspiegeln.

Festkörper- und Nanostrukturphysik

z.B. Kompentenzzentrum HanseNanoTec: „Mit Strom Wände versetzen”



Direct Imaging of Stochastic Domain-Wall Motion Driven by Nanosecond Current Pulses
Phys. Rev. Lett. 98 187202 (2007) by *Meier, Bolte, Eiselt, Krüger, Kim, Fischer.*

LINKS: Eine herkömmliche Festplatte. Der Schreib-Lese-Kopf fliegt über die rotierende Platte und kann die Ausrichtung der magnetischen Domänen verändern bzw. abfragen.
RECHTS: Das IBM-Konzept eines „Racetracks“. Mit Hilfe von Strompulsen werden die magnetischen Domänen mit sehr großer Geschwindigkeit an den Schreib-Lese-Elementen vorbei „geschoben“, ohne dass es zu einer mechanischen Bewegung kommt. Die Schreib-Lese-Elemente können die Ausrichtung der magnetischen Domänen verändern bzw. abfragen.

Physikstudium: Was wird vorausgesetzt?

- Vorbildung in Mathematik und Physik
- Spaß und Begeisterung an der Physik
- Interesse an der Arbeit mit Computern
- Englisch oder Bereitschaft Englisch zu lernen/zu verbessern

Physik ist ein sehr anspruchsvolles Studium:
Insbesondere die Mathematik ist am Anfang eine große Hürde
(Hilfe vor dem Studienbeginn: Vorkurs Mathematik)

Aber die Mühe lohnt sich!
- Sehr oft sind haben Physiker Führungspositionen inne.
- Arbeitslosigkeit ist geringer als in anderen Bereichen (ca. 2%).
- Untersuchungen haben ergeben: Hohe Zufriedenheit im Beruf.
- Sehr vielseitiges Berufsbild, hohe Flexibilität.

Was soll im Physikstudium vermittelt werden?

- fundiertes Fachwissen, breite physikalische Allgemeinbildung.
- „Fähigkeit, komplexe Vorgänge in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft unter quantitativen Gesichtpunkten systematisch zu analysieren und innovativ weiterzuentwickeln .“
- Experimenteller Bereich:
  „Fähigkeit, geeignete und möglichst eindeutige Antworten liefernde Experimente zu entwerfen sowie die durch vielerlei störende Einflusse veränderten Beobachtungen und Messresultate auf der Basis umfassenden und vielseitig anwendbaren Wissens zu interpretieren.“
- Theorie:
  „Berrschung der begrifflichen und mathematischen Analyse beobachteter physikalischer Eigenschaften. Entwicklung numerischer Modelle und numerischer Verfahren auf verschiedenen Abstraktionsebenen.“
  (aus der Stellungnahme der DPG zu Bachelor und Masterstudiengängen 2004)

...und auch

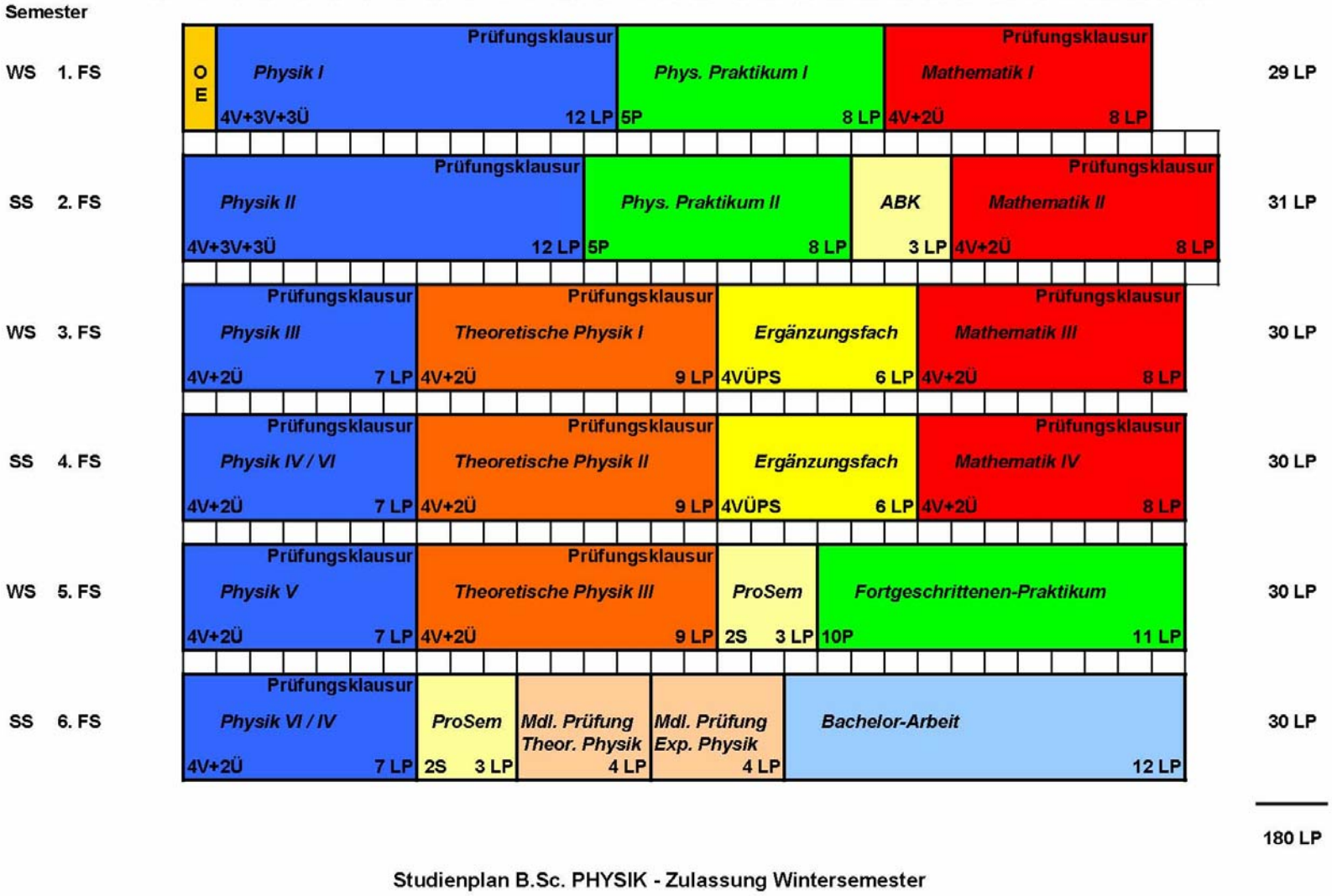
- „Fähigkeit sich auf naturwissenschaftlichem und technischen Neuland selbständig zu bewegen, sich zügig in völlig unbekannte Fragestellungen einzuarbeiten, Lösungsstrategien zu entwickeln und trotz der in der hochkomplexen Natur unvermeidbaren Rückschläge und Probleme zu Ergebnissen zu gelangen.“

- Kommunikation und Arbeit im Team, Führungsqualitäten.

- Vorträge halten, wissenschaftlische Recherche, Zeitmanagment.

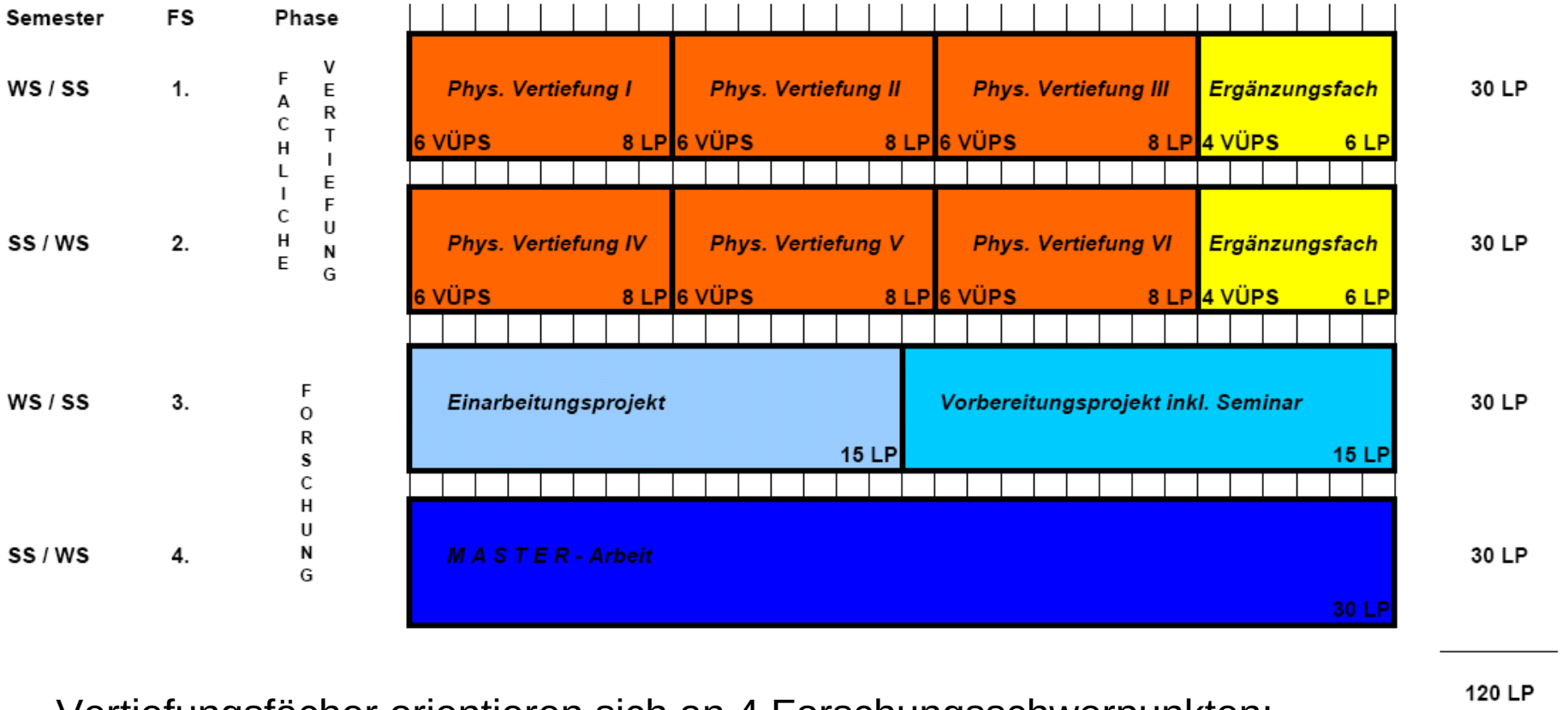
- Englisch, zur Zeit die wichtigste Sprache der Physik, unabdingbar.

Das Physikstudium (I): Bachelor of Science (3 Jahre)



Studienplan B.Sc. PHYSIK - Zulassung Wintersemester

Das Physikstudium (II): Master of Science (2 Jahre)



Vertiefungsfächer orientieren sich an 4 Forschungsschwerpunkten:

- > 2 FSP müssen durch je 2 VM abgedeckt werden
- > 1 VM aus Experimentalphysik und >1 VM aus Theorie
- > 1 VM aus Bereich der Masterarbeit

Nach dem Master (z.B.):

1. Promotion
   typisch: halbe Stelle, Dauer 3 Jahre

2. Postdoc
   typisch: volle Stelle, Dauer variabel, oft im Ausland

3. Habilitation und Alternativen:
   Nachwuchsgruppenleiter
   (DFG: Emmy-Noether NWG, Max-Planck-Gesellschaft NWG,
   Helmholtz NWG)
   Juniorprofessuren,
   ähnliche Möglichkeiten (tenure track positions) im Ausland

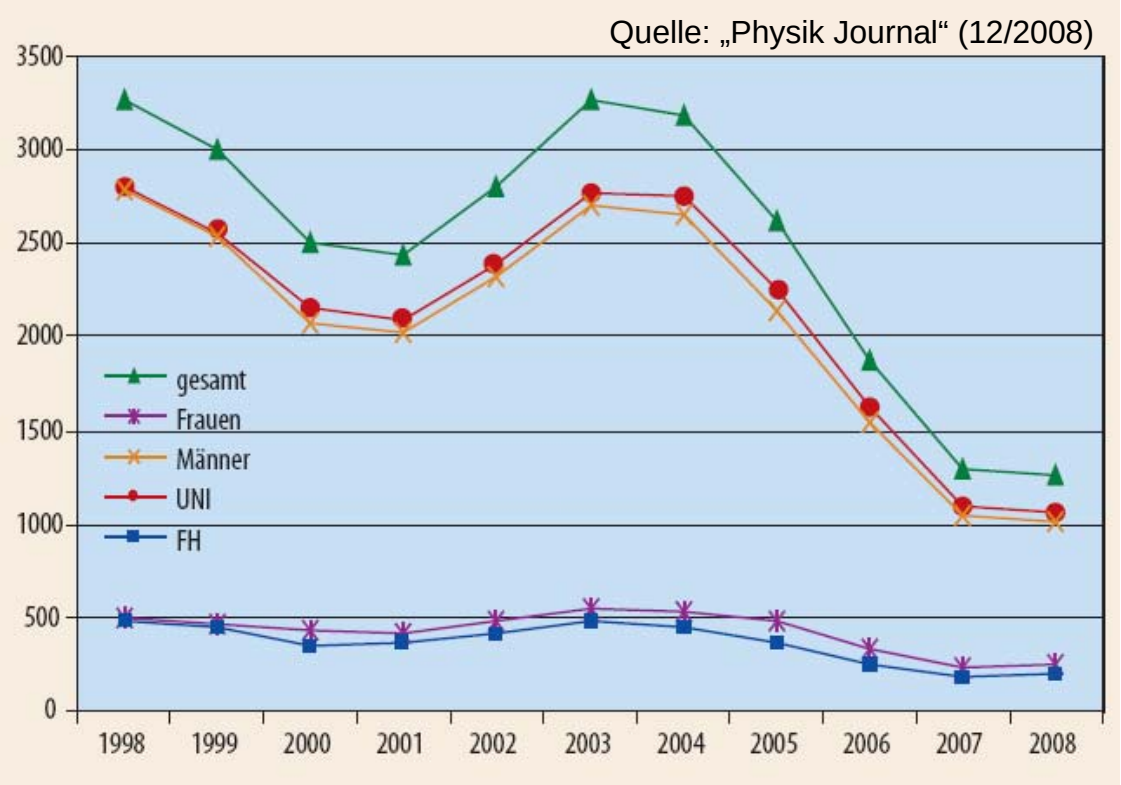
In welchen Berufsfeldern sind Physiker beschäftigt?

	2007	2008
F&E	25,5 %	27,4 %
Hochschule und Forschungseinrichtungen	23,5 %	21,3 %
Produzierendes Gewerbe		
Messtechnik, Optik	7,0 %	7,6 %
elektronische Bauelemente	2,0 %	2,6 %
Personaldienstleistungen, Zeitarbeit	12,5 %	7,9 %
Unternehmensberatungen	2,5 %	1,1 %
Architektur- und Ingenieurbüros	3,0 %	2,3 %
Gesundheit und Sozialwesen	2,5 %	2,0 %
Öffentliche Verwaltung	3,5 %	5,0 %
Softwareentwicklung	< 2,0 %	< 2,0 %

Quelle: „Physik Journal“ (12/2008)

Berufsaussichten für Physiker

Entwicklung der Arbeitslosenzahl



Arbeitslosenquote für Physiker ca. 2% (vgl. 8.5% insgesamt)