

Urknall und Quarks — Physik in der Grundlagenforschung

Tag der Naturwissenschaften

Heinrich-Mann-Schule Dietzenbach

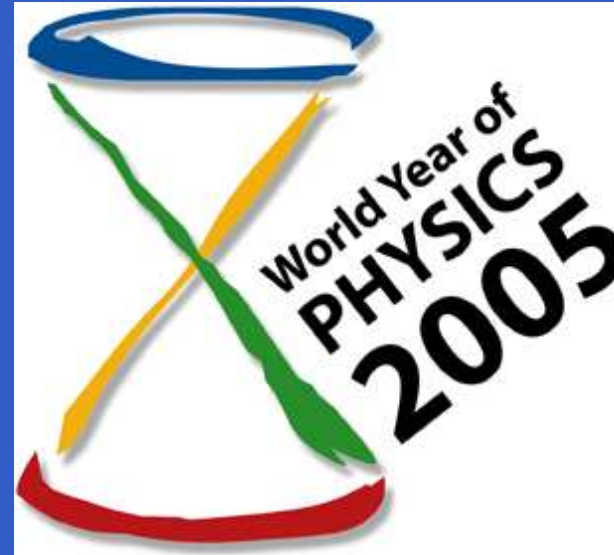
9. September 2005

Jürgen Schaffner–Bielich

Institut für Theoretische Physik/Astrophysik



2005: Jahr der Physik!



- World Year of Physics 2005!
- Einstein Jahr 2005: 50. Todestag, 100. Geburtstag der Relativitätstheorie
- Albert Einstein (1879-1955): Physiker, Pazifist, Humanist, Zionist

Bewegung am kosmischen Tempolimit — Visualisierungen zur Speziellen

Relativitätstheorie: Fast lichtschnelle Fahrradfahrt durch Tübingen

Animation: Ute Kraus und Marc Borchers, Uni Tübingen

Astronomie selbst erleben!



3. Astronomietag
10. September 2005

Mars

Mond

Venus

Unsere Nachbarn im All!

Vereinigung

der Sternfreunde e.V.

www.astronomietag.de


RAT DEUTSCHER PLANETARIEN

- Lange Nacht der Sterne am 10. September 2005: Bundesweite Veranstaltung zur Astronomie
- Physikalischer Verein Frankfurt: von 16:00 - 1:00 Uhr
Himmelsbeobachtungen, Multi-Media Vorträge, Astro Quiz, Sternführungen, ...
- regelmäßig: Astronomie am Freitag, Schul- und Gruppenführungen, Workshops, Seminare (Teleskopkauf, Sternkarten, etc.)
- Robert-Mayer-Str. 2-4, Frankfurt, www.physikalischer-verein.de

Physik-Studium und Beruf

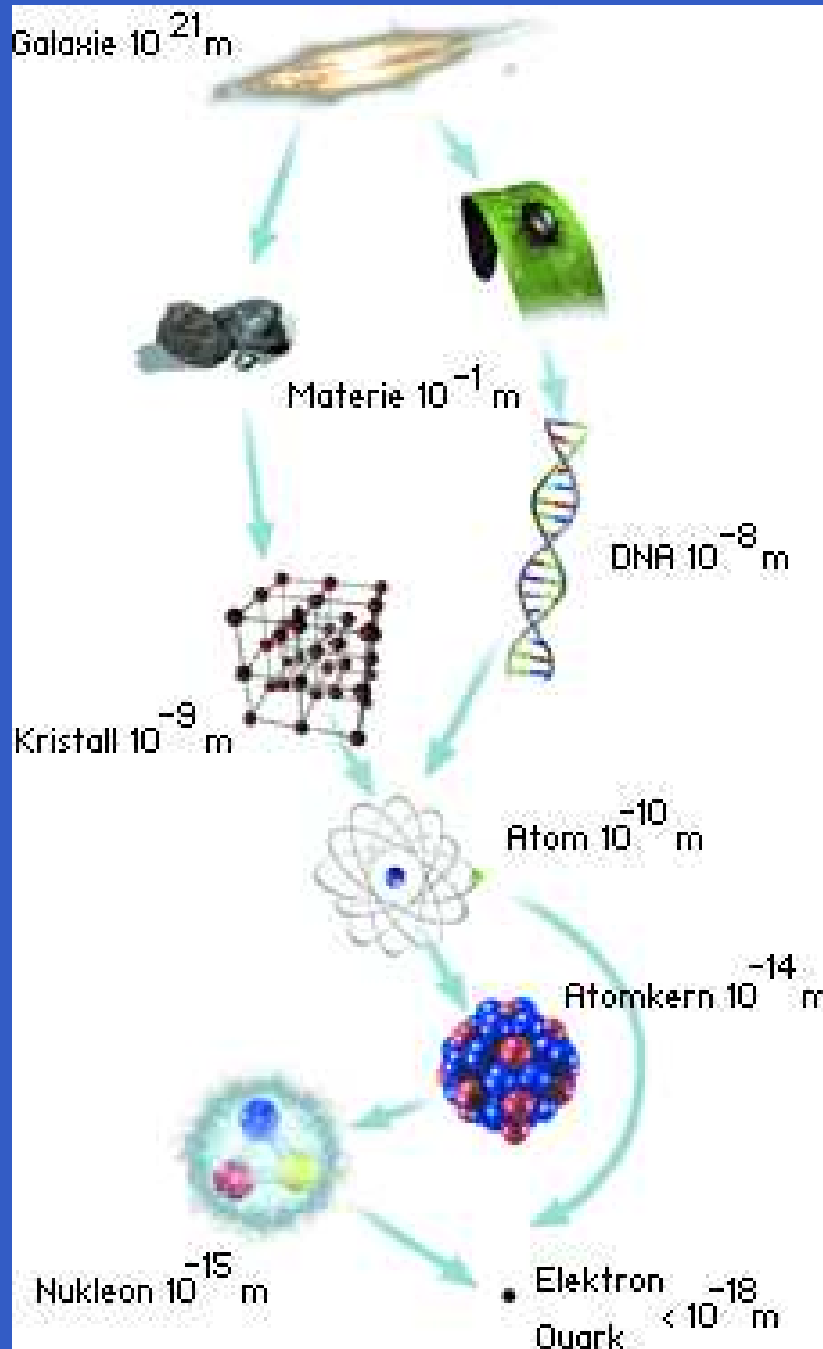
- Studiendauer bis zum Diplom \sim 5 Jahre,
- bis zur Promotion nochmal \sim 3-4 Jahre
- TU Darmstadt und Goethe Universität Frankfurt:
Spitzenplätze in der Physik (Spiegel-Ranking 2004)
- Arbeitsmarkt-Informationen – Physiker: viele Türen offen!
(Bundesanstalt für Arbeit 2004)
- Berufsaussichten: gut bis sehr gut mit steigenden Chancen
(DPG 2002–2004)
- für die Realisten:
Physik im Abitur bringt bessere Jobs und höhere Löhne
(Untersuchung vom Institute of Physics, England 2004)
- „Wir sind intellektuelle Allzweckwaffen“
(Ranga Yogeshwar, Quarks und Co)

Arbeitsgebiete nach dem Physik Studium

- Big Business statt Big Bang (Unternehmensberatung)
- Physik and Chips (Halbleiterindustrie)
- Thermodynamik fürs Patentamt (Patentwesen)
- No risk, no fun (Finanzwesen, Banken, Versicherungen)
- Seiltänzer ohne Netz (Wissenschaft)
- Quarks im Kopf, Benzin im Blut (Automobilindustrie)
- T-Physik fürs Ferngespräch (Telekommunikationsbranche)
- Bits statt Baryonen (Softwarebranche)
- Wanted: helle Köpfe (Optikindustrie)
- aber auch Biophysik, Strahlentherapie, Medizinische Diagnostik!
- siehe auch nachfolgende Präsentationen!

(Liste z.T. aus dem Berufs- und Studienführer: „Big Business und Big Bang“, von Jorda und Rauner, Wiley 2002)

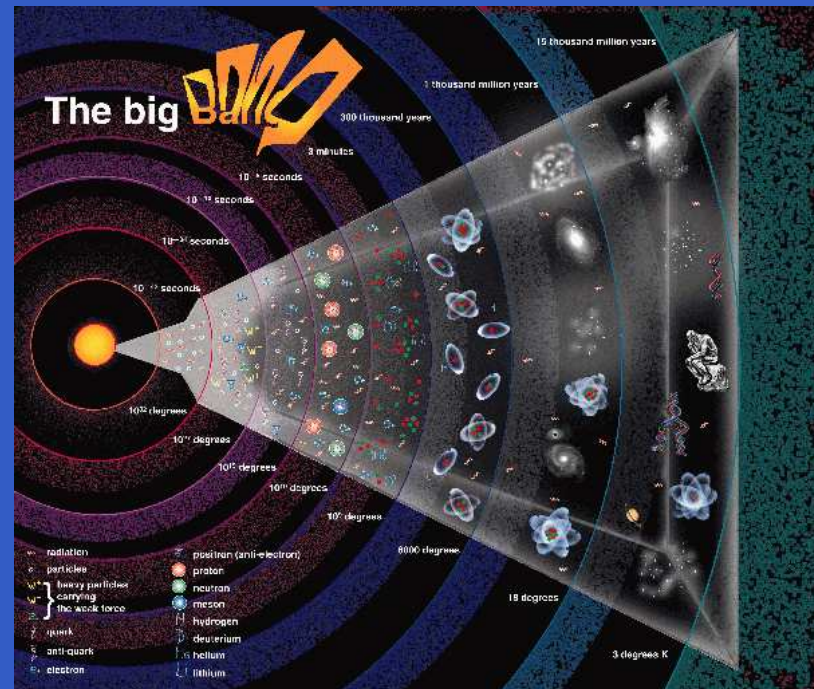
Aufbau der Materie



- Galaxien: Durchmesser von 100,000 Lichtjahren
- Materie: 10 cm
- Festkörper und DNA: bis zu einem milliardstel Meter
- Atome: 1/10 milliardstel Meter
- Atomkern: 10 milliardstel Meter
- Nukleon: 1 milliardstel Meter
- Elementarteilchen Quarks und Elektronen: weniger als 1 trillionstel Meter
- fast 40 Größenordnungen umfassend!

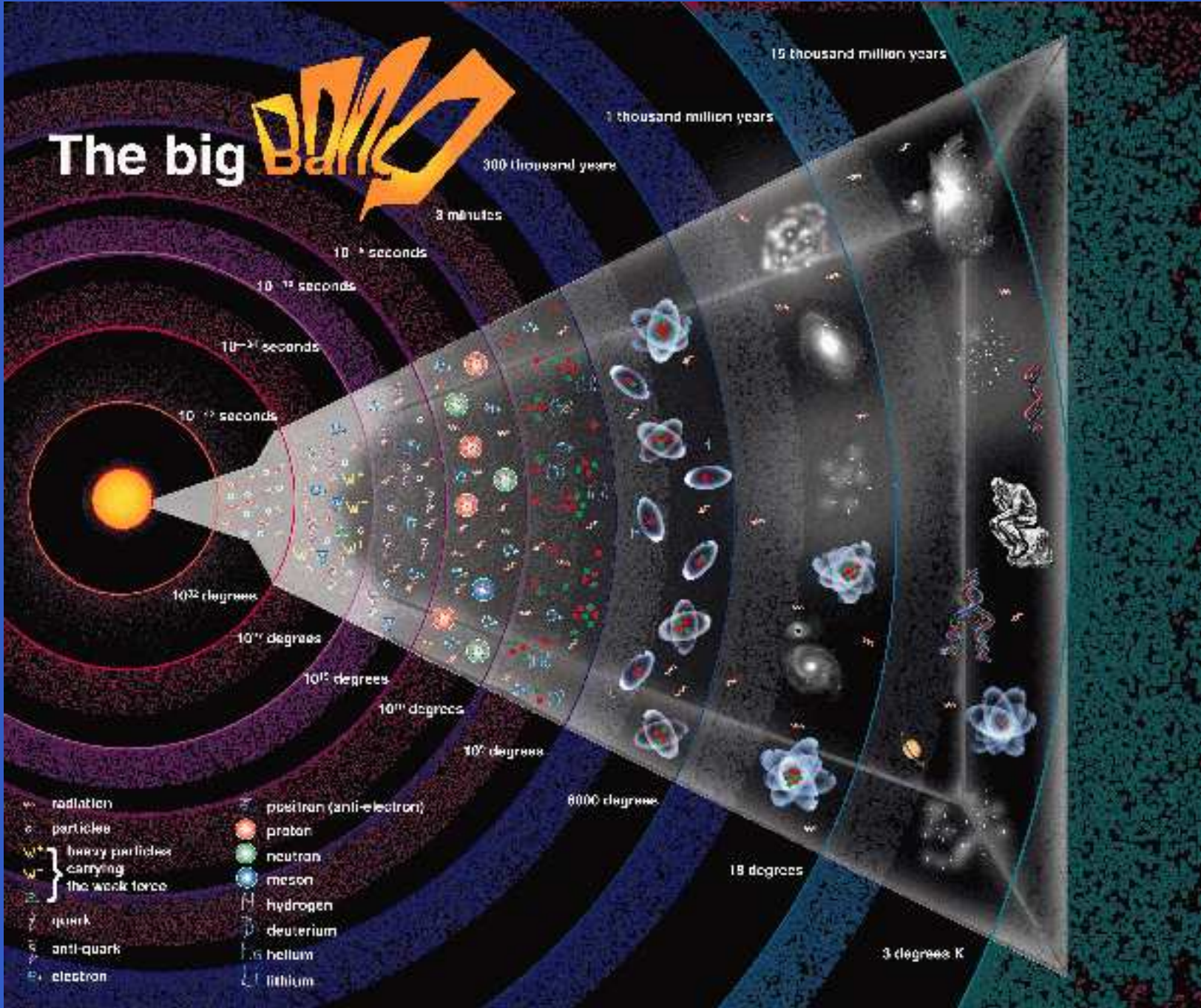
Urknall und Urmaterie

Am Anfang war die Ursuppe, aus dem alles andere entstand:



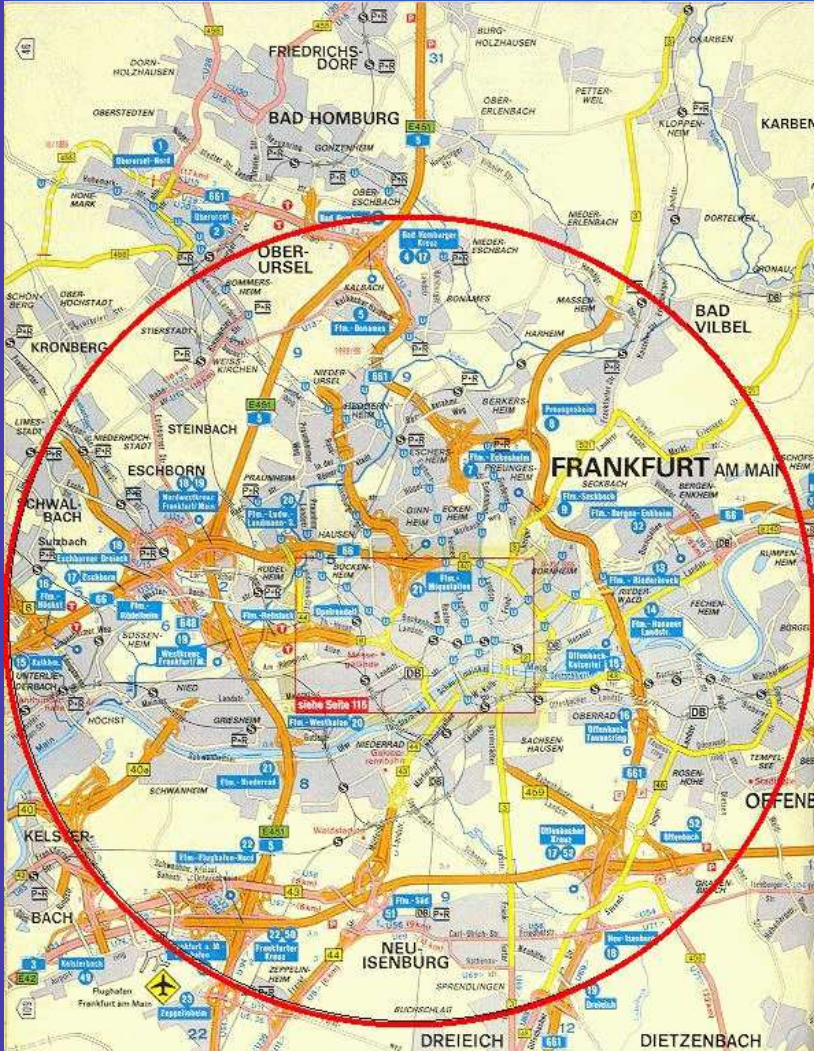
- Neutronen und Protonen aus Quarks (1/10.000 Sekunde)
- chemische Elemente in der Nukleosynthese (drei Minuten)
- Atome in der kosmische Hintergrundstrahlung (380.000 Jahre)
- erste Sterne und Galaxien (300 Millionen Jahre)
- Sonne und Erde (4,5 Milliarden Jahre)
- Menschen: 13,7 Milliarden Jahre danach!

Urknall und Urmaterie



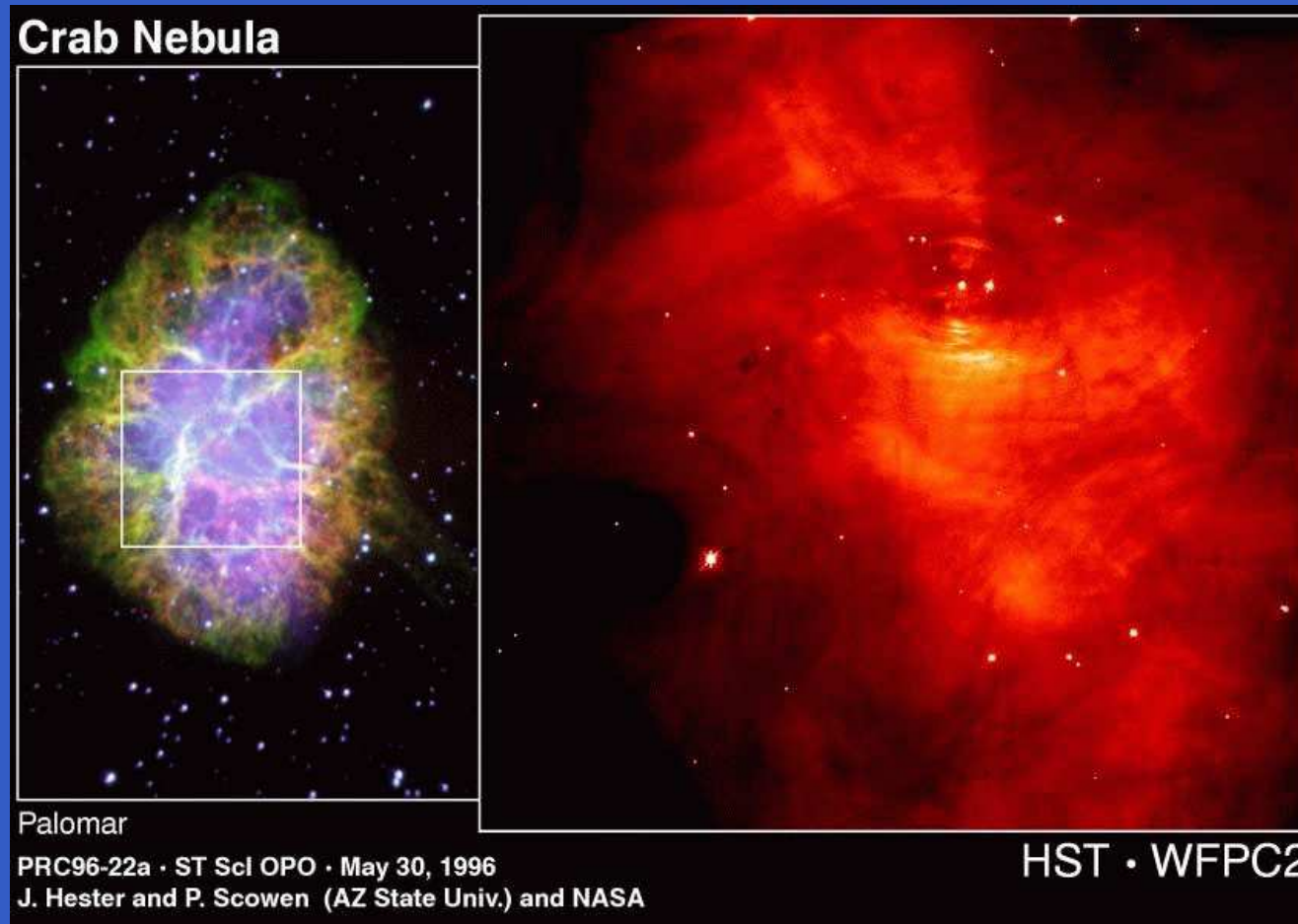
Urmaterie im All — Neutronensterne!

Was sind Neutronensterne?



- kompakte Sterne aus Neutronen und Quarks!
- mit einem Radius von etwa 10 km
- nicht viel größer als Frankfurt!
- besitzen eine Masse vom 1-2 fachen der Sonnenmasse
- bestehen aus dem dichtesten Material im Universum, das wir kennen!
- ein Teelöffel Neutronensternmaterie auf der Erde wiegt soviel wie die gesamte Menschheit!

Wo sind die Neutronensterne?

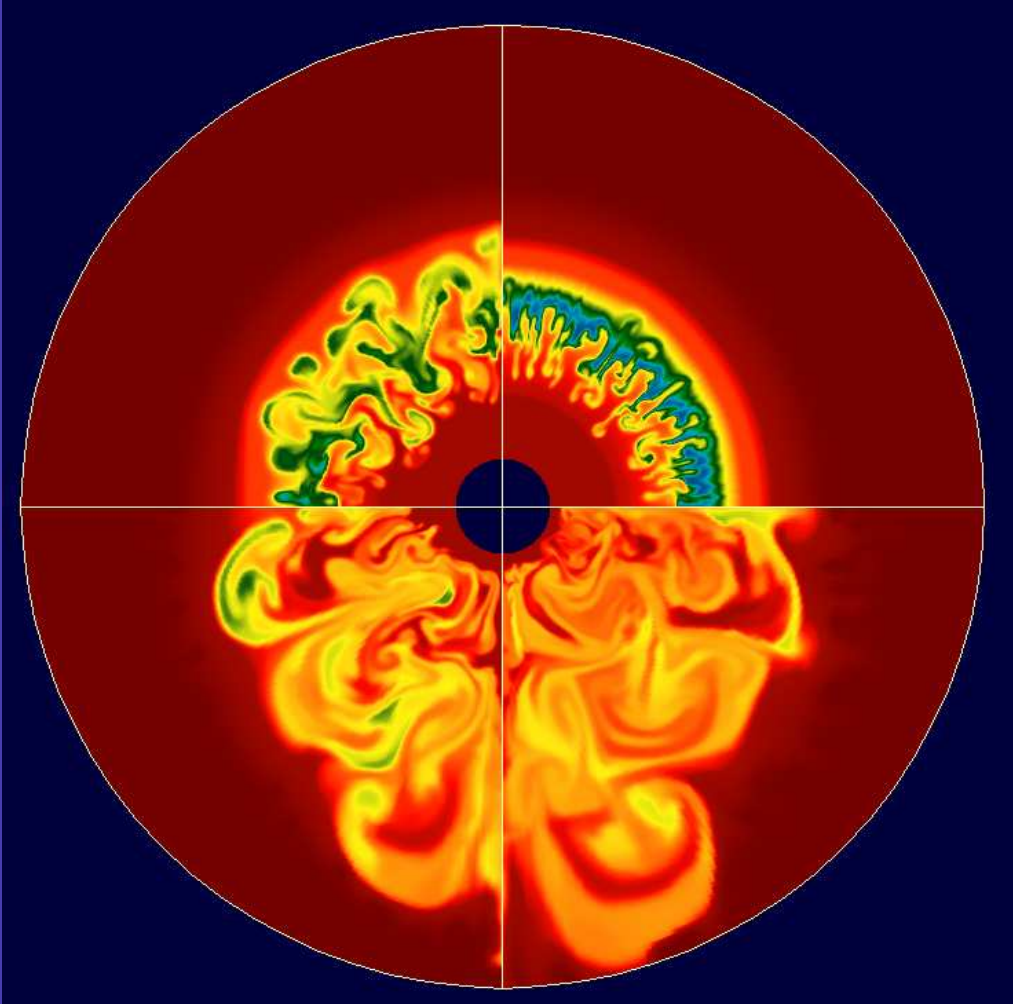


- Krebsnebel im Sternbild Stier: Supernova-Rest der Explosion von AD 1054
- enthält eine pulsierende Radioquelle — einen Pulsar
- Pulsare sind rotierende Neutronensterne!
- Neutronensterne sind Supernova-Reste!

Töne von Pulsaren

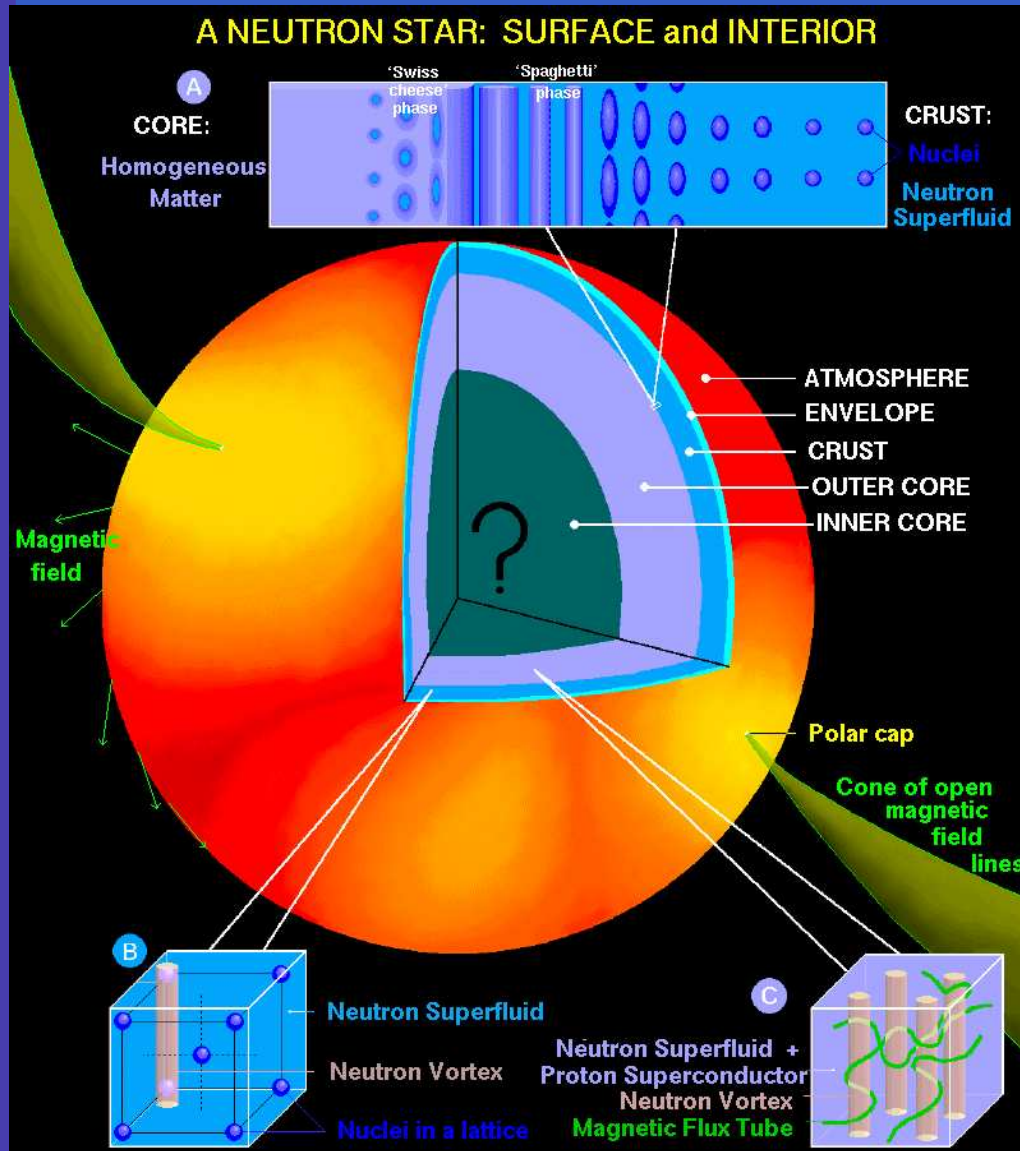
- PSR B0329+54: typischer Pulsar mit einer Periode von 0.7145519 s (1.4 Pulse pro Sekunde)
- PSR B0833-45 (Vela Pulsar): in Vela Supernova Überrest, Periode von 89 ms (11 Pulse pro Sekunde)
- PSR B0531+21 (Krebs Pulsar): jüngster bekannter Pulsar, im Krebsnebel, Periode: 33 ms (30 Pulse pro Sekunde)
- PSR J0437-4715: kürzlich entdeckter Pulsar, pulsiert mit einer Periode von 5.7 ms (174 mal pro Sekunde)
- PSR B1937+21: schnellster bekannter Pulsar mit einer Periode von 1.56 ms (642 Pulse pro Sekunde)

Supernova-Explosionen



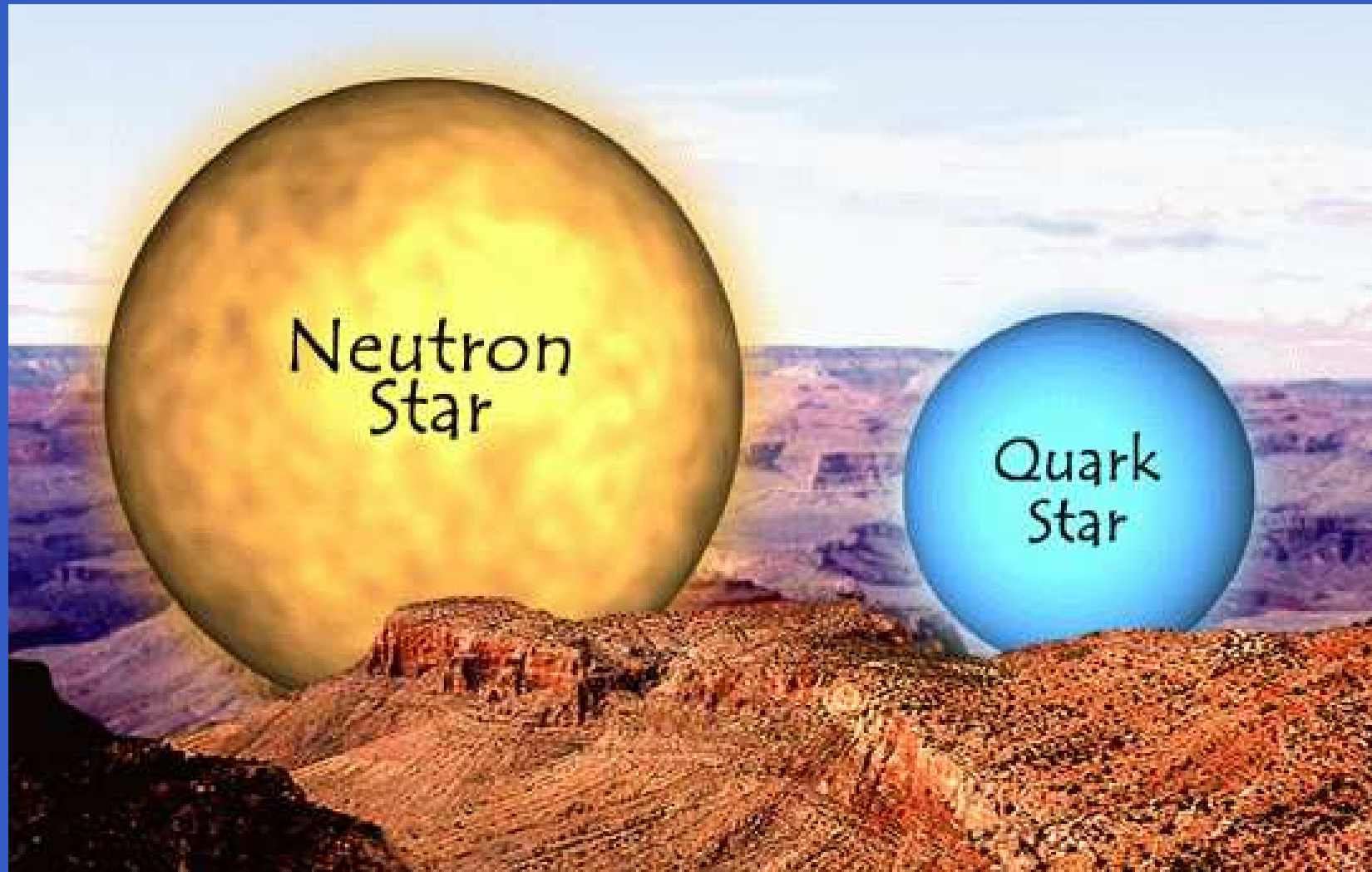
- Sonnen mit mehr als 8 Sonnenmassen enden in einer Supernova Explosion
- Supernova von AD 1054 war für drei Wochen am helllichten Tage sichtbar!
- Supernovae strahlen mehrere tausendmal heller als eine gesamte Galaxie!
- letzte nähere Supernova-Explosion in den letzten 400 Jahren: SN1987A
- [Animation](#) einer Supernova-Explosion (Chandra, NASA)

Reise ins Innere eines Neutronensternes



- Rand: Kruste aus Elektronen und (neutronenreichen) Atomkernen
- 1 km Tiefe: frei Neutronen bilden eine suprafluide Phase
- geometrische Strukturen: Blasen, Fäden, Scheiben, Löcher
- Pasta in der Kruste: Fleischbällchen, Spaghetti, Lasagne, Anti-Spaghetti und Schweizer Käse!
- 2 km Tiefe: alle Atomkerne aufgelöst, reine Flüssigkeit aus Neutronen
- mehr als 2km Tiefe: exotische seltsame Materie, Quarks!!!

Ein Quark Stern? (NASA Pressemitteilung 2002)

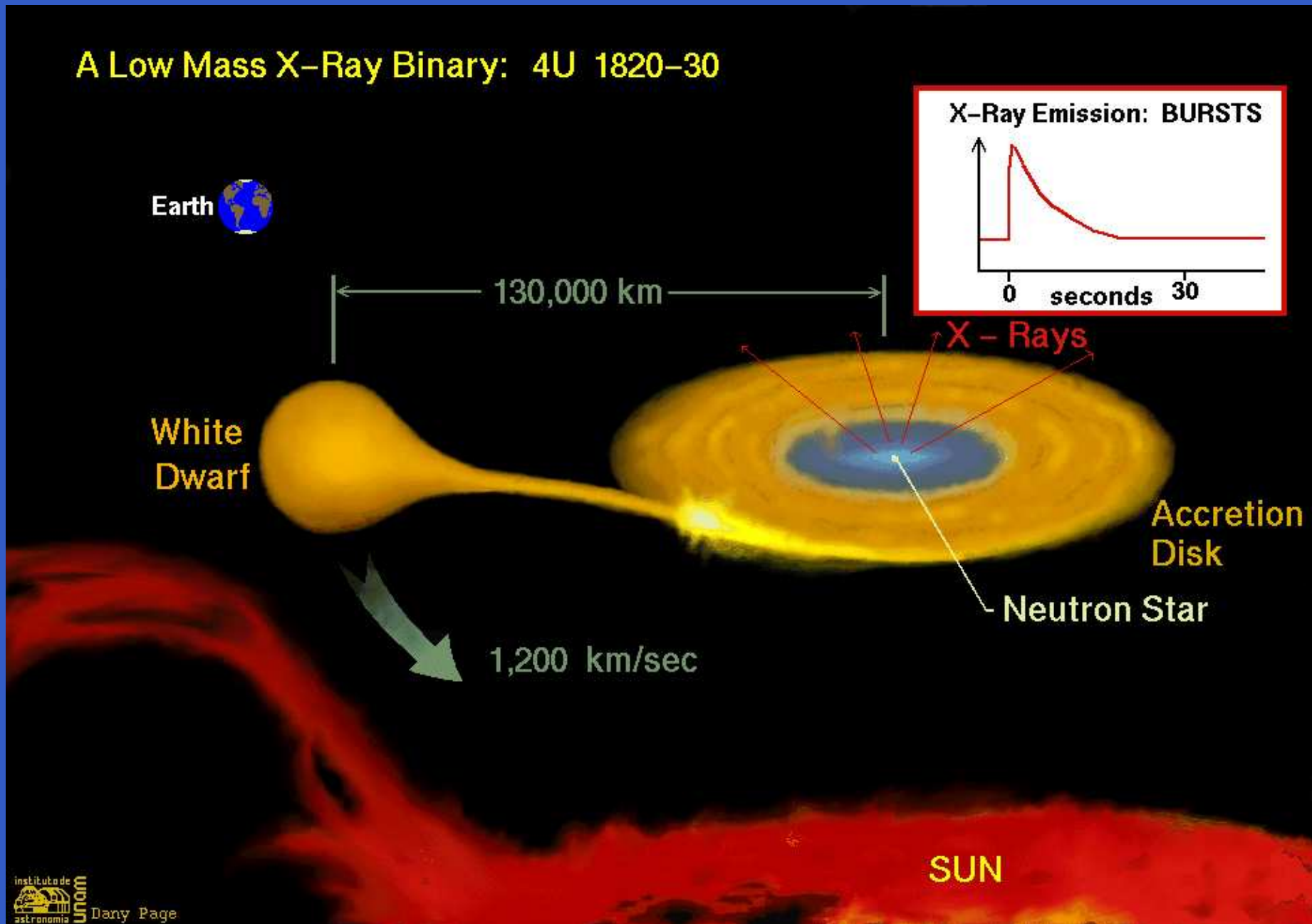


NASA Pressemitteilung 02-082:

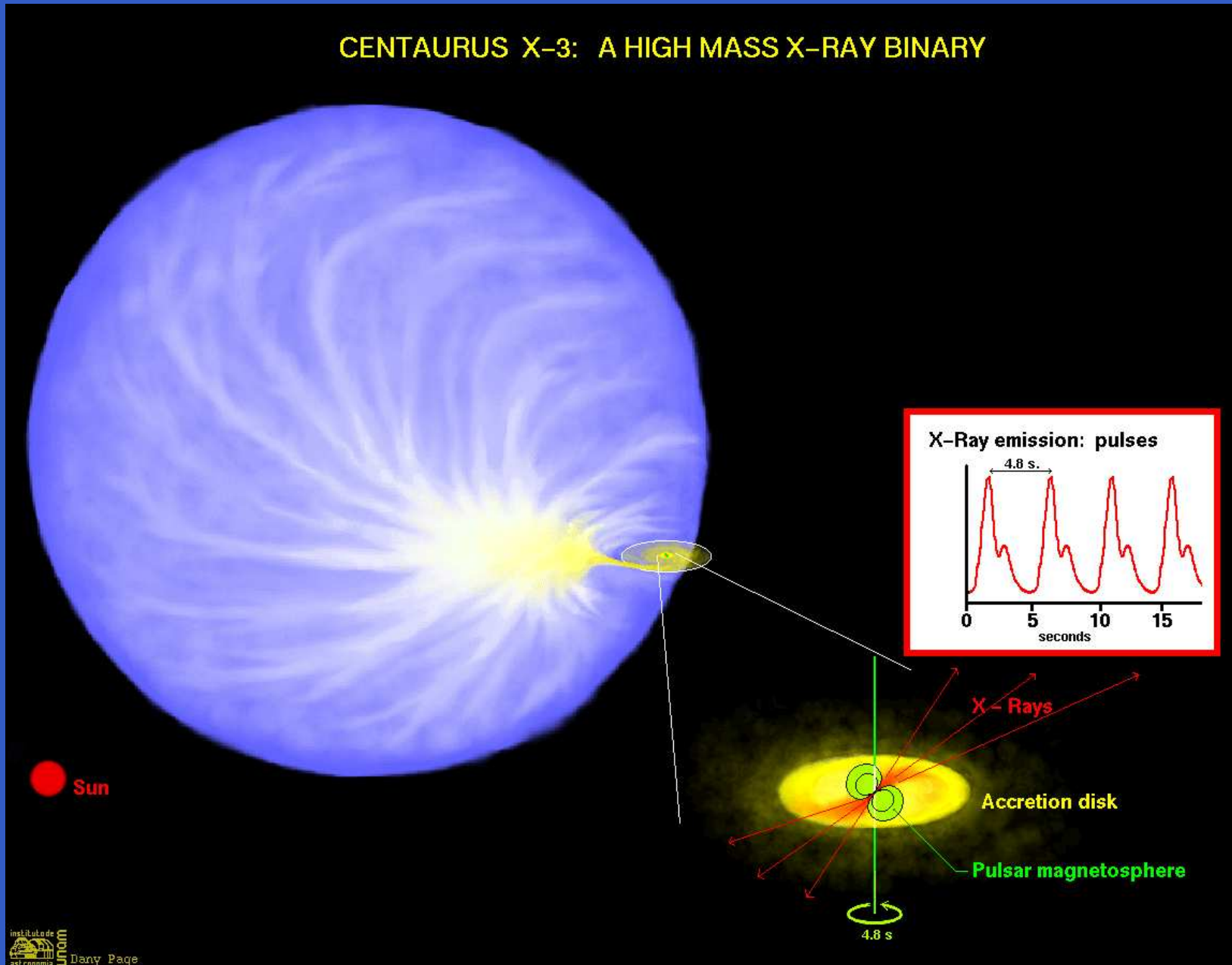
„Kosmische Röntgenstrahlen enthüllen Beweise für eine neue Form von Materie“
— ein Quark Stern?

Neutronensterne sind nicht alleine ...

A Low Mass X-Ray Binary: 4U 1820-30



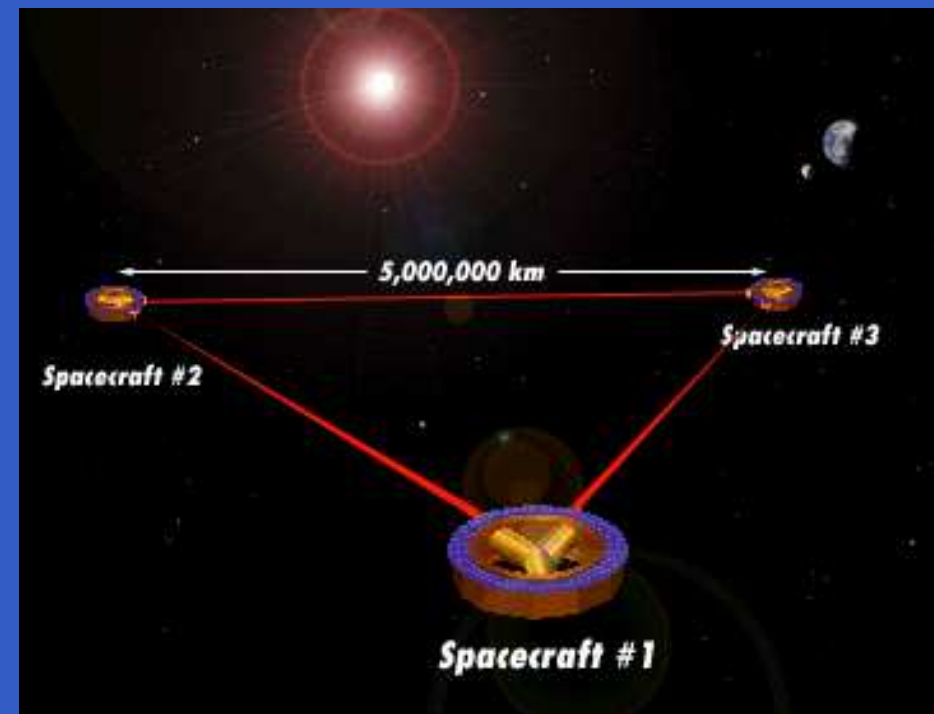
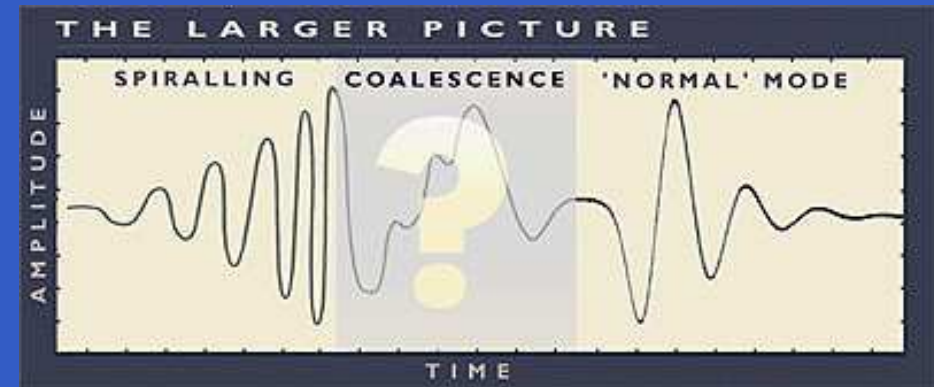
Neutronensterne sind nicht alleine ...



Neutronenstern mit einem Blauen Riesen

Gravitationswellen: dem Universum zuhören

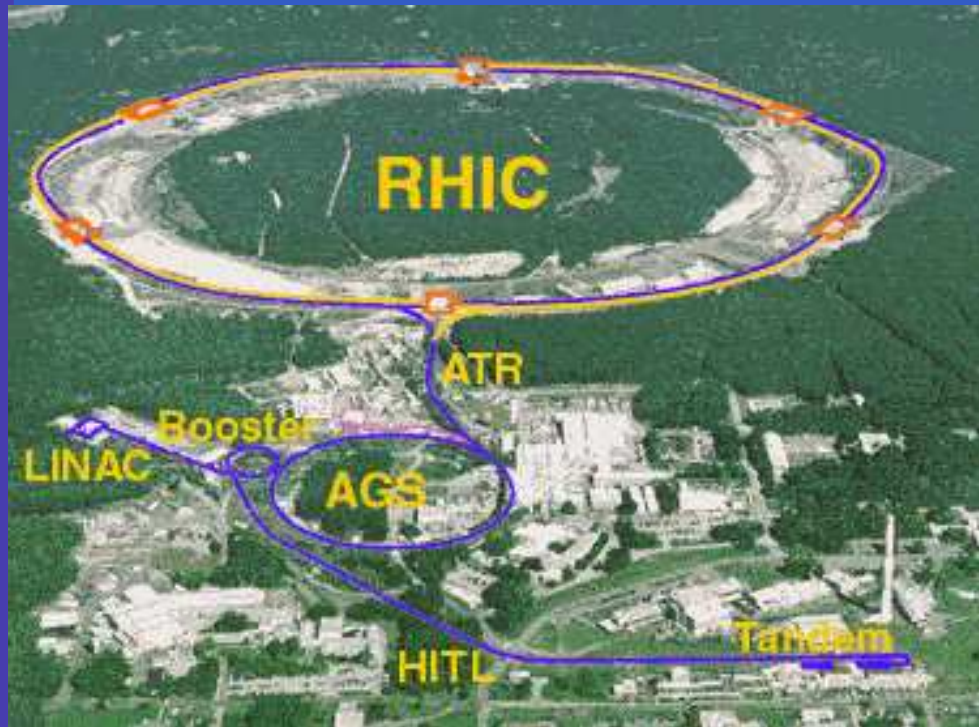
- von Supernova-Explosionen
- von deformierten Pulsaren
- vom Kollaps eines Neutronensternes zu einem Schwarzen Loch
- von Kollisionen von Neutronensternen und Schwarzen Löchern
- von ineinander spiralisierenden Neutronensternen
- Messung über Gravitationswellen-Detektoren wie GEO600 (Hannover), LIGO (USA), LISA (im All)



Simulation einer Neutronensternkollision (Simulation: Philip Gressman (Washington University),

Visualisierung: Werner Bengler (Albert-Einstein-Institut, Potsdam))

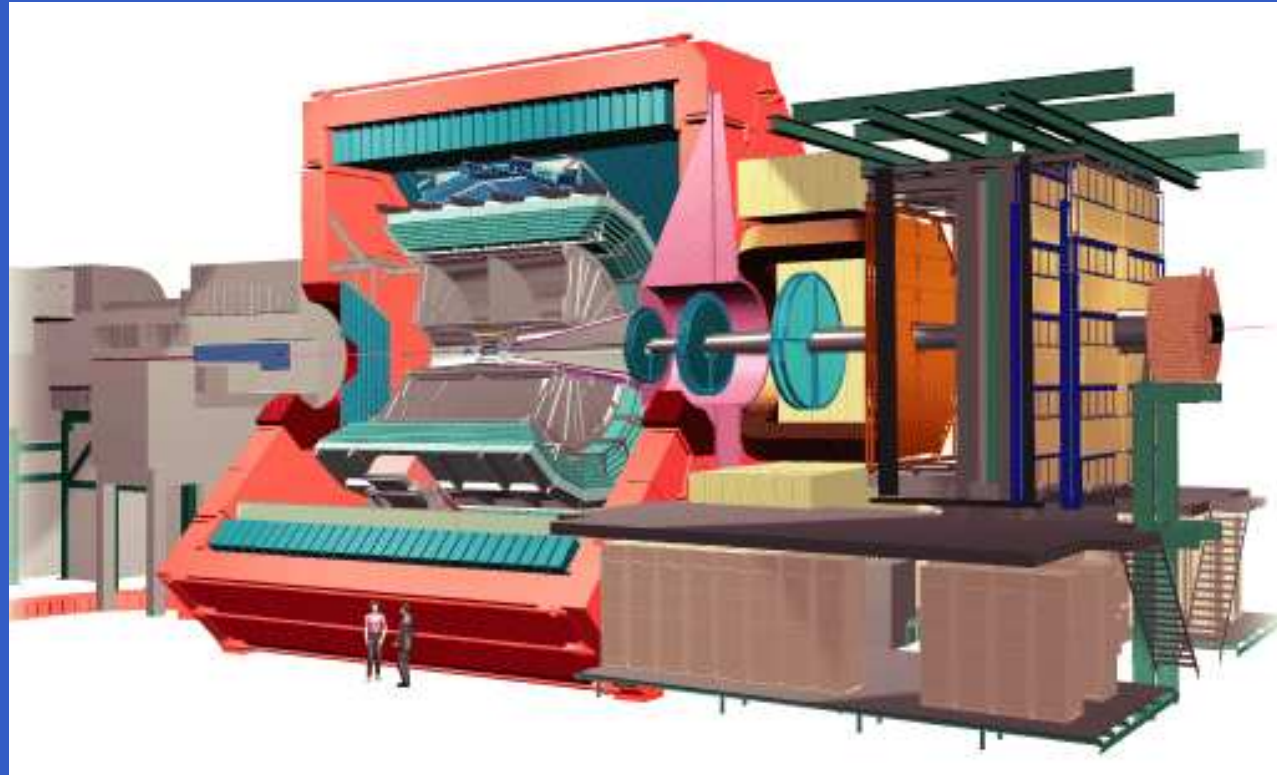
Urmaterie im Labor — Schwerionenkollisionen!



(RHIC Beschleuniger und PHENIX Kollaboration)

- Relativistic Heavy-Ion Collider RHIC in den USA
- erste Anzeichen von Quarkmaterie gefunden!
- unter Mitarbeit von Frankfurter Forschern und Studenten!
- internationale Kollaborationen: 400 Mitarbeiter aus 30 bis 50 Instituten
- internationale Konferenzen: Quark Matter 2005 in Budapest

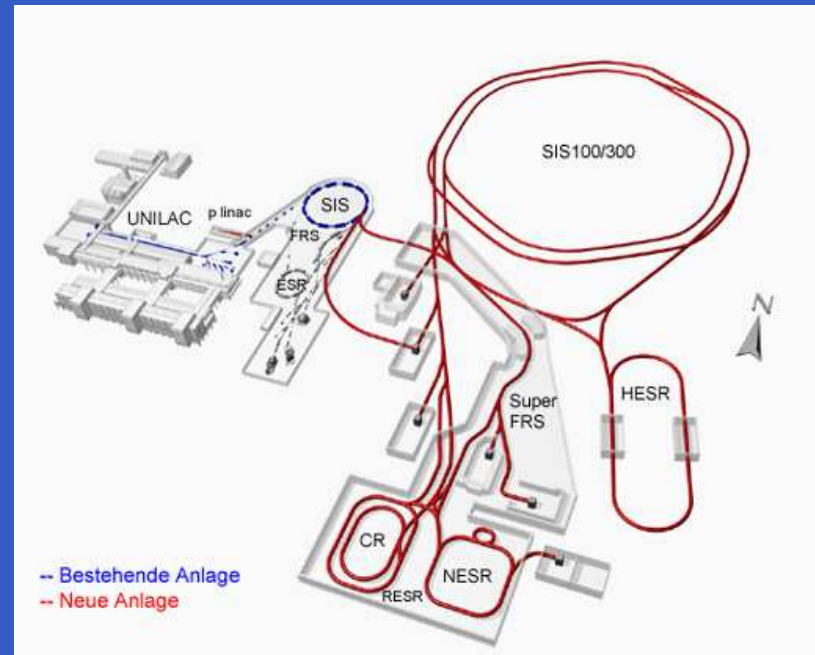
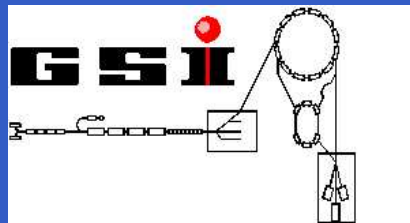
CERN: European Organization for Nuclear Research



(ALICE Detektor am CERN)

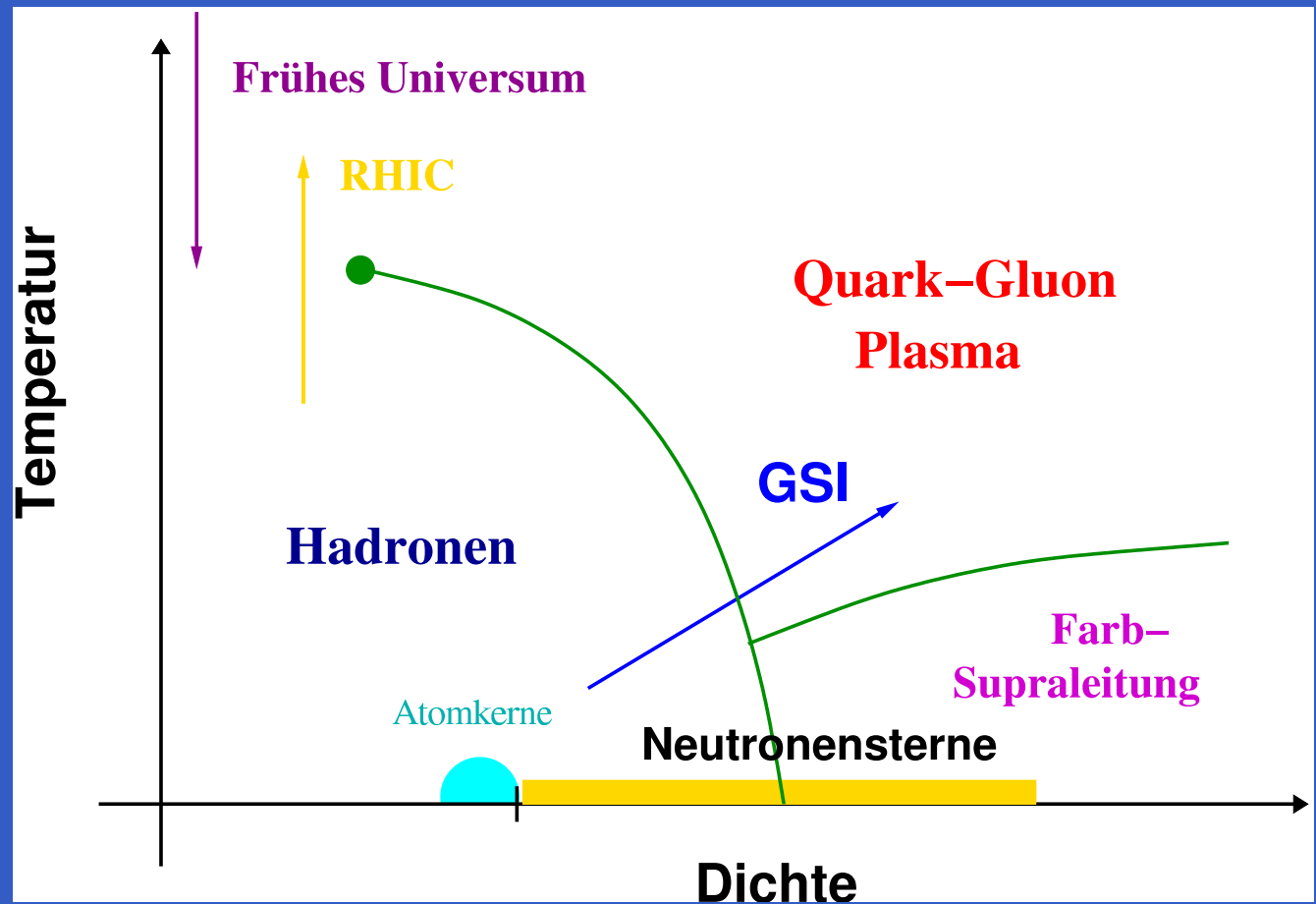
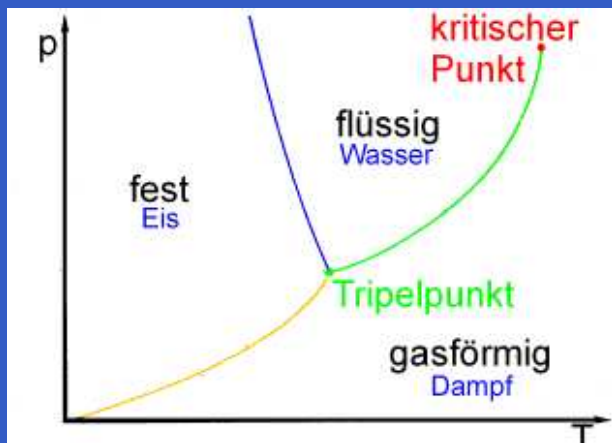
- Europäisches Großforschungszentrum CERN in Genf: Wiege des Internet!
- Bau des Large Hadron Collider (LHC) bis 2007, Ringtunnel mit 27 km Umfang!
- ALICE: A Large Ion Collider Experiment
- haushohe Detektoren, Hochleistungstechnologien und Supercomputing!

Zukunft: Urmaterie um die Ecke!



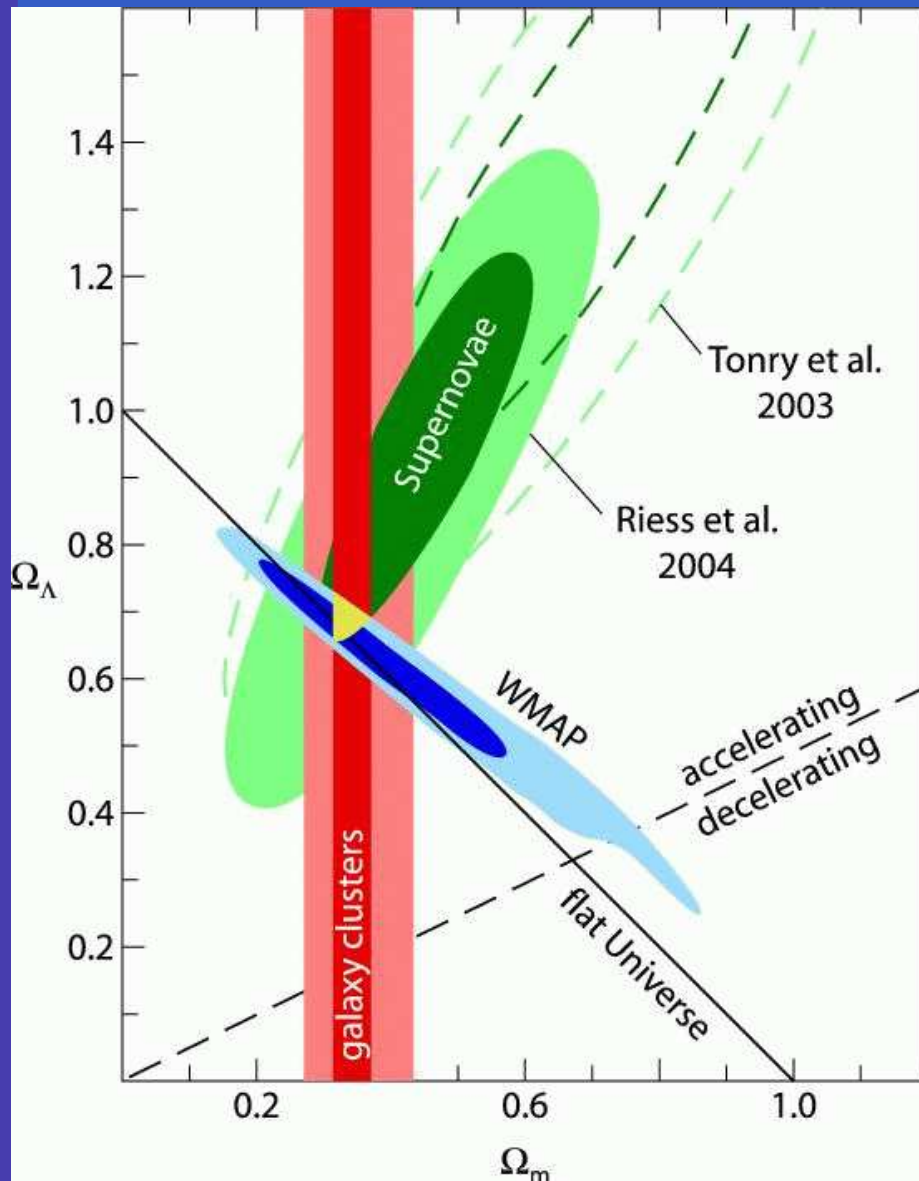
- Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt (GSI)!
- Bau einer Internationalen Großforschungsanlage bis 2010 (Facility for Antiproton and Ion Research FAIR)
- Budget: 675 Millionen Euro mit Unterstützung vom Bund
- Erforschung hochdichter (Ur)Materie, Entstehung der Elemente, Plasmaphysik, Strahlentherapie
- starke Beteiligung von Studenten und Forschern aus Frankfurt!

Phasendiagramm der Urmaterie



- Erforschung der Urmaterie im Labor
- Phasen von Wasser: fest, flüssig, gasförmig
- Phasen von Urmaterie: Kerne, Quarkmaterie, Quark-Gluon Plasma

Der Zustand des Universums: unerklärlich!



- Kosmologische Konstante (Ω_Λ): Dunkle Energie 70%
- Materie (Ω_M): Dunkle Materie 25% und bekannte Materie 5%
- Was ist Dunkle Energie und Dunkle Materie? Wir wissen es nicht!
- Physiker verstehen die Welt zu 95% nicht mehr!
- ungelöste Rätsel für zukünftige Physiker!