



# Perspektiven der Hadronen- und Kernphysik



## **Gewählte KHuK Mitglieder**

- Exp. Schwerionenphysik (P. Senger - Vorsitzender)
- Exp. Kernstruktur und nukleare Astrophysik (K. Blaum)
- Elektromagnetische Sonden (R. Beck)
- Hadronischen Sonden (J. Ritman – Stellv. Vorsitzender)
- Fundamentale Wechselwirkungen (Th. Stöhlker)
- Beschleuniger und experimentelle Großgeräte (U. Ratzinger)
- Theorie – Schwerionen und Kernstruktur (C. Greiner)
- Theorie - Hadronen (M.F.M. Lutz)

## **Ex-officio KHuK Mitglieder:**

- Kern- & Hadronenphysik Sektion der DPG (J. Wessels)
- Vorsitzender des BMBF Gutachterausschusses / DFG (U. Meissner)
- Repräsentant NuPECC (J. Wambach)
- Repräsentanten anderer Komitees:  
KAT (Ch. Weinheimer), KET (Th. Mannel), KfB (O. Boine-Frankenheim)

## Großgeräte der Hadronen- und Kernphysik in Deutschland:

**COSY**, Forschungszentrum Jülich

**ELBE**, Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf

**ELSA**, Elektronen-Stretcher-Anlage, Universität Bonn

**FRM-II**, Forschungs-Neutronenquelle, Technische Universität München

**GSI** Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt:

**MAMI**, Mainz Mikrotron, Universität Mainz

**S-Dalinac**, Technische Universität Darmstadt

**TRIGA Mark II**, Forschungsreaktor, Universität Mainz

## Internationale Großexperimente mit signifikanter deutscher Beteiligung:

**ALICE**, CERN-LHC

**COMPASS**, CERN-SPS

**ISOLDE**, CERN

## Universitäten mit Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Hadronen- und Kernphysik:

- Berlin • Bielefeld • Bochum • Bonn • Darmstadt • Dresden • Erlangen • Frankfurt
- Freiburg • Giessen • Greifswald • Hamburg • Heidelberg (U + MPI) • Jena
- Karlsruhe IT • Köln • Mainz • München LMU • München TU • Münster • Regensburg
- Rostock • Tübingen • Wuppertal

# Empfehlungen des KHuK zur Hadronen- und Kernphysik (2010)



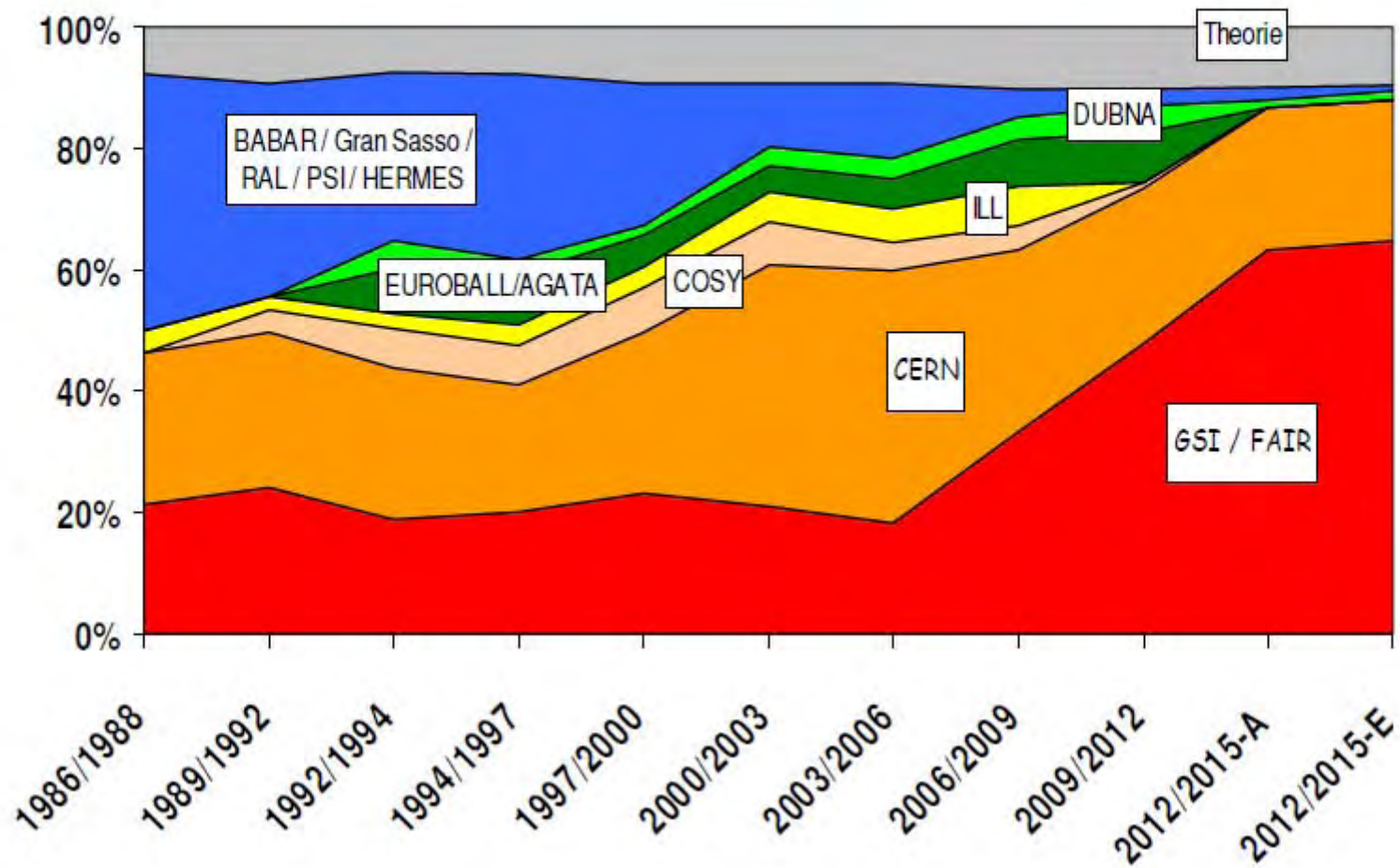
Das KHuK empfiehlt mit höchster Priorität den vollständigen Ausbau der „Facility for Antiproton and Ion Research“ (FAIR).

Das KHuK empfiehlt mit Nachdruck die Förderung existierender Experimentieranlagen zur Erforschung der Struktur der Materie und ihr Verhalten unter extremen Bedingungen.

Das KHuK empfiehlt dringend eine Initiative zur Sicherung des wissenschaftlichen Nachwuchses.



# German University funding



# Die Facility for Antiproton and Ion Research

FAIR ist eines der größten Projekte der Grundlagenforschung in der nächsten Dekade weltweit.

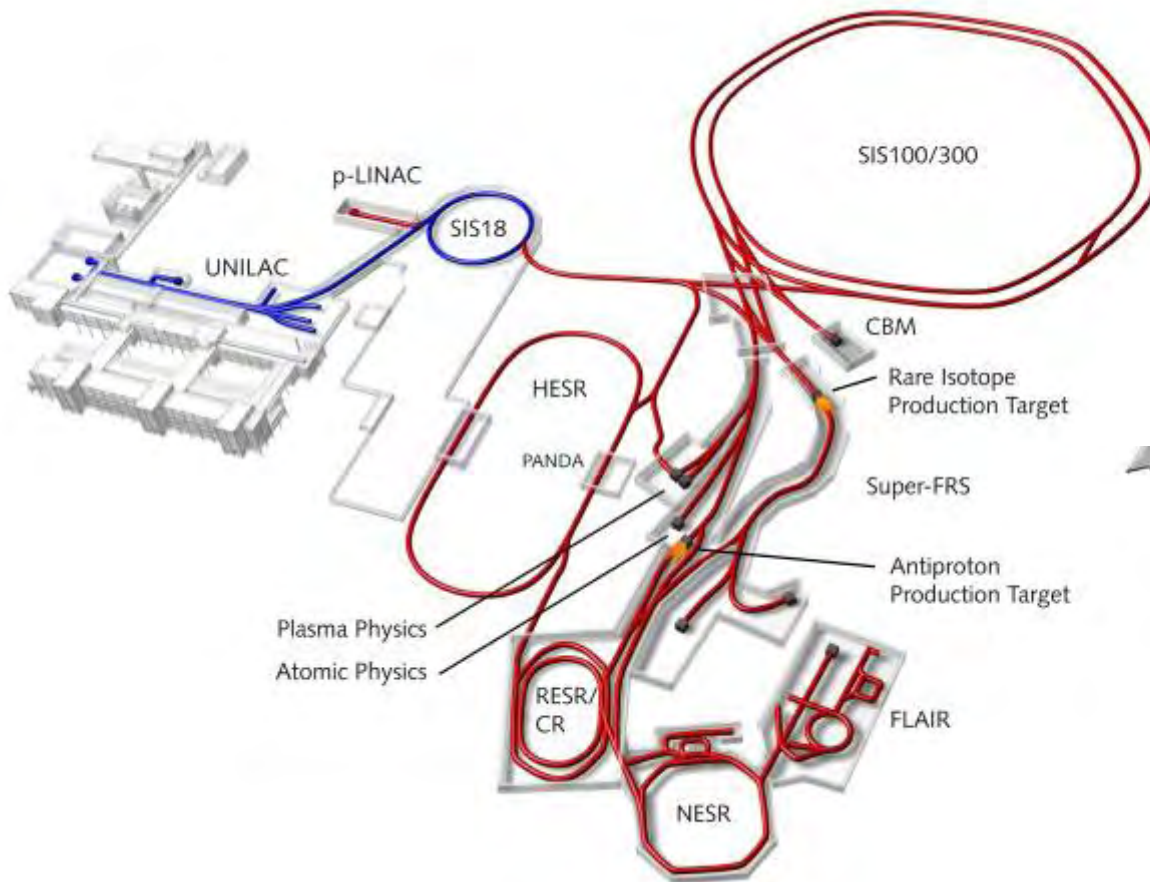
Spitzenforschung auf den Gebieten Kern-, Hadronen-, Atom-, Plasma-, Bio- und Materialphysik

- Bau 2012 - 2018
  - Gesamtkosten 1.2 Mrd. € (2005)
  - 10 Mitgliedstaaten bisher
  - Finanzierung:
    - 65 % Federal Government of Germany
    - 10 % State of Hessen
    - 25 % Partner Countries
- FAIR GmbH wurde am 4. Okt. 2010 gegründet



| <b>FAIR countries</b>   | <b>Total declared contribution (k€)</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| Austria                 | 5.000                                   |
| China                   | 12.000                                  |
| <b>Finland</b>          | <b>5.000</b>                            |
| <b>France</b>           | <b>27.000</b>                           |
| <b>Germany</b>          | <b>(110.000 +) 705.000</b>              |
| Great Britain           | 8.000                                   |
| Greece                  | 4.000                                   |
| <b>India</b>            | <b>36.000</b>                           |
| Italy                   | 42.000                                  |
| <b>Poland</b>           | <b>23.740</b>                           |
| <b>Romania</b>          | <b>11.870</b>                           |
| <b>Russia</b>           | <b>178.050</b>                          |
| <b>Slovenia</b>         | <b>12.000</b>                           |
| <b>Slovakia</b>         | <b>6.000</b>                            |
| <b>Spain</b>            | <b>12.000</b>                           |
| <b>Sweden</b>           | <b>10.000</b>                           |
| Total                   | 1.104.660                               |
| <b>Firm Commitments</b> | <b>1.027.000</b>                        |

# Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR)



## primary beams

- $5 \times 10^{11}/s$ ; 1.5-2 GeV/u;  $^{238}\text{U}^{28+}$
- factor 100-1000 increased intensity
- $4 \times 10^{13}/s$  90 GeV protons
- $10^{10}/s$   $^{238}\text{U}$  35 GeV/u (Ni 45 GeV/u)

## secondary beams

- rare isotopes 1.5 - 2 GeV/u;  
factor 10 000 increased intensity
- antiprotons 3(0) - 30 GeV

## storage and cooler rings

- beams of rare isotopes
- e - A Collider
- $10^{11}$  stored and cooled antiprotons  
0.8 - 14.5 GeV

## accelerator technical challenges

- Rapidly cycling superconducting magnets
- high energy electron cooling
- dynamical vacuum, beam losses



Juli 2012:

FAIR erhielt Baugenehmigung durch das BMBF  
und eine Bewilligung in Höhe von 526 Million €

# Research programmes at FAIR

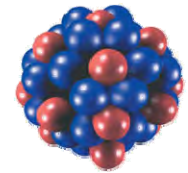
## Beams of antiprotons: hadron physics

quark-confinement potential  
search for gluonic matter and hybrids  
nucleon structure, double hypernuclei



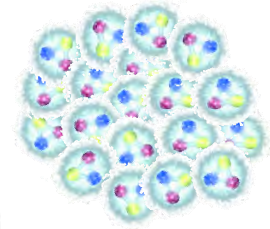
## Rare isotope beams: nuclear structure and nuclear astrophysics

nuclear structure far off stability  
nucleosynthesis in stars and supernovae



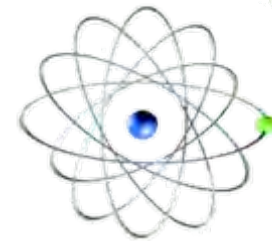
## Nucleus-nucleus collisions: compressed baryonic matter

baryonic matter at highest densities (neutron stars)  
phase transitions and critical point  
in-medium properties of hadrons, origin of hadron masses



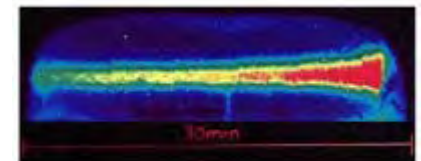
## Atomic physics, FLAIR, and applied research

highly charged atoms  
low energy antiprotons  
radiobiology



## Short-pulse heavy ion beams: plasma physics

matter at high pressure, densities, and temperature  
fundamentals of nuclear fusion

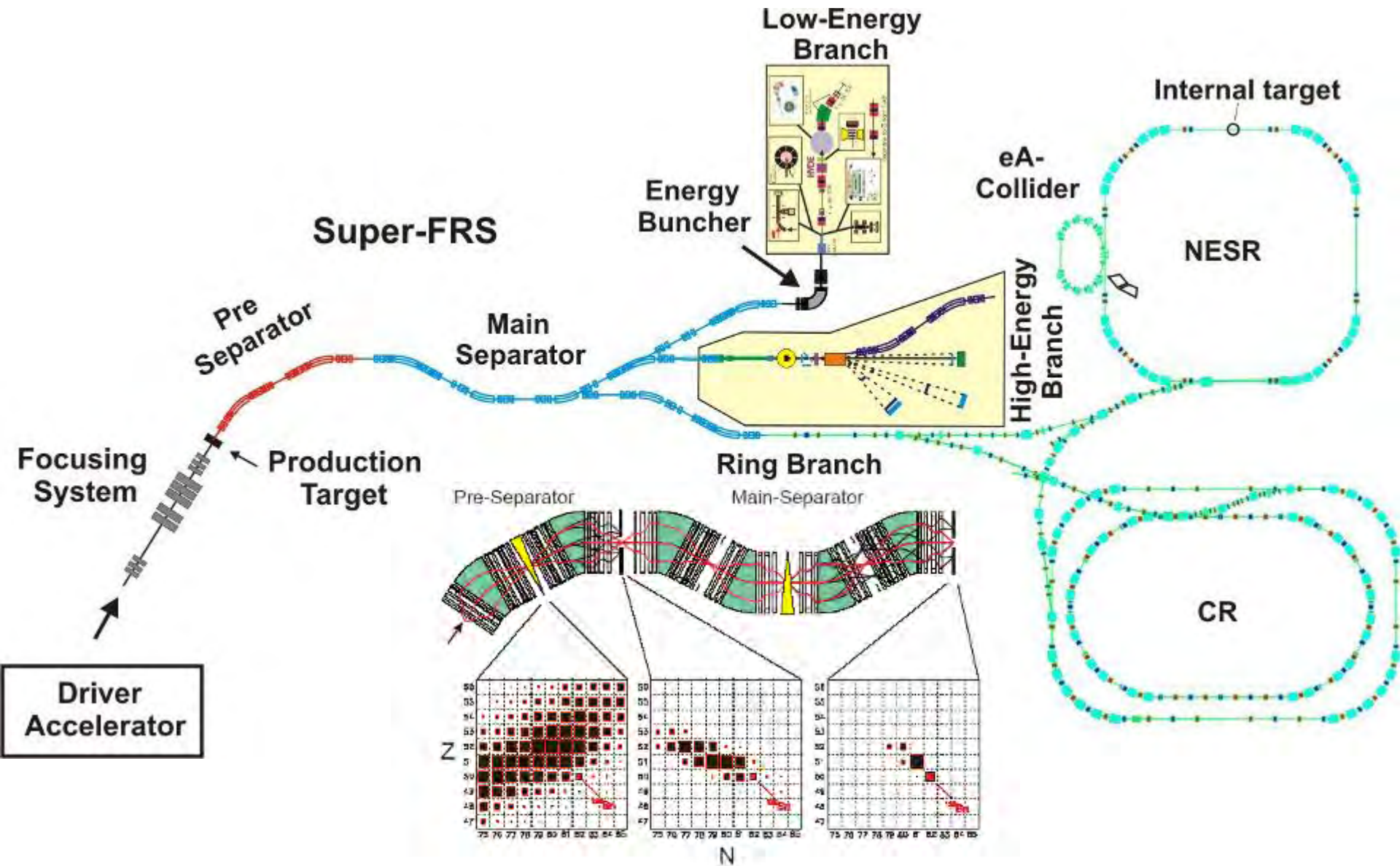


## Accelerator physics

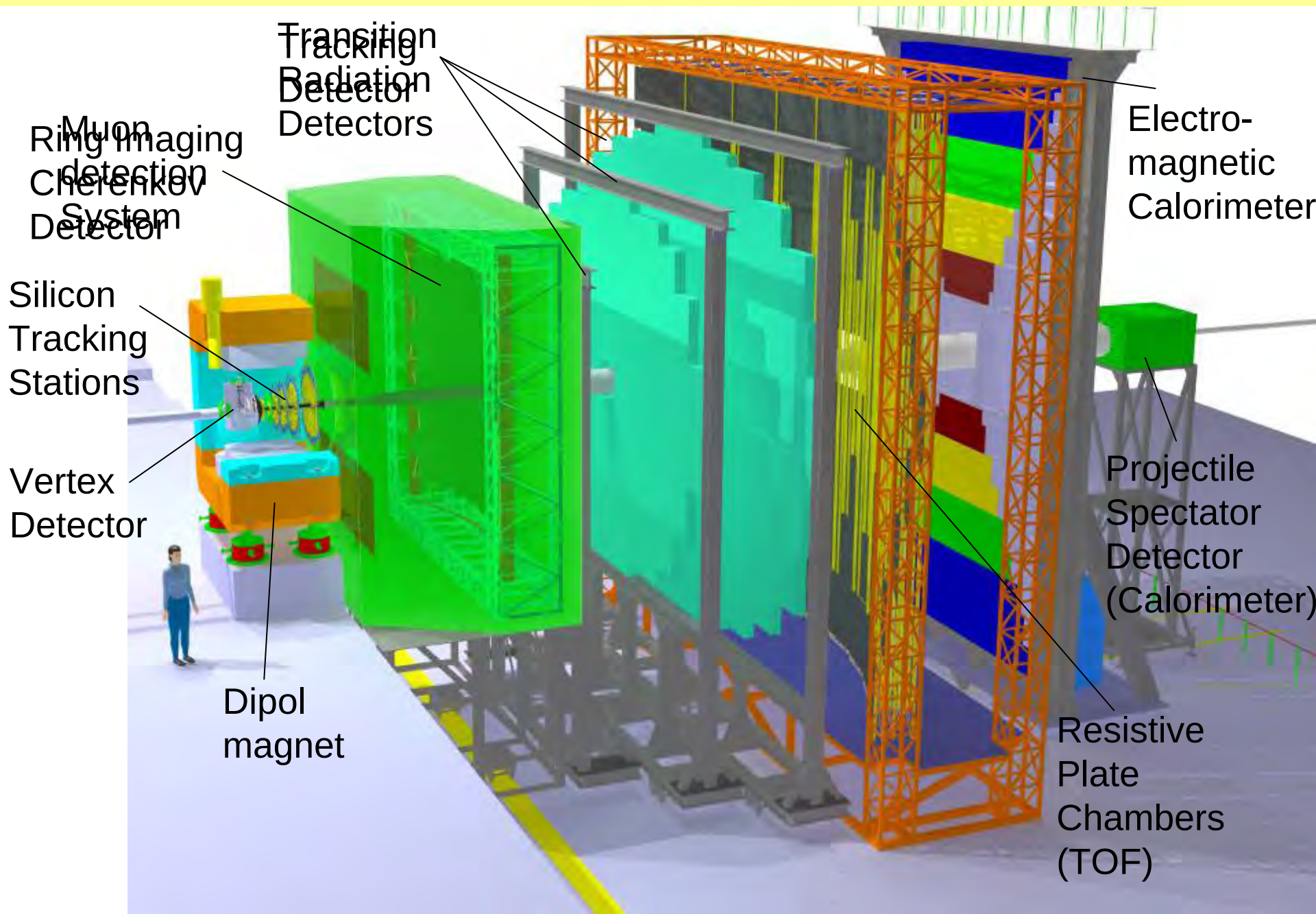
high intensive heavy ion beams  
dynamical vacuum  
rapidly cycling superconducting magnets  
high energy electron cooling

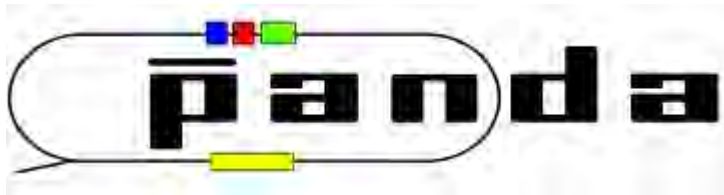


# Intensive rare isotope beams produced by in-flight projectile fragmentation/fission

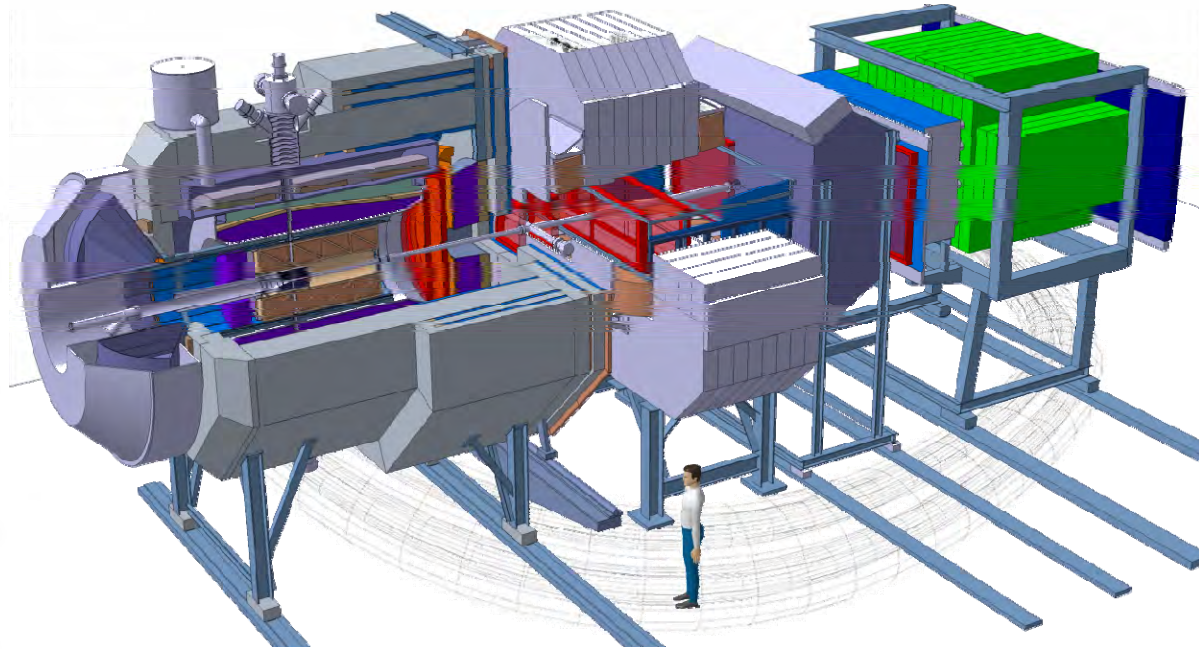
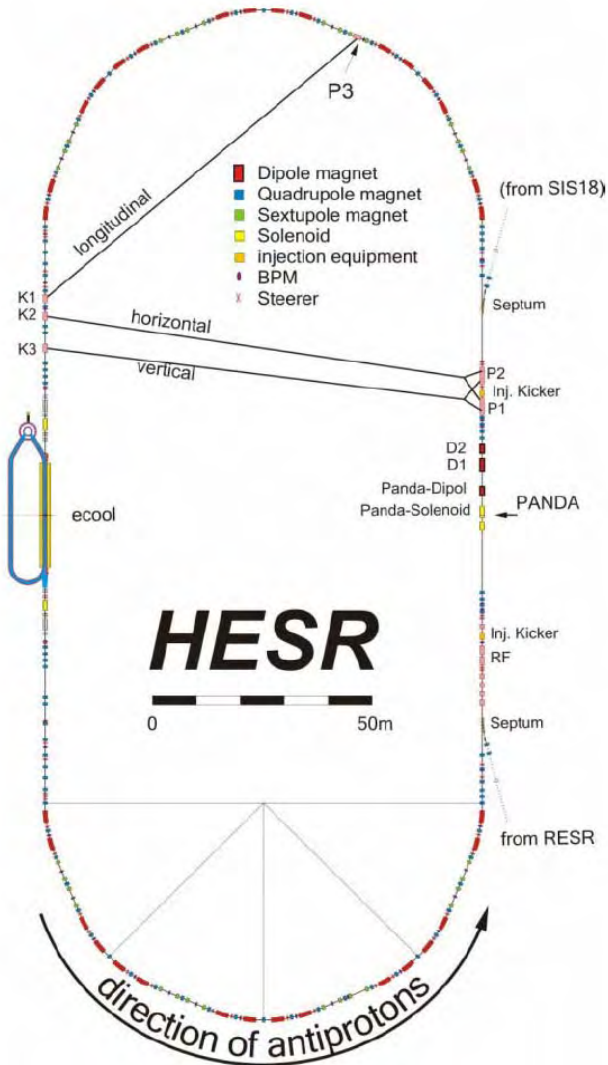


# The Compressed Baryonic Matter Experiment





## Anti**p**roton-Proton-An**n**ihilation in **D**armstadt



- High luminosity mode
  - Luminosity  $= 2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
  - $\delta p/p \sim 10^{-4}$  (stochastic cooling)
- High resolution mode
  - $\delta p/p \sim \text{few } 10^{-5}$  (+electron cooling)
  - Luminosity  $> 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Gas-Jet/Pellet/Wire Target

# Elektromagnetische Sonden bei niedrigen Energien

## Labore:

S-DALINAC: Energien bis 150 MeV (Darmstadt)

- Kernstruktur
- Proton Radius
- Proton Polarisierbarkeiten

Gefördert durch:

Land und DFG: **SFB 634**

2012-2016 letzte Förderperiode

MAMI: Energien bis 1500 MeV (Mainz)

- Proton und Neutron Formfaktoren
- Schwellenproduktion von Mesonen
- Paritätsverletzende Elektronenstreuung

Gefördert durch:

Land und DFG: **SFB 1044**

2012-2024 neuer Antrag

ELSA: Energien bis 3500 MeV (Bonn)

- Photoproduktion von Mesonen
- Nukleon Anregungsspektrum
- Strangeness Produktion

Gefördert durch:

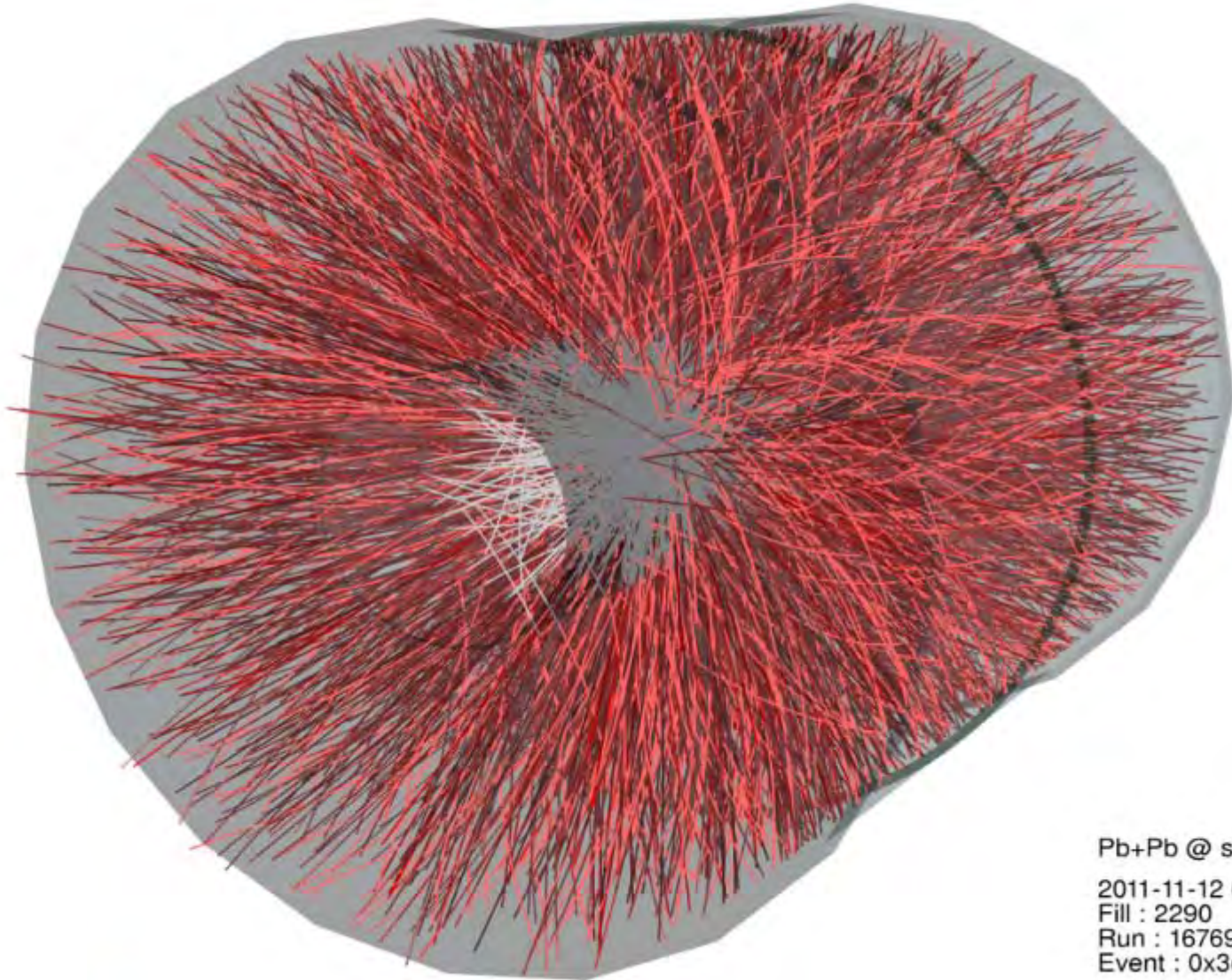
Land und DFG: **SFB TR16**

2012-2016 letzte Förderperiode

## Perspektiven:

- Physikprogramm für 8-10 Jahre  
(polarisierte Strahlen und polarisierte Targets)
- Frühe Einbindung von Studenten in Spitzenforschung

# ALICE@LHC



Pb+Pb @  $\sqrt{s} = 2.76$  ATeV

2011-11-12 06:51:12

Fill : 2290

Run : 167693

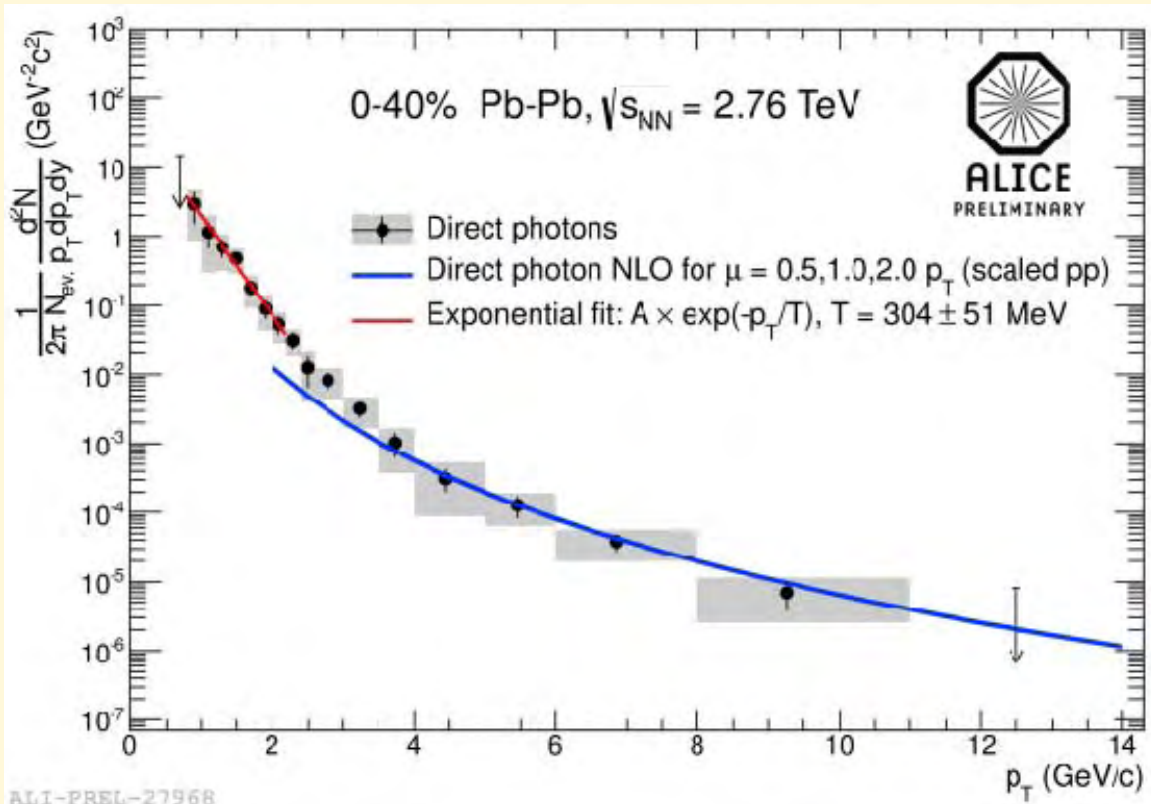
Event : 0x3d94315a



ALICE

# Direct Photon Production

## probing the early temperature



Exponential fit for  $p_T < 2.2$  GeV/c  
inv. slope  **$T = 304 \pm 51$  MeV**  
for 0–40% Pb–Pb at  $\sqrt{s} = 2.76$  TeV  
PHENIX:  **$T = 221 \pm 19 \pm 19$  MeV**  
for 0–20% Au–Au at  $\sqrt{s} = 200$  GeV

**Temperature: +40%**

“Highest temperature ever  
measured”

**Transition temperature to Quark-Gluon Plasma  $\sim 150$  MeV**

**2x Volume at RHIC**



**+20% Lifetime**





# ALICE Upgrade Letter of Intent & Inner Tracking System Upgrade CDR

- endorsed by LHCC
- luminosity upgrade – target 50 kHz minimum-bias rate for Pb–Pb
- inspect all events, collect at least  $10 \text{ nb}^{-1}$ : net gain factor 100
  - new, smaller radius, beam pipe
  - new inner tracker (ITS) (performance and rate upgrade)
  - upgrade of TPC with GEM readout chambers
  - high-rate upgrade for the readout of TPC, TRD, TOF, PHOS, EMCAL, DAQ-HLT,  $\mu$ -arm and trigger detectors
- target for installation and commissioning LS2 (2018)

A vibrant, multi-colored image of the Cosmic Microwave Background (CMB) radiation, showing a complex network of red, orange, yellow, and purple filaments against a dark background.

# Forschen für die Zukunft

## Hadronen- und Kernphysik in Deutschland



STATUS UND PERSPEKTIVEN **2012**

**KHUK**

