

Der BMBF Forschungsschwerpunkt ALICE

Gruppen von TU Darmstadt, U. Frankfurt, GSI Darmstadt,
U. Heidelberg PI und KIP, FH Köln, U. Münster, FH Worms
total 53 Wissenschaftler und 27 Doktoranden

- **Ziel:** durch enge Kooperation und effektive Vernetzung der beteiligten Gruppen in der Phase der Datennahme bei LHC die starke Rolle aus der Bauphase des Experiments ausbauen und eine Führungsrolle in der Physik mit ALICE zu übernehmen
- **Modell:** - Präsenz am CERN zum Betrieb des Experiments und zur Wartung des Detektoren
 - Analyse der Daten (allgemeine Kalibrationsaufgaben und Physikanalysen) 'zu Hause'. Selbst für eine große Hochschulgruppe ist die Aufgabe so komplex, dass dies nur im Verbund aller deutschen Gruppen passieren kann
 - Synergie durch enge Kooperation mit deutschen Theoriegruppen

Die deutsche ALICE Beteiligung



TU Darmstadt **Oeschler** U. Frankfurt **Appelshäuser**
GSI Darmstadt **Braun-Munzinger**
U. Heidelberg PI **Herrmann, Stachel** und KIP **Kebschull, Lindenstruth**
FH Köln **Hartung** U. Münster **Wessels** FH Worms **Keitel**

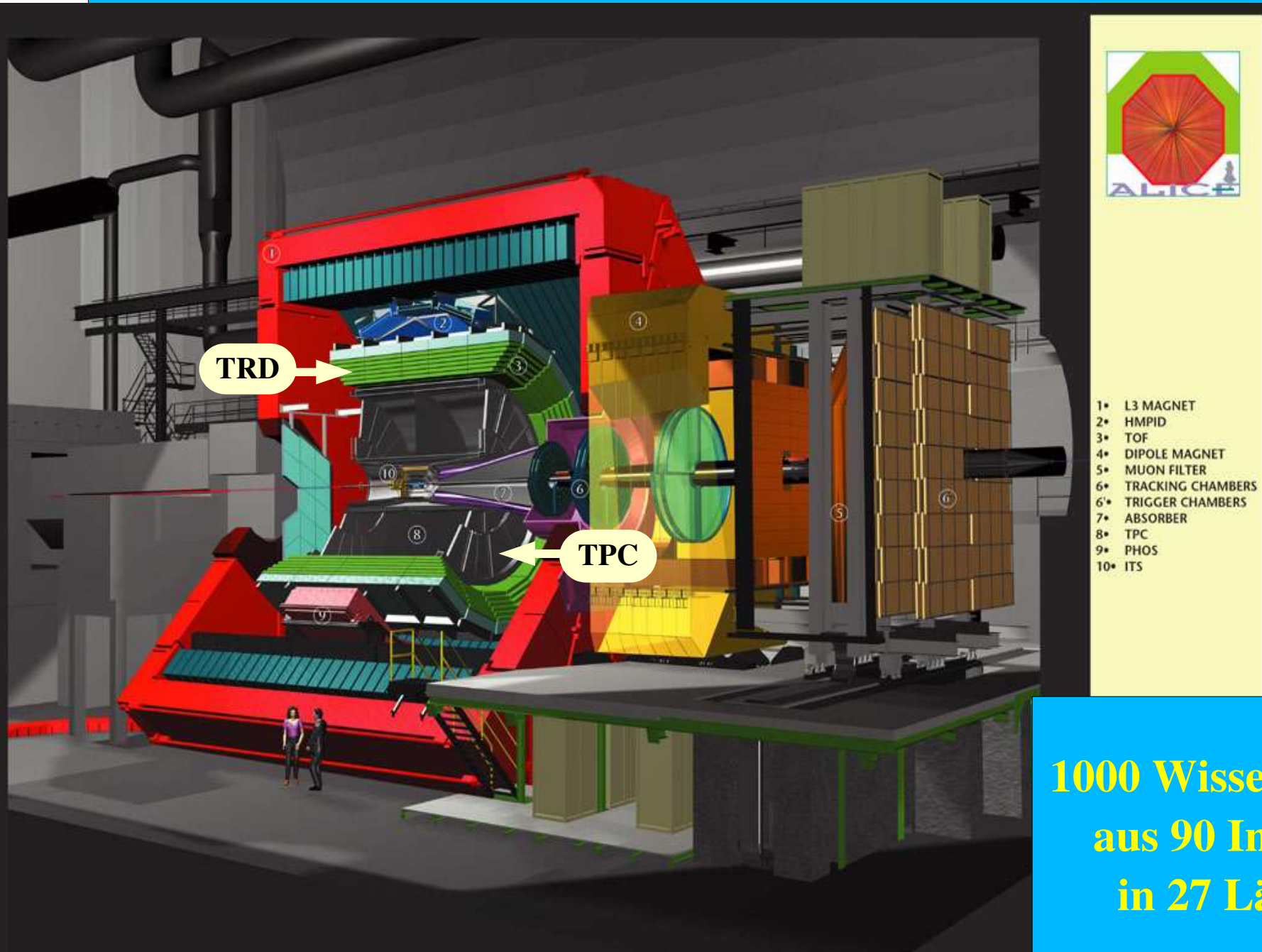
Grosse Verantwortung für zentrale Komponenten des Experiments:

- **Time Projection Chamber TPC**: Projektleiter P. Braun-Munzinger (GSI),
Tech. Koord. P. Glässel (PI U. Heidelberg)
- **Transition Radiation Detector TRD**: Projektleitung J. Stachel (PI U. Heidelberg,
Tech. Koord. J.P. Wessels (U. Münster)
- **High Level Trigger HLT**: Projektleitung V. Lindenstruth (KIP U. Heidelberg)
/D. Röhrich (U. Bergen)

die Projekte oben sind dominant oder größtenteils
deutsch finanziert
deutsche Investitionsmittel ca. 18 M Euro
500 Mann-Jahre

etwa 1/5 von
ALICE

ALICE – Experiment schematisch



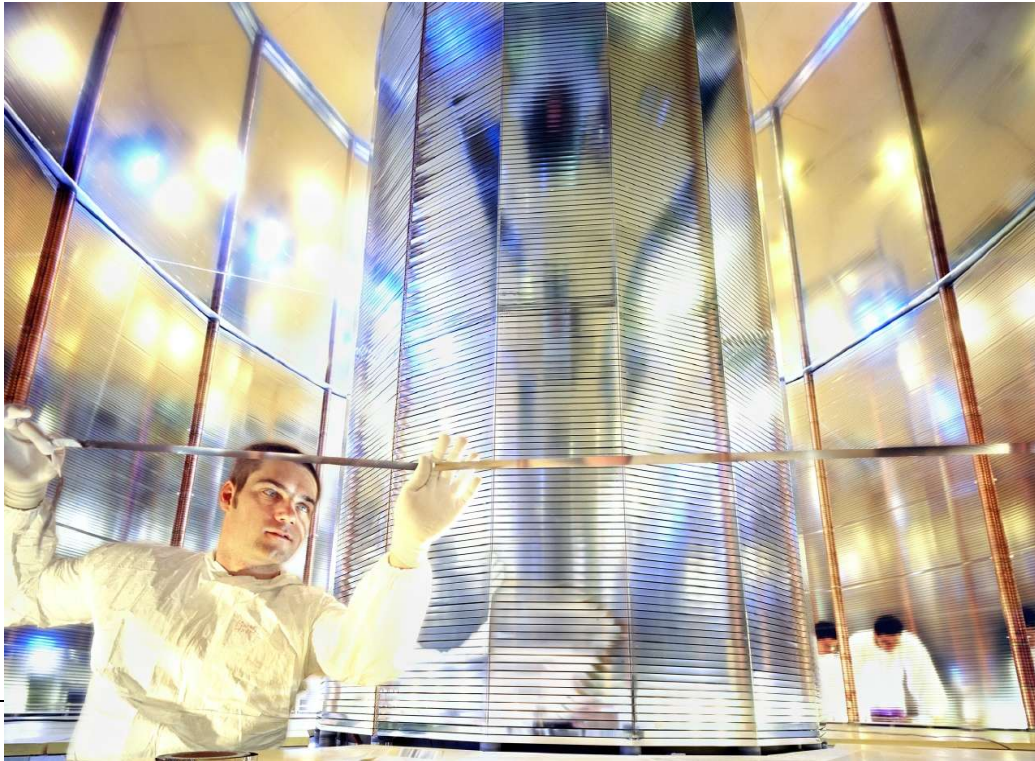
**1000 Wissenschaftler
aus 90 Instituten
in 27 Ländern**

die TPC (Time Projection Chamber) - 3D Rekonstruktion von bis zu 15 000 Spuren geladener Teilchen pro Ereignis



mit **95 m³** größte je gebaute TPC

- ◆ geladene Teilchen ionisieren Gas
- ◆ Elektronen driften in sehr homogenem elektrischen Feld zu den beiden Endplatten
- ◆ dort wird ankommende Ladung verstärkt und genau in ihrem Ankunftsort und -Zeit vermessen



560 Millionen Auslese-Pixel!

Präzision besser als 500 μm in allen 3 Dimensionen, je Spur 180 Punkte

Bau der Vieldrahtproportionalkammern 3 Drahtebenen plus Kathodenpadauslese

GSI

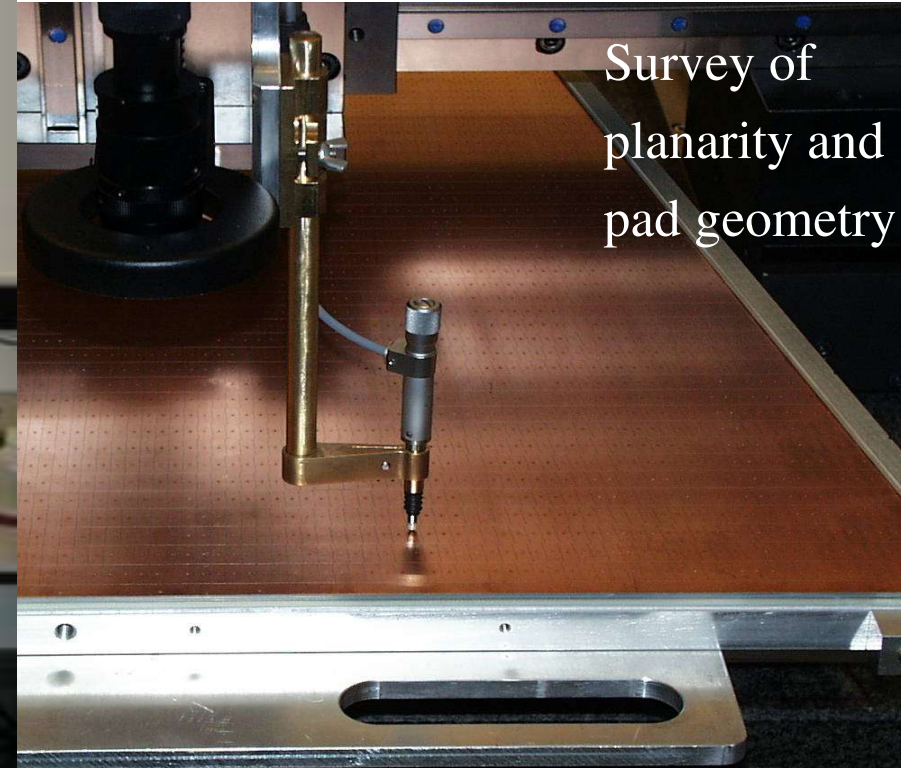
PI U. Heidelberg

U.Bratislava

Herausforderung: kleine Abstände, hohe Gasverstärkung, hohe geom. Präzision)

Pad Plane: 5504 pads

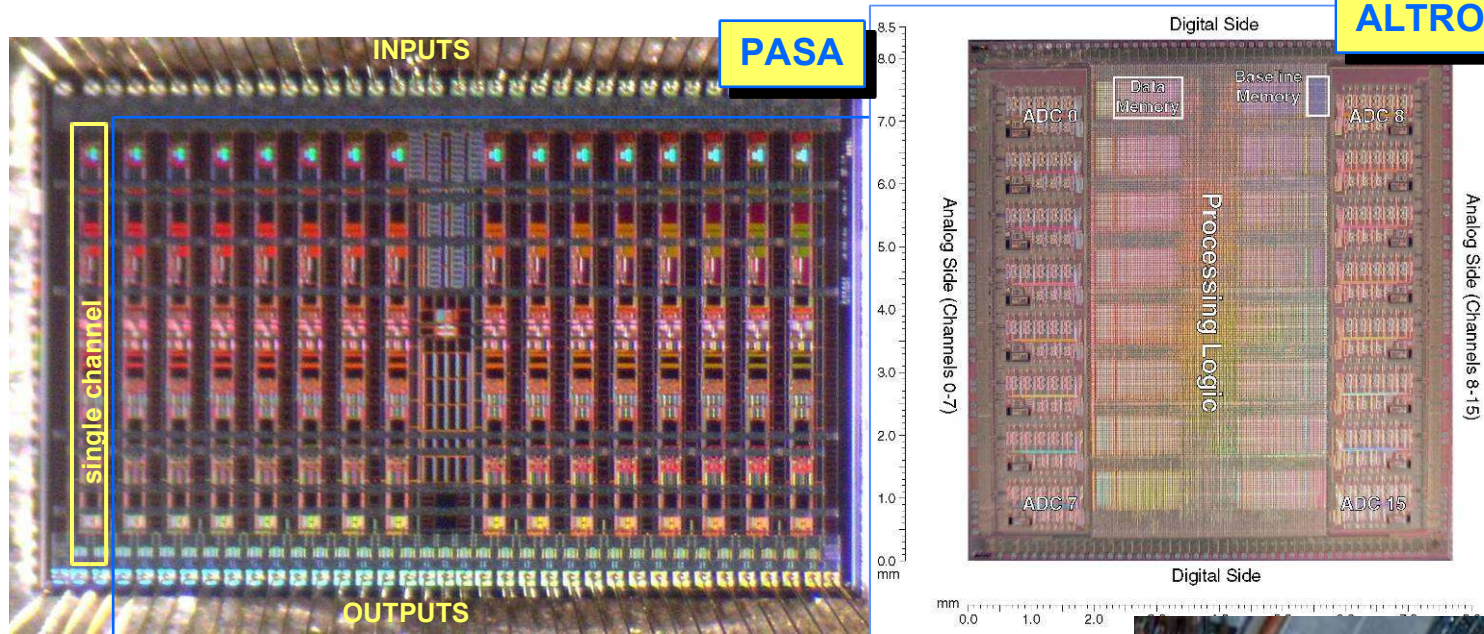
Pads aus der Nähe: $4 \times 7.5 \text{ mm}^2$



Survey of
planarity and
pad geometry



TPC Front End Elektronik – 2 ASICS entwickelt von PI Heidelberg und CERN, Kooperation ST Microelectronics, deutsch finanziert



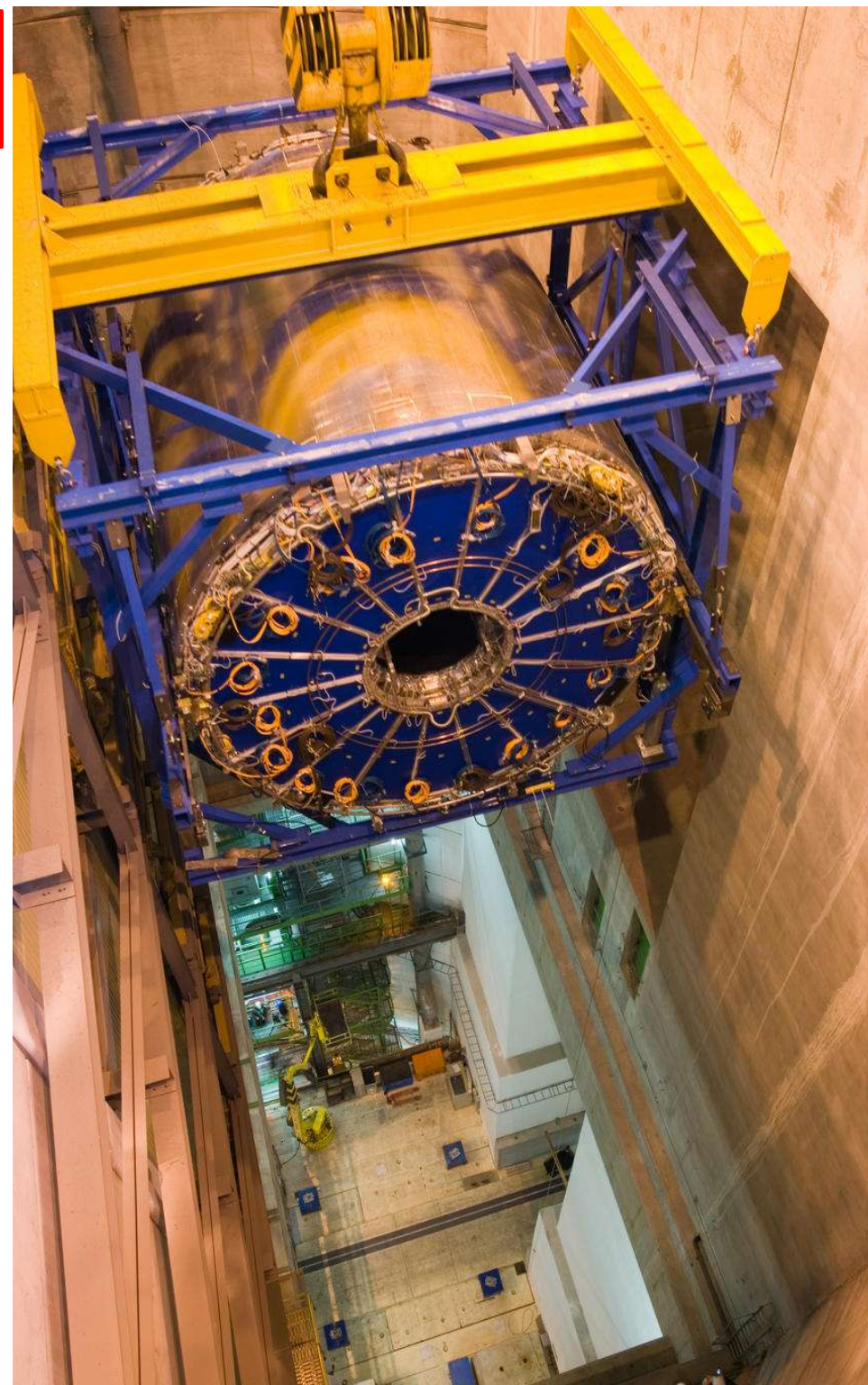
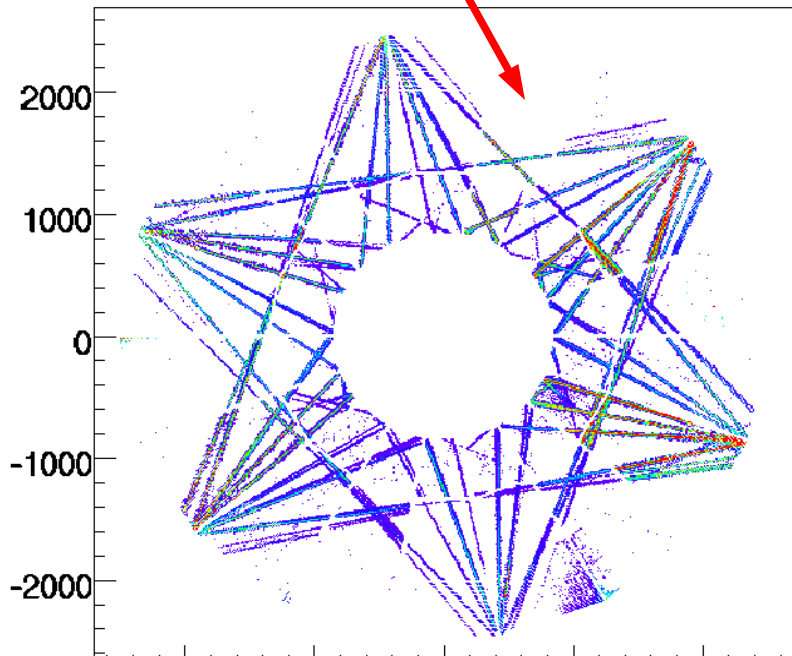
U. Heidelberg PI,
TU Darmstadt
GSI, CERN, Lund U.

exzellentes Verhalten
(gerade an STAR
bei RHIC verkauft)

PASA: rauscharmer Vorverstärker/Shaper
ALTRO: kommerzieller ADC (ST Microelectr.)
im selben custom Chip
mit digitaler Signalverarbeitung



**TPC voll instrumentiert
(Laserspuren) und in ALICE installiert**

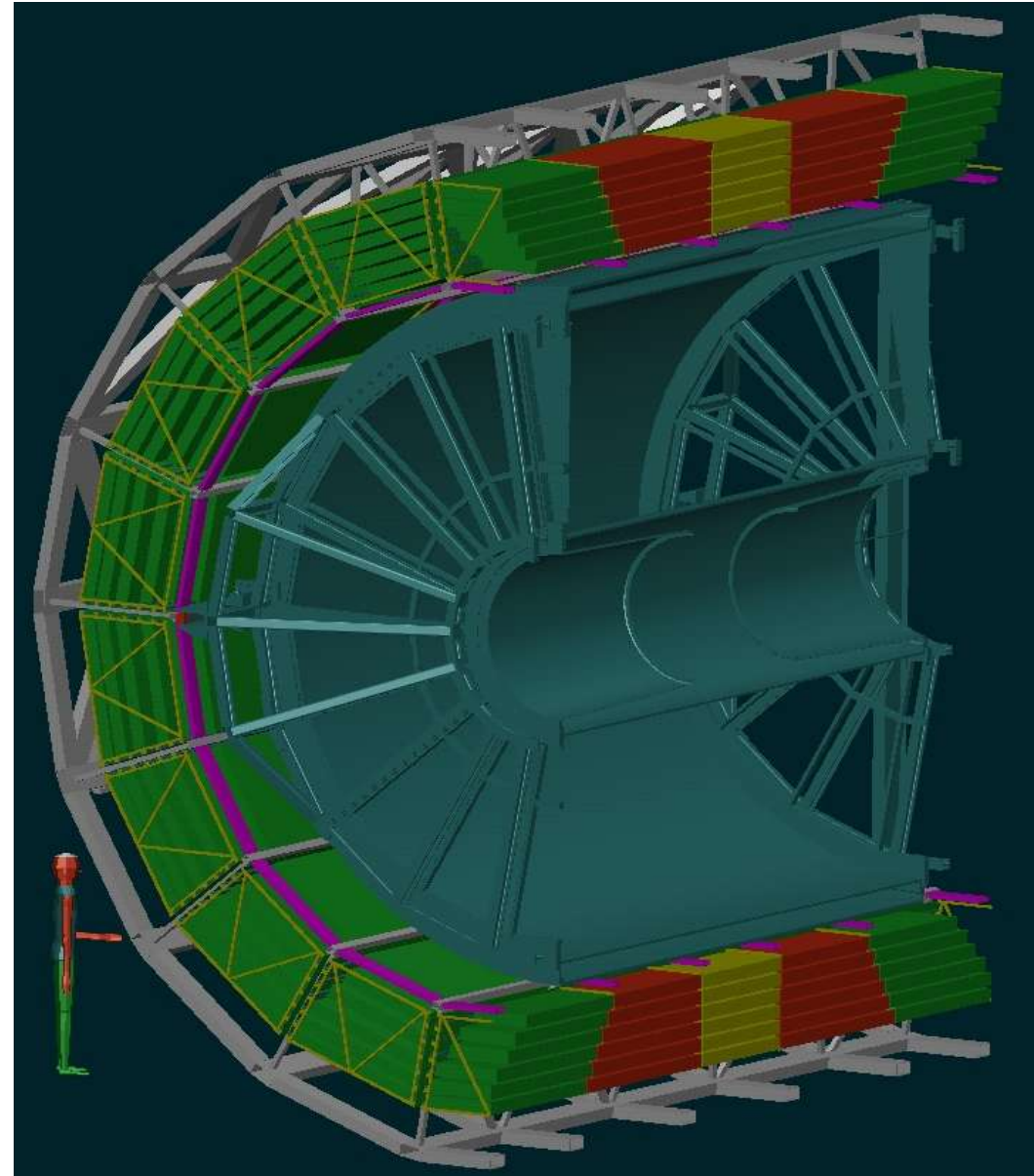
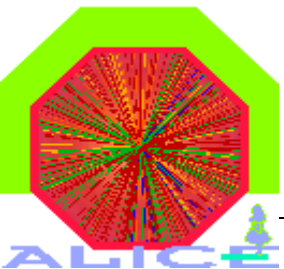


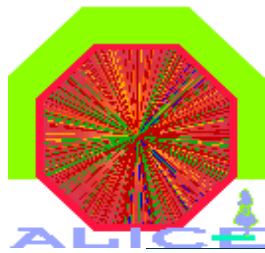
der TRD (Transition Radiation Detector) identifiziert Elektronen auf dem Triggerniveau in $6.5 \mu\text{s}$

540 Kammern (Radiator + Drift+
Vielfrahtproportionalkammer+
Auslese segmentierter Kathode
gefüllt mit Xenon)
typische Kammerfläche 1.7 m^2

Detektorfläche 750 m^2

arrangiert in
18 Supermodulen (8m lang)
total 30t
1.16 Millionen Auslesekanäle
30 Millionen Auslesepixel





TRD Radiatoren und Kammern

Radiatoren: U. Münster

Kammern: PI Heidelberg (Entwicklung)

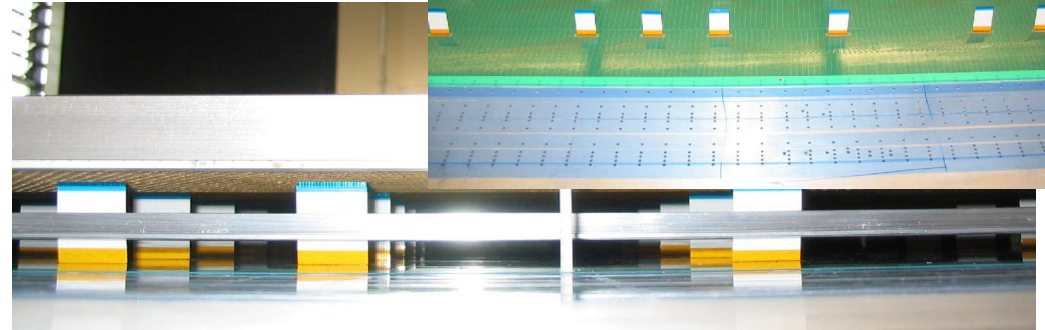
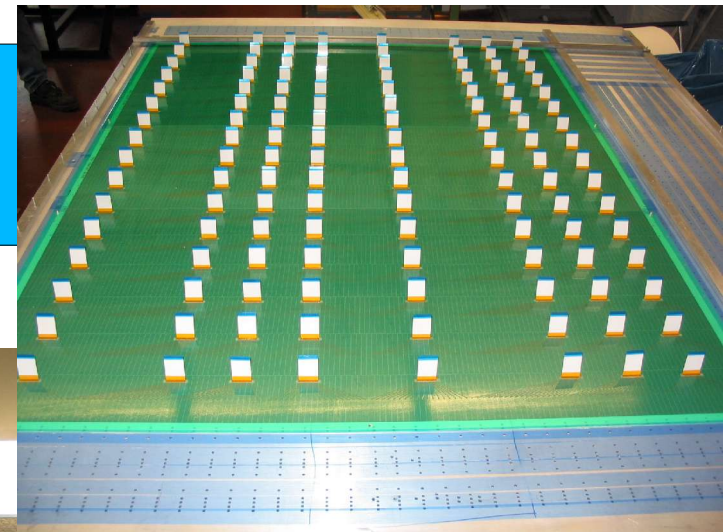
JINR Dubna

NIPNE Bucharest

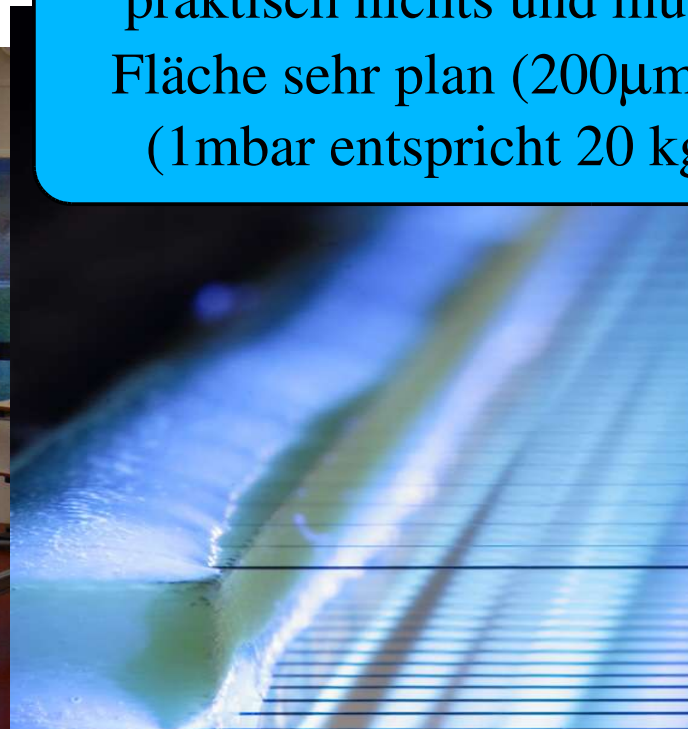
GSI Darmstadt

IKF Frankfurt

im Schnitt je 1 Kammer pro Woche

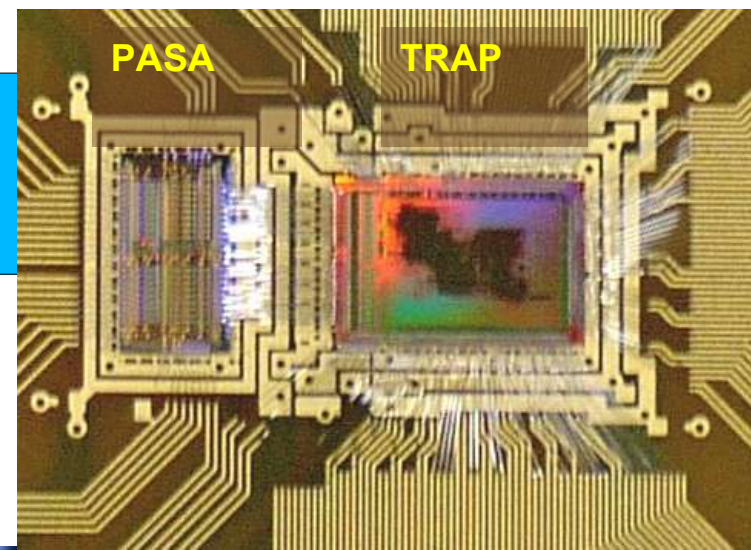


Herausforderung: Kammern bestehen aus praktisch nichts und müssen über ganze Fläche sehr plan ($200\mu\text{m}$) und stabil sein (1mbar entspricht 20 kg auf Kammer)





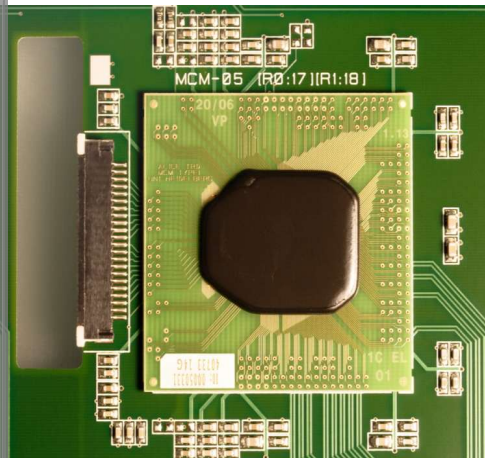
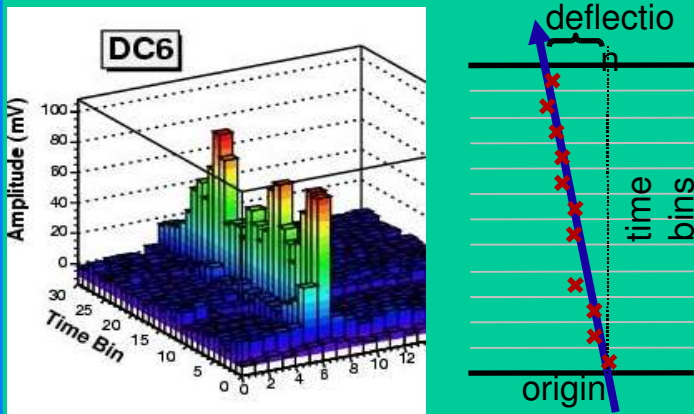
TRD Ausleseelektronik: 2 custom Chips auf Multichipmodulen (MCM)



PASA und TRAP – entwickelt im PI und KIP U. Heidelberg
in jedem MCM werden Spursegmente mit 25 Punkten
rekonstruiert - auf einer Kammer 500 CPU's

von Ladungs-Clustern zu Spur-Segmenten

- Lokale Tracking Unit auf dem Detektor:



Elektronik sitzt direkt auf Detektor
- muss dünn sein
- 70 kW müssen gekühlt werden!

im ganzen Detektor verarbeiten 275 000 CPU's
Rohdaten von 65 MByte, um in 6.5 μ s Spuren zu
rekonstruieren und Triggerentscheidung zu liefern:

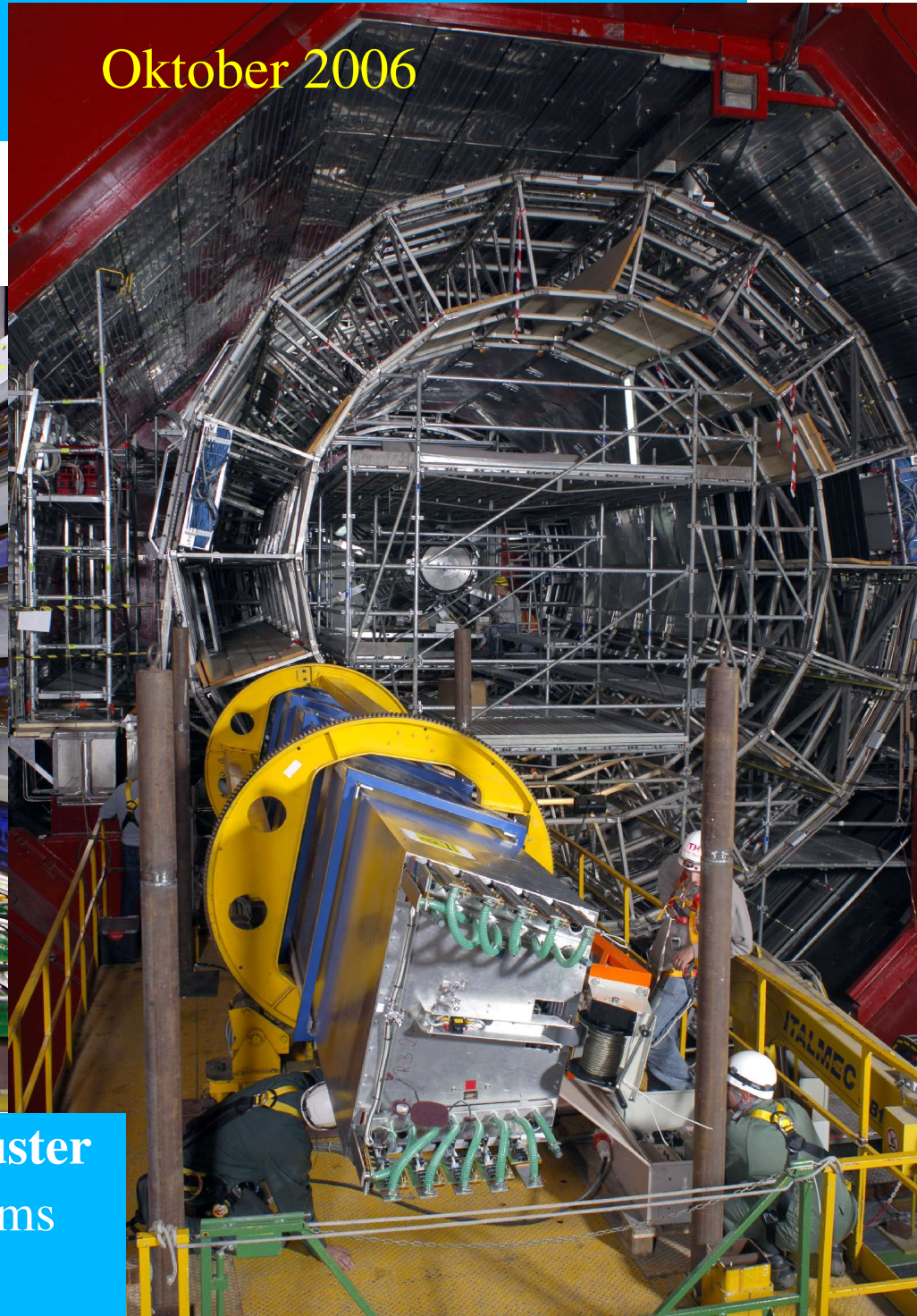
Elektronenpaar mit hohem Impuls



Aufbau u. Einbau des ersten TRD Supermoduls

Oktober 2006

zweite Lage von Kammern komplett mit
Elektronik im Supermodul



Kontrolle des Detektors: **540 CPU Linux Cluster**
PI und KIP U. Heidelberg, FH Köln, FH Worms
U. Münster, GSI

Status TRD:

noch 17 weitere Supermodule werden bis Ende 2008 gebaut

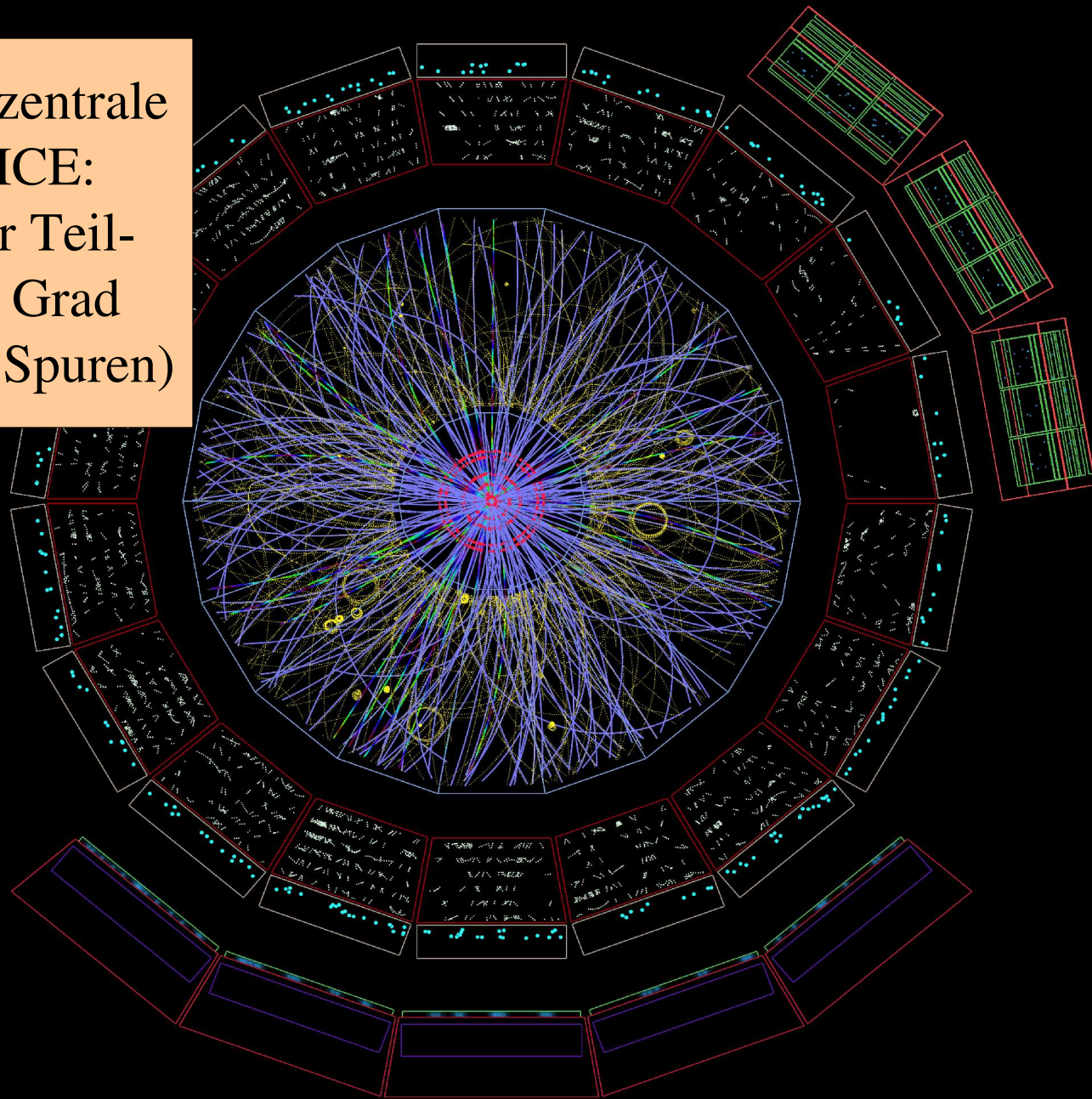
Installation vor erster Strahlzeit mit Schwerionen bei LHC 2009



Labors in Münster und Frankfurt fertiggestellt

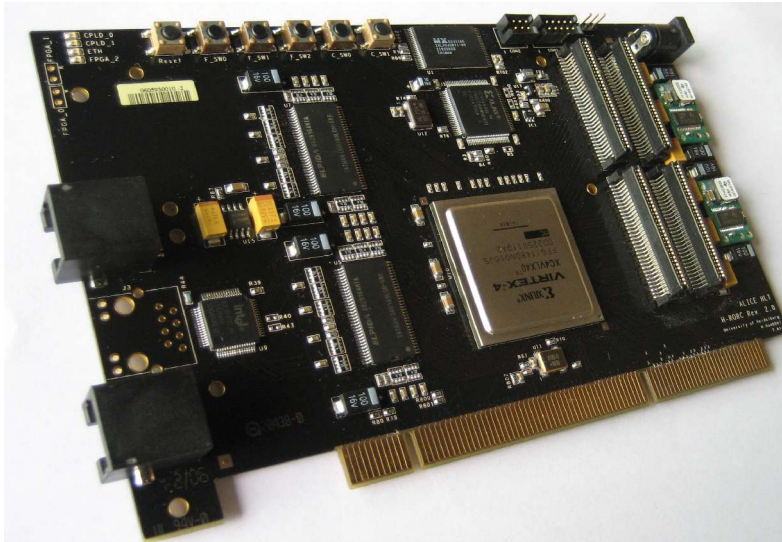
die Herausforderung: Identifikation und Rekonstruktion von 5000 (bis zu 15000) Spuren geladener Teilchen

Schnitt durch das zentrale
Barrel von ALICE:
Spuren geladener Teil-
chen in einem 1 Grad
Segment (1% der Spuren)



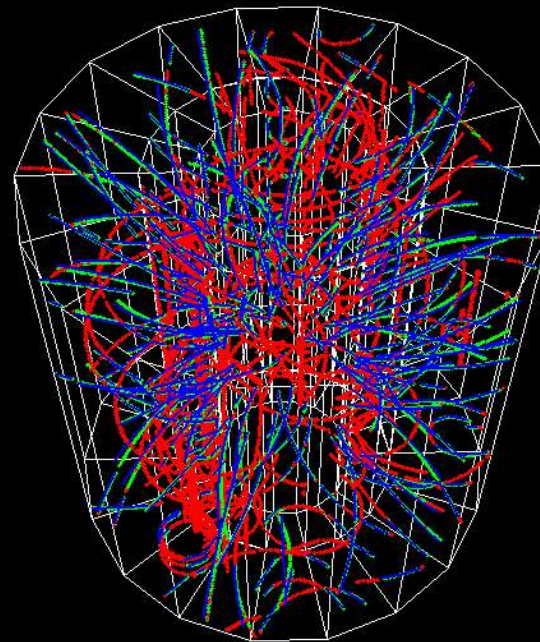
der ALICE High Level Trigger (HLT)

KIP U. Heidelberg




Ereignisselektion und Kompression
(Bandbreite Archivierung 1.2 GByte/s)
Methode: komplette on-line Analyse der Daten
bis zu 2 Millionen Spuren – 360 Millionen Spurpunkte
pro Sekunde!

Pad | Charge | Front | #Hits / s | <q> / track | Q / s |



HLT Online Display



Connect

Display

Display Event

Next Redisplay

Display Event Loop

Start Loop Update 1s

Save Event

Save all Histograms

Sectors [0, 17] to display

All

Sector 0 to 0

Sector 0 to 0

Pair 0 to 0

Pair 0 to 0

3D Properties

Cluster Tracks

Padrow Geometry

Keep view on redisplay

Invert Display

Track Properties

Cluster Properties

Raw Properties

1600 Prozessoren in
400 Rechnerknoten
mit je 4 CPUs
Grid-fähig
FPGA Koprozessoren

simulierte pp Kollision
Ziel: PbPb online mit 200 Hz

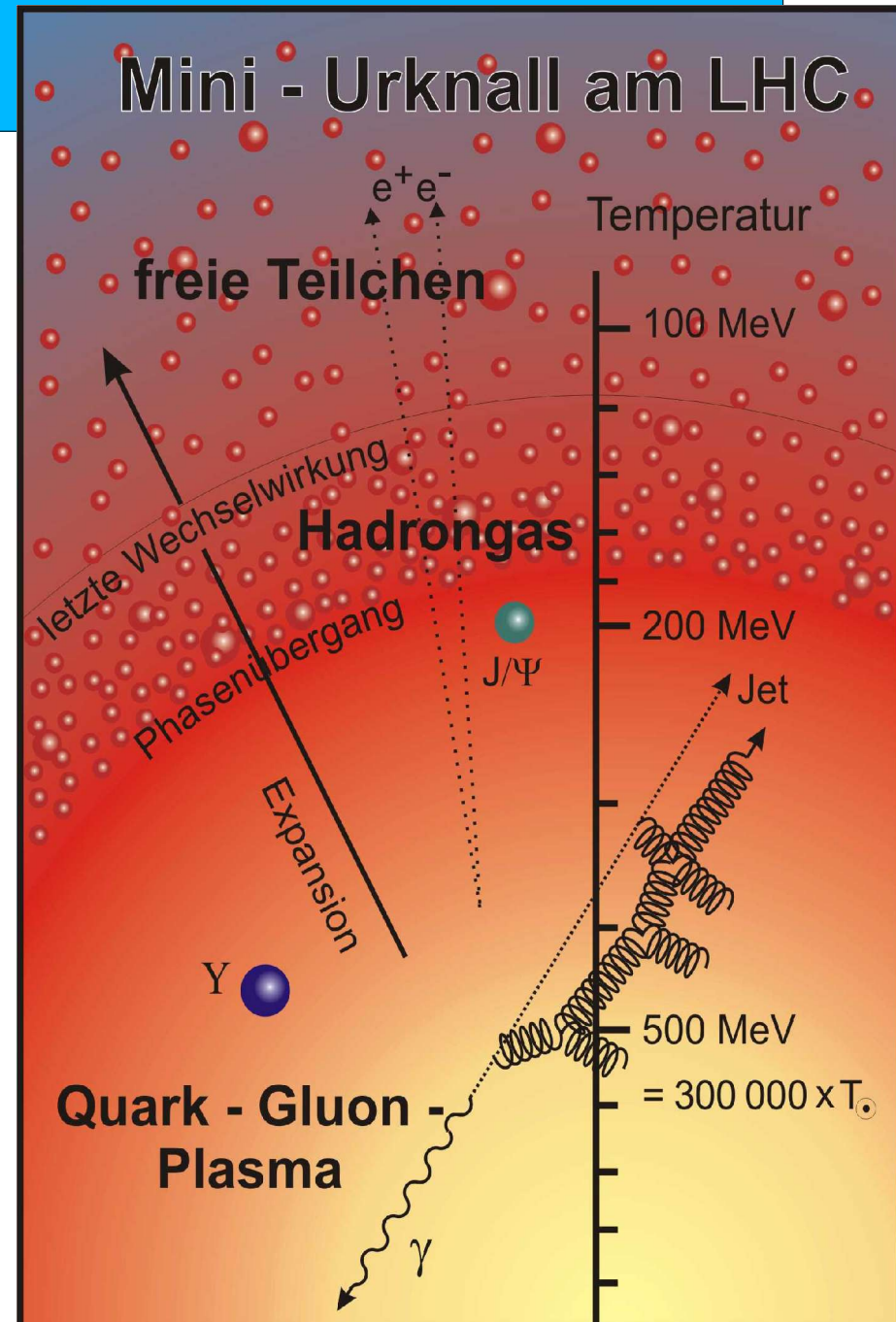
Physikalisches Ziel von ALICE

Das Quark-Gluon Plasma
eindeutig identifizieren und in seinen
Eigenschaften zu charakterisieren

bei LHC Energie in einer Kollision
von 2 Bleikernen makroskopisch 0.2 mJ!
daher produziertes QGP sehr heiss

- weit über der kritischen Temperatur
- und sehr gross
- zehntausende von Quarks und Gluonen

**Plasma kühlt ab und kristallisiert
schliesslich in Hadronen aus
sendet die ganze Zeit Signale
am Ende seines Lebens einige 10 000
Teilchen (Protonen, Pionen, ...)
- werden im Experiment detektiert**



neue Physik mit ALICE

erwartete Physik Highlights mit folgenden Proben:

- Quarkonia (Charm- und Beautysektor)
- Open charm / open beauty
- Jets - riesige Reichweite in p_t/E_t
 - direkte Rekonstruktion
 - schwere Quarks
 - Photontagging (Gluon)
- ... und vieles mehr

← wird jetzt erklärt Confinement

Normal Quarkonia

Quark Energieverlust im Plasma
'Jet Tomographie'

nach RHIC ist klar: das wird die neue Physik am LHC sein

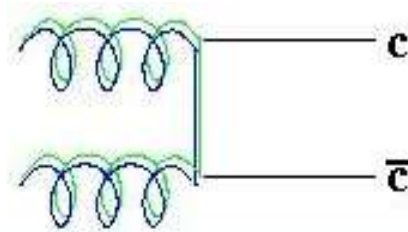
wird ideal adressiert durch Detektoren im zentralen Barrel von ALICE
ITS/TPC/TRD/PHOS/EmCal in Kombination mit High Level Trigger HLT

J/ψ Unterdrückung als QGP Signatur

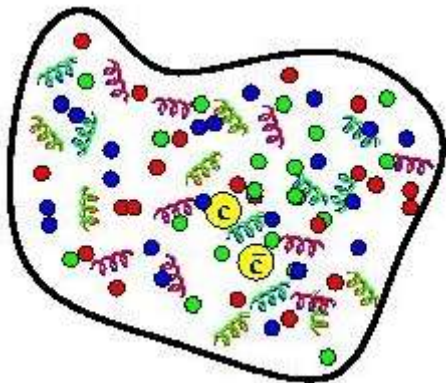


J/ψ : gebundener Zustand aus charm- und anticharm-quark
wasserstoffähnlich Radius: 0.45 fm Masse: 3.097 GeV \gg T

charm- und anticharm-Quarks in der Anfangsphase der Kollision durch Fusion von Gluonen der beiden Kerne gebildet



etwa 1 aus 100 $c\bar{c}$ -Paaren entwickelt sich in ein J/ψ



im QGP: attraktive Wechselwirkung zwischen charm and anticharm-Quark durch Präsenz vieler anderer Quarks und Gluonen abgeschirmt
Konsequenz: **erwarte signifikant weniger J/ψ wenn QGP präsent**

Nachweis von J/ψ: 7% zerfallen in e+e- Paar

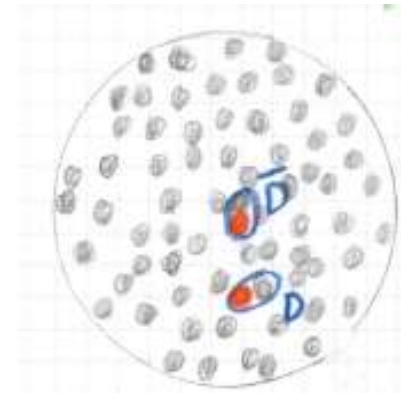
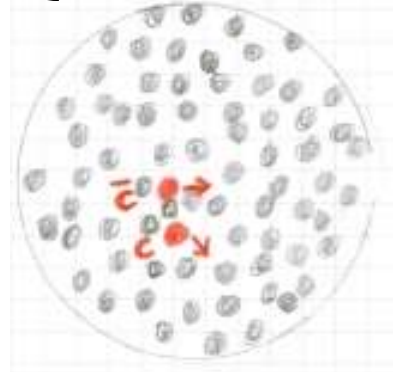
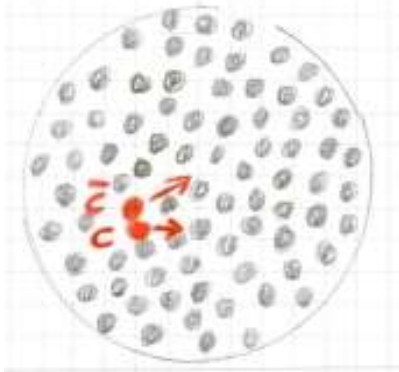
was passiert bei höheren Strahlenergien, wenn immer mehr Charm-Quarks produziert werden?

zu Beginn der Kollision:

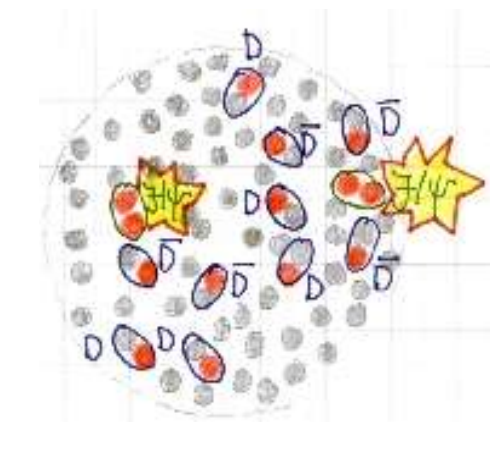
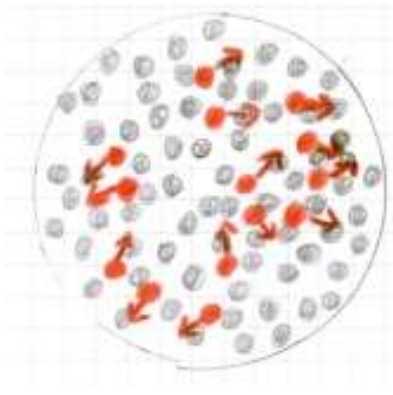
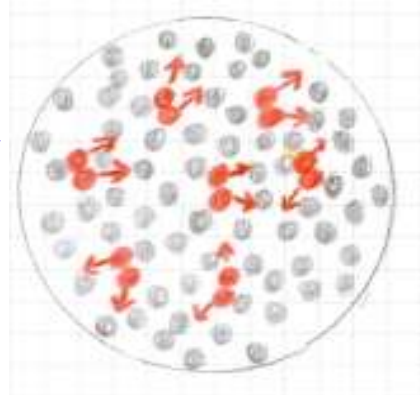
Entwicklung des QGP:

Hadronisierung:

niedrige Energie (RHIC)



hohe Energie (LHC)



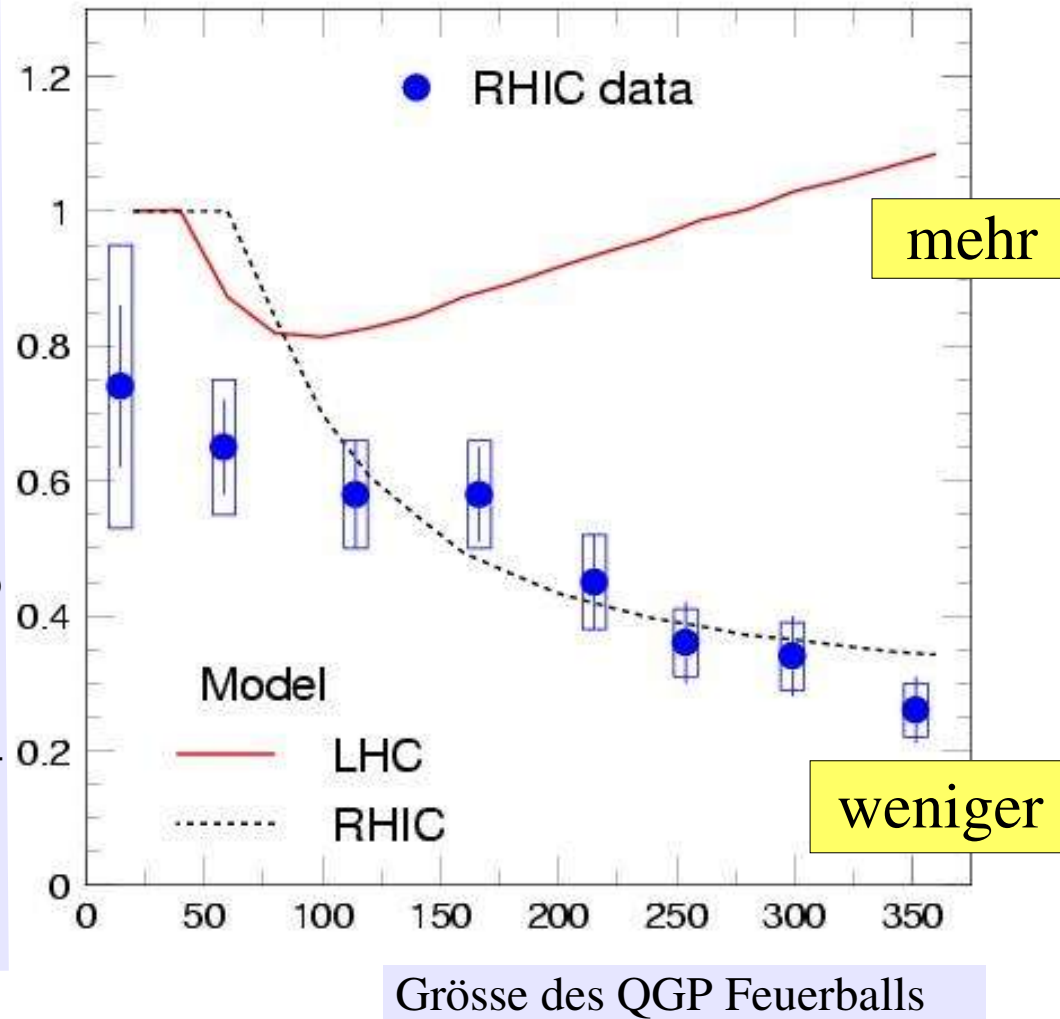
niedrige Energie: wenige c-Quarks pro Kollision → **Unterdrückung** von J/ψ
 hohe Energie: viele “ “ → **Erhöhung** “
eindeutige Signatur für QGP!

Umkehr der J/ψ Unterdrückung in Erhöhung bei LHC

Beweis für Deconfinement im QGP

wenn Anzahl der produzierten $c\bar{c}$ -Paare gross (LHC) \rightarrow zwei c -Quarks aus ursprünglich verschiedenen Paaren können sich beim Ausfrieren in die hadronische Phase 'finden' und ein Charmonium (J/ψ) bilden
mehr J/ψ als ohne QGP

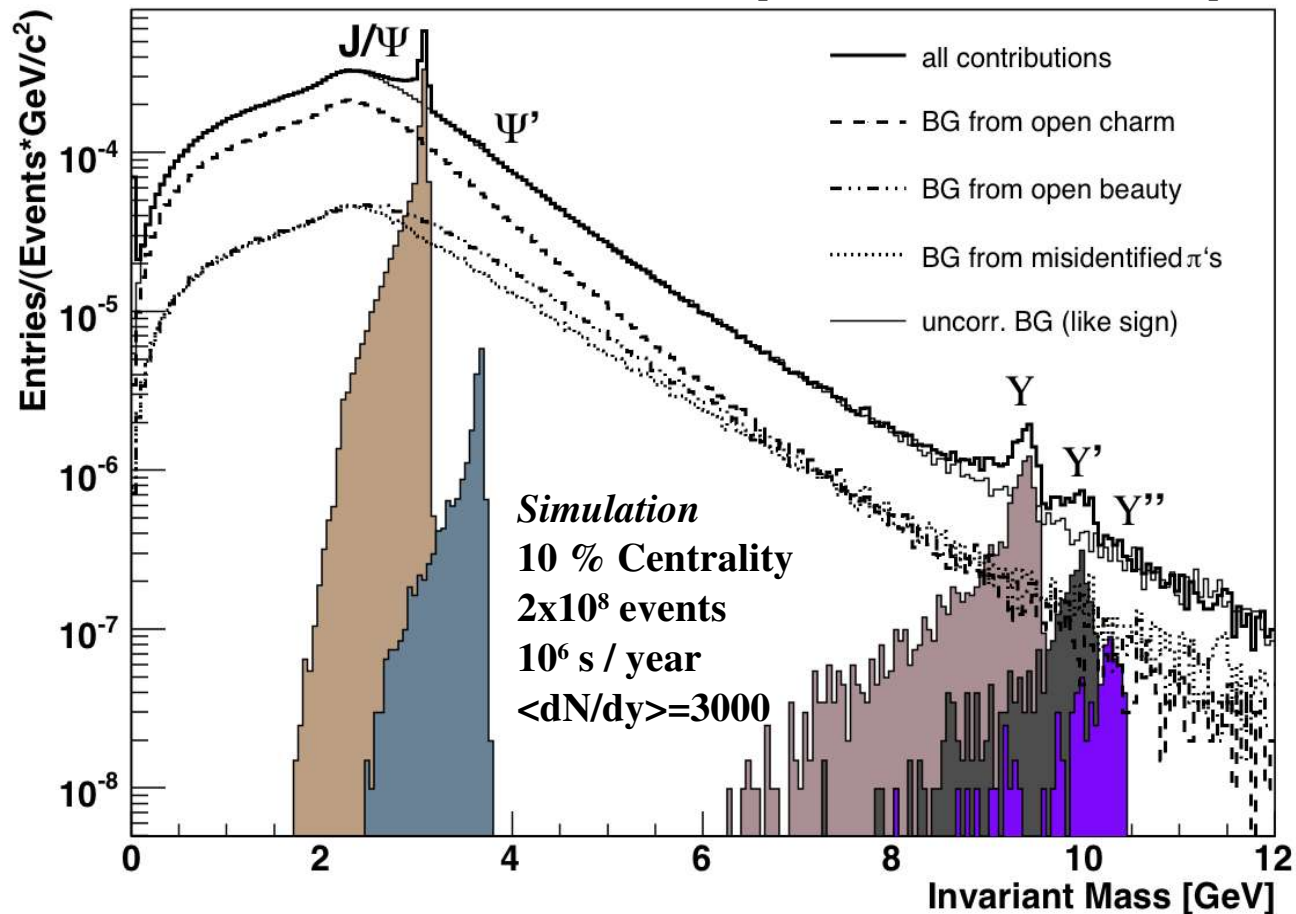
Anzahl J/ψ im Vergleich zu Erwartung ohne QGP



A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. S.

Messung von Charmonia und Bottomonia im ALICE zentralen Barrel

[W. Sommer, ALICE PPR]



Statistik: 1 Monat Blei-Blei Kollisionen bei LHC Design-Luminosität

Start des LHC-Physik Programms wird mit Freude und Ungeduld erwartet

Einrichtung der BMBF Forschungsschwerpunkte hilft, uns in dieser aufregenden Entdeckungsphase optimal zu positionieren