

Vortrag zur Disputation

Anti-Proton to Proton Ratio in Au+Au Collisions at STAR

Antiproton zu Proton Verhältnis in Au+Au Kollisionen bei STAR

von

Jens Berger

Übersicht

- Studium der Kernmaterie unter extremen Bedingungen
- STAR Experiment
- Detektoren
 - Spurendriftkammer (TPC)
 - Ring Imaging Cerenkov Detektor (RICH)
- Level-3 Trigger
- Ergebnisse

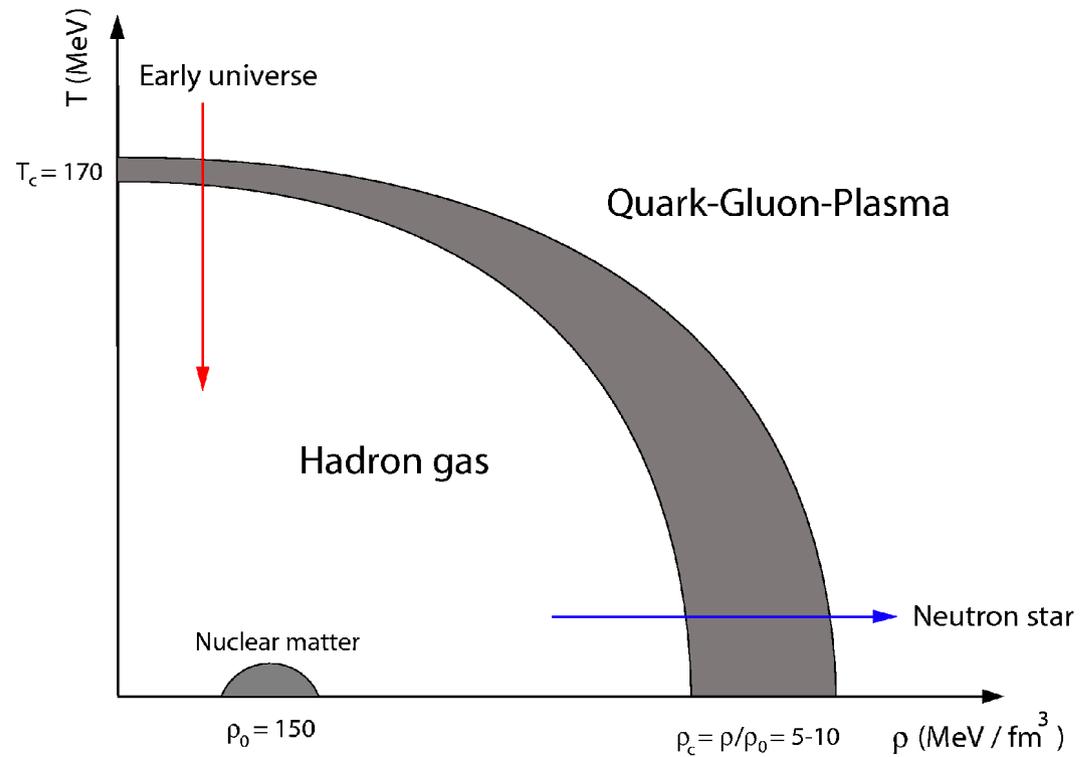
Studium der Kernmaterie unter extremen Bedingungen

Für hohe Temperatur (T)
oder
hohe Baryondichte ()



Quark-Gluon-Plasma
(QGP)

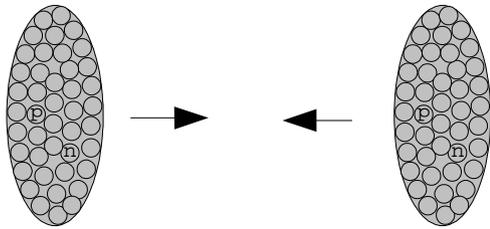
Zustandsdiagramm von Kernmaterie



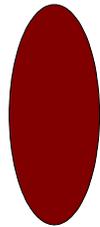
Schwerionenkollisionen

bei ultrarelativistischen Energien

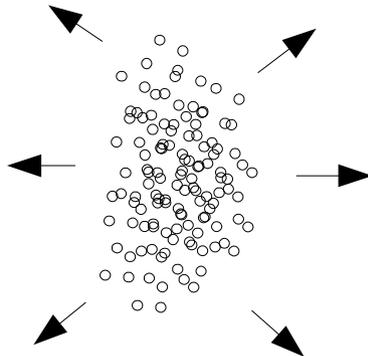
Für einige fm/c wird ein 'Feuerball' aus dichter, heißer Kernmaterie erzeugt, der in ein Hadronengas ausfriert.



Ionen vor der Kollision



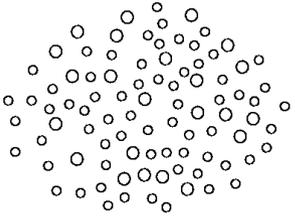
Feuerball:
Hohe Temperatur (T) und Energiedichte ()
Phasenübergang zum QGP ?



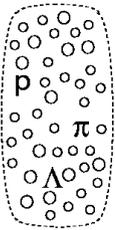
Feuerball kühlt ab und friert aus in
Hadronen → Detektor

Zeitlicher Ablauf einer Schwerionenkollision

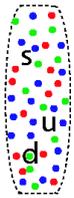
e) Freeze out of Hadrons



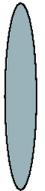
d) Hadronization



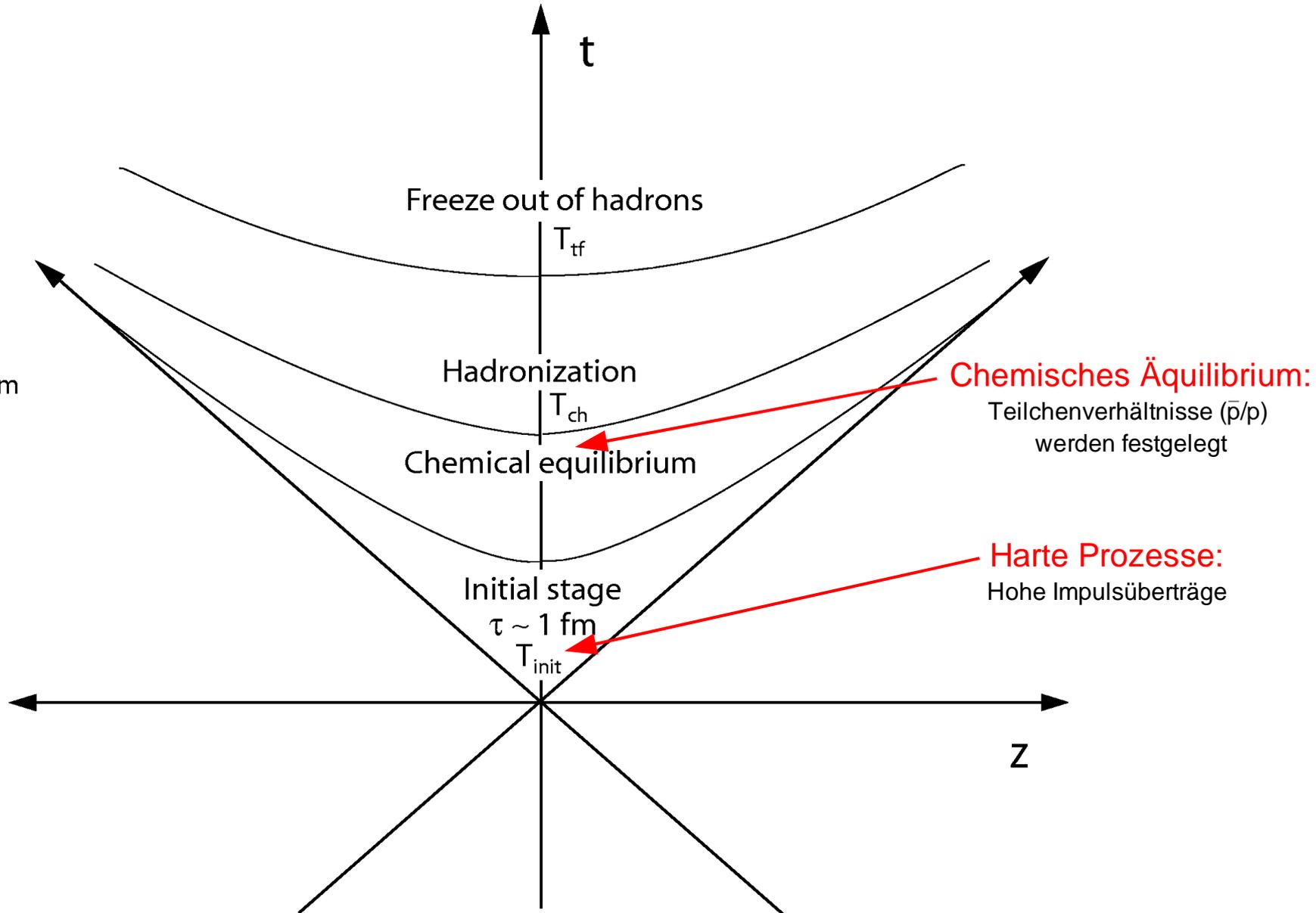
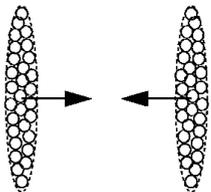
c) Chemical equilibrium



b) Initial stage



a) Before the collision



Antiproton zu Proton Verhältnis

$$(\bar{p}/p)$$

- 1) Bestimmung von Temperatur (T) und baryochemischen Potential (μ) im Rahmen einer 'Statistischen Modell' Analyse.
- 2) \bar{p}/p bei $p > 2$ GeV/c erlaubt den **Vergleich mit pQCD Rechnungen**

Protonen mit hohen Impulsen werden sehr selten produziert:
Nur die Verwendung spezieller Trigger (on-line Rekonstruktion) ergibt eine hinreichend hohe Statistik.

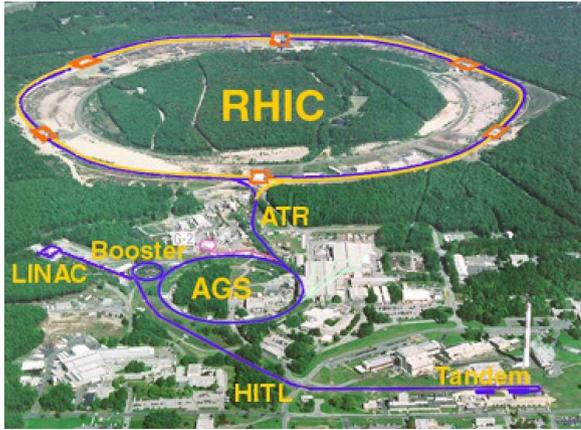
STAR Experiment

am

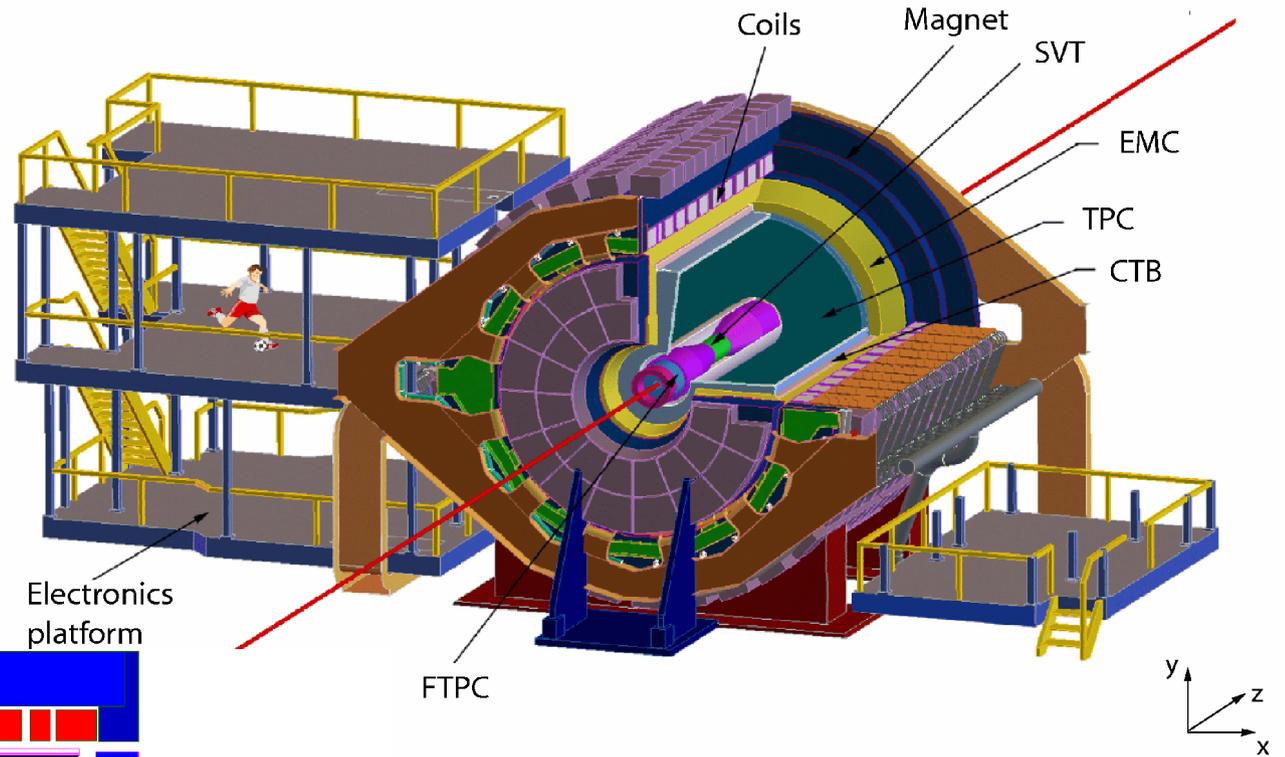
Relativistic Heavy Ion Collider
(RHIC)

Solenoid Tracker At RHIC

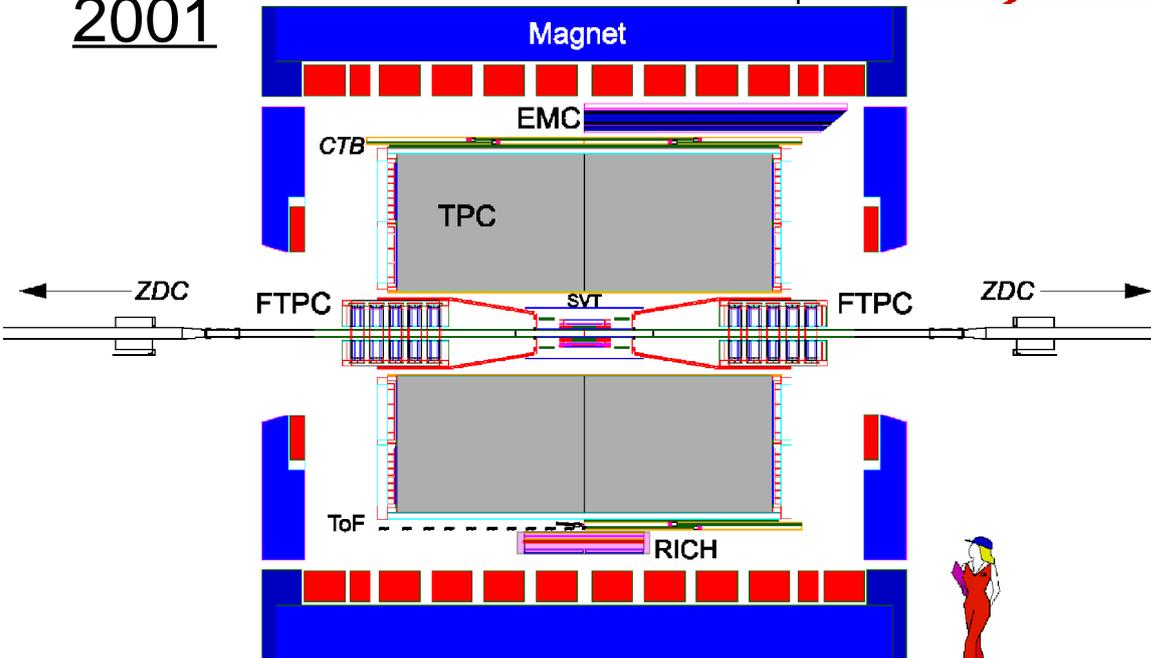
Relativistic Heavy Ion Collider



Brookhaven, Long Island, USA



2001



Magnet, $B=0.5\text{ T}$

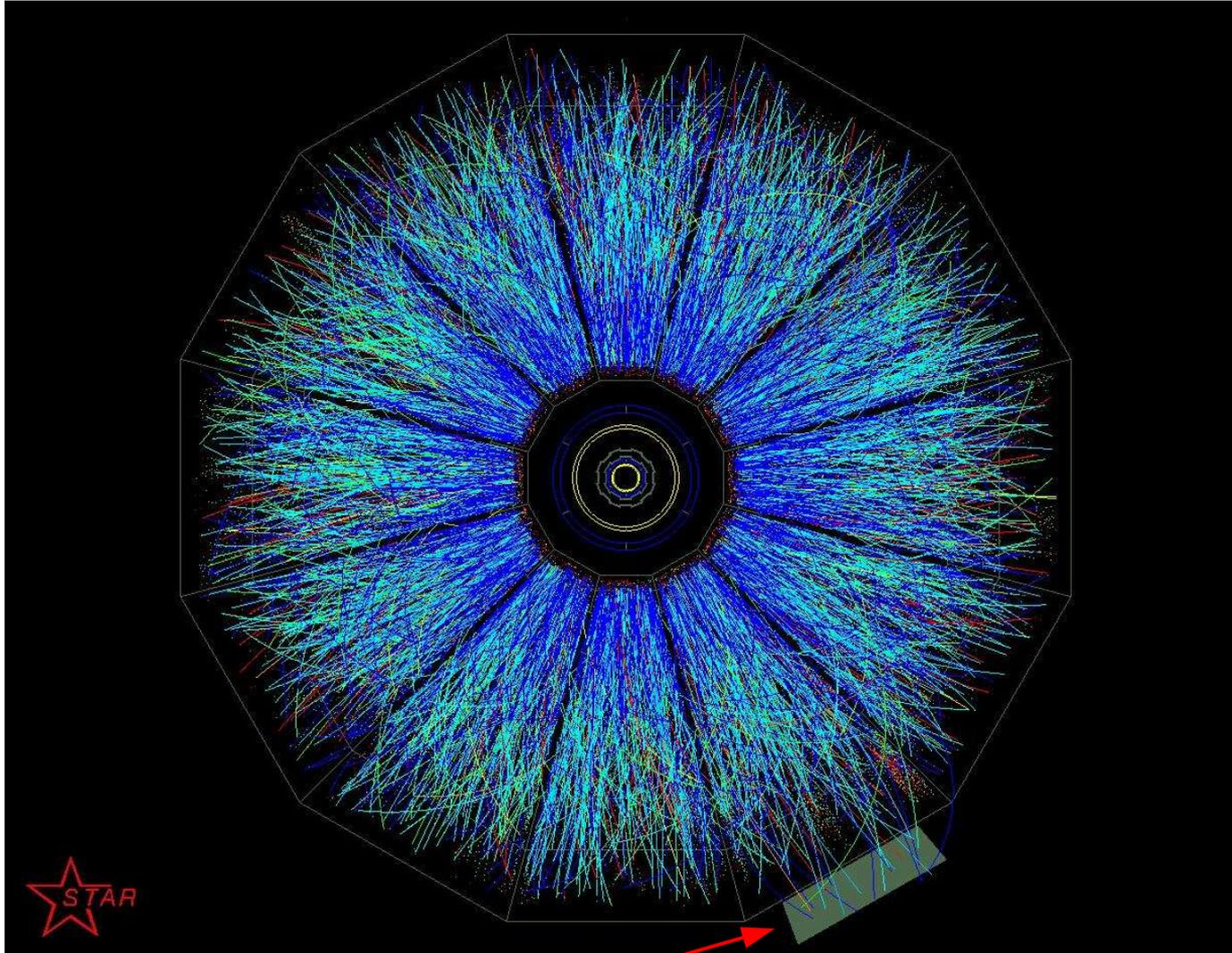
Spurendriftkammer (TPC) $d=4, l=4\text{ m}$

Ring Imaging Cerenkov Detektor (RICH) $1.5 \times 1.0 \times 0.24\text{ m}$



Au+Au Ereignis in der TPC

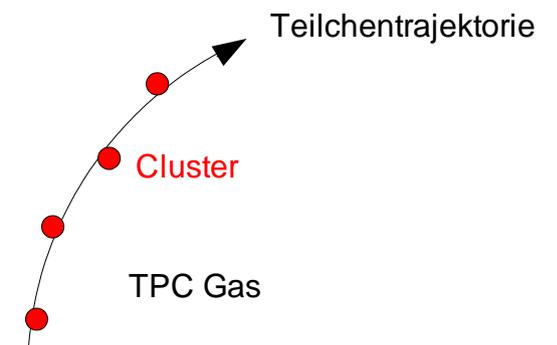
Zentrales Ereignis bei $\sqrt{s} = 200$ GeV/c, Frontansicht entlang der Strahlachse



Spurendriftkammer (TPC) im magnetischen Feld, $B=0.5$ T

Punkte (cluster):
Ionisationspunkte entlang der Teilchentrajektorie

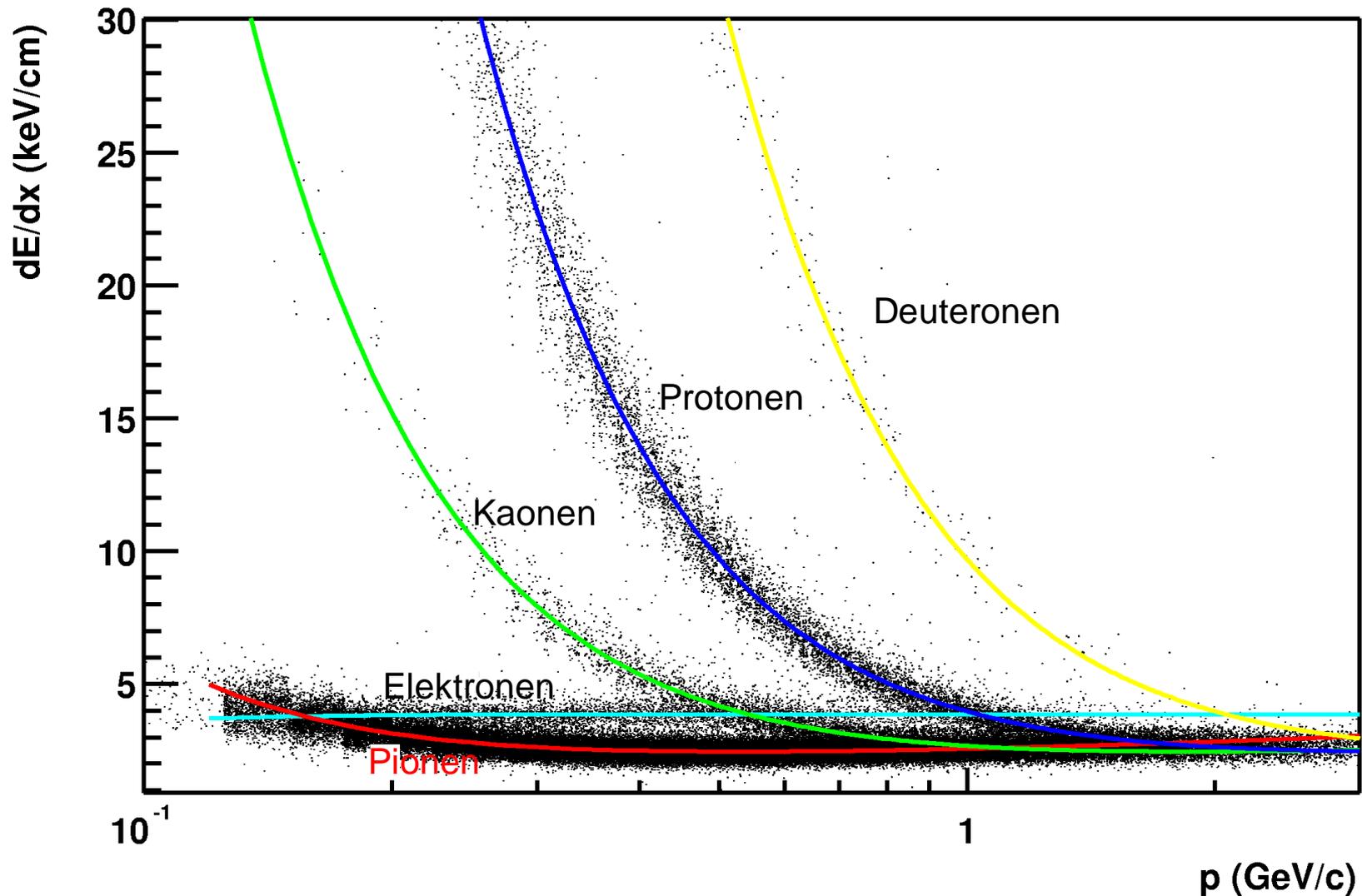
Gekrümmte Linien:
Rekonstruierte Trajektorien der geladenen Teilchen, Ladungs- und Impulsrekonstruktion



RICH Detektor: Nachweis von Protonen mit hohem Impuls, aber kleine Akzeptanz ($|\eta|=0.275$, $\Delta\theta=20^\circ$)

Teilchenidentifikation in der TPC

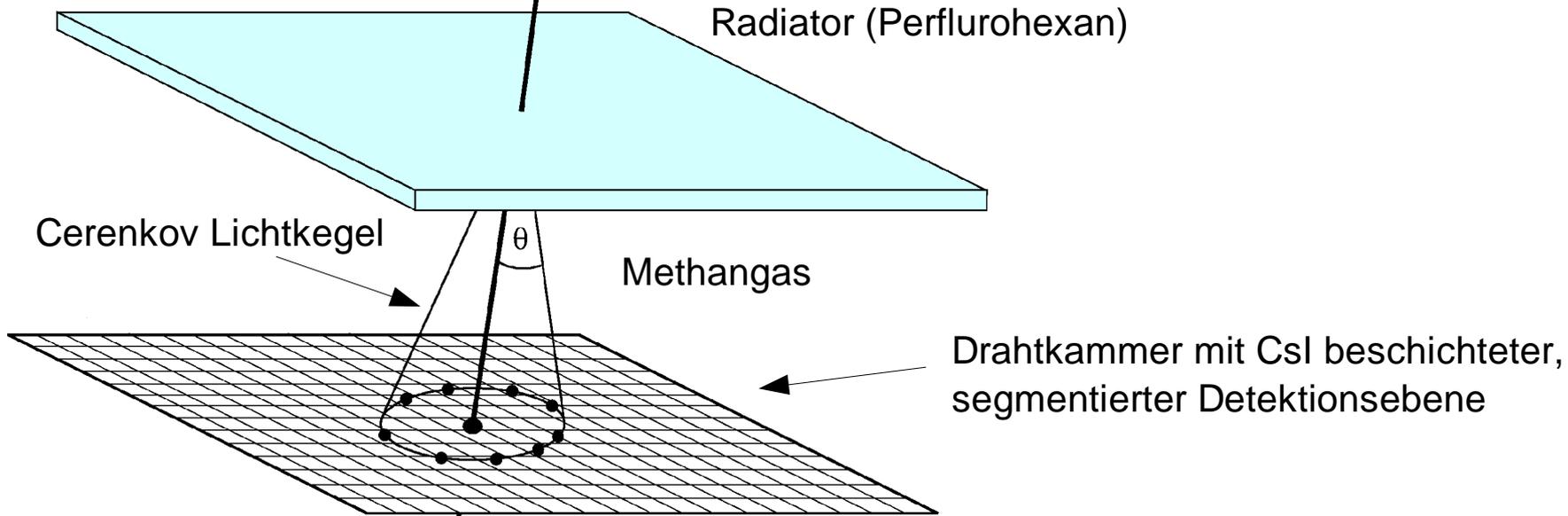
dE/dx : Spezifischer Energieverlust der Teilchen im TPC Gas



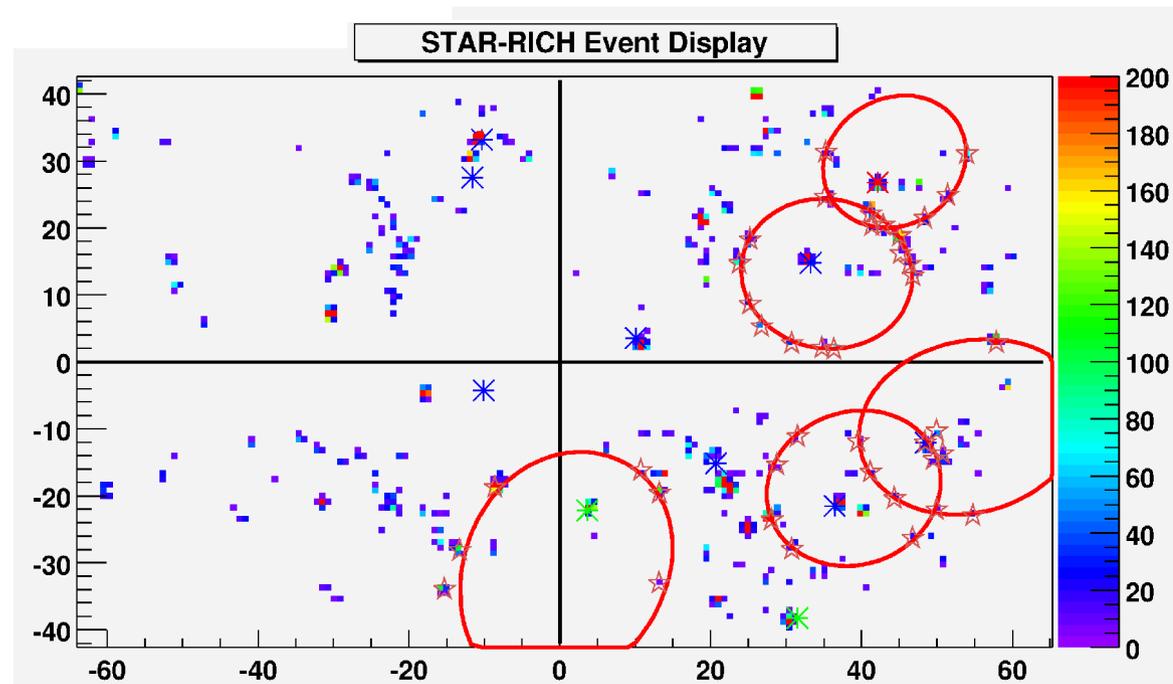
Identifikation von Protonen mit $p < 1$ GeV/c möglich

Ring Imaging Cerenkov Detektor

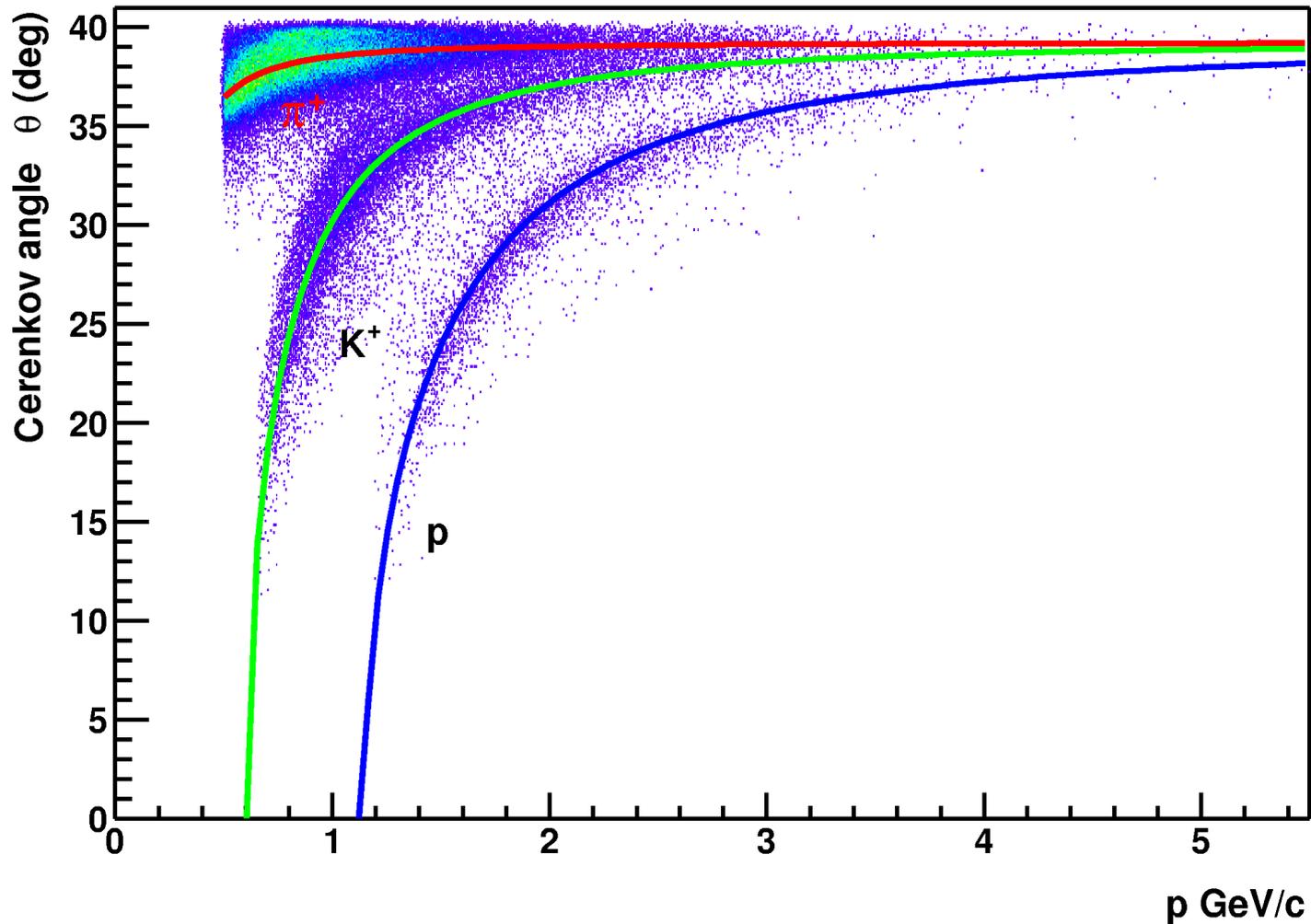
Identifikation von Hadronen mit hohem Impuls



Cerenkov Photonen werden in Elektronen umgewandelt
und in der Drahtkammer verstärkt
Zurückbleibende Ionenrümpfe werden als Cluster gemessen



Teilchenidentifikation mit dem RICH Detektor



$$\theta = \arccos \frac{c}{n \beta}$$

$n = \text{Brechungsindex}$

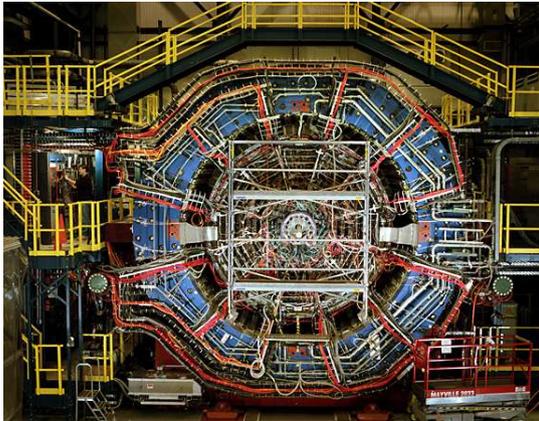
Identifikation von Protonen mit $1.2 < p < 4.5 \text{ GeV/c}$

Level-3 Trigger

Idee des Level-3 Triggers

Auf seltene Ereignisse triggern !

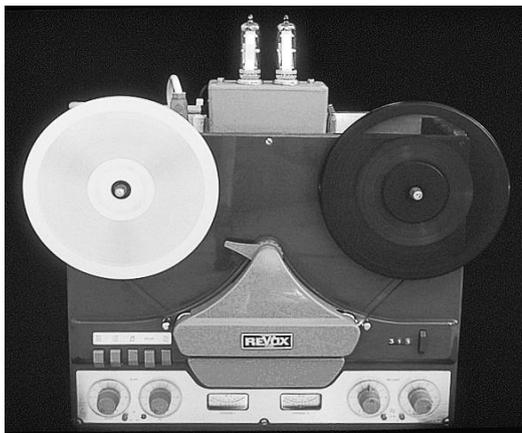
$\sim 6 \text{ MB / Ereignis} \times 100 \text{ Ereignisse / s} = 0.6 \text{ GB/s}$



Daten

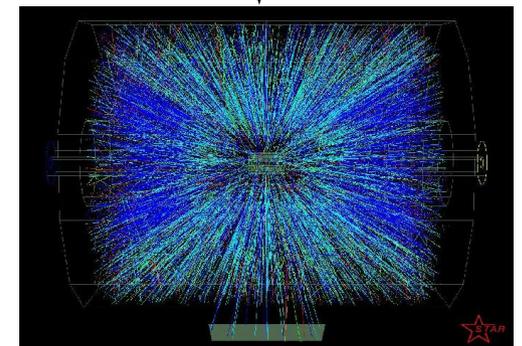


Ja/Nein

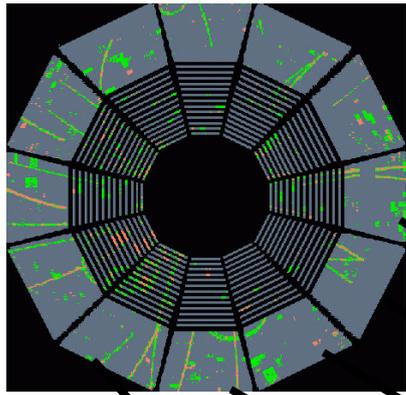


$40 \text{ MB/s} = \sim 7 \text{ Ereignisse/s}$

Online Eventdisplay

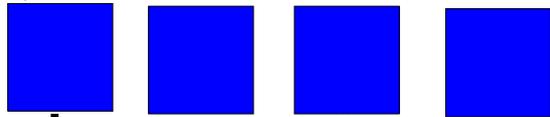


Level-3 Architektur



Rohdaten von 24 TPC Sektoren

DAQ



x12 VME Crates

mit 432 i960 CPUs

Cluster Daten

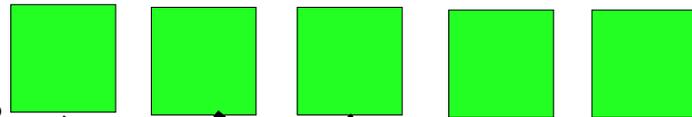
20 ms

6 Mb

Cluster finden

2 Mb

Sector
Level-3



x48 CPUs

Spur Daten

50 ms

Spuren finden

0.2 Mb

Global
Level-3



3 CPU's

20 ms

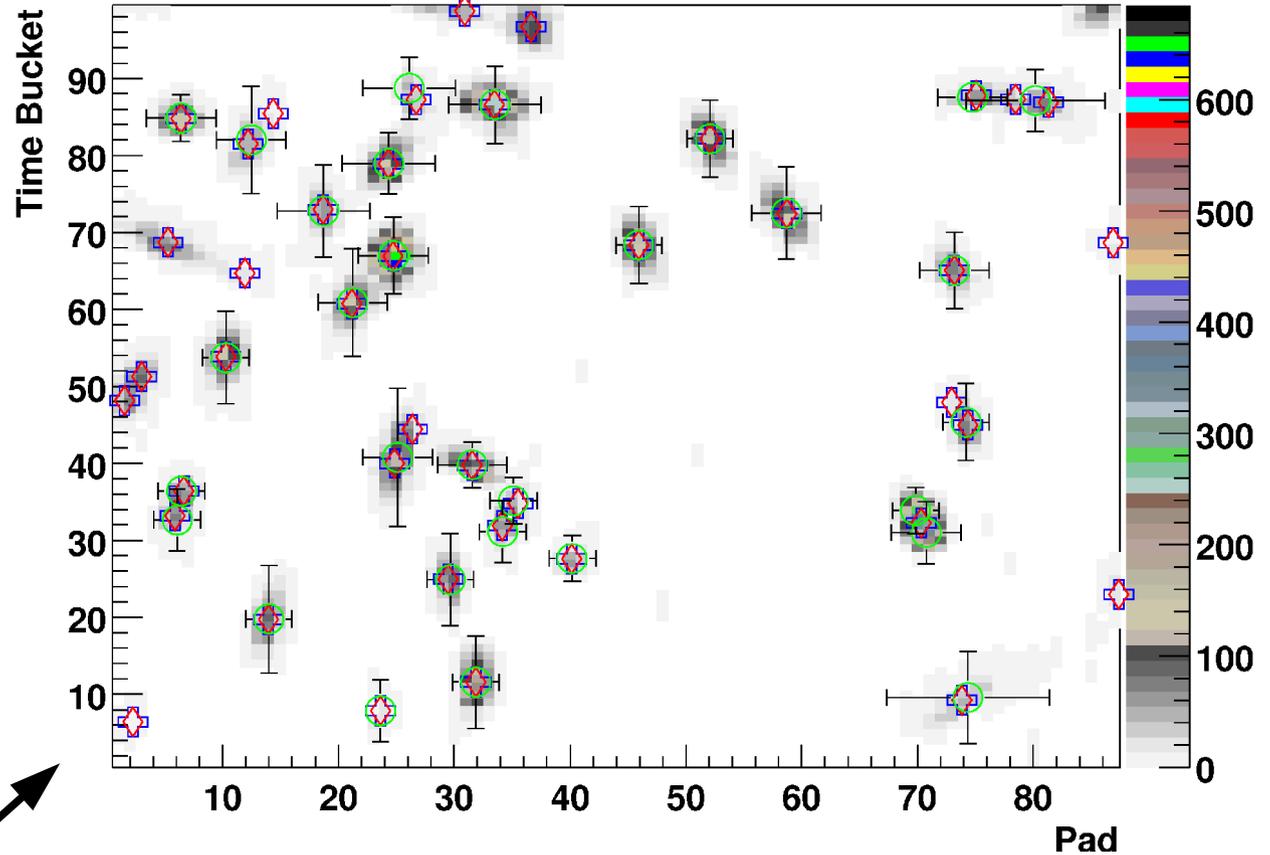
**Analyse
Algorithmus**

Entscheidung

Cluster Rekonstruktion

Wie gut ist die Level-3 Rekonstruktion verglichen mit der off-line Rekonstruktion ?

Sec_05_Row_01

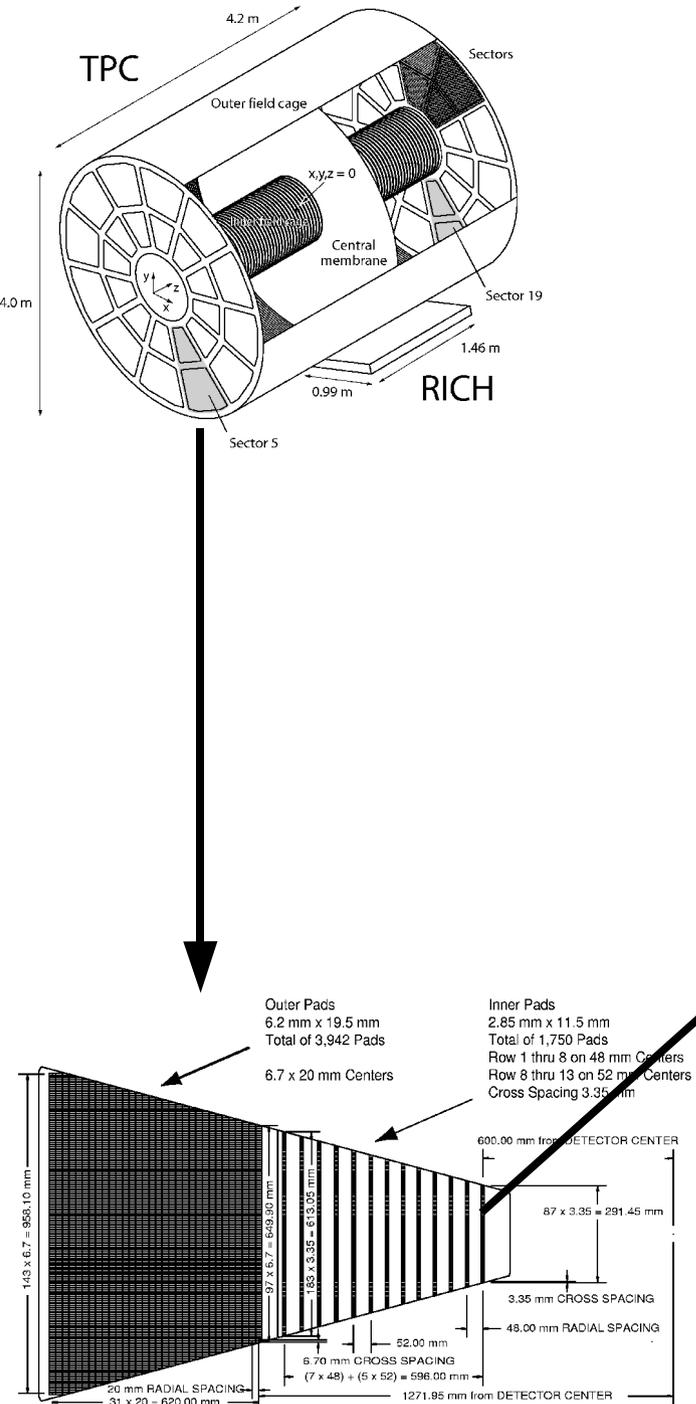


Farben: Rohdaten Pixel

Grüne Kreise mit Fehlerbalken: Off-line Analyse

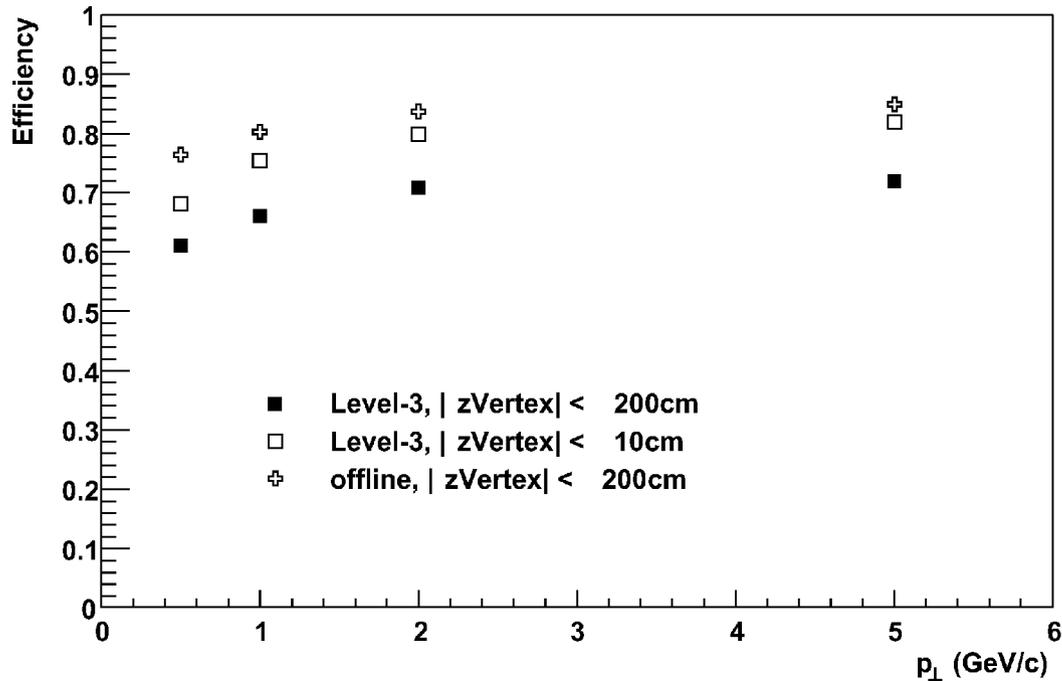
Rote Diamanten: Level-3 Analyse

Mittlerweile werden bei STAR anstatt Rohdaten, nur Clusterinformationen bei der Datennahme gespeichert.

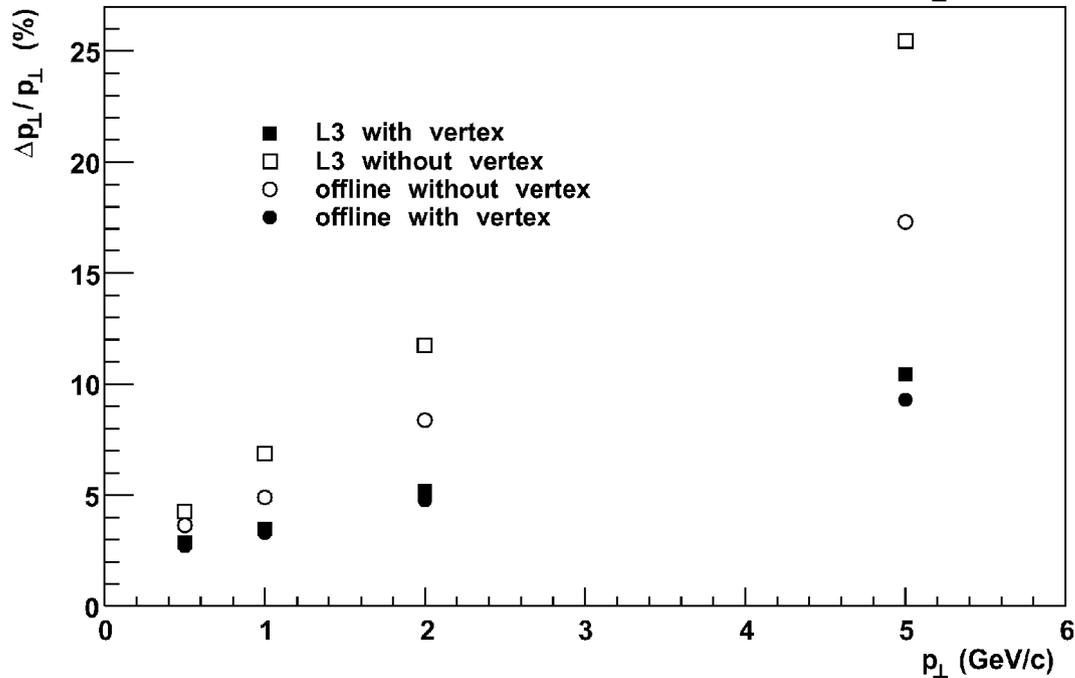


Spurrekonstruktion

Wie verlässlich ist die Level-3 Rekonstruktion?



Effizienz: 80-90 %



Transversalimpuls Auflösung:

3% bei $p_{\perp} = 1$ GeV/c

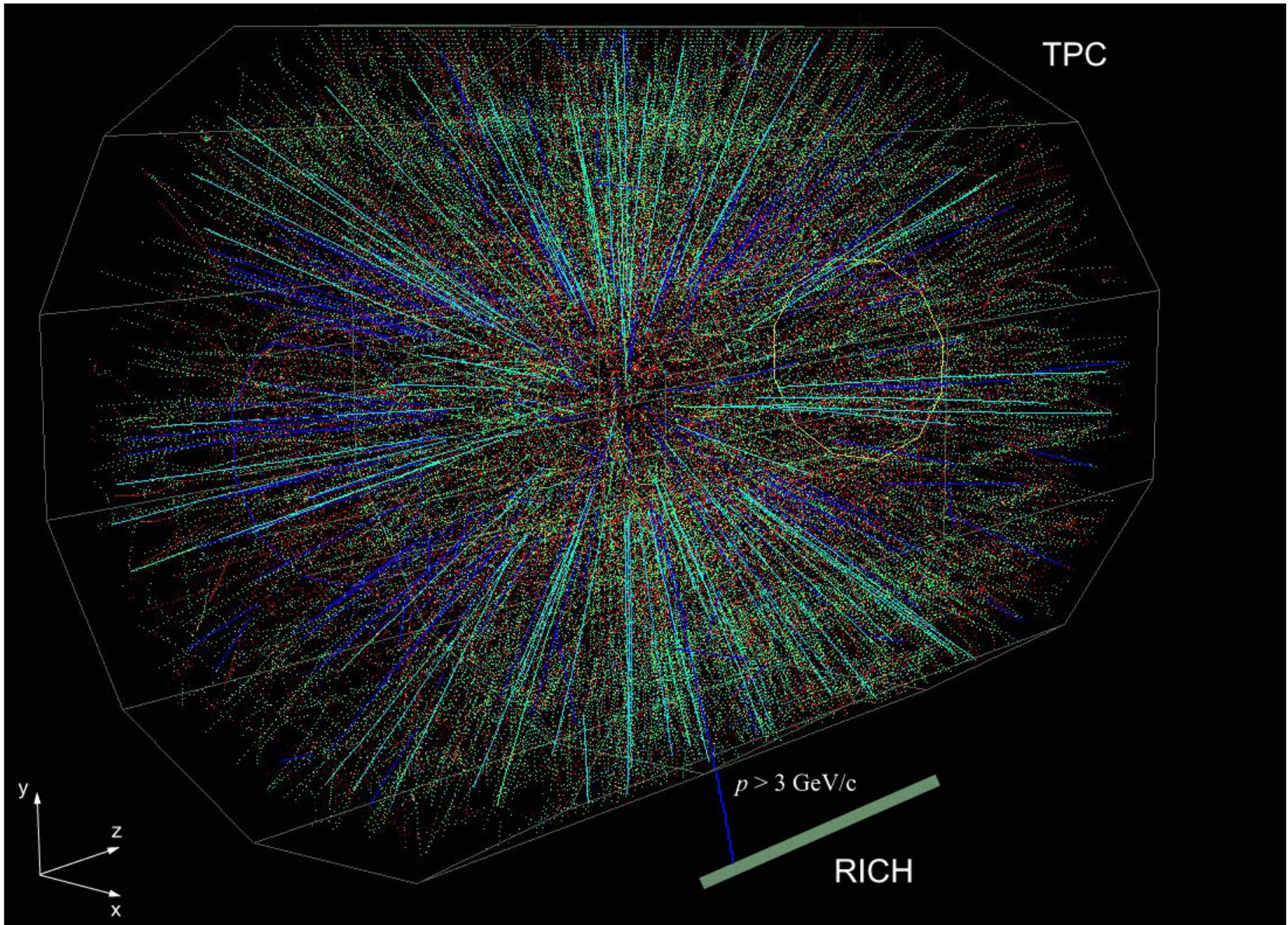
10% bei $p_{\perp} = 5$ GeV/c

Level-3 Trigger Algorithmus

Auf Global Level-3 stehen die Spurparameter aller Teilchen in der Akzeptanz der TPC zur Verfügung.

Der RICH Level-3 Algorithmus selektiert Ereignisse, in denen ein Teilchen mit einem Impuls $p > 3 \text{ GeV}/c$ in der Akzeptanz des RICH Detektors rekonstruiert wird.

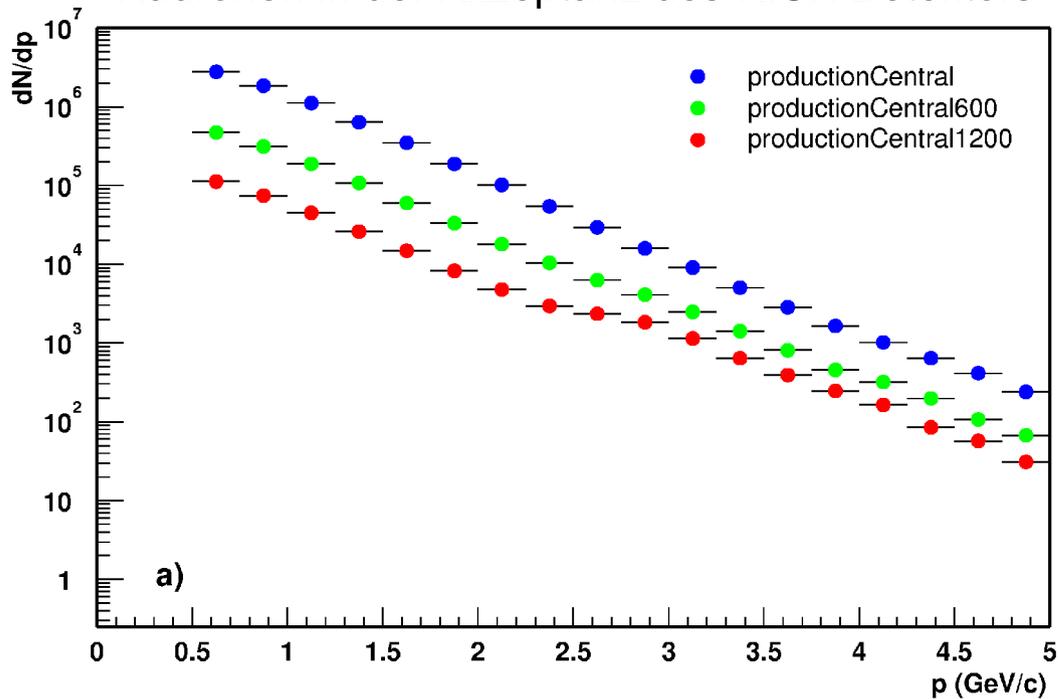
Getriggertes Ereignis



Nur Spuren mit einem Impuls $p > 1.5 \text{ GeV}/c$ sind dargestellt.

Anreicherung durch den Level-3 Trigger

Hadronen in der Akzeptanz des RICH Detektors

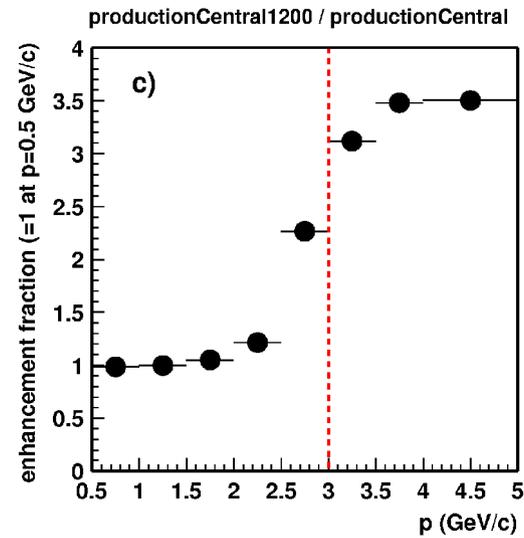
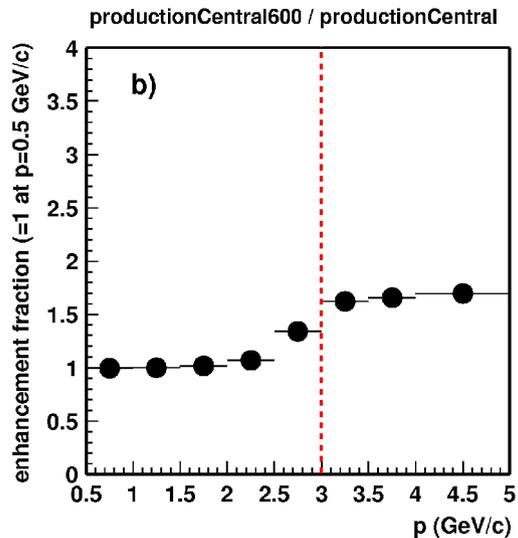


Triggerkonfigurationen während der Datenaufnahme:

productionCentral: kein Level-3 Trigger

productionCentral600: Level-3 analysiert 2 mal soviele Ereignisse wie in productionCentral

productionCentral1200: Level-3 analysiert 4 mal soviele Ereignisse wie in productionCentral



Häufigkeit von Hadronen mit einem Impuls von $p > 3$ GeV/c in der Akzeptanz des RICH Detektors:

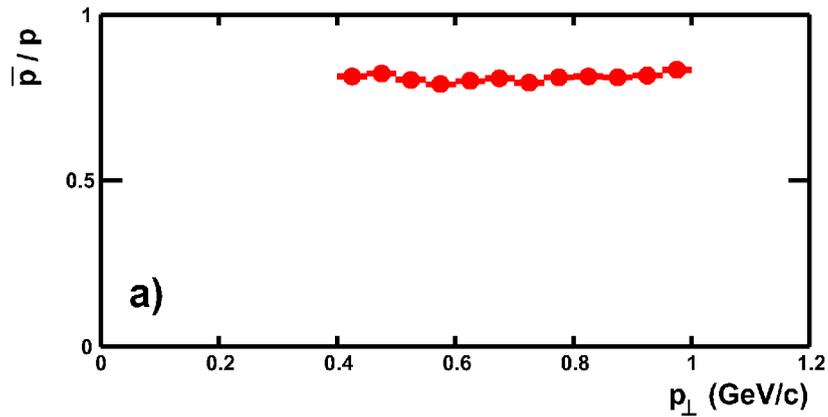
ProductionCentral : 77th Event

productionCentral600 : 46th Event

productionCentral1200: 23th Event

Ergebnisse

(\bar{p}/p) identifiziert in der TPC

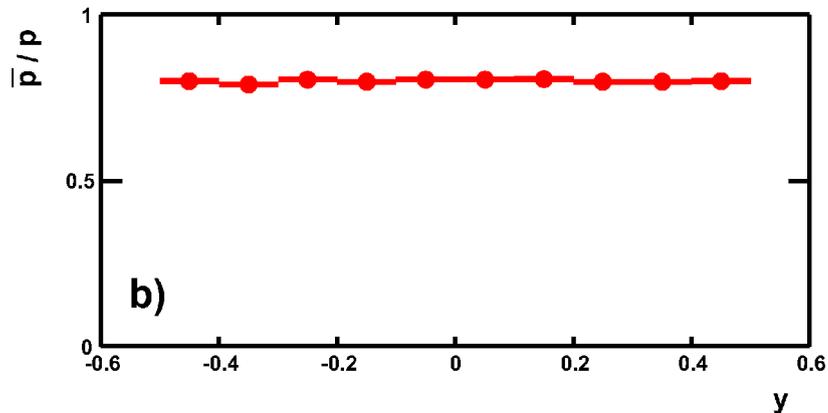


Antiproton zu Proton Verhältnis (\bar{p}/p) innerhalb des gemessenen Bereiches **unabhängig** von:

Transversalimpuls

Rapidity $y < 0.5$

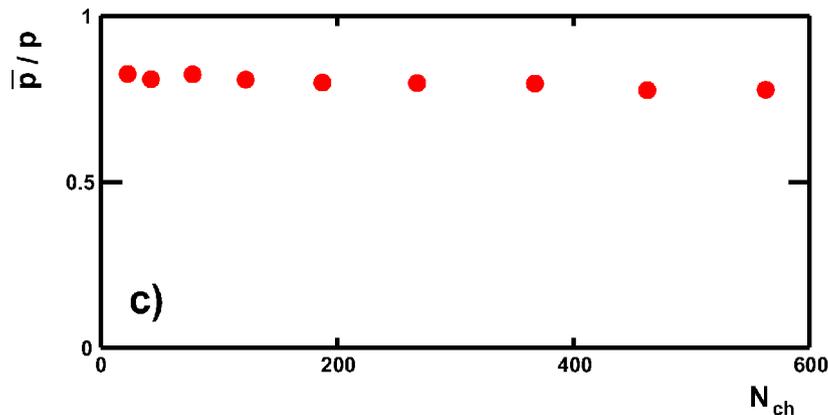
5% zentralsten Ereignisse



Rapidity

Transversalimpuls $0.6 < p_{\perp} < 0.8$ GeV/c

5% zentralsten Ereignisse

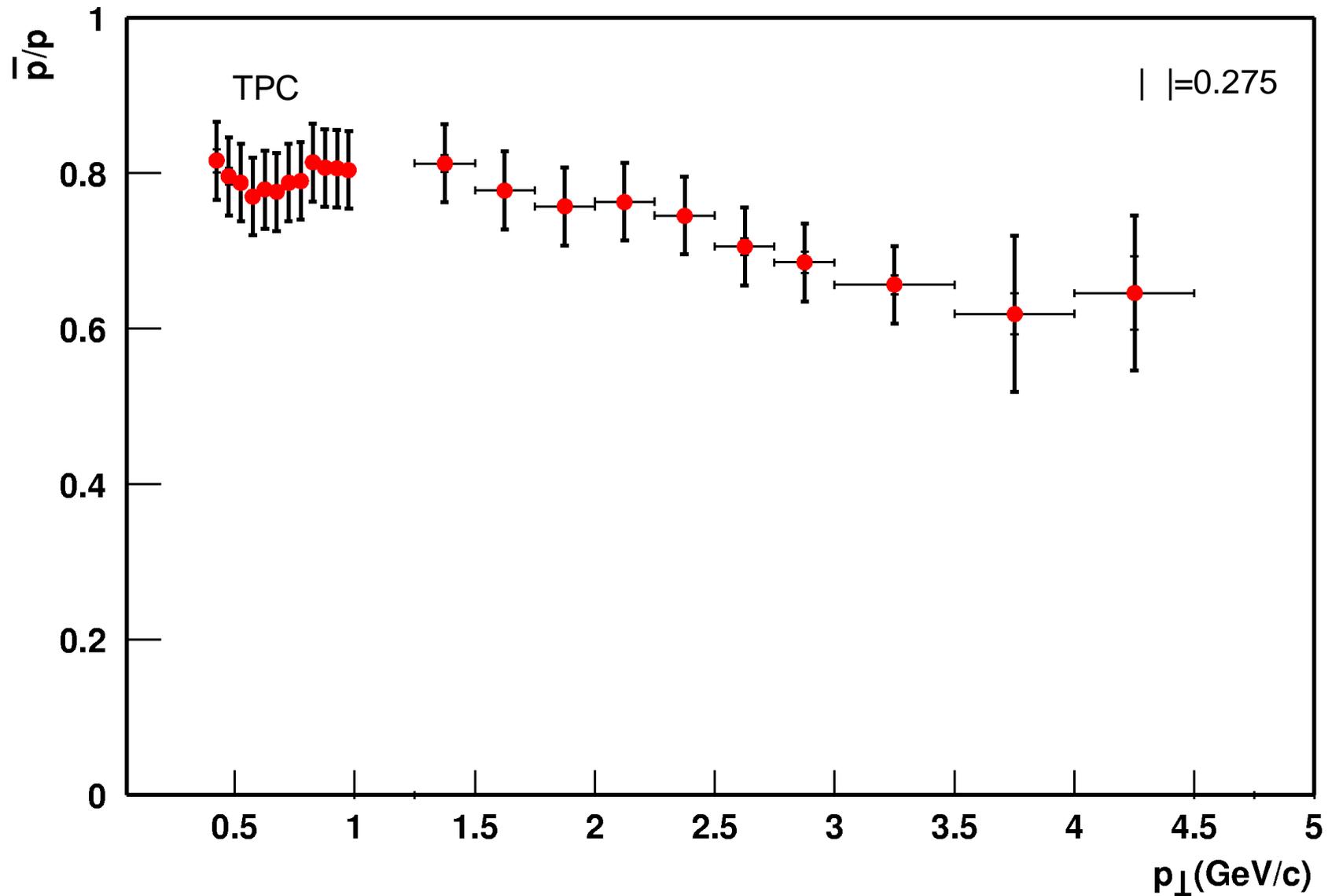


Multiplizität (N_{ch})

Transversalimpuls $0.6 < p_{\perp} < 0.8$ GeV/c

Rapidity $y < 0.5$

Protonen Identifiziert in TPC und RICH



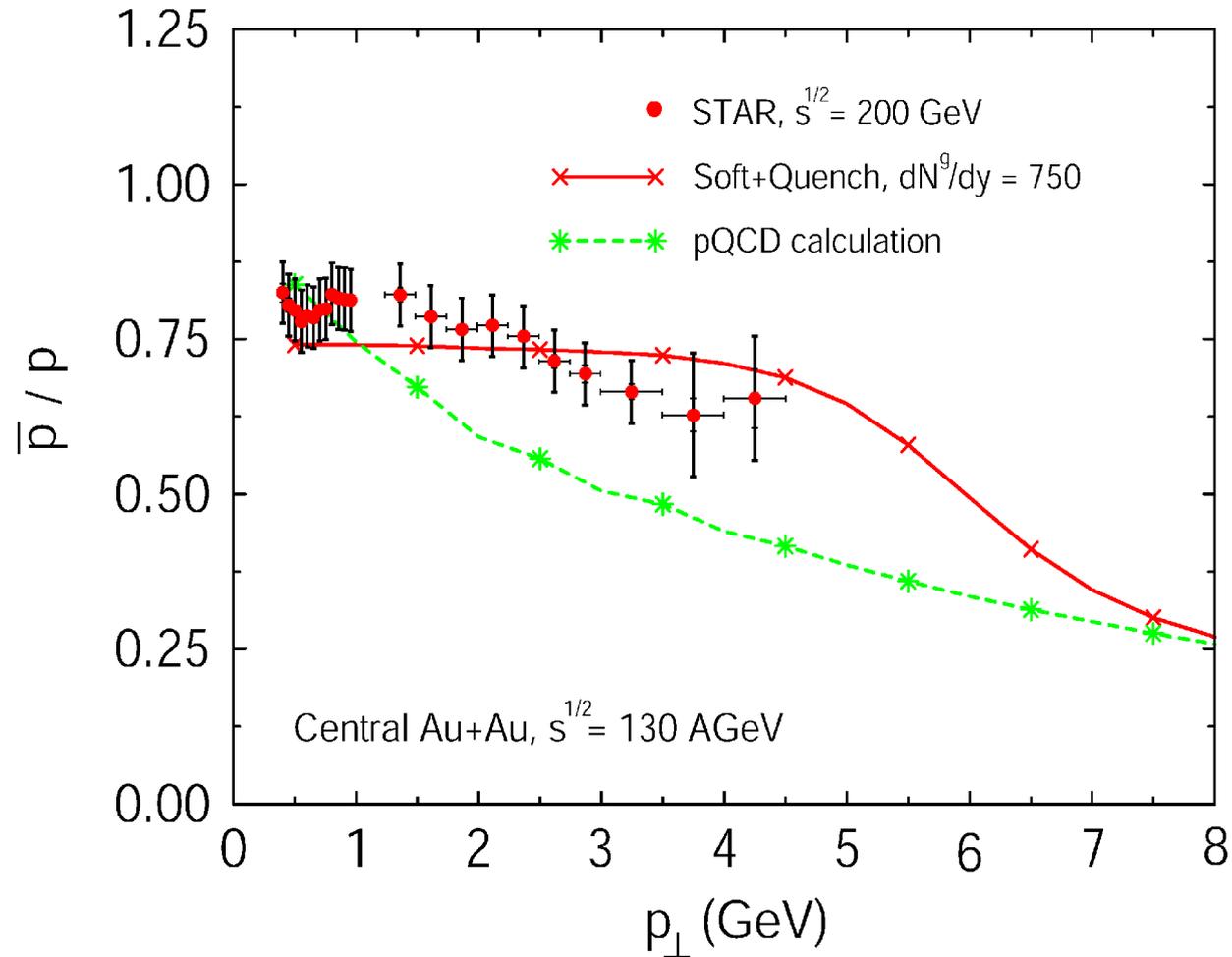
Antiproton zu Proton Verhältnis (\bar{p}/p) ist **nur schwach** vom Transversalimpuls (p_{\perp}) abhängig.

Modellvergleich

Ivan Vitev, Miklos Gyulassy

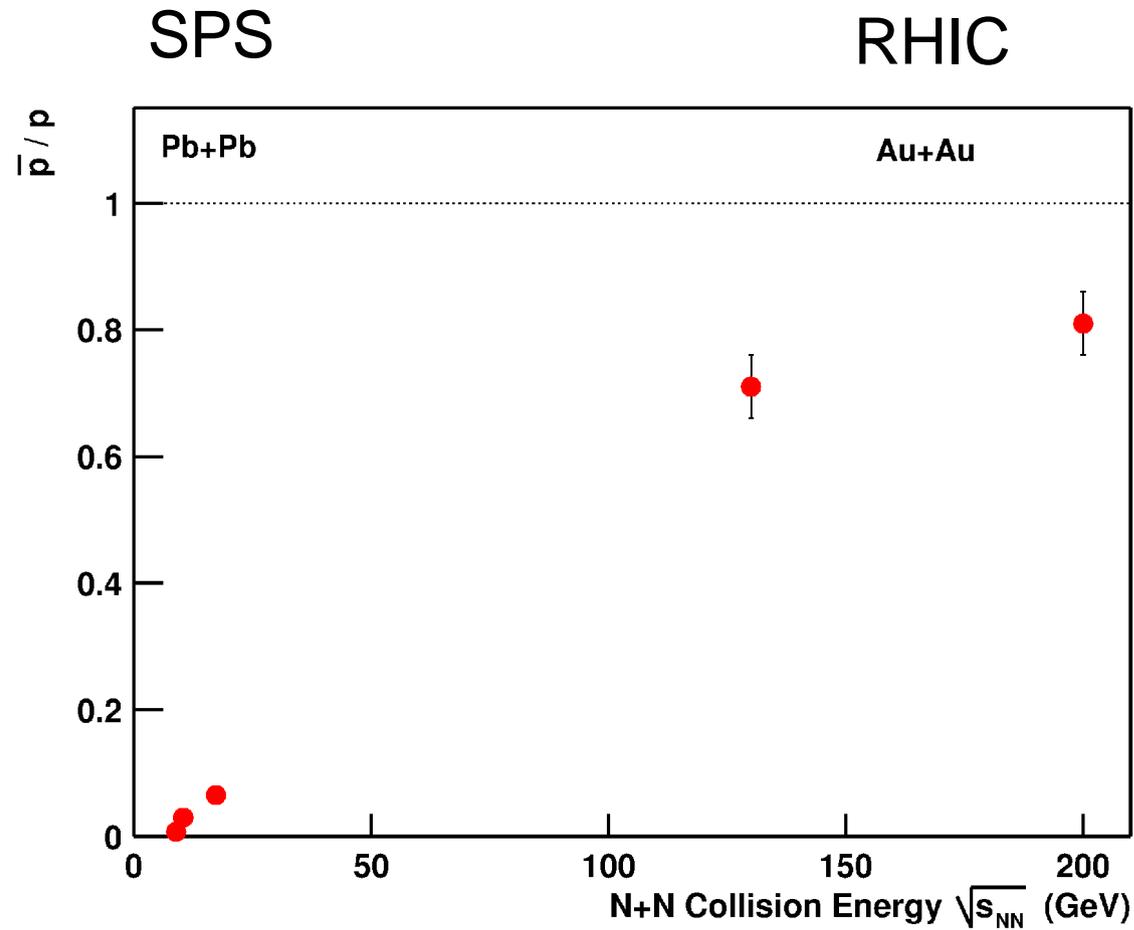
High- p_{\perp} Pion Quenching versus anti+Baryon Enhancement in Nucleus-Nucleus Collisions

Nucl. Phys. A **715**, 779 (2002)



Antiproton zu Proton Verhältnis wird besser mit dem nicht perturbativen Soft+Quench Modell beschrieben

Energieabhängigkeit des Verhältnisses

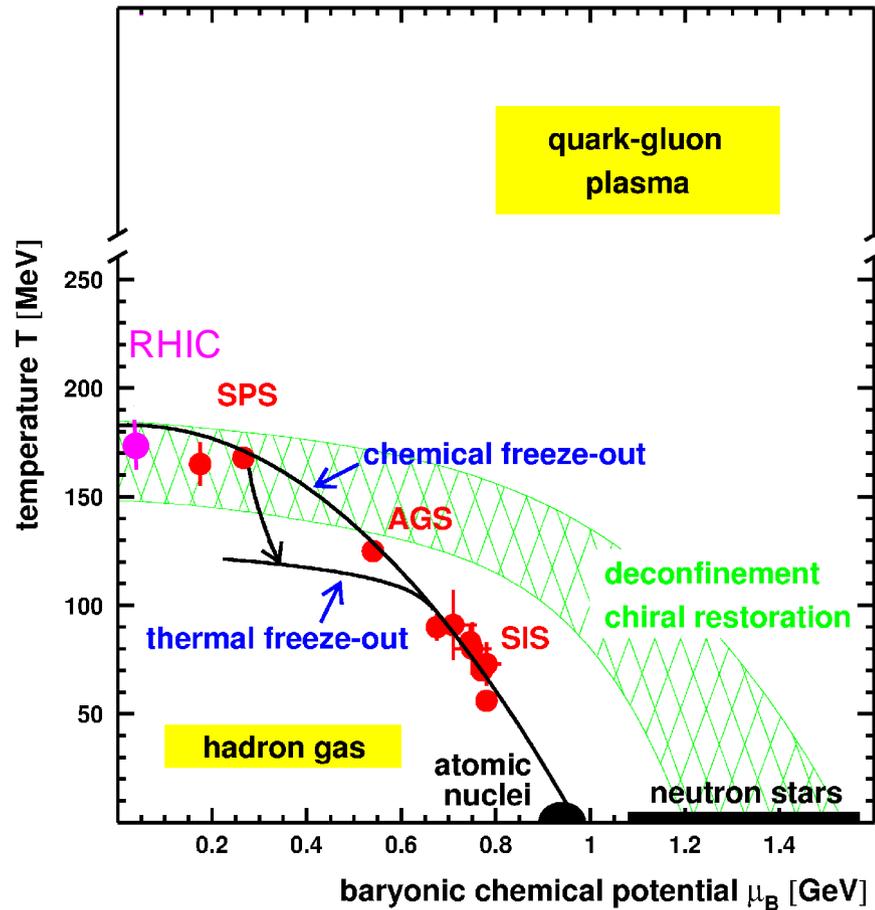


Im Vergleich zu SPS werden am RHIC wesentlich mehr Antiprotonen erzeugt: $(\bar{p}/p) \rightarrow 1$

Statistisches Modell

P. Braun-Munzinger

Nucl. Phys. A **681**, 119 (2001)



Gemessens Verhältnis entspricht
Statistischen Modell Parametern von:
 $T=177 \pm 7$ MeV und $\mu_B = 29 \pm 8$ MeV

P. Braun-Munzinger, D. Magestro, K. Redlich und J. Stachel
Hadron production in Au Au collisions at RHIC
Phys. Lett. B **518**, 41 (2001)

Zusammenfassung

Aufgabenstellung: Selektion seltener Ereignisse in STAR

Level-3 Trigger aufgebaut und in STAR integriert

RICH Detektor ermöglicht Messung von Protonen mit hohem Impuls, die kleine Akzeptanz des RICH und die niedrigen Wirkungsquerschnitte dieser Prozesse erforderten den Einsatz des Level-3 Triggers

(\bar{p}/p) zeigt nur geringe Abhängigkeit vom Transversalimpuls bis zu $p < 4.5 \text{ GeV}/c$

Ausblick

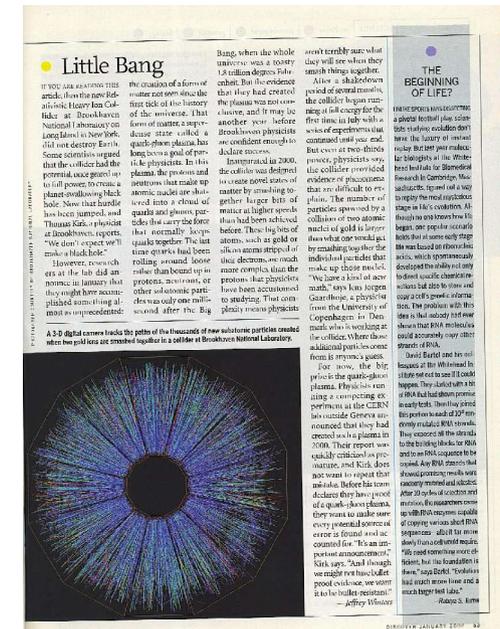
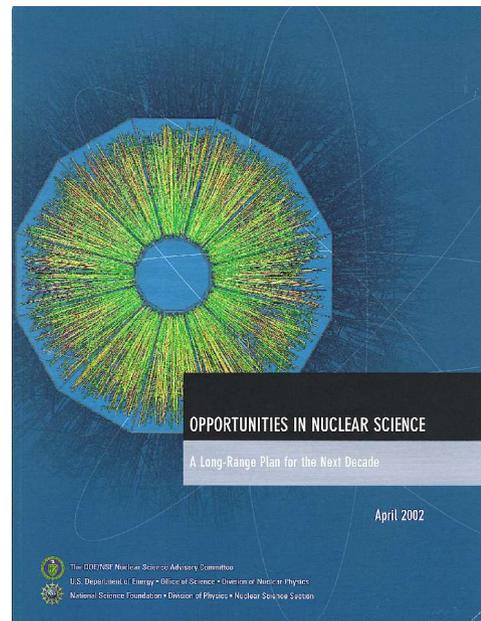
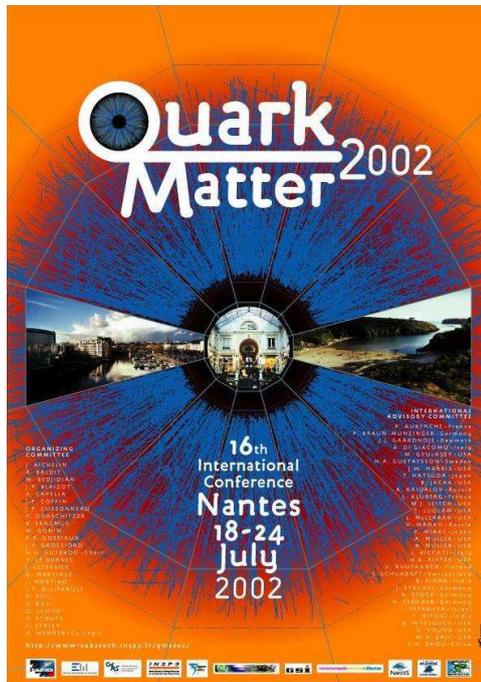
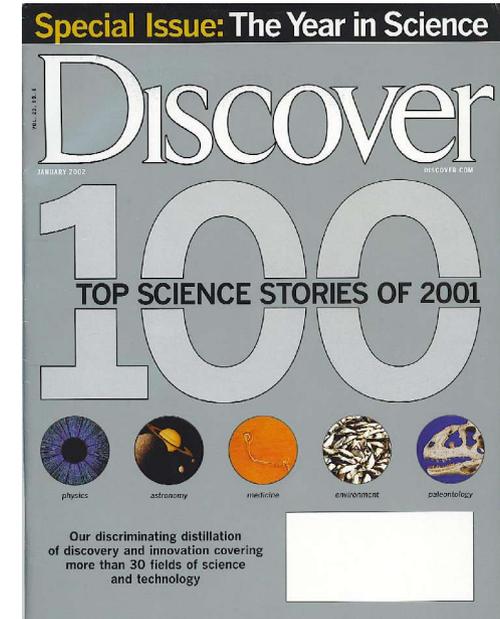
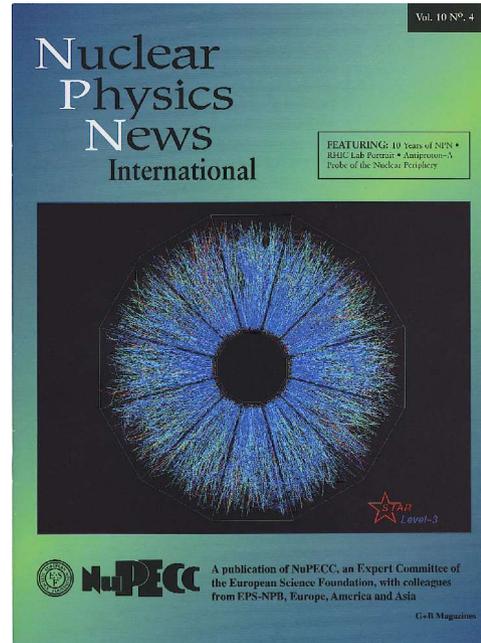
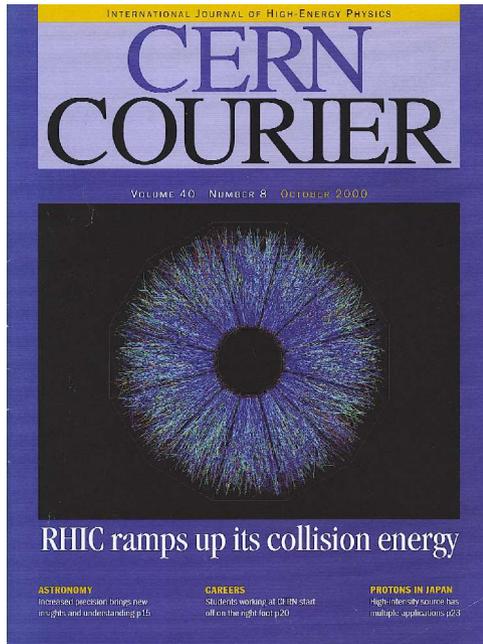
STAR : Elektromagnetische Kalorimeter wurde in den Level-3 Trigger integriert: $\Upsilon \rightarrow e^+ e^-$

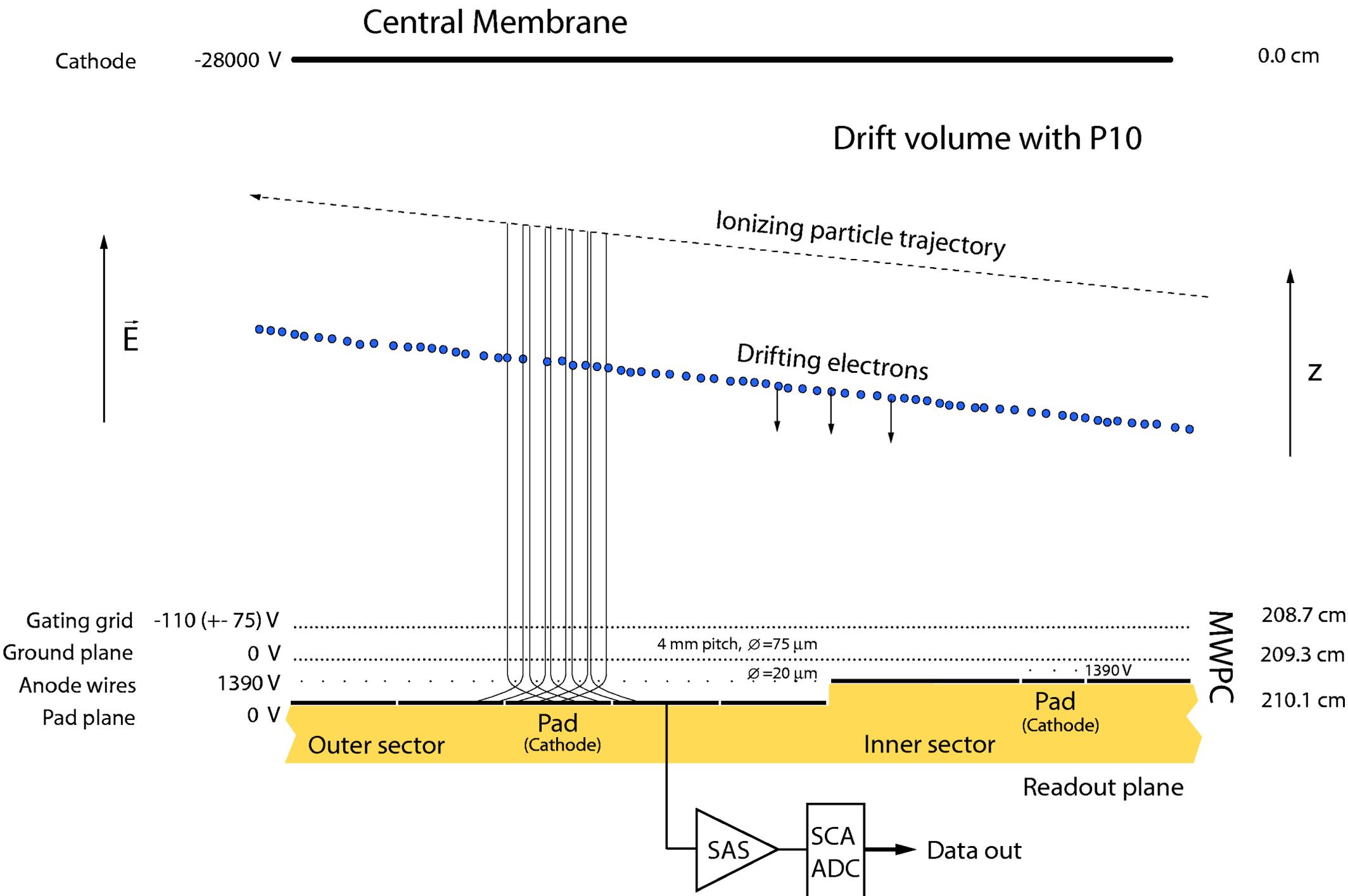
ALICE: Level-3 Konzept kommt zur Anwendung (HLT)

RICH : Verbessertes Detektor mit grösserer Akzeptanz ist für ALICE geplant

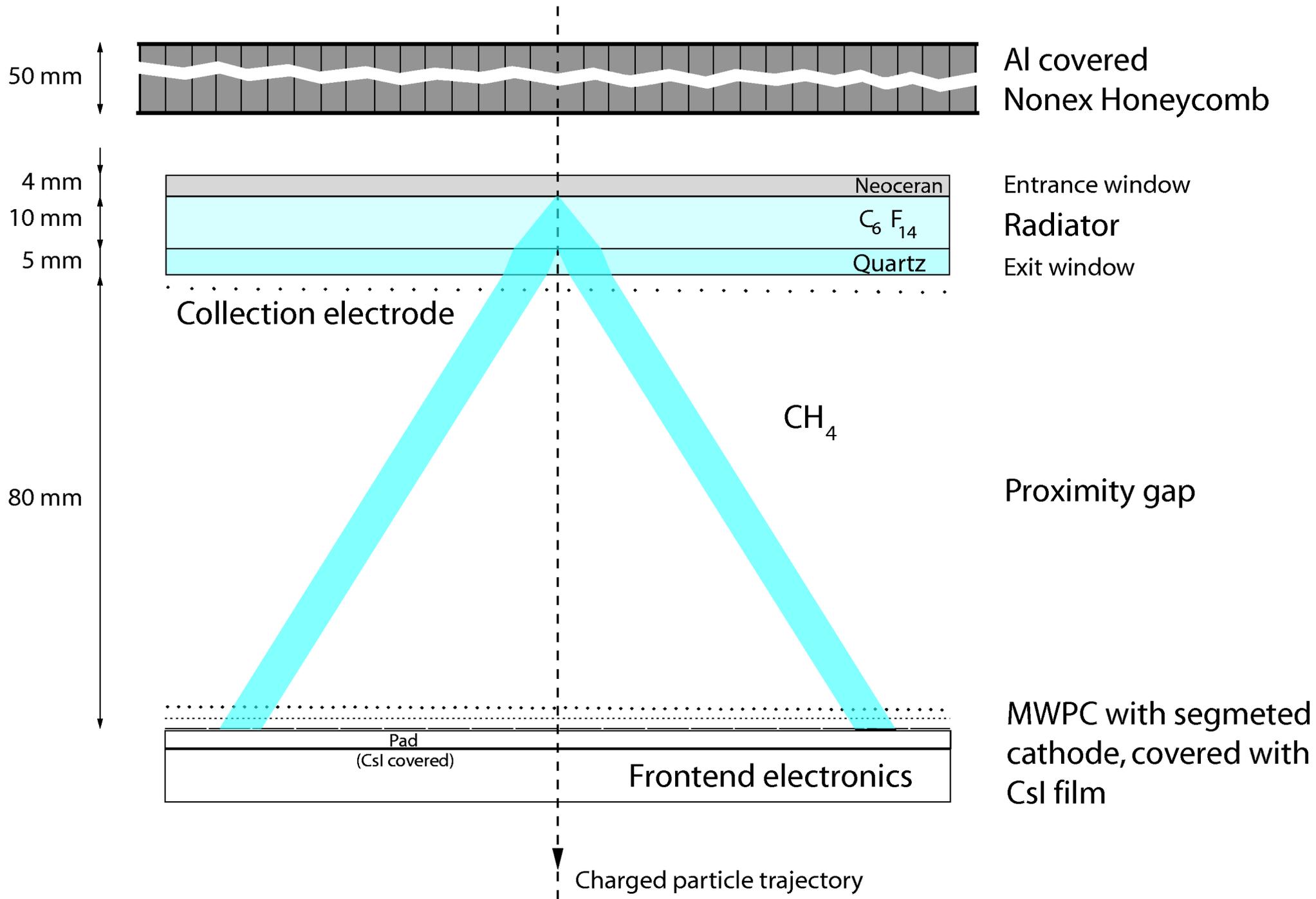
Was bleibt:

Erstes Ereignis von RHIC

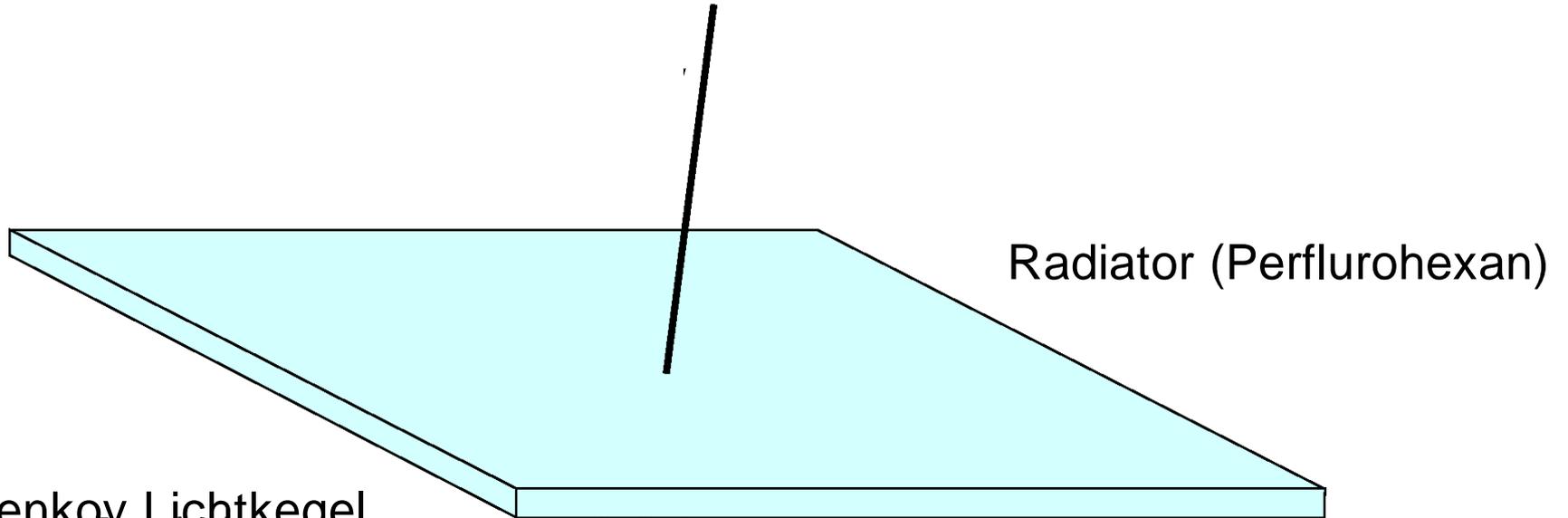




Ring Imaging Cerenkov Detektor



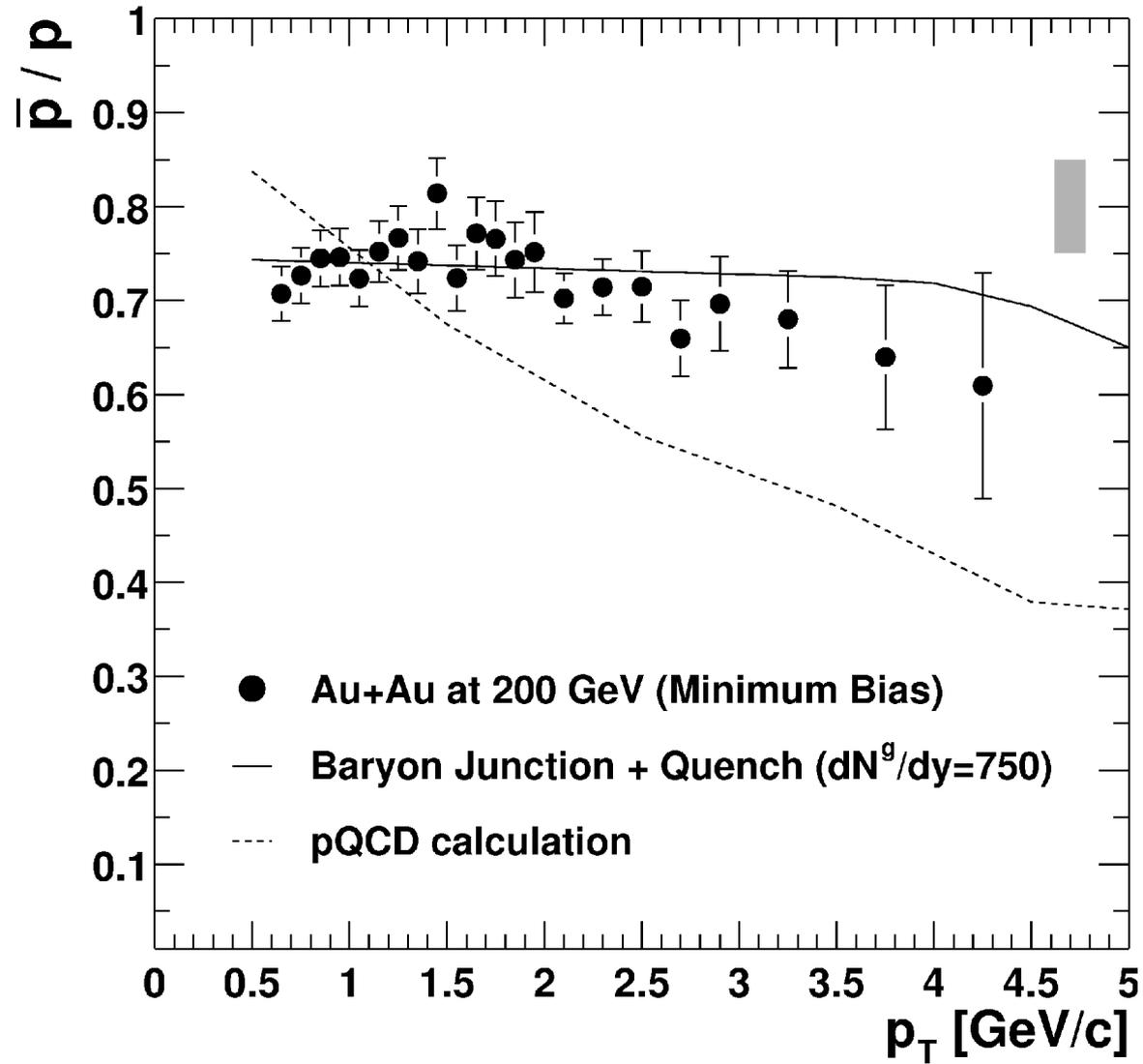
Ring Imaging Cerenkov Detektor



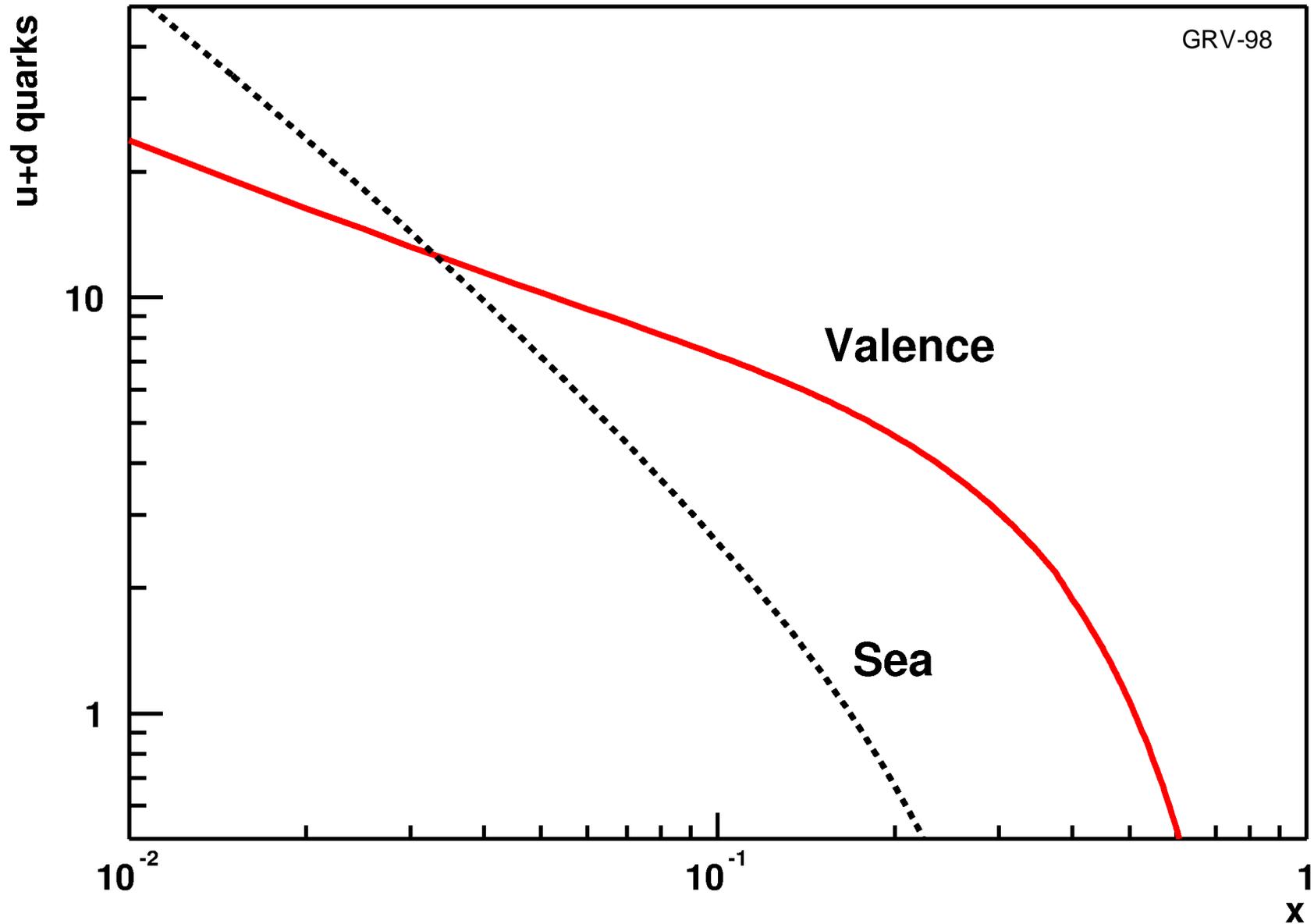
Cerenkov Photonen werden umgewandelt in Photo-Elektronen und in Drahtkammer verstärkt

Trajektorie eines geladenen Teilchens

Vergleich zu Phenix

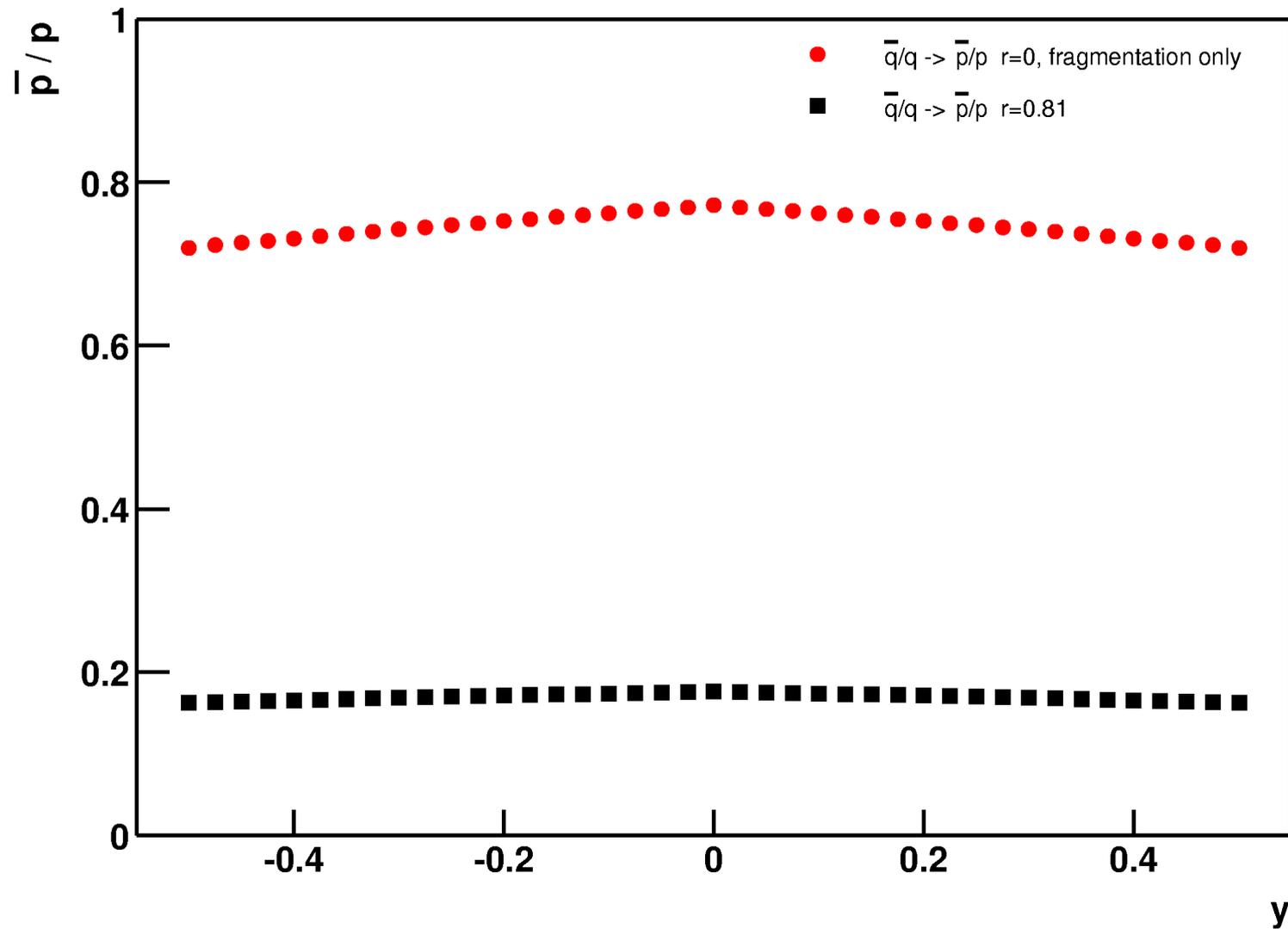


Partonen Verteilungsfunktion



Partonen Verteilungsfunktion von Valenz und Sea u+d Quark in Abhängigkeit vom longitudinalen Impulsverhältnis $x = p_{\text{quark}} / p_{\text{beam}}$

Fragmentation vs. Recombination



anti-quarks to produce anti-protons $N_{\bar{q}}(1-r)$

$N_q - rN_{\bar{q}}$ remain to form protons

$$\frac{N_{\bar{p}}}{N_p} = \frac{1-r}{N_q/N_{\bar{q}} - r}$$

Level-3 Prozessor Fram

