Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster

PHENIX

Messung der Produktion neutraler Pionen in Cu+Cu Kollisionen bei $\sqrt{s_{NN}}$ = 22.4 GeV mit dem PHENIX Experiment

Christoph Baumann
Institut für Kernphysik
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
22.03.2006

VI-SIM
HELMHOLTZ GEMEINSCHAFT

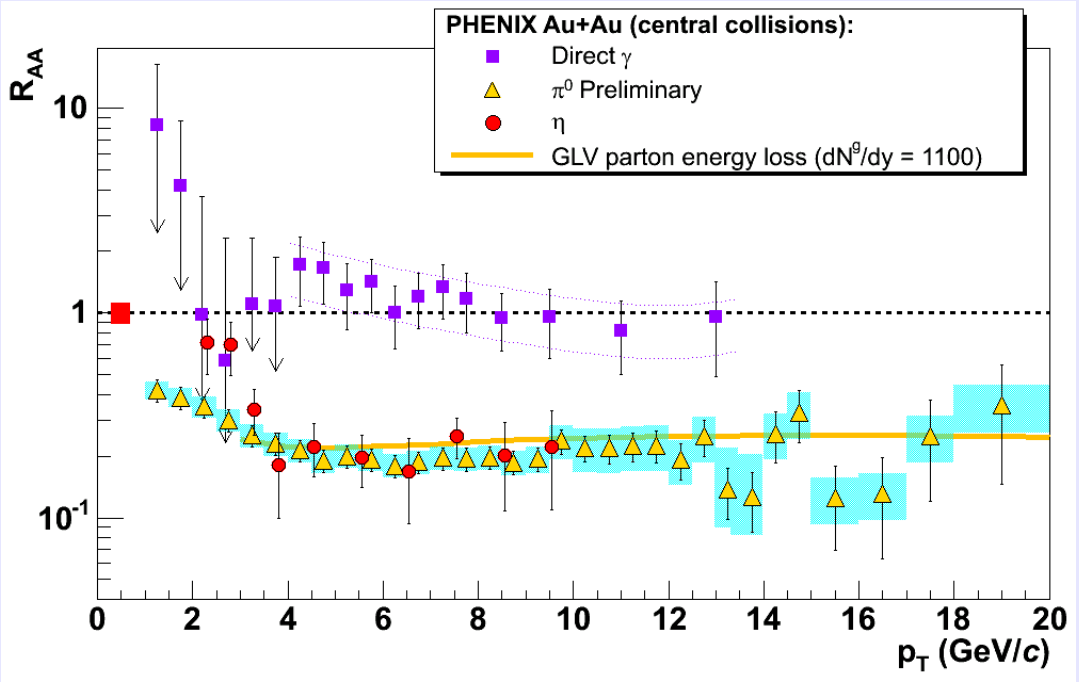
bmb+f
Großgeräte
der physikalischen
Grundlagenforschung

Jet-Quenching

- Starke Unterdrückung der Produktion neutraler Pionen bei $\sqrt{s_{NN}}$ = 200 GeV in Au+Au
- Unterdrückung für direkte Photonen nicht vorhanden

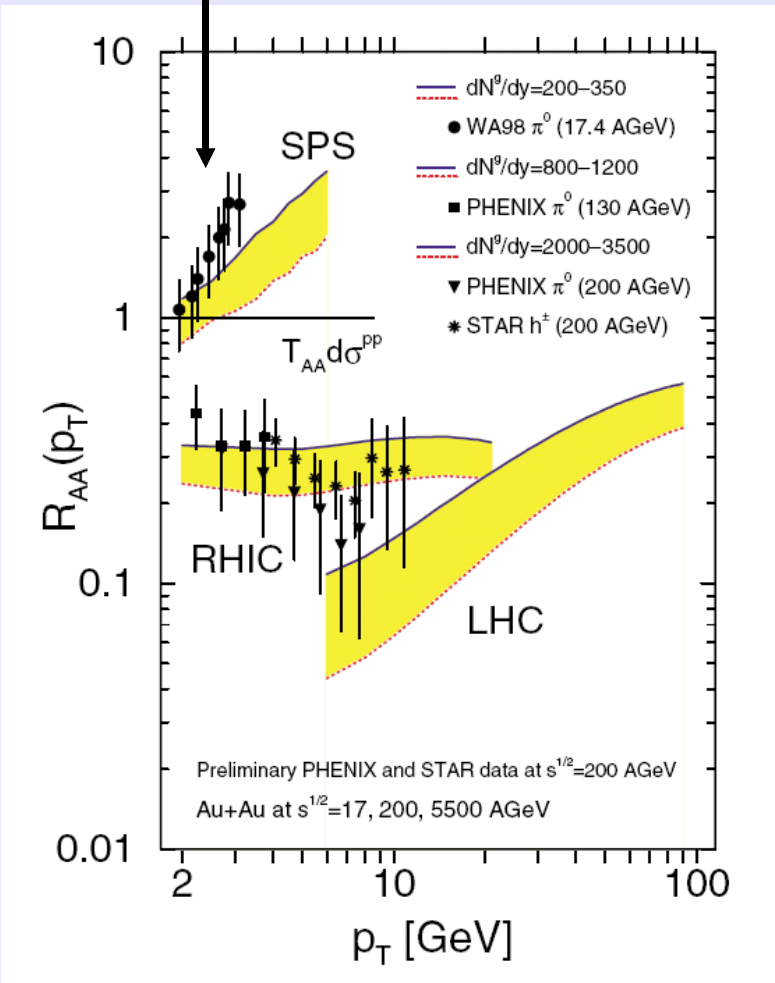
➔ Unterdrückung muss aufgrund von Final State Interaction erfolgen

➔ Konsistent mit Vorhersagen für Parton-Energieverlust in heißer, dichter Materie



Jet-Quenching – Theoretische Vorhersagen

Tatsächliche Unsicherheit ~50-100%



Gyulassy, Vitev, Phys. Rev. Lett. 89, 252301 (2002)

- Jet-Quenching-Modelle machen Vorhersage für Energieabhängigkeit der Unterdrückung
  - Wang
  - Vitev, Gyulassy
  - …
- Keine verläßliche p+p Referenz für CERN-SPS Daten
- PHENIX Daten bei 22.4 GeV können wichtigen Beitrag leisten, offene Fragen zu beantworten

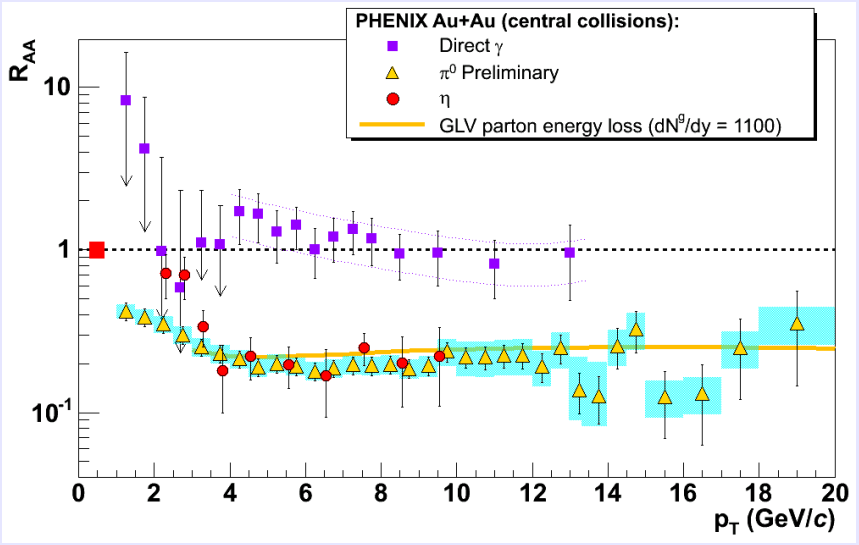
Systematische Untersuchung der π^0-Unterdrückung

- Untersuchung der Energieabhängigkeit
- Einfluß von Projektilart/-geometrie

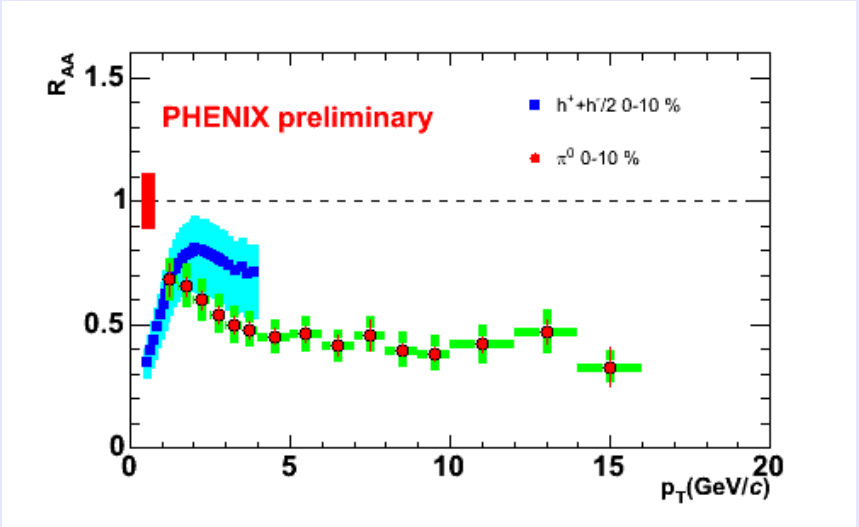
	200 GeV	130 GeV	62.4 GeV	22.4 GeV
p+p	√		?	??
d+Au	√			
Au+Au	√	√	√	
Cu+Cu	√		√	√

√ : gemessen
? : Run 06?

R_{AA} bei $\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeV



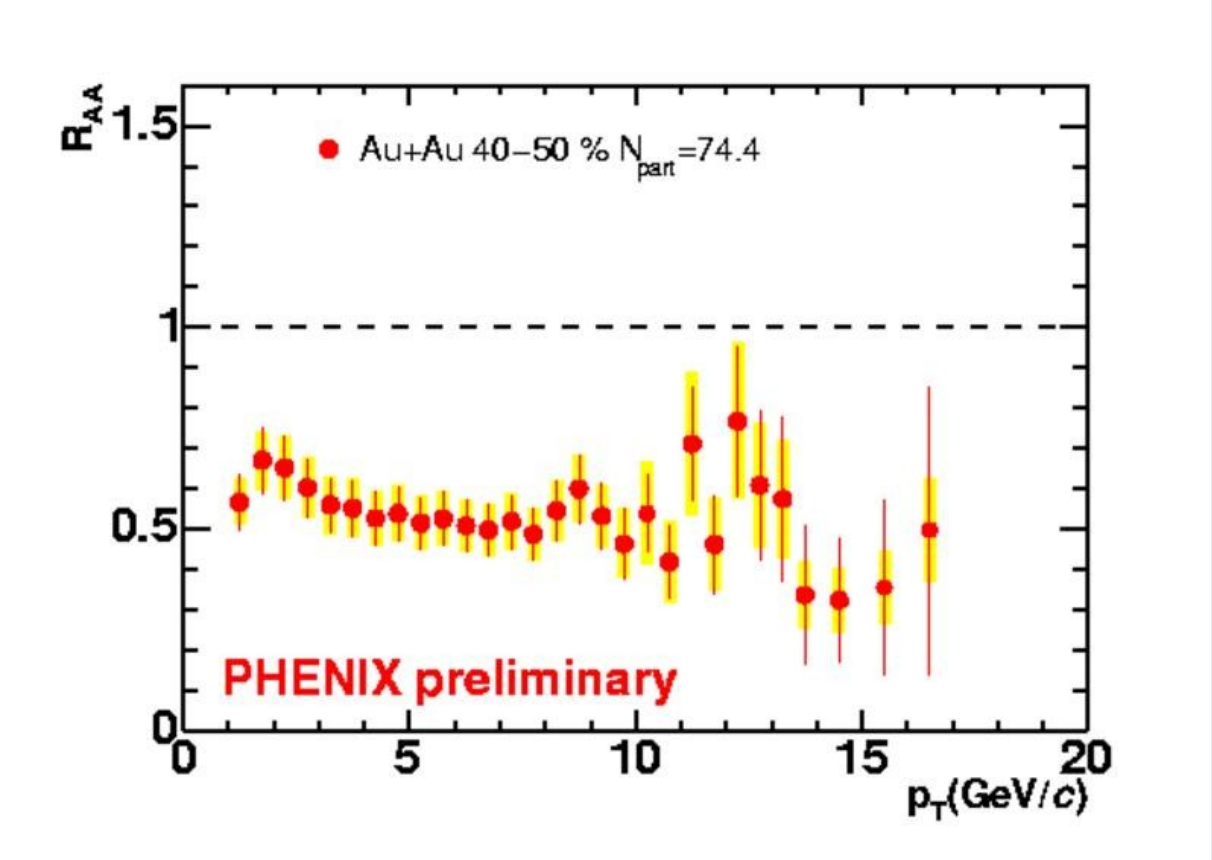
Au+Au:
Unterdrückung in zentralster Klasse um ca. Faktor 5



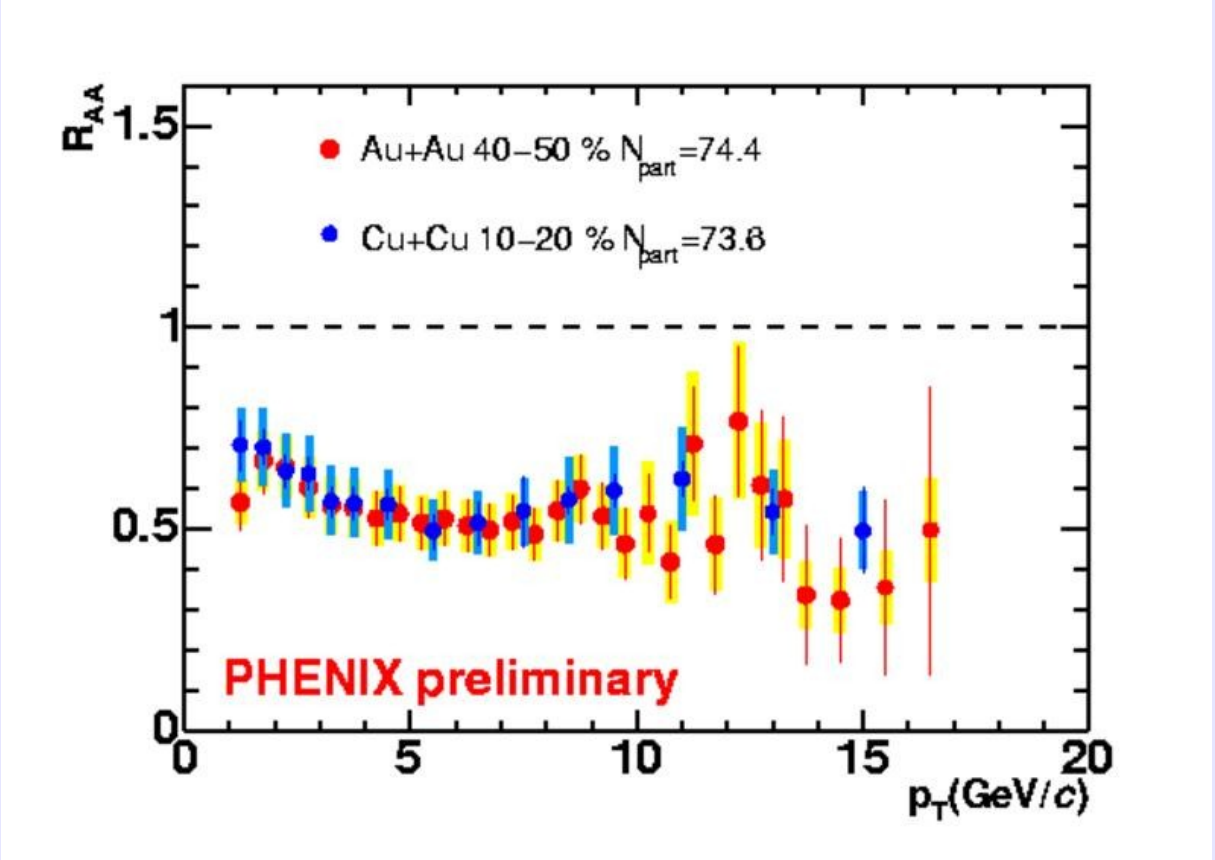
Cu+Cu:
Unterdrückung in zentralster Klasse um ca. Faktor 2

➔ Geringere Ausprägung in leichterem System

Vergleich des R_{AA} bei $\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeV



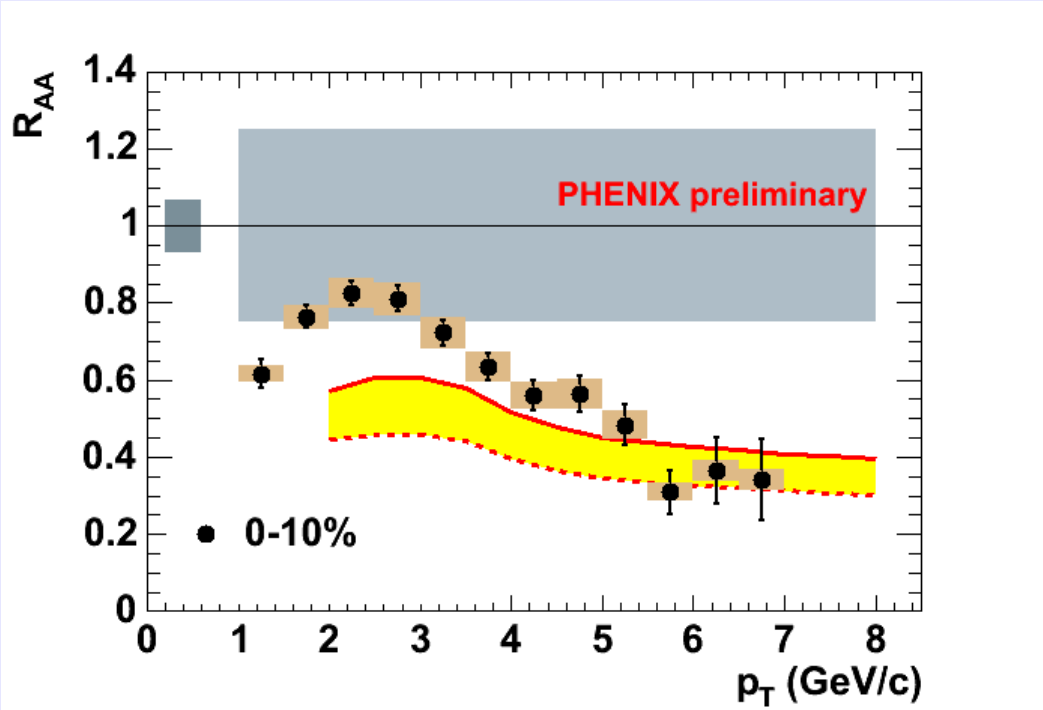
Vergleich des R_{AA} bei $\sqrt{s_{NN}}$ = 200GeV



R_{AA} stimmt überein bei ähnlichem N_{part}

Au+Au, $\sqrt{s_{NN}}$ = 62.4 GeV

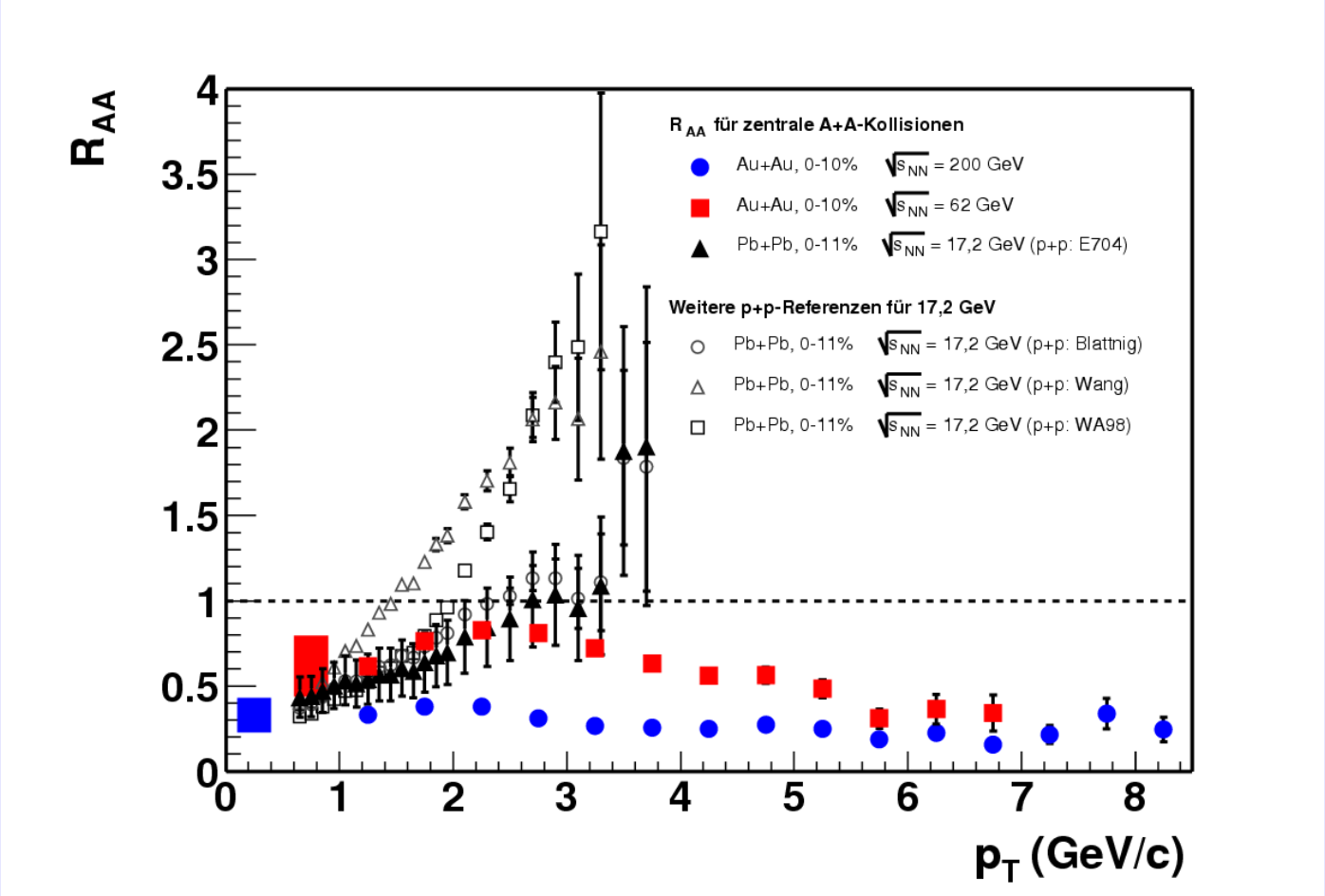
- π^0 Produktion unterdrückt
- Geringere Unterdrückung gegenüber 200 GeV Daten in Übereinstimmung mit Theorie
- Derzeitige p+p Referenz aus CERN-ISR Daten, daher große Unsicherheiten



Ergebnisse am CERN SPS - WA98

Keine gemessene p+p Referenz bei 17.2 GeV

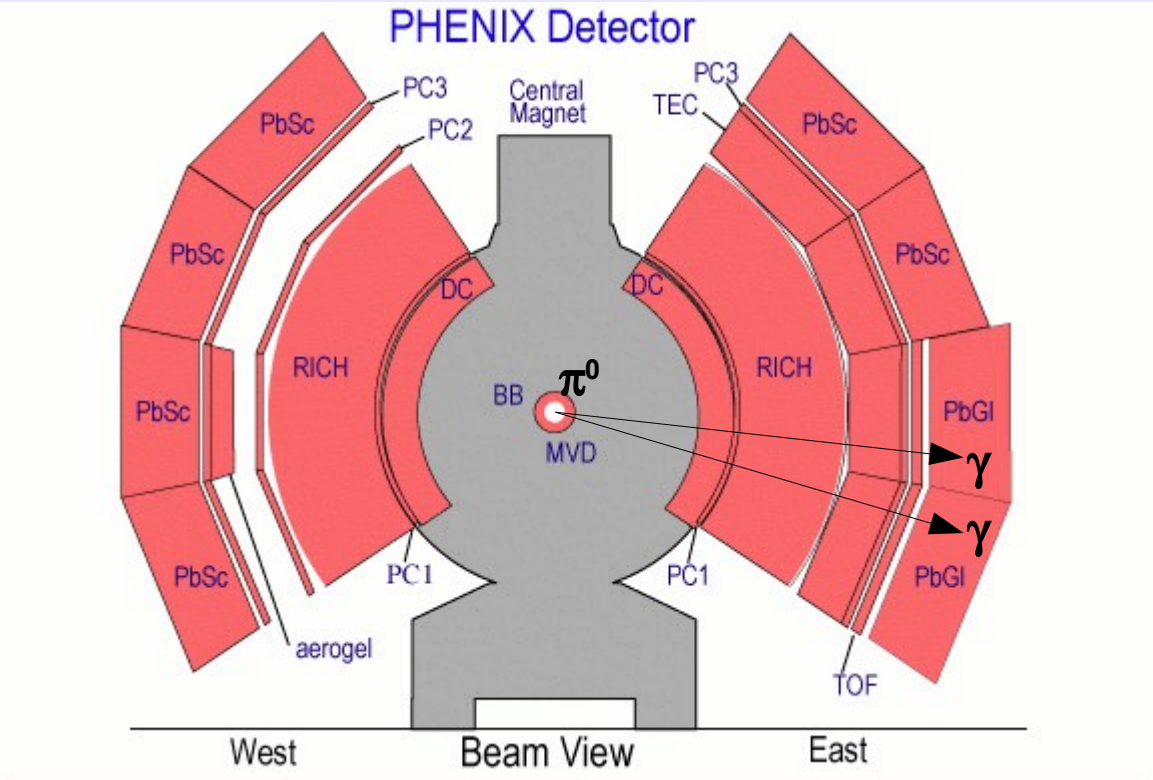
➔ Große systematische Unsicherheit in Parametrisierung



RHIC am BNL

Das PHENIX-Experiment

Aufbau von PHENIX



Elektromagnetisches Kalorimeter:

- 6 Sektoren Sandwich Kalorimeter (PbSc)
- 2 Sektoren Cherenkov Kalorimeter (PbGl)

➔ Photonendetektion

➔ $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ (98.8%)

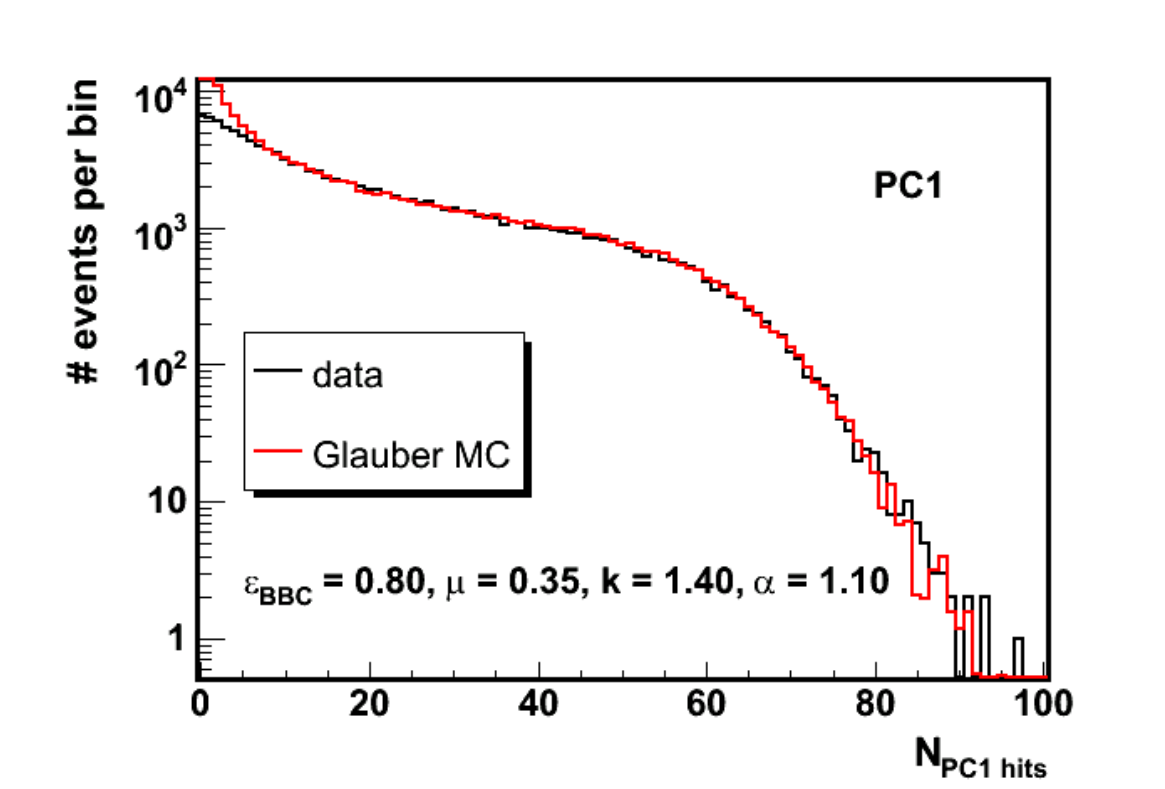
Pad Chamber 1:
Zentralitätsauswahl

Zentralitätsbestimmung

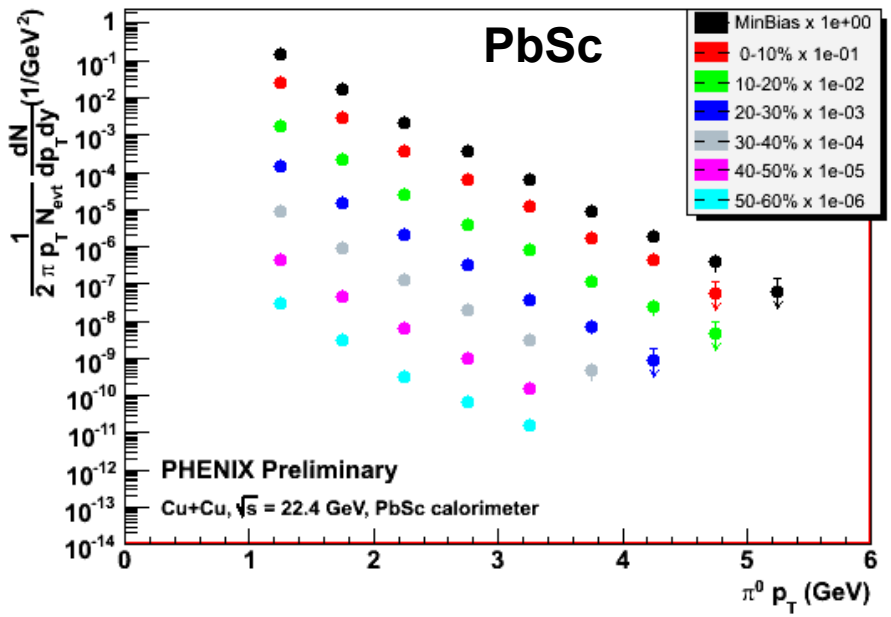
- Auswahl über BBC nicht möglich → $y_{Strahl} \in [\eta_{BBC,Min}, \eta_{BBC,Max}]$
- Simulation der PC1-Verteilung mit Glauber-Rechnung

➔ Anwenden von identischen Cuts in Simulation und Daten erlaubt Definition von Zentralitätsklassen

➔ Bestimmung von N_{coll} und N_{Part} aus Simulation



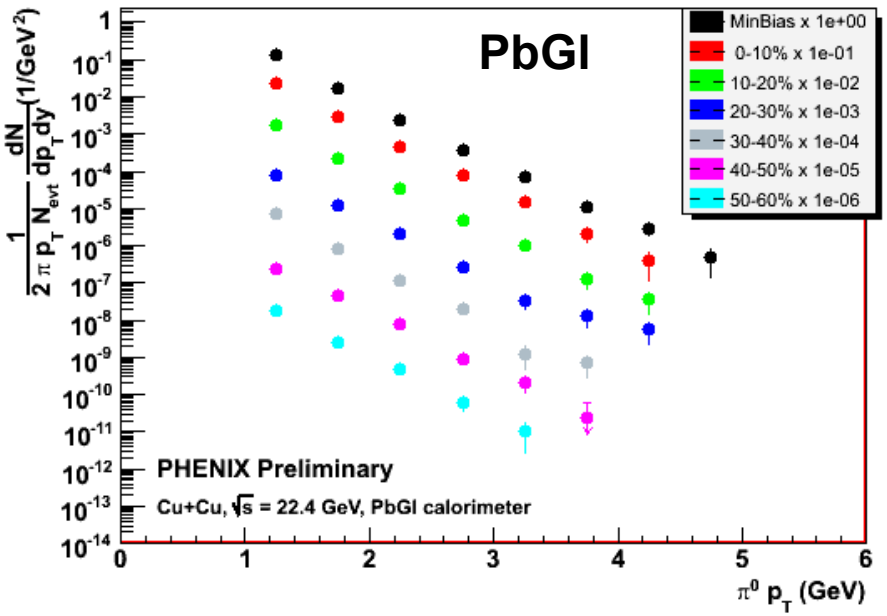
Vollständig korrigierte π^0-p_T Spektren



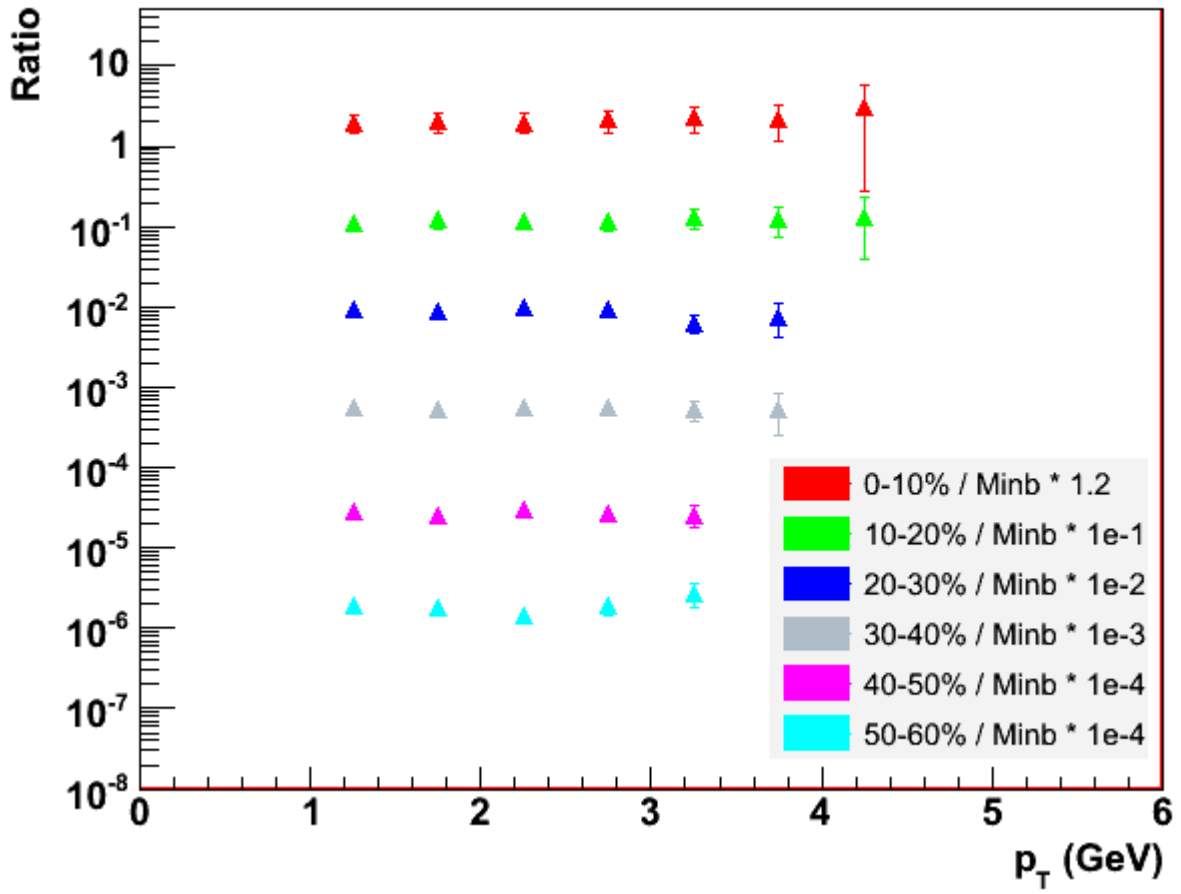
Separate Bestimmung der zentralitätsabhängigen Yields für beide Kalorimeter

➔ Gute Übereinstimmung

Signifikante Datenpunkte für $p_T \leq 5$ GeV in beiden Kalorimetern

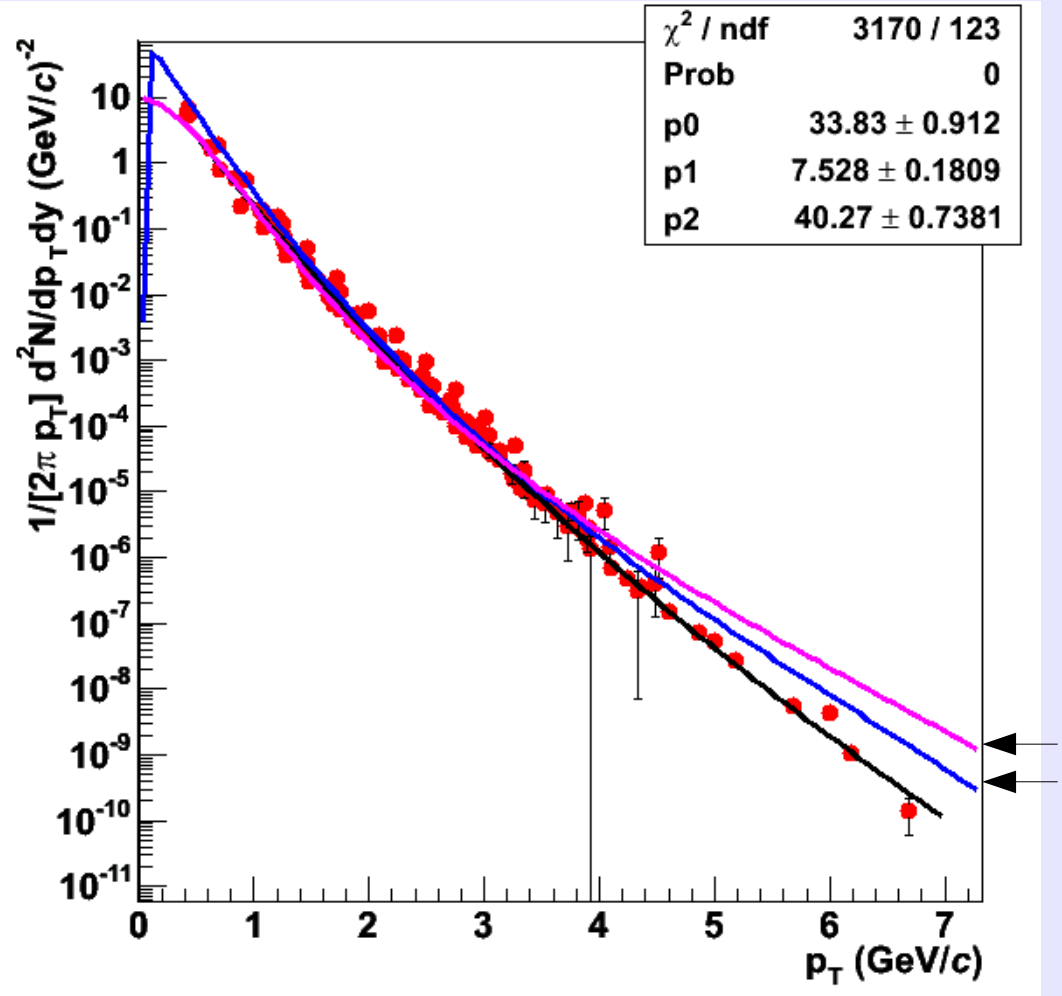


Untersuchung der Form



Form der Spektren unabhängig von Zentralität

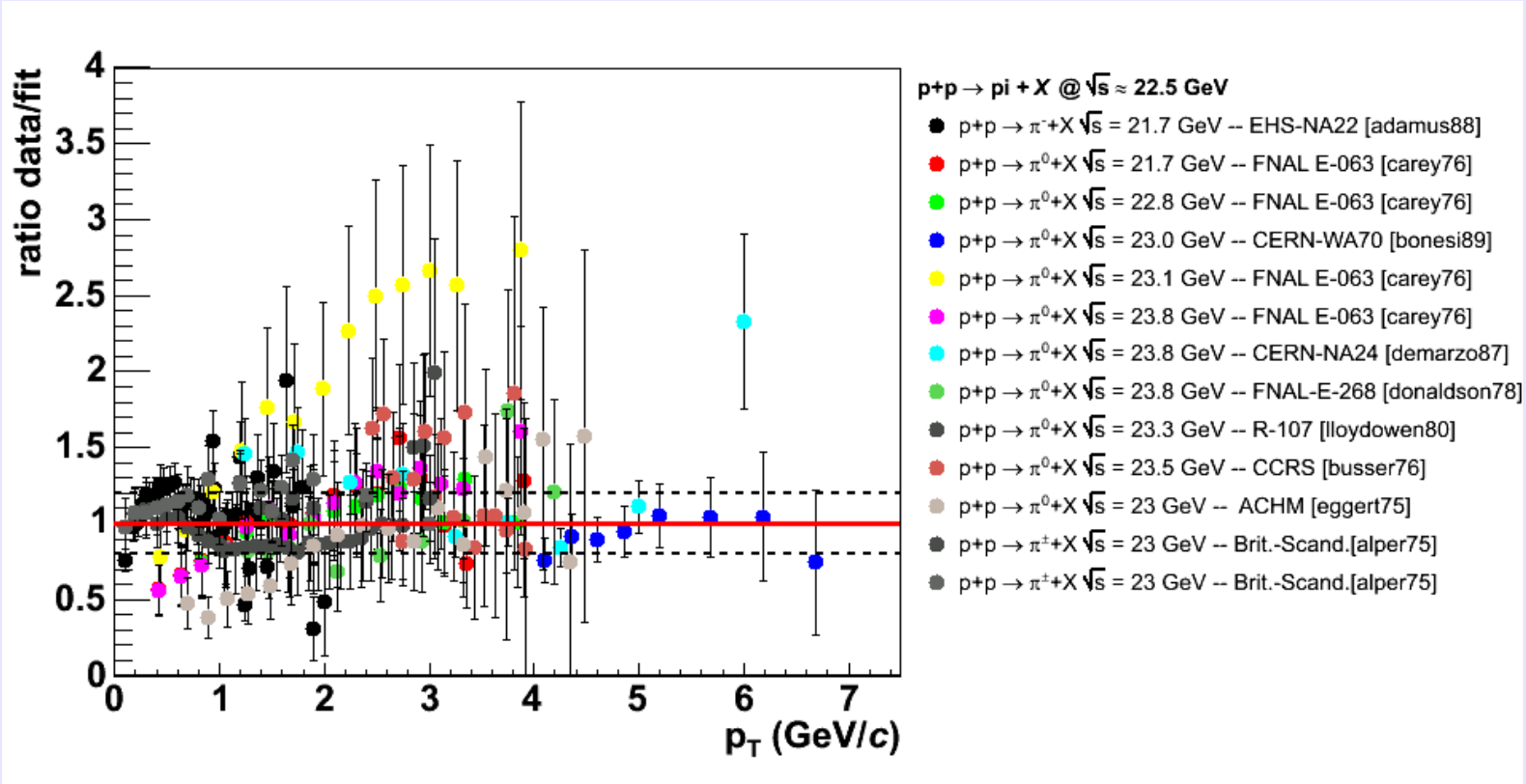
p+p Parameteriserung für $\sqrt{s_{NN}}$ = 22.4 GeV



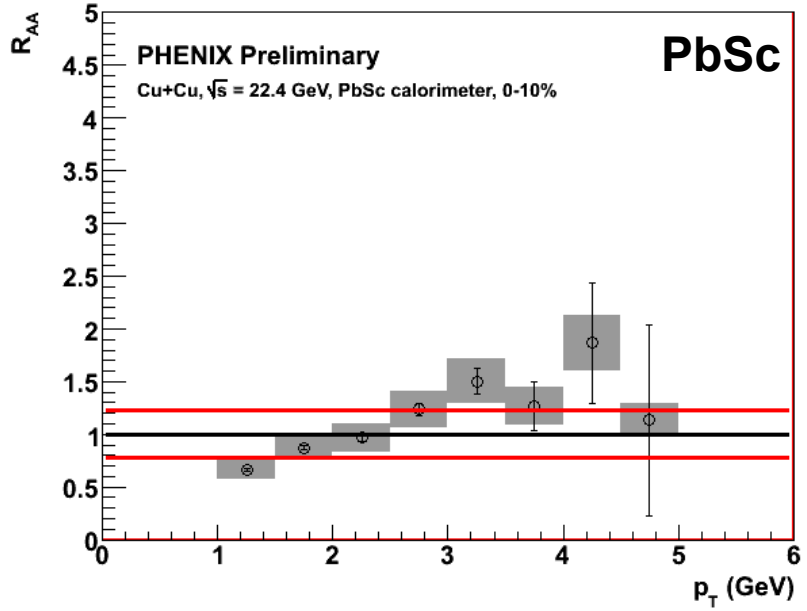
- Empirischer Fit an Weltdaten
- Bessere Beschreibung der Daten als durch bisher verfügbare Parametrisierungen

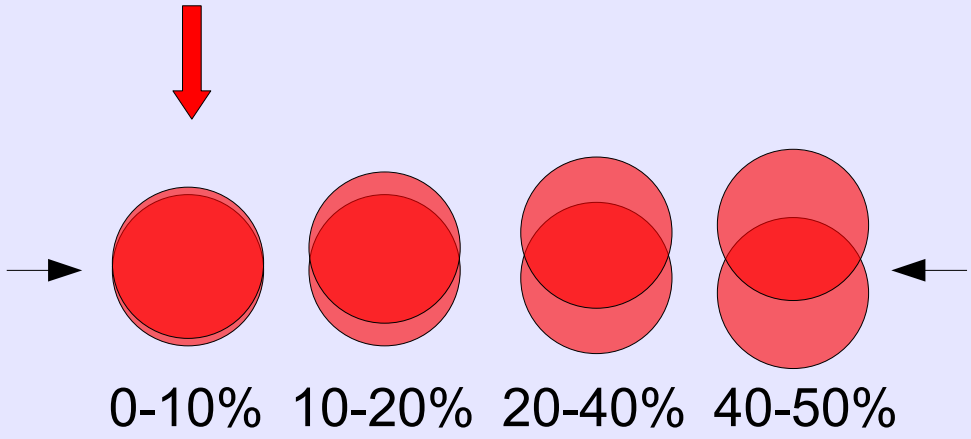
p+p Parameteriserung für $\sqrt{s_{NN}}$ = 22.4 GeV

- Abweichungen korreliert mit $\sqrt{s_{NN}}$
- Systematischer Fehler ± 20%



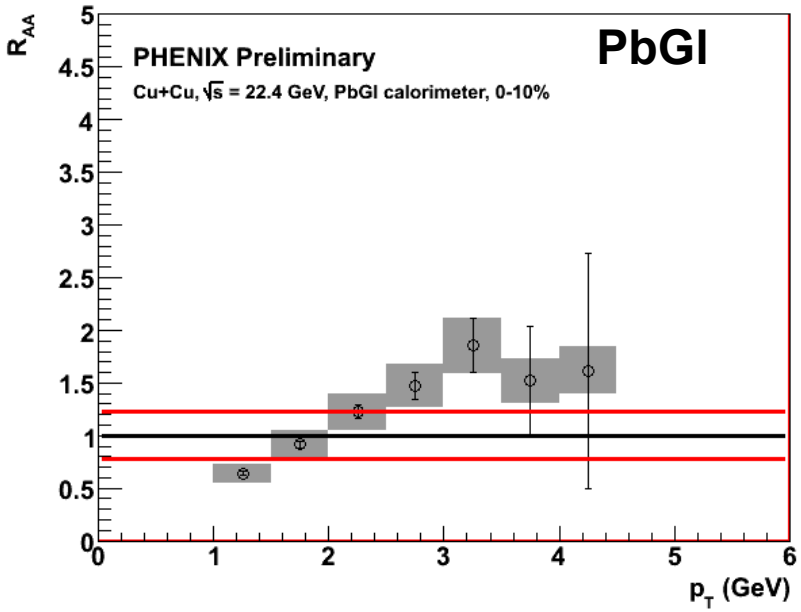
R_{AA} (0-10%)



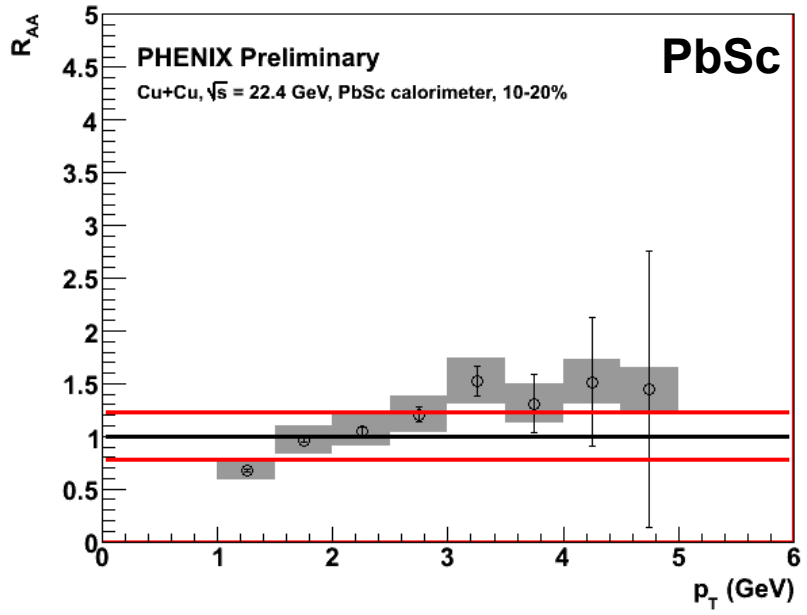


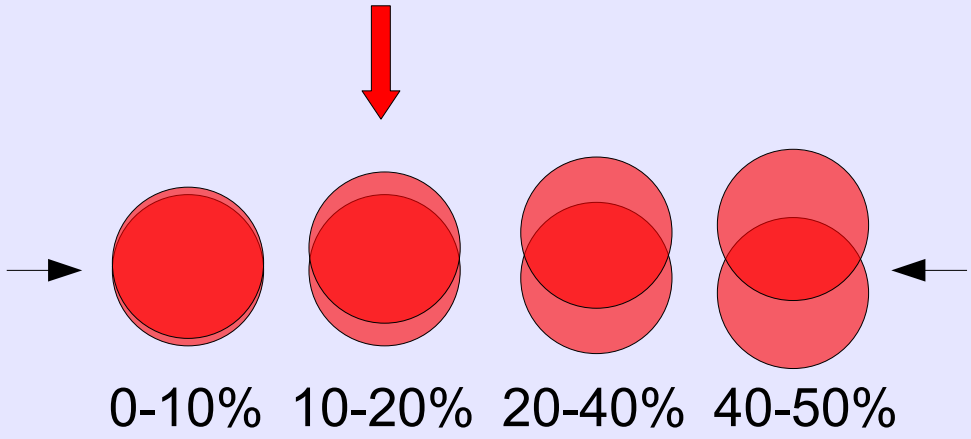
Berechnung des nuklearen Modifikationsfaktors aus mit N_{coll} skalierter p+p-Parametrisierung

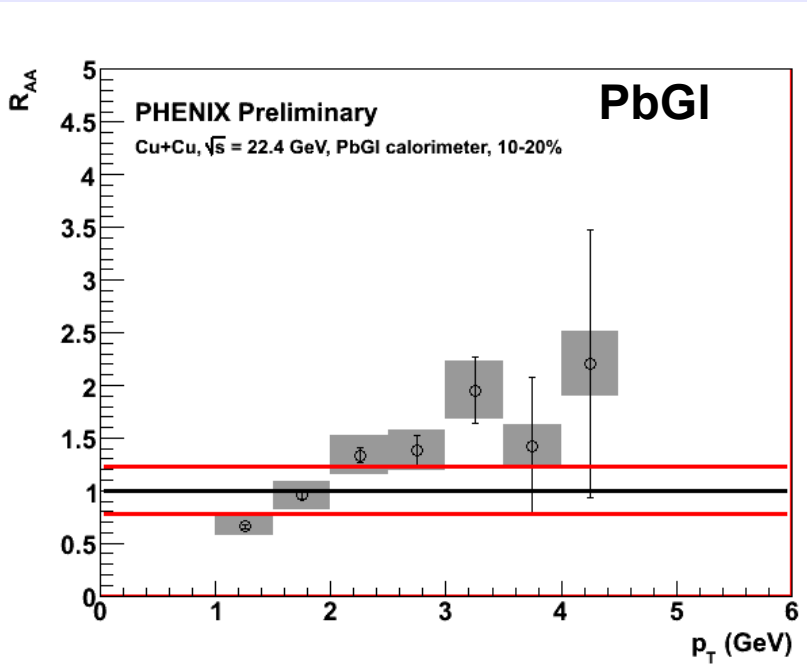
- ➔ keine signifikante Zentralitätsabhängigkeit
- ➔ konsistent mit 1 für p_T>2 GeV



R_{AA} (10-20%)



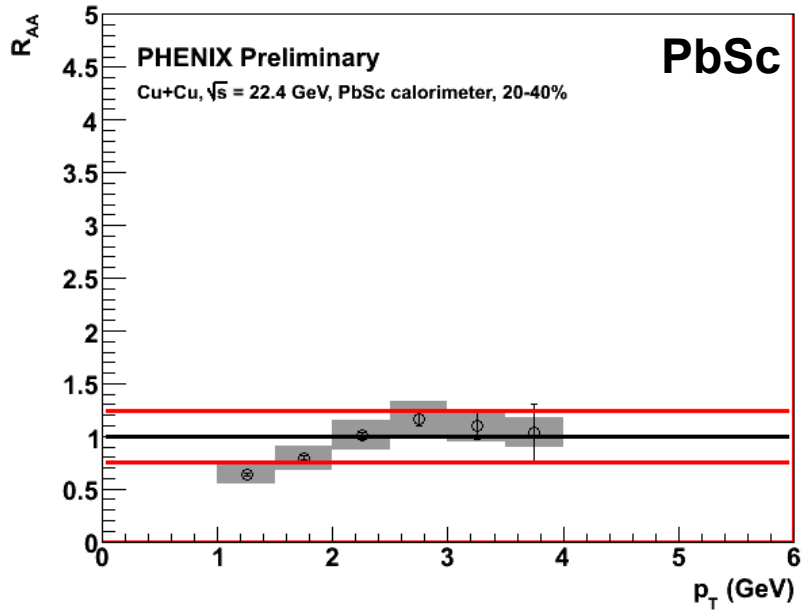


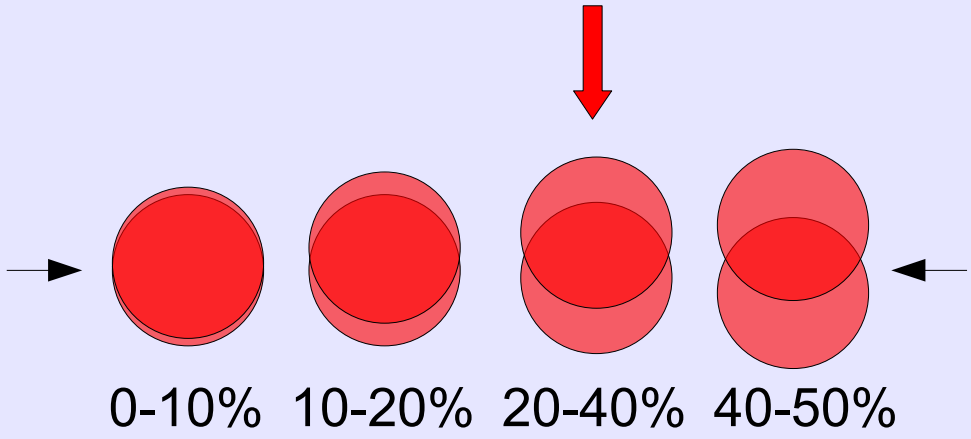


Berechnung des nuklearen Modifikationsfaktors aus mit N_{coll} skalierter p+p-Parametrisierung

- ➔ keine signifikante Zentralitätsabhängigkeit
- ➔ konsistent mit 1 für p_T>2 GeV

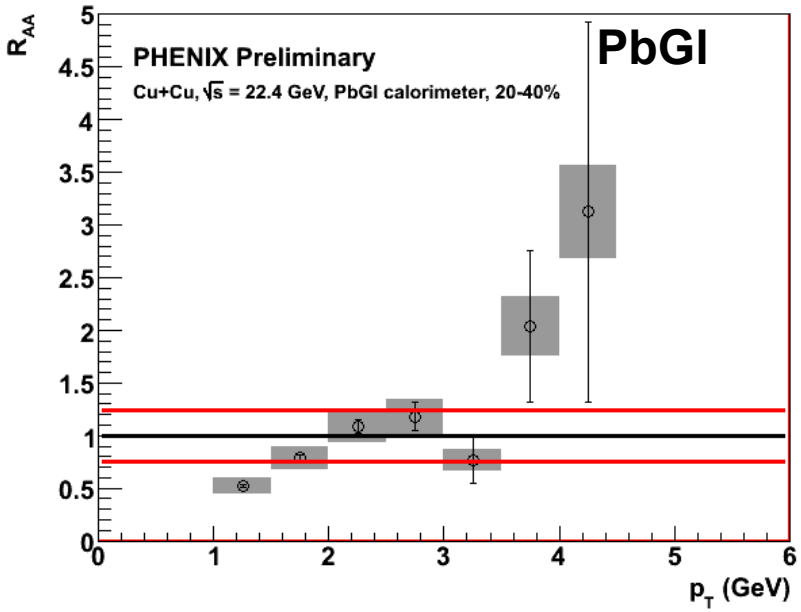
R_{AA} (20-40%)



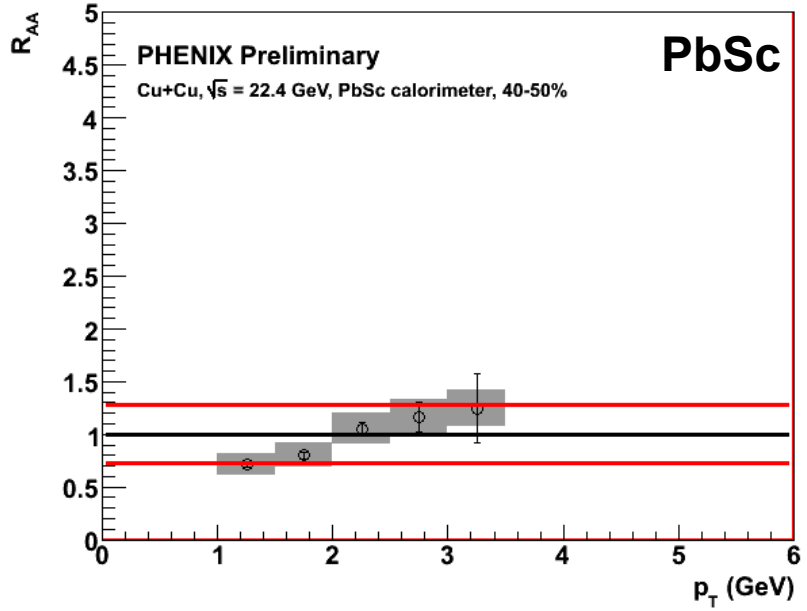


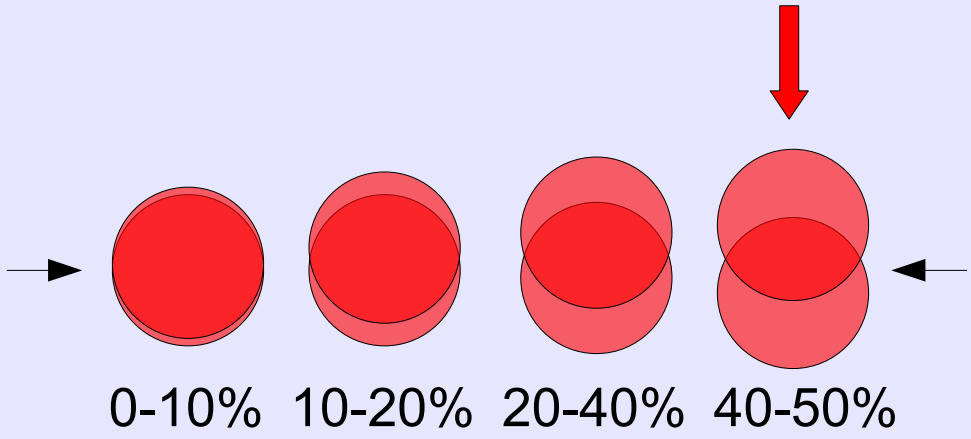
Berechnung des nuklearen Modifikationsfaktors aus mit N_{coll} skalierter p+p-Parametrisierung

- ➔ keine signifikante Zentralitätsabhängigkeit
- ➔ konsistent mit 1 für p_T>2 GeV



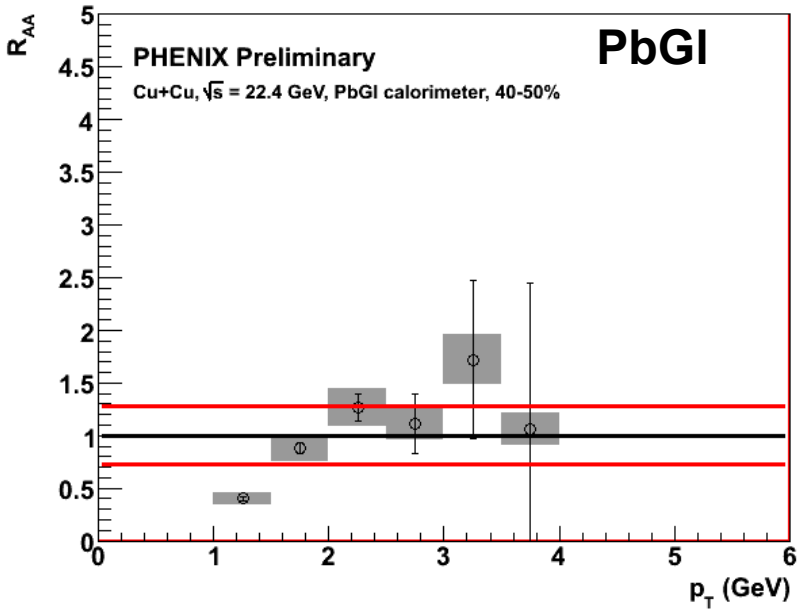
R_{AA} (40-50%)



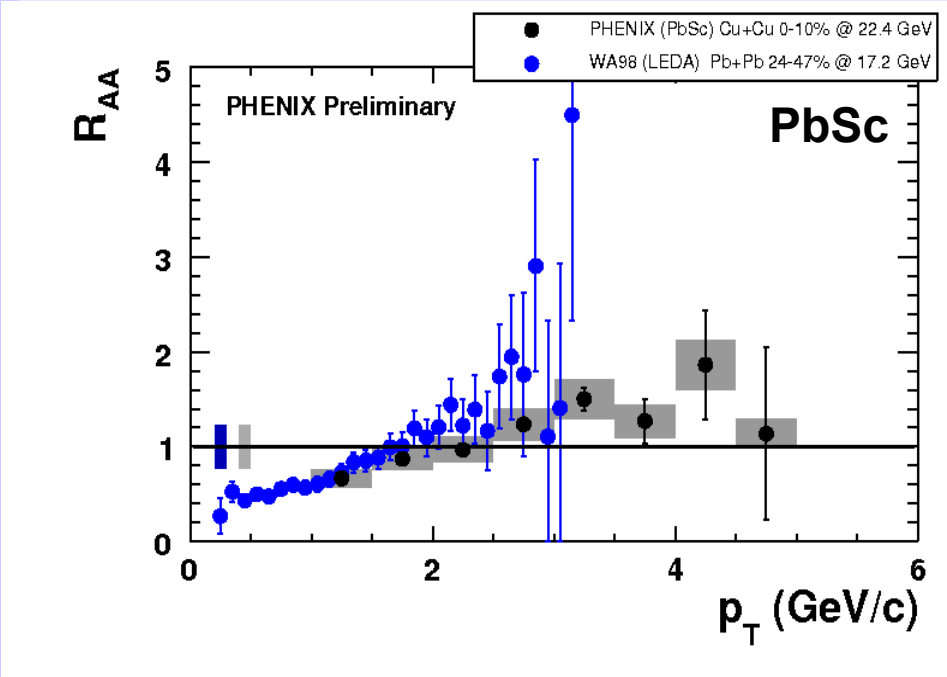


Berechnung des nuklearen Modifikationsfaktors aus mit N_{coll} skalierter p+p-Parametrisierung

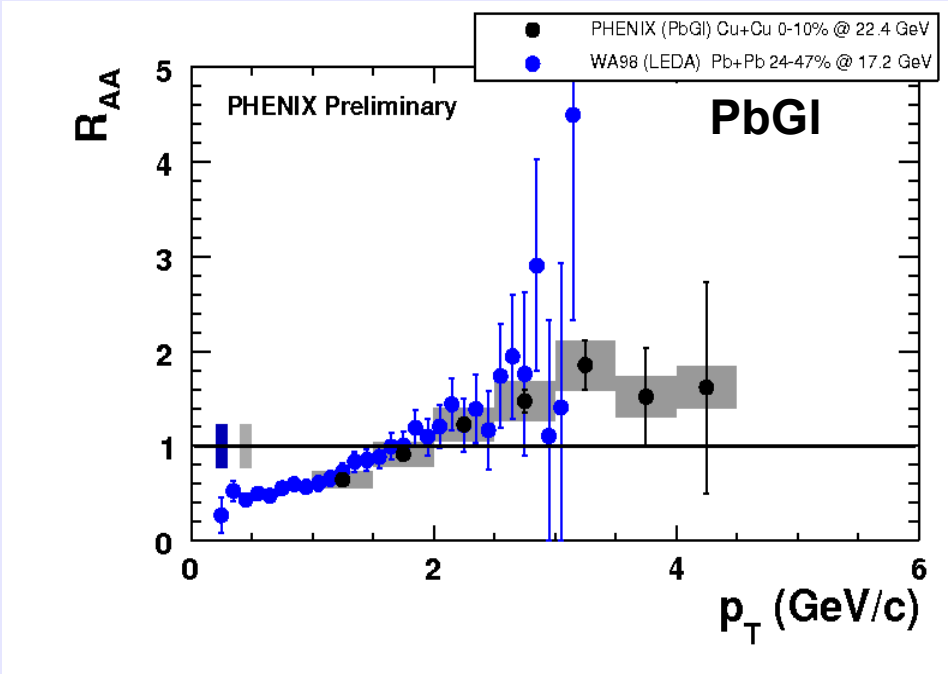
- ➔ keine signifikante Zentralitätsabhängigkeit
- ➔ konsistent mit 1 für p_T>2 GeV



R_{AA} - Vergleich mit WA98

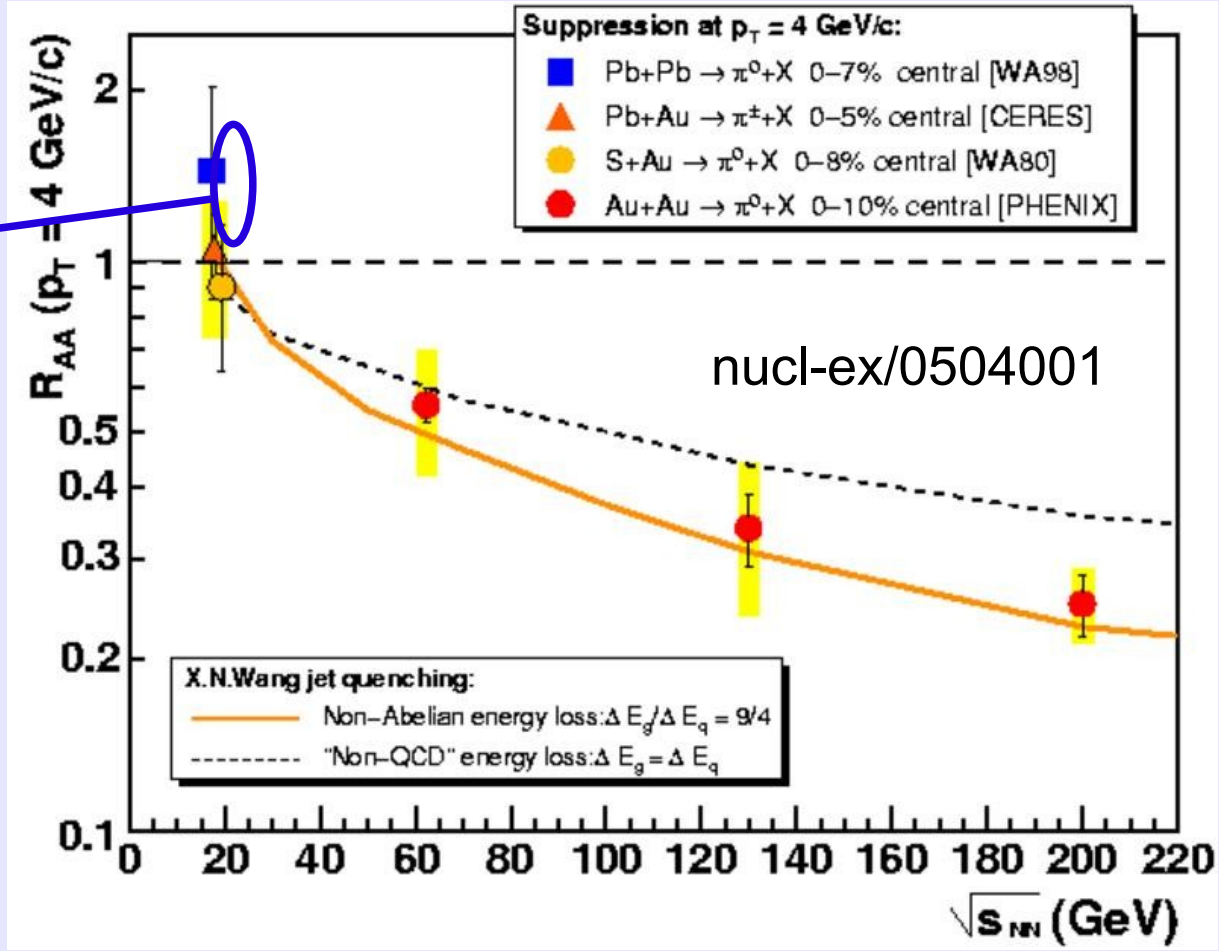


- R_{AA} in Phenix Cu+Cu konsistent mit WA98 Pb+Pb bei gleichem N_{part}
- größere Reichweite in p_T



$\sqrt{s_{NN}}$ der π^0 Produktion

Cu+Cu @ 22.4 GeV
➔ Konsistent mit SPS



➔ p+p Strahlzeit bei 22.4 GeV am RHIC könnte große Unsicherheit des R_{AA} bei SPS Energien deutlich verringern

Zusammenfassung

- PHENIX hat die Messung der Produktion neutraler Pionen über einen weiten Energiebereich und für verschiedene Reaktionssysteme durchgeführt
- π^0 bis $p_T = 5$ GeV in Cu+Cu bei 22.4 GeV
- Bestimmung des R_{AA} mit neuer p+p Parametrisierung
  - Keine Unterdrückung des R_{AA} sichtbar
  - Keine signifikante Zentralitätsabhängigkeit
- Messung erlaubt Anschluss an SPS Ergebnisse
  - Daten konsistent
- Erwartete p+p Strahlzeit könnte systematische Unsicherheit für R_{AA} signifikant verringern

Kollaboration

PHENIX

13 Countries; 62 Institutions; 550 Participants*

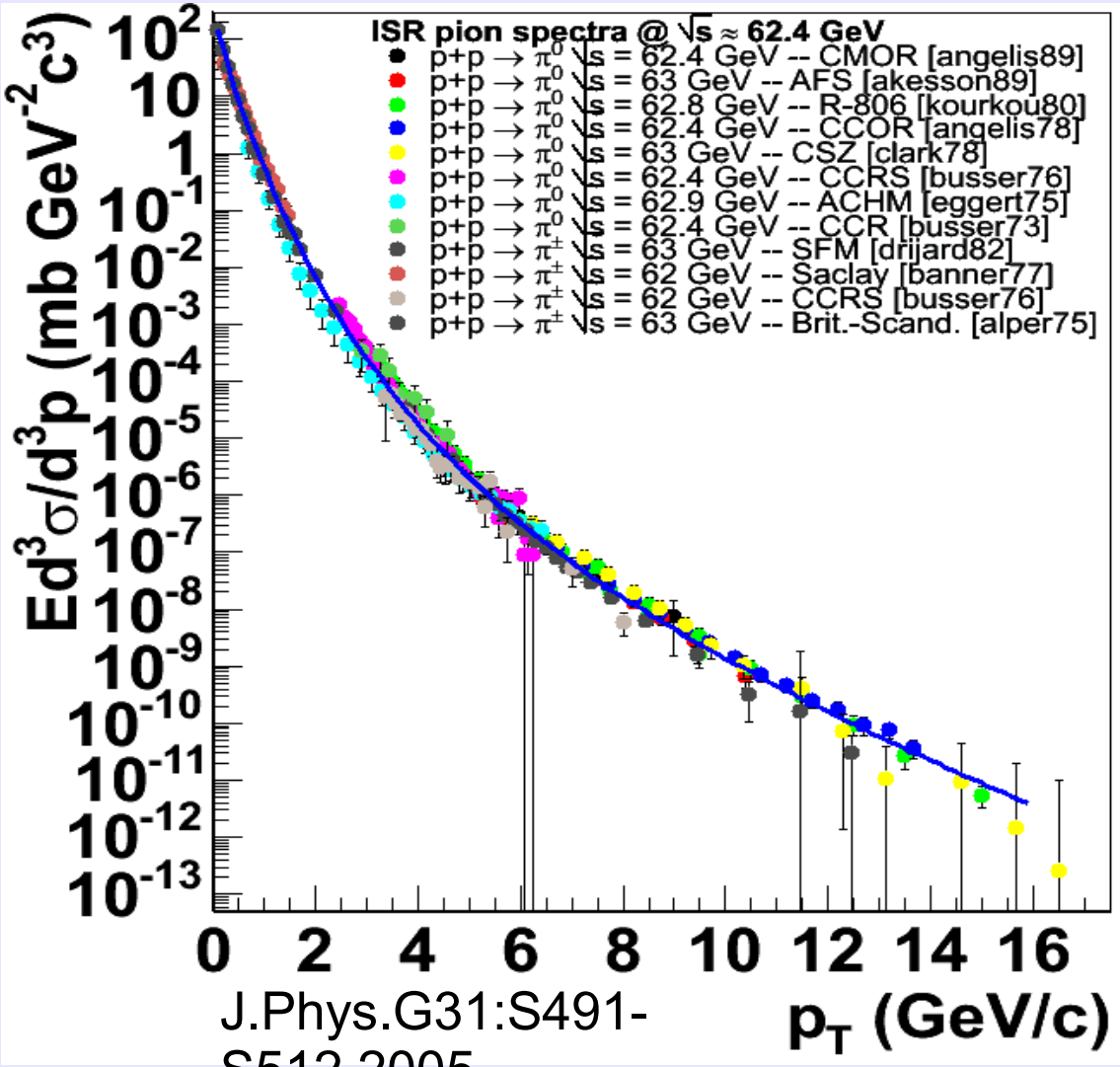
- University of São Paulo, São Paulo, Brazil
- Academia Sinica, Taipei 11529, China
- China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing, P. R. China
- Peking University, Beijing, P. R. China
- Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Ke Karlovu 3, 12116 Prague, Czech Republic
- Czech Technical University, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Brehova 7, 11519 Prague, Czech Republic
- Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Na Slovance 2, 182 21 Prague, Czech Republic
- Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), Universite de Clermont-Ferrand, 63 170 Aubiere, Clermont-Ferrand, France
- Dapnia, CEA Saclay, Bat. 703, F-91191 Gif-sur-Yvette, France
- IPN-Orsay, Universite Paris Sud, CNRS-IN2P3, BP1, F-91406 Orsay, Fra
- Laboratoire Leprince-Ringuet, Ecole Polytechnique, CNRS-IN2P3, Rout Saclay, F-91128 Palaiseau, France
- SUBATECH, Ecòle des Mines at Nantes, F-44307 Nantes France
- University of Muenster, Muenster, Germany
- KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics at the Hungari Academy of Sciences (MTA KFKI RMKI), Budapest, Hungary
- Debrecen University, Debrecen, Hungary
- Eövös Loránd University (ELTE), Budapest, Hungary
- Banaras Hindu University, Banaras, India
- Bhabha Atomic Research Centre (BARC), Bombay, India
- Weizmann Institute, Rehovot, 76100, Israel
- Center for Nuclear Study (CNS-Tokyo), University of Tokyo, Tanashi, Tokyo 188, Japan
- Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739, Japan
- KEK - High Energy Accelerator Research Organization, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan
- Kyoto University, Kyoto, Japan
- Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki-shi, Nagasaki, Japan
- RIKEN, The Institute of Physical and Chemical Research, Wako, Saitama 351-0198, Japan
- RIKEN – BNL Research Center, Japan, located at BNL
- Physics Department, Rikkyo University, 3-34-1 Nishi-Ikebukuro, Toshima, Tokyo 171-8501, Japan
- Tokyo Institute of Technology, Oh-okayama, Meguro, Tokyo 152-8551, Japan
- University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi Ibaraki-ken 305-8577, Japan
- Waseda University, Tokyo, Japan
- Cyclotron Application Laboratory, KAERI, Seoul, South Korea
- Kangnung National University, Kangnung 210-702, South Korea
- Korea University, Seoul, 136-701, Korea
- Myong Ji University, Yongin City 449-728, Korea
- System Electronics Laboratory, Seoul National University, Seoul, South Korea
- Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
- IHEP (Protvino), State Research Center of Russian Federation "Institute for High Energy Physics", Protvino 142281, Russia
- Joint Institute for Nuclear Research (JINR-Dubna), Dubna, Russia
- Kurchatov Institute, Moscow, Russia
- PNPI, Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Leningrad region, 188300, Russia
- Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Vorob'evy Gory, Moscow 119992, Russia
- Saint-Petersburg State Polytechnical Univiversity, Politechnicheskayastr, 29, St. Petersburg, 195251, Russia

- Lund University, Lund, Sweden
- Abilene Christian University, Abilene, Texas, USA
- Brookhaven National Laboratory (BNL), Upton, NY 11973, USA
- University of California - Riverside (UCR), Riverside, CA 92521, USA
- University of Colorado, Boulder, CO, USA
- Columbia University, Nevis Laboratories, Irvington, NY 10533, USA
- Florida Institute of Technology, Melbourne, FL 32901, USA
- Florida State University (FSU), Tallahassee, FL 32306, USA
- Georgia State University (GSU), Atlanta, GA, 30303, USA
- University of Illinois Urbana-Champaign, Urbana-Champaign, IL, USA
- Iowa State University (ISU) and Ames Laboratory, Ames, IA 50011, USA
- Los Alamos National Laboratory (LANL), Los Alamos, NM 87545, USA
- Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), Livermore, CA 94550, USA
- University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA
- New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, USA
- Department of Chemistry, State University of New York at Stony Brook (USB), Stony Brook, NY 11794, USA
- Department of Physics and Astronomy, State University of New York at Stony Brook (USB), Stony Brook, NY 11794, USA
- Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN 37831, USA
- University of Tennessee (UT), Knoxville, TN 37996, USA
- Vanderbilt University, Nashville, TN 37235, USA

*as of March 2005

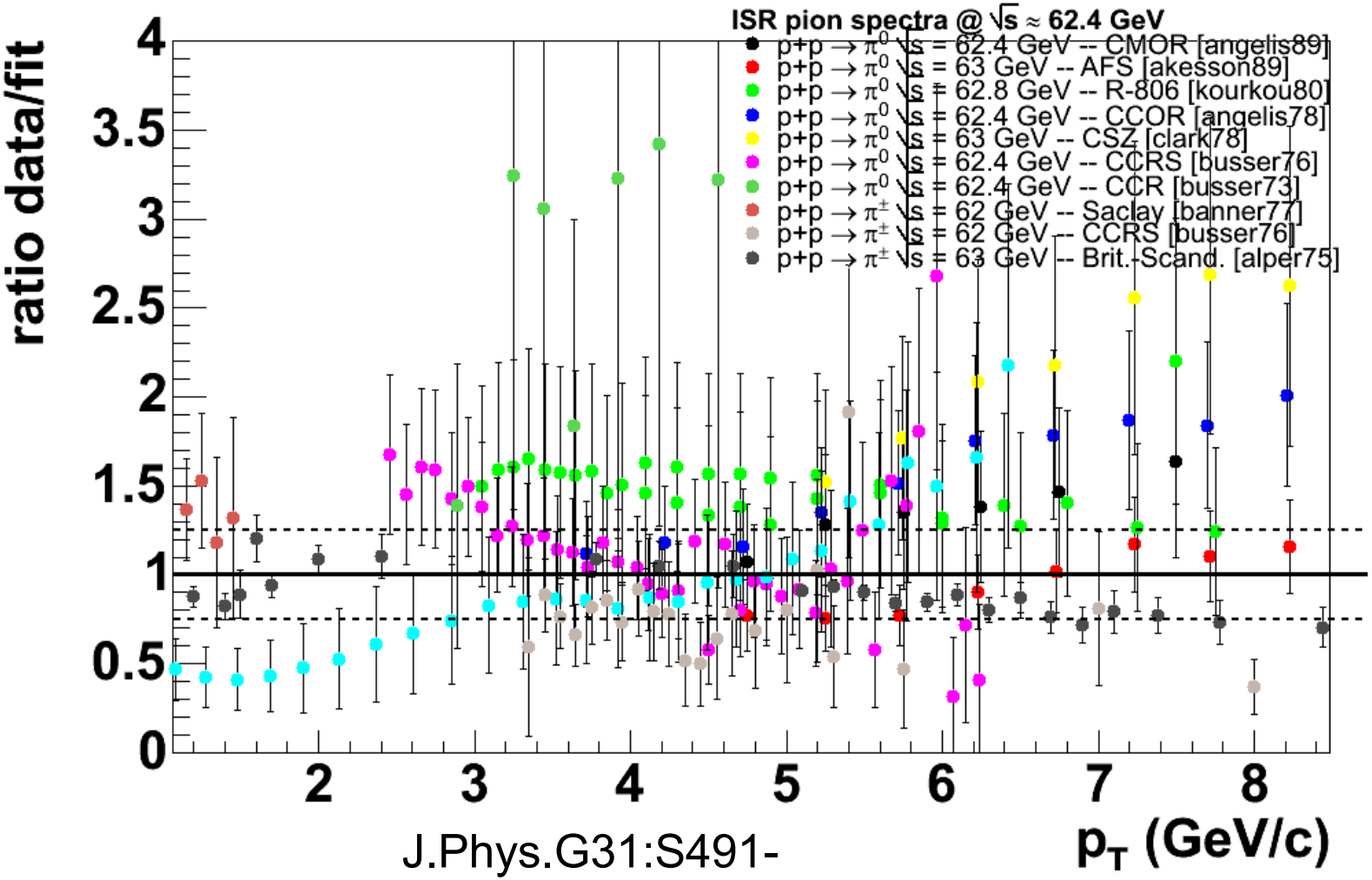
Backup-Folien

p+p Reference @ 62 GeV



J.Phys.G31:S491-S512,2005

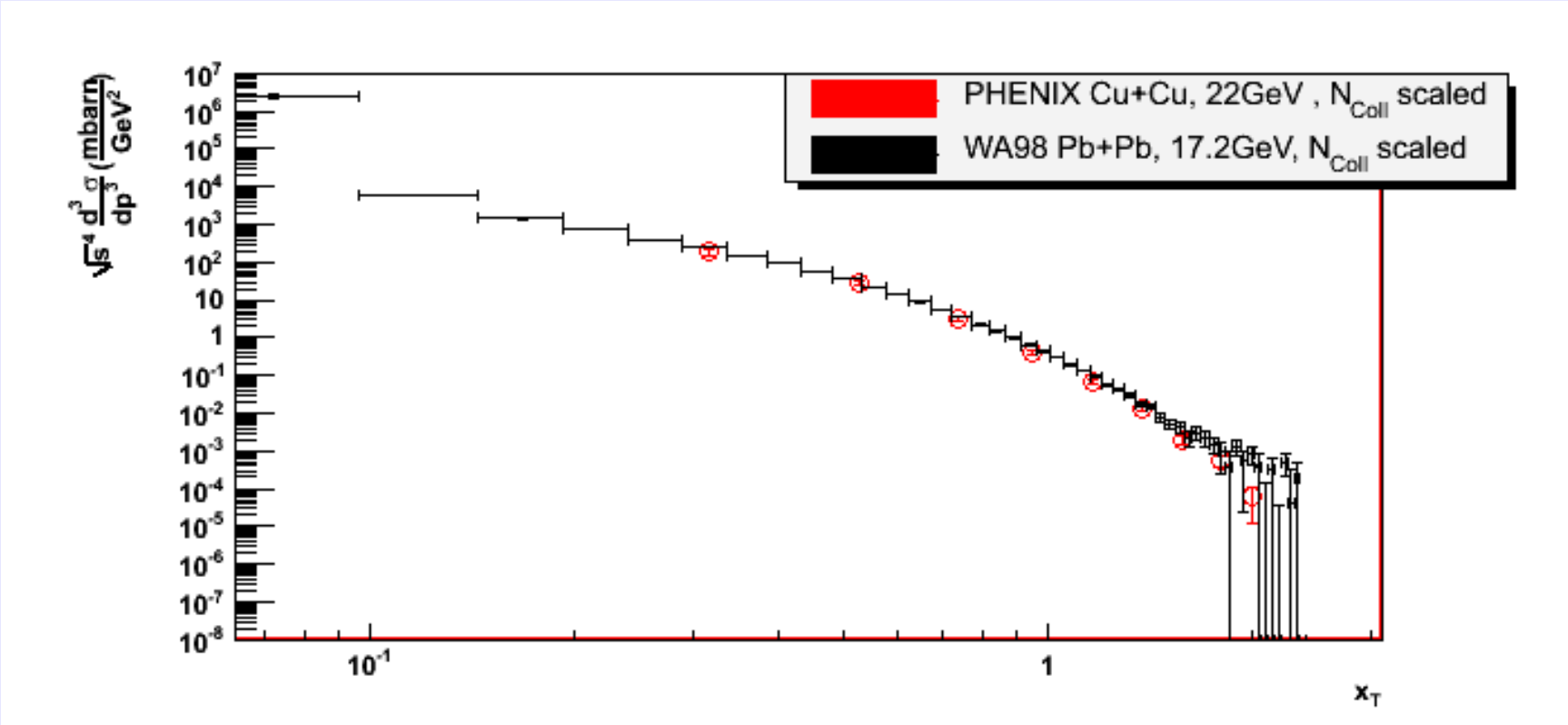
p+p Reference @ 62 GeV



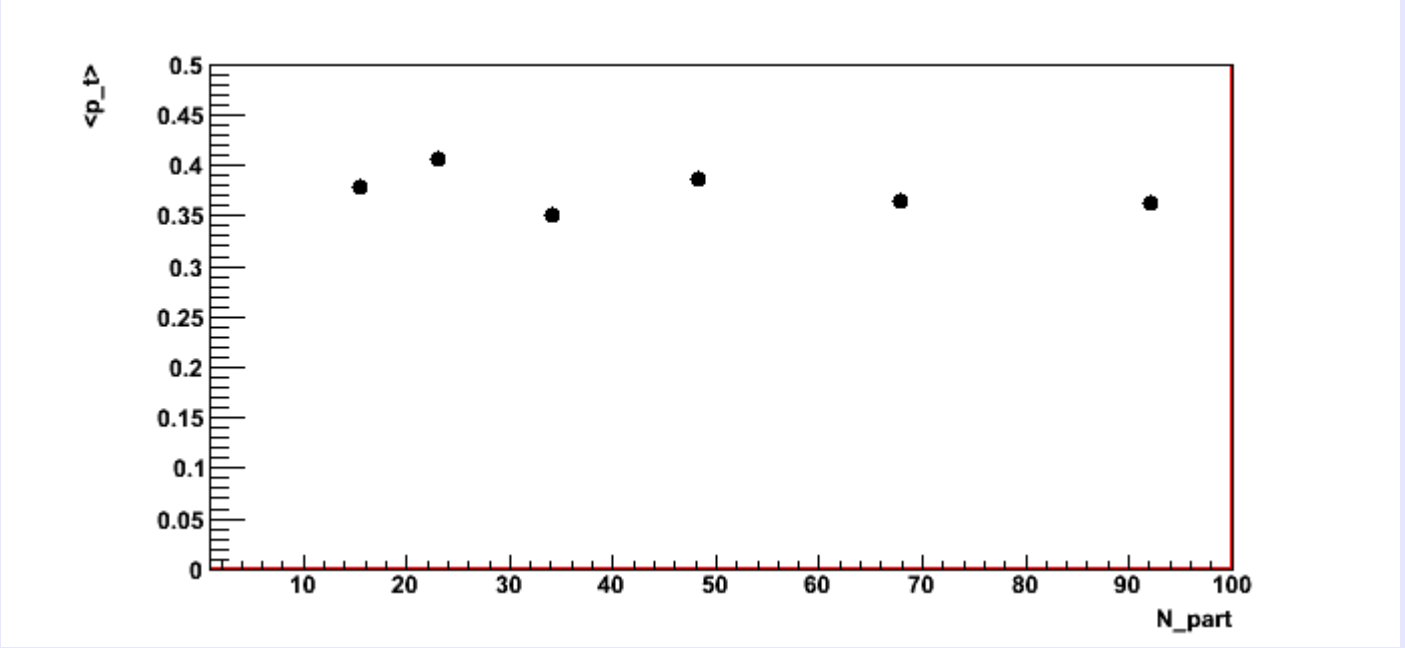
J.Phys.G31:S491-S512,2005

π^0 Yields - Vergleich mit WA98

- Übereinstimmendes x_T Scaling Verhalten für WA98 und PHENIX

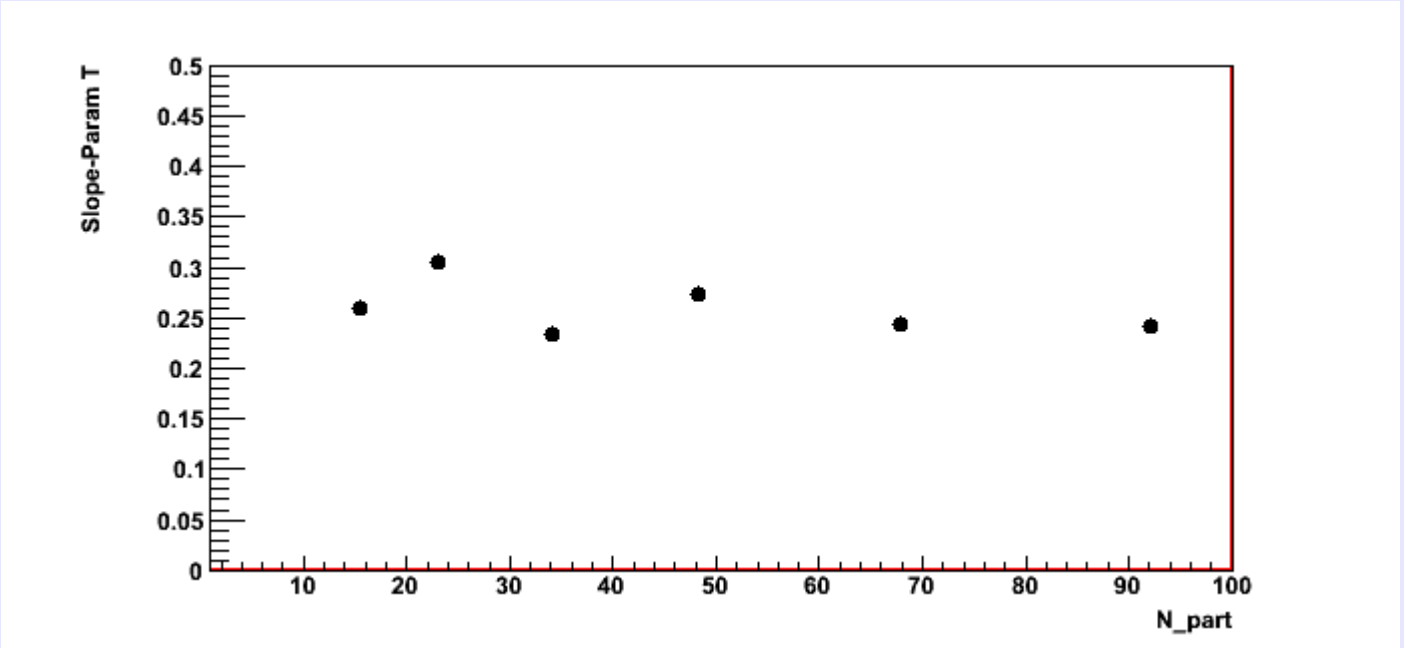


$\langle p_T \rangle$



- Berechnung des „Mean p_T“ für p_T > 1 GeV
- Mittlerer Wert über alle N_{part}:
  372 MeV

Slope Parameter T



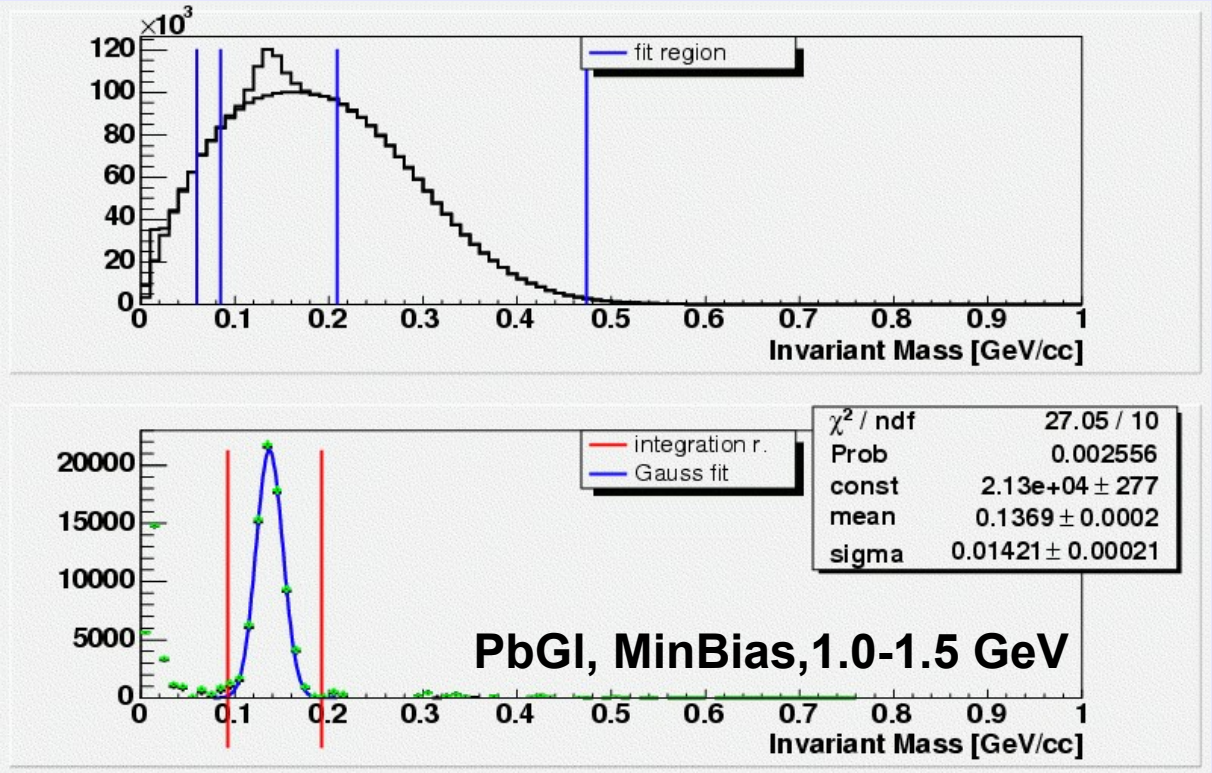
- Nicht vernachlässigbare Abhängigkeit von Fit-Bereich
- Für 1 GeV ≤ p_T ≤ 2GeV:
  Mittlerer Wert 255 MeV

Übersicht über die Analyse

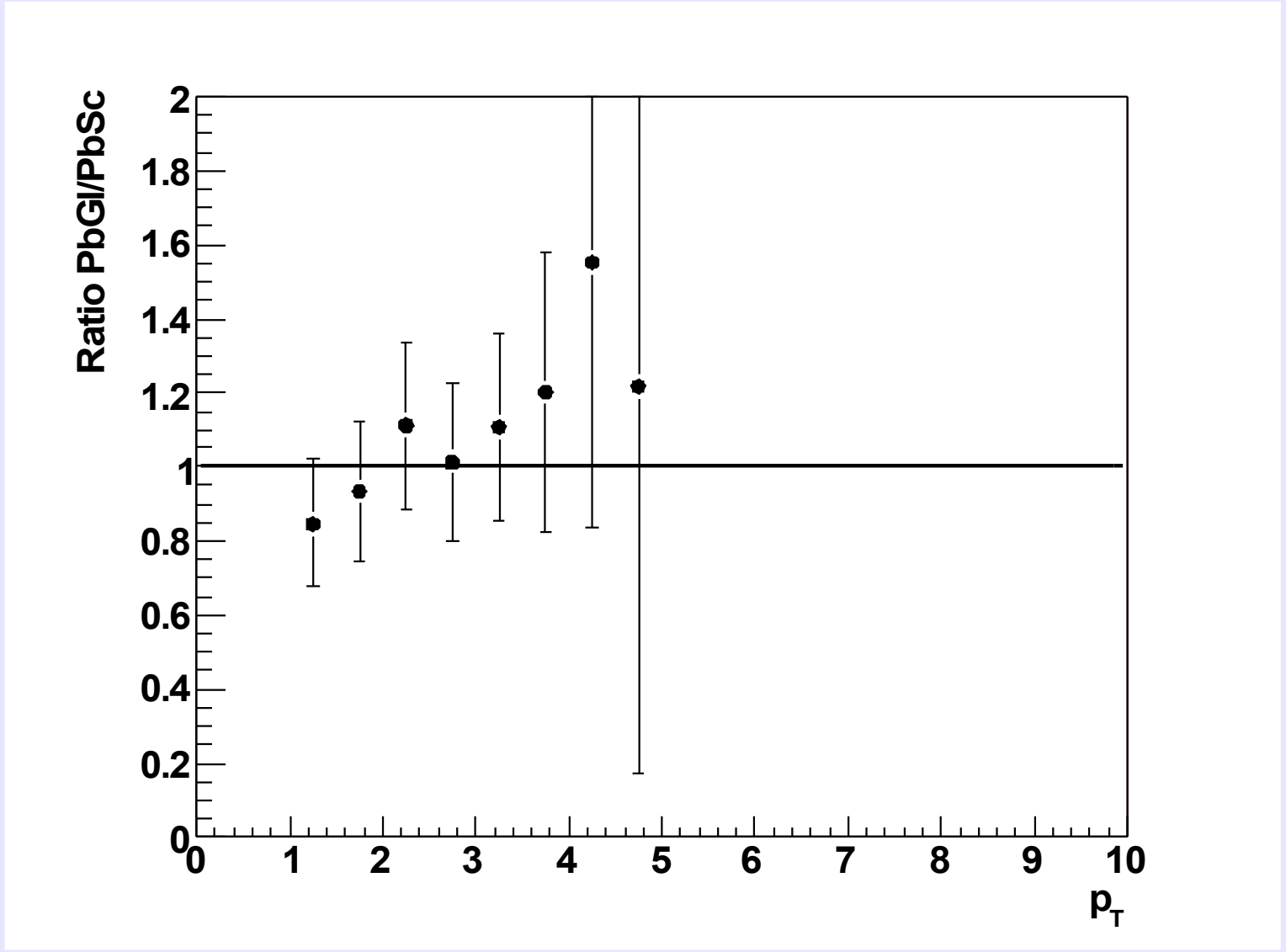
- Cuts auf Photonenkandidaten
- Bestimmung der invarianten Masse von Photonenpaaren
- π^0 Extraktion per Event-Mixing
  - geometrische Akzeptanzkorrekturen
  - Effizienzkorrekturen
    - Detektoreffekte
      - Aus Simulation bestimmbar
      - Schauerüberlapp vernachlässigbar
    - Analysecuts

π^0-Yield Extraktion

- Bestimmen des π^0 Signals durch Event Mixing
  - Kombination von Photonen aus verschiedenen Events für Untergrund Subtraktion
  - Integration in 3σ-Fenster



Yields - Vergleich PbGl/PbSc



Übersicht

- Messung neutraler Pionen bei PHENIX - Übersicht
- Das Experiment: PHENIX
- Analyse
- Vergleich mit SPS-Daten: WA98
- Zusammenfassung