

Bau und Inbetriebnahme von TPC und TRD für ALICE sowie Entwicklung von Analysemethoden für ALICE

Berichtszeitraum 1. Juli 2006 bis 21. September 2009

Gruppenleiter: J. Stachel

Professoren, Außerplanmäßige Professoren, Nachwuchsgruppenleiter:

P. Glässel (ALICE TPC Technischer Koordinator bis 6/07, ALICE TRD Installation, CERES Monte-Carlo Simulationen)

N. Herrmann (ALICE TRD Elektronikintegration und Trigger)

K. Reygers (Vorbereitung ALICE Jet- und Photonenanalysen)

K. Schweda (ALICE TRD DCS, Koordination TRD Infrastruktur im CERN, Vorbereitung ALICE-Physikanalysen schwere Quarks, kollektive Effekte bei LHC Energien)

Wiss. Assistenten und Angestellte:

C. Adler (ALICE TRD Kammern, Physiksimulationen, bis 9/07),

O. Busch (ALICE TRD Detektor-Kontroll-System und Vorbereitung Physikanalyse zur Rekonstruktion von Jets in ALICE),

P. Constantin (ALICE TRD Datenbanken, Vorbereitung Physikanalyse zur Korrelation führenden Teilchen aus Jetfragmentation),

M. Ivanov (ALICE TPC Spurrekonstruktion, ein Drittel Heidelberg bis 2/07),

M.J. Kweon (ALICE TRD Commissioning Kontrolle der Datenintegrität, Vorbereitung Physikanalyse Rekonstruktion von Zerfällen von B-Mesonen),

W. Ludolphs (ALICE TRD Pretrigger VHDL Programmierung, bis 11/06),

J. Mercado (Koordinator ALICE Detektorkontrollsystem bis 8/07, Koordinator Read-out Board Tests, Vorbereitung HBT-Analyse),

K. Oyama (ALICE TRD Technischer Koordinator, ALICE TRD Pretrigger Koordinator, Vorbereitung ALICE Physik-Analyse von Jets),

Y. Pachmayer (TRD Run-Koordinator, TRD Alignment, Vorbereitung Analyse von offenem Charm über semi-myonische Zerfälle)

S. Radomski (ALICE TRD Online-Monitoring und Daten-Qualitätskontrolle, Vorbereitung Physikanalyse zu Impulskorrelationen geladener Teilchen),

R. Schicker (Koordinator ALICE TRD Kammertesten, diffraktive Physik in ALICE, LHC Öffentlichkeitsarbeit),

G. Tsiledakis (ALICE TRD Physikvorbereitung Korrelationen schwerer Quarks und ihrer Hadronisations- und Zerfallsprodukte, bis 2/09),

J. Wiechula (ALICE TPC Kalibration, Vorbereitung Physikanalyse J/ψ aus Zerfällen von B-Mesonen),

H.Y. Yang (Monitoring und Analyse von Rauschen in ALICE TRD, Vorbereitung Analyse von offenem Charm über semi-elektronische Kanäle)

K. Zapp (Jetquenching in Schwerionenkollisionen an RHIC und LHC)

Gäste:

S.I. Esumi, H.G. Ritter (2006), E. Shuryak (2006), K. Watanabe

Doktoranden:(nur gegenwärtige, abgeschlossene Arbeiten am Ende)

M. De Gaspari (generische Elektronikentwicklung für künftige Experimente, Pause 6/08 - 6/09 wegen Industrietätigkeit),

D. Emschermann (ALICE TRD Elektronik- und Service-Integration),

R. Grajcarek (AOD Produktion für ALICE Physik-Analysen, topologische Rekonstruktion von Baryonen mit schweren Quarks)

K. Koch (ALICE TRD Kammertesten und Vorbereitung ALICE Pion- und Eta-analysen über Paarkonversion, z.Z. Mutterschaftsurlaub),

J. Klein (ALICE TRD Elektronikkonfiguration, Auslese, Jet-Trigger, Vorbereitung Physikanalyse Mediumresponse des QGP auf Jets, Monte-Carlo Simulation Jetquenching in Schwerionenkollisionen),

D. Krumbhorn (Monte-Carlo Simulation für Pb-Pb Kollisionen am LHC, J/ψ Produktion in ALICE),

X. Lu (kombinierte Teilchenidentifikation im zentralen ALICE-Barrel, diffraktive Physik in ALICE),

S. Vallero (ALICE TRD Read-out Board Test-Software und Vorbereitung ALICE Physikanalyse des sogenannten 'Underlying Event' korreliert mit Jetproduktion),

Y. Wang (Hochspannungsregulierung TRD - online - und Vorbereitung ALICE Datenanalyse topologische Rekonstruktion von Mesonen mit Charm-Quarks),

Diplomanden:(nur gegenwärtige, abgeschlossene Arbeiten am Ende)

M. Al Helwi (Kalibration der TRD Gasverstärkung über in-situ Kr-Zerfälle),

D. Lohner (Alignment der TRD Kammern mit kosmischer Strahlung),

S. Schmiederer (Detektorkontrollsystem für den TRD-Pretrigger).

ausserdem arbeiten zur Zeit ca. 5 Studenten an Miniforschungsprojekten.

Ingenieure:

I. Rusanov (Elektronik, bis 12/07),

H.K. Soltveit (Mikroelektronik),

B. Windelband (Konstruktion, Mechanik)

Zusammenfassung:

Dieser Abschlussbericht fasst die folgenden Aktivitäten zusammen: Analyse der CERES/NA45 Daten der Schwerionenstrahlzeit 2000 bei 158 A GeV/c, Phänomenologie von ultrarelativistischen Schwerionenkollisionen, Produktion und Testen von Ausleseammern und Elektronik und Entwicklung des Detektorkontrollsystems für den ALICE TRD, Integration, Installation und Inbetriebnahme der ALICE TPC und TRD, Entwicklung von Software für Simulation, Datennahme, Datenanalyse und Datenqualitätskontrolle des ALICE TRD, Entwicklung und Bau des Pretriggersystems für den ALICE TRD, Installation und Test der TRD Services, Simulationen und Softwareentwicklung für ALICE Datenanalyse. Am Schluss werden auch kurz die Aktivitäten des Forschungsschwerpunkts und die Öffentlichkeitsarbeit zusammengefasst.

1. Pb+Au Kollisionen bei 158 A GeV/c

(Dissertation R. Soualah)

Eine abschliessende ausführliche Veröffentlichung (bei NIM eingereicht im Januar 2008, Hauptautorin W. Ludolphs) fasst das Design und die Performance der CERES TPC zusammen, die als TPC mit radialer Drift die erste ihrer Art war. Für zentrale Pb+Au Kollisionen wurden für die Residuen der einzelnen Spurpunkte je nach Ausleseebene in der TPC 320 - 450 μm erreicht. Für periphere Kollisionen und niedrige Okkupanz wurde der Designwert von 340 μm erreicht. Naturgemäss ist für zentrale Stösse die Auflösung etwas schlechter. In diesem Fall ergibt sich für den linearen Term der Impulsauflösung 1 % und für die Auflösung der invarianten Masse von $\omega \rightarrow e^+e^-$ 3.8 %. Selbst bei hohen Multiplizitäten haben die rekonstruierten Spuren im Mittel 18.5 Hits (von maximal 20 möglichen) und die Rekonstruktionseffizienz ist für Impulse über 600 MeV/c ($p_t \geq 120$ MeV/c) 96 %. Die Energieverlustmessung ergibt für 18.5 Spurpunkte eine Auflösung von 9 % und ist ein wichtiges Mittel in der Elektronenidentifikation aber auch in Analysen hadronischer Observablen. Bei 68 % Effizienz für Elektronen von 1 GeV/c erlaubt das CERES Spektrometer eine Pionrejektion um einen Faktor $4 \cdot 10^4$.

Eine letzte Physikanalyse dieser Gruppe wurde mit der Dissertation von R. Soualah im Sommer 2009 abgeschlossen. Es handelt sich um eine Analyse zur Produktion neutraler Pionen bei maximaler SPS Blei-Energie. Hier wird genutzt, dass sich direkt vor dem Eingang der TPC der 5 % einer Strahlungslänge dicke Spiegel des RICH2 Detektors befand, in dem Photonen konvertieren. In der TPC werden die Elektron-Positron-Paare, die zunächst einen sehr kleinen Öffnungswinkel haben und sich im Magnetfeld auseinanderkrümmen, identifiziert und in ihrem Impuls vermessen. Nach Rekonstruktion der invarianten Masse von jeweils zwei solcher Paare sind Pionen durch eine klare Peakstruktur identifizierbar. Die Akzeptanz deckt etwa eine halbe Einheit in Rapidität um Mid-Rapidität und einen grossen Bereich im Transversalimpuls ab. Die Schwierigkeit ist zweifach: das Verständnis der genauen Linienform und der Form des formidablen kombinatorischen Untergrunds, und die Nachweiseffizienz für die sehr nahe beieinanderliegenden Elektronenspuren. Beides wurde durch Monte-Carlo Simulationen im sogenannten 'overlay-mode' bestimmt. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

2. Phänomenologie von hochenergetischen Schwerionenkollisionen

(Dissertation: K. Zapp, Diplomarbeit: F. Beutler)

K. Zapp studierte in ihrer Doktorarbeit den Effekt des Jet-Quenching im Quark-Gluon Plasma. Wegen der hohen Partonvirtualitäten bei LHC-Energie muss die Methodik, die bei RHIC angewandt wurde, auf wesentlich generellere Basis gestellt werden. Hierzu wurde eine Parton-Kaskade entwickelt und durch Vergleich mit Jet-Daten von LEP und anderen Beschleunigern validiert. In diese Partonkaskade werden dann Mediumeffekte wie elastische Streuung harter Partonen an Plasma-Quarks und -Gluonen und radiativer Energieverlust inkorporiert. Dabei kann auch die Kopplungskonstante als Funktion der Temperatur variiert werden. Erste Observable wurden bereits berechnet (R_{AA} und $\langle k_t \rangle$) und wurden auf der Quarkmatter 2008 Konferenz vorgestellt werden. Diese Arbeiten entstehen in Zusammenarbeit mit G. Ingelmann in Uppsala und z.T. mit H.J. Pirner und U. Wiedemann (K. Zapp war mit einem halbjährigen Marie-Curie Stipendium im CERN). Im letzten Jahr ist Korinna Zapp ein Durchbruch gelungen, auch radiativen Energieverlust einschliesslich von Kohärenzeffekten (Landau Pome-

ranchuk Migdal Effekt) über eine Formationszeit zu implementieren (Zusammenarbeit mit U. Wiedemann, Veröffentlichung in Phys. Rev. Lett.).

Die statistische Hadronisierung von Charmquarks wurde zu Vorhersagen für RHIC und LHC weiterentwickelt und es ergibt sich als interessante Konsequenz für LHC eine erhöhte J/ψ Produktionsrate im Vergleich zu pp anstatt Unterdrückung. Die RHIC-Daten zur J/ψ Produktion und Zerfall in Elektronen- und Myonenpaare, die seit November 2006 bekannt sind, wurden mit den Vorhersagen verglichen. Es wurden sehr gute Übereinstimmung sowohl der Produktionsrate als auch der sehr ungewöhnlichen Rapiditätsabhängigkeit der Daten mit unserem Modell gefunden, und in der selben Veröffentlichung wurden die quantitativen Vorhersagen für LHC bereitgestellt. Wenn sich diese bestätigen, werden sie einen wirklichen Beweis für die Bildung eines Quark-Gluon Plasma liefern. Uns ist kein alternatives Szenario bekannt.

Die endgültigen LEP-Daten zur Hadronproduktion in der Fragmentation von Jets wurden zum Anlass genommen, sie einer ähnlichen Analyse in Rahmen eines statistischen Ensembles zu unterziehen, wie die Schwerionendaten. Dieser Vergleich ist wichtig, da in e^+e^- -Kollisionen kein Quark-Gluon Plasma gebildet wird und die in Schwerionenkollisionen von uns gefundene hadrochemische Äquibrierung andererseits mit der Hadronisierung des QGP erklärt wurde. Erste Fits (einer andere Gruppe) aus dem Jahr 1995 schienen auch die e^+e^- -Daten zu reproduzieren. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde jetzt ein kanonischer Code entwickelt, der explizite Erhaltung der Quantenzahlen wie Baryonzahl, Strangeness, Ladung und Bose-Einstein Statistik enthält und auf die LEP Daten angewandt. Für e^+e^- -Daten kann in der Tat keine gute Beschreibung der Hadronproduktion erreicht werden. Kürzlich wurde die Untersuchung auf Hadronen mit schweren Quarks ausgedehnt. Wenn die Produktionsrate von schweren Quarks als externer Input benutzt wird, folgen Hadronen mit offenem Charm oder Beauty in der Tat einer statistischen Verteilung, während die statistische Produktion von Quarkonia viele Größenordnungen unter den Daten liegt.

3. ALICE Time Projection Chamber

Die Gruppe hatte eine wichtige Rolle in der Entwicklung des Designs der ALICE TPC. Die Projektleitung ist bei P. Braun-Munzinger (Stellvertreterin: J. Stachel). Für den Bau der TPC fungierte Peter Glässel als Technischer Koordinator bis zur Fertigstellung im Sommer 07. In der Phase zwischen Juli 06 bis Sommer 07 wurde die gesamte TPC noch im Reinraum an Point 2 mit Elektronik bestückt und sektorweise getestet. Für das integrierte System wurde mit einem elektronischen Rauschen von etwa 700 Elektronen das Designziel von 1000 Elektronen unterschritten. Ausserdem wurden Spuren vom Lasersystem und kosmischer Strahlung gemessen, die eine erste Kalibration erlauben. Im Dezember wurden die Tests abgeschlossen und Anfang Januar 2007 wurde die TPC vom Reinraum in die ALICE Kaverne transportiert. Dort begannen sofort Integrationstests, was die komplizierte und äusserst delikate sequentielle Installation von TPC und ITS (Inner Tracking System, je zwei Lagen Silizium-Pixel-, Silizium-Drift- und Silizium-Streifen-Detektoren) und deren Services in den ALICE Spaceframe betraf. Hier war die leitende Rolle von P. Glässel entscheidend. Inzwischen sind TPC und ITS endgültig installiert und in Betrieb genommen.

Um die gewünschte Präzision in der Rekonstruktion der Teilchenspuren (ca. $100\mu\text{m}$) zu erreichen, ist eine komplexe Kalibrierung notwendig. Neben der Auswertung von Daten mit einem Trigger auf kosmische Teilchen werden Spuren mit Hilfe des integrierten Lasersystems erzeugt.

Zusätzlich kommt ein Pulsgenerator zum Einsatz, der es erlaubt die Pulsform-Eigenschaften jedes der 560 k Kanäle der TPC zu studieren. Aus dieser Gruppe arbeitet J. Wiechula nach seiner Dissertation bei der GSI vollzeit an der Kalibration der TPC. Hauptaugenmerk der Forschungsarbeit galt der Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung und Visualisierung der genommenen Kalibrierungsdaten. In den Monaten Juni bis September 2009 wurden täglich Daten für verschiedene Kalibrierungen genommen, um die Langzeitstabilität der Algorithmen aber auch die Verlässlichkeit der Hardware sicher zu stellen. Momentan werden die Kalibrierungsdaten verifiziert und ihr Einfluss auf die Spurrekonstruktion untersucht. Zur Sicherstellung der Datenqualität werden mit Hilfe der genommenen Daten Grenzwerte bestimmt und eine automatisierte Überprüfung entwickelt.

4. ALICE Transition Radiation Detektor

(Dissertationen D. Emschermann, J. Klein, K. Koch, J. Mercado, S. Vallero, X. Lu, Diplomarbeiten R. Grajcarek, C. Haltebourg, M. Al Helwi, J. Klein, D. Lohner, M. Neher, S. Schmiederer, R. Wagner, S. Zimmer)

Die Projektleitung liegt bei J. Stachel (P. Braun-Munzinger Stellvertreter bis 2009, jetzt J.P. Wessels), K. Oyama ist seit Dezember 2007 Technischer Koordinator für Integration und Commissioning, war TRD Run Koordinator 2008 und Y. Pachmayer ist seit Sommer 2009 TRD Run Koordinator. Im folgenden werden nur die Gebiete beschrieben, die von dieser Gruppe bearbeitet werden.

Kammerbau: In Heidelberg wurden die TRD Kammern entwickelt und die insgesamt 540 Kammern werden in 5 Instituten gebaut (GSI, U. Frankfurt, Dubna, NIPNE Bucharest und Heidelberg). Der Bau von einer Kammer pro Woche war geplant, konnte aber nicht immer aufrechterhalten werden. Insbesondere war durch die Finanzierung des gesamten TRD mit Beginn der Förderperiode eine neue Bestellung und Vorbereitung vieler Komponenten nötig (Padplanes, Backpanels, die speziell in der Industrie für uns gefertigt werden mit von uns gelieferten vorbereiteten Bauteilen, Seitenprofile durch Extrusion speziell für uns industriell gefertigt und dann in Heidelberg in der Werkstatt nachbearbeitet, etc.). Ausserdem musste in Heidelberg die Manpower in der Mechanischen Werkstatt im Sommer 2006 schwerpunktmässig auf eine Vielzahl von Projekten für die Fertigstellung des ersten Supermoduls verlegt werden (alles Prototypenentwicklung für eine industrielle Fertigung der Teile für die nächsten 17 Supermodule). Permanent arbeiteten für dieses Projekt 3.5 Feinmechaniker aus der Institutswerkstatt und zeitweise war dies mindestens verdoppelt. Die Rate der Kammerproduktion war nie zeitkritisch für die Zeitskala des Projekts. Die Kammerproduktion ist abgeschlossen, nur noch einzelne problematische Kammern, die sich über die Jahre angesammelt haben, werden nachbearbeitet, so dass sie als Ersatzkammern für Probleme in der Zukunft dienen können. Die Kammern werden in einem speziell dafür eingerichteten Labor vor und nach endgültigem Verkleben getestet (Uniformität der Gasverstärkung, Spannungs-Verstärkungskurve, Spannungsfestigkeit, Leckrate). Die Methodik dafür wurde von R. Schicker entwickelt. Die Produktions- und Testdaten werden in einer speziellen Datenbank gespeichert (Entwicklung P. Constantin).

Front-End-Elektronik: Die TRD Auslese-Elektronik besteht aus 2 ASICS (PASA/Shaper entwickelt und gesamte Produktion getestet von H.K. Soltveit; ADC entwickelt in die Gruppe Tielert an der U. Kaiserslautern; Digitaler Chip entwickelt, ADC integriert, gesamte Produktion getestet in der Gruppe Lindenstruth am KIP in Heidelberg), die mit Drähten auf Multichip-

Module (MCM) gebondet werden. Diese wurden von I. Rusanov entwickelt, die ersten 15 000 wurden im IPP im Forschungszentrum Karlsruhe gebaut und getestet. Die Entwicklung nahm sehr viel Zeit in Anspruch, war von vielen anfänglichen Fehlschlägen geplagt und wurde nicht so kostengünstig, wie anfangs erhofft. Daher wurde für den Rest des TRD (insgesamt werden etwa 80 000 MCMs benötigt) industrielle Fertigung beschlossen, da von einer Firma Prototypen sehr guter Qualität geliefert wurden (Anfang 2006) und die Produktion sehr schnell und zu vergleichbaren Kosten erfolgen kann.

Jeweils 17 MCMs sind über ball-grid arrays auf grosse 6-lagige sehr komplizierte Read-out Boards (ROB) gebondet (entwickelt von I. Rusanov). Nach der Bestückung wird die vollständige Funktionalität der ROBs getestet. Hierzu wurde ein Aufbau und entsprechende semiautomatische Software von J. Mercado entwickelt, die erlaubt, dass das zeitaufwändige Testen von HiWis durchgeführt werden kann und nur bei Problemen Experten benötigt. Das Testen der über 4000 Boards (vor und nach Thermozyklen) ist Aufgabe dieser Gruppe (J. Mercado, S. Vallero plus HiWis). Der Aufbau der ROBs war auch eine Aufgabe der Gruppe im FZK, da sich ursprünglich kein kommerzieller Partner gefunden hatte. Die Produktion stellte sich als ausserordentlich schwierig heraus und erste Boards mit einer verlässlichen Qualität konnten erst am Ende des Sommers 2006 geliefert werden. Dies hat den Bau des ersten Supermoduls um etwa ein halbes Jahr verzögert. Die Produktion der ROBs wurde Ende 2006 auch an einen kommerziellen Partner vergeben. Die bereits im FZK produzierten MCMs wurden in wenigen Monaten erfolgreich verarbeitet und eine sehr gute Ausbeute der ROBs erreicht.

Eine erste industrielle Produktion von 25 000 MCMs im Dezember 2006 schien gute Ergebnisse zu liefern. Die damit bestückten ROBs lieferten leider plötzlich (Februar 2007) eine sehr schlechte Ausbeute (Grössenordnung 30 %). Dies wurde auf scheinbar geringfügige Veränderungen in der MCM-Produktion gegenüber den Prototypen (die nur dem Hersteller bekannt waren) zurückgeführt. Durch sehr zeitintensive Temperierung der MCMs vor Weiterverarbeitung konnten akzeptable Ausbeuten erreicht werden, allerdings lassen sich Boards mit einem defekten MCM nicht reparieren. Die MCM-Produktion für die zweite Hälfte des TRD hat sich aus verschiedenen Gründen erheblich verzögert (Verzögerungen durch Übernahme der Firma durch einen US-Eigentümer, Verlust der qualifizierten Experten, geringes Interesse an u.U. riskanten Entwicklungen, Transportschäden, Transfer des MCM-Testens in die Industrie und damit verbundene Probleme). Insbesondere hat der Produzent der ROBs durch intensive Diagnose der Fehler (aufwendige mechanische Diagnose sowie verschiedene Simulationen) und mehrere Testserien den Prozess in der MCM-Herstellung so optimiert, dass jetzt im September 2009 endlich sehr hohe Ausbeuten (98 % von den ersten 100 ROBs) erreicht werden. Inzwischen hemmen diese Verzögerungen unseren Fortschritt und haben in der Supermodulproduktion ca. 6 Monate gekostet. Ab jetzt sollte eine stetige ROB-Produktion von 120 alle 2 Wochen in Gang kommen. Wir haben entsprechend die Testkapazität in Heidelberg verdoppelt, damit dies nicht der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist.

Supermodule: Das erste von 18 Supermodulen, bestehend aus 30 Kammern mit 228 ROBs bestückt mit 3880 MCMs entsprechend 69 800 Auslesekanälen wurde in Heidelberg im Sommer 2006 aufgebaut und getestet. Ein Durchbruch war dabei, dass nach langer Optimierung ein elektronisches Rauschen der gesamten integrierten Elektronikette von 1100 Elektronen erreicht werden konnte. Ende September 2006 wurde das Modul zum CERN transportiert, dort wurde ein Testsystem für alle Aspekte der Funktionalität in einer Halle an Point 2 aufgebaut, und nach erfolgreichen Tests wurde das Supermodul Anfang Oktober 2006 in den ALICE Spaceframe im Pit installiert. Das gesamte Tooling dazu wurde von B. Windelband entwickelt. Das

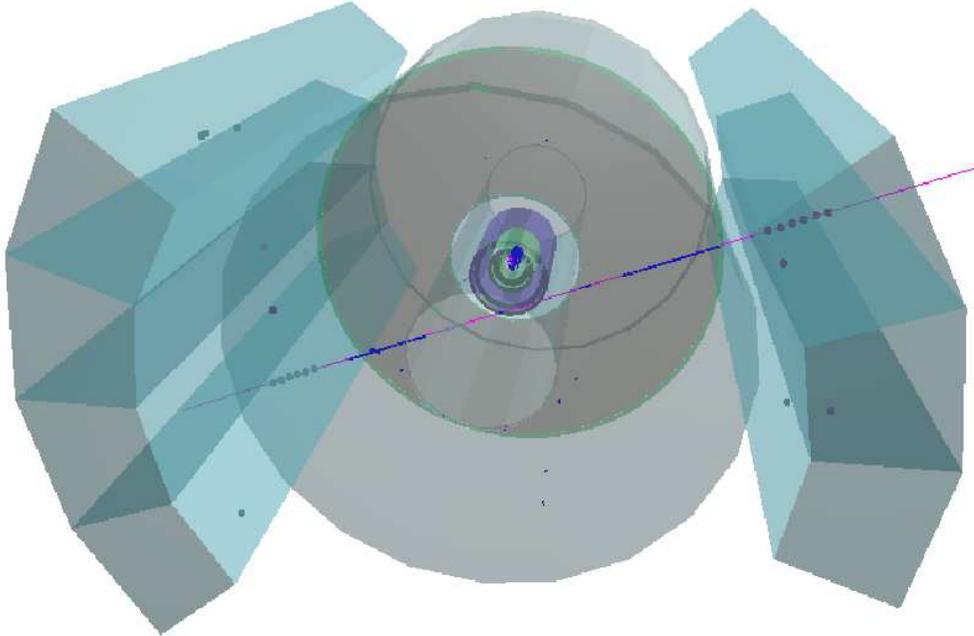
Know-how für die Bestückung der Kammern mit Elektronik wurde nach Frankfurt transferiert. Das Know-how für den Bau der Supermodule wurde nach Münster transferiert und die entsprechende Infrastruktur dort aufgebaut. Inzwischen wurde im Reinraum, der im Juli 2007 von der TPC geräumt wurde, ein permanenter Testaufbau (Diplomarbeit S. Zimmer) für am CERN ankommende Supermodule eingerichtet (Gassystem, Kühlung, Versorgung mit Nieder- und Hochspannung, Computer und DCS System zur Kontrolle aller Services und Kontrolle und Konfiguration der 70 000 Elektronikkanäle sowie der optischen Auslese, sowie Datenacquisitionssystem via eine Global Tracking Unit). Für die Strahlzeit 2009/2010 sind 7 Supermodule installiert und in Betrieb. Der Rest wird in der voraussichtlich längeren Pause nach Ende der Strahlzeit in 2010/2011 eingebaut werden.

Services in der ALICE Pit: Eine sehr umfängliche Aufgabe war die Verifizierung der korrekten Installation und die Konfigurierung der TRD Services und die Verkabelung. Dies schliesst ein die Niederspannungs-Netzgeräte und Busbars (für Grössenordnung 12.5 kA), die Hochspannungsversorgung für 540 Kammern, die Switche für die Ethernet-Verbindung der Linux-CPU's auf jeder Kammer zur Detektorkontrolle, das Unterdruck-Kühlsystem für jedes MCM in jedem Supermodul, das Gassystem und die Verteilung, die optischen Fasern für Detekorauslese und Trigger, die Pretrigger-Elektronik und -Verkabelung (Grössenordnung 100 Photomultiplier-Signale und 1000 Signale von TOF für alle möglichen logischen Kombinationen), das Detektorsafetyssystem, viele Interlocks und Sicherheitsinstallationen. Nach Installation durch Fremdfirmen kann die Kontrolle und Konfigurierung nur durch Physiker vorgenommen werden und das ist fast ausschliesslich Aufgabe dieser Gruppe. Dies hat in den letzten 2 Jahren ganz erhebliche Ressourcen an Manpower verschlungen; insbesondere gab es Qualitätsprobleme mit den Niederspannungsnetzgeräten, der entsprechenden Verkabelung und allen Aspekten des von einem CERN Expertenteam entwickelten komplexen Kühlsystems.

Teststrahlzeit: Ende Oktober 2006 wurde am CERN PS eine Teststrahlzeit mit einem vollständigen Supermodul durchgeführt, um die endgültigen Responsfunktionen für Elektronen und Pionen als Funktion des Impulses zu messen. Leider stellte sich im Rahmen der Strahlzeit heraus, dass der Xenonverlust höher war, als die Detektorspezifikation. Es wurden viskose Lecks diagnostiziert, die leider durch die typischen Testmethoden von Gaszählern, die auf diffusive Lecks sensitiv sind, nicht früher entdeckt wurden. Sie beeinflussen die Detektorperformance nicht, kosten aber über Xenonverlust viel Geld. Die Schwachstellen wurden identifiziert und erforderten Reparaturarbeit an allen bisher gebauten Kammern und eine Modifikation im Bau der noch ausstehenden Kammern. Die Reparatur war von der finanziellen Seite relativ geringfügig, aber benötigte hochqualifizierte Manpower. Hier hat das Detektorlabor der GSI enorme Hilfe geleistet. Kammern für ein frisch am CERN angeliefertes Supermodul wurden von Mitgliedern der Heidelberger Gruppe im CERN Reinraum repariert; alle anderen Kammern wurden im GSI Detektorlabor nach den dort entwickelten Methoden repariert. Auch die 2007 bereits eingebauten ersten 2 Supermodule mussten Ende 2008 wieder ausgebaut und im Reinraum im CERN auseinander genommen werden, Kammern wurden zur Reparatur zur GSI geschickt und die beiden Supermodule in Münster und im CERN wieder zusammengebaut und getestet. Die Xenonverlustrate ist jetzt etwa einen Faktor 2 besser als die ursprüngliche Spezifikation und wird zu einem Xenonverlust von ca. 10 % pro Betriebsjahr führen.

Supermodul-Commissioning: Da der TRD modular ist, kann alle Erfahrung bereits mit einem installierten Supermodul gesammelt werden. Am ersten Testlauf von ALICE mit kosmischer Strahlung im Dezember 07 hat der TRD sehr erfolgreich teilgenommen, ebenso wie an den Kalibrationsstrahlzeiten 2008 und 2009, wenn auch im Detail noch viele kleinere Probleme zu

lösen waren und sind. Dieses Commissioning erfordert die Präsenz vieler Mitarbeiter am CERN, insbesondere ab 2008. Im Moment sind typischerweise 4 Mitarbeiter längerfristig zum CERN abgeordnet und viele reisen regelmässig dort hin. Die Abbildung zeigt ein typisches Ereignis aus kosmischer Strahlung, getriggert mit dem TRD Level1 Trigger; eine Spur, die durch 2 TRD Supermodule und die TPC geht, wurde voll rekonstruiert.



Pretrigger: Da ein Teil der TRD Elektronik nur aktiv ist, wenn ein interessantes Ereignis beobachtet wird (speziell die 4 CPUs zur Online-Spurrekonstruktion in jedem MCM), muss der TRD so schnell wie möglich nach einer Wechselwirkung ein Pretrigger-Signal erhalten. Der normale L0-Trigger des Experiments ist dafür zu spät und deshalb war die Entwicklung eines eigenen TRD Pretriggers nötig. Das Signal wird direkt aus den Signalen der Photomultiplier der T0 und V0 Detektoren und für diffraktive Physik des TOF-Detektors noch im Spaceframe des zentralen Barrels generiert, mit dem Zeitsignal des Beschleunigers kombiniert und an alle Kammern verteilt. Über die von uns dafür gebauten Boxen verteilen wir auch die regulären T0- und V0-Signale an den Central-Trigger-Processor für das ganze Experiment. Die Triggerkonfiguration und -logik ist FPGA basiert und in VHDL programmiert. Aus den TOF Signalen wurde ein Pretrigger für Ereignisse aus der kosmischen Strahlung entwickelt und bereits 2008 routinemässig eingesetzt.

Detektor-Kontroll-System DCS : Das TRD Detektor Kontrollsystem ist Teil einer neuen Generation von Kontrollsystemen, die die Verwendung von SCADA Produkten in die allgemeine Struktur miteinbezieht. Das Kontrollsystem modelliert die komplexe Architektur zur Kommunikation mit der TRD Front-end Elektronik auf der übergeordneten Kontrollebene unter Verwen-

dung von endlichen Zustandsautomaten. Es ist verwirklicht als ein recht großes auf zehn PCs verteiltes System, welches die etwa 250k CPUs, die auf den Detektorkammern montiert sind, integriert. Es implementiert komplexe Detektoroperationen und -kontrolle unter Verwendung von Ethernet Kommunikation. Insgesamt werden mehr als zehntausend Parameter ausgelesen und überwacht. Allein die Spannungsversorgung der Front-end Elektronik und die Hochspannung der Auslesekanäle bestehen aus mehr als 1200 Kanälen, die unabhängig voneinander gesteuert und überwacht werden. Das gesamte PVSS-basierte System wurde von J. Mercado im Rahmen seiner Doktorarbeit konzipiert, koordiniert, sowie in grossen Teilen auch implementiert. Um J. Mercado den Abschluss seiner Dissertation zu ermöglichen, wurde 2008 die Verantwortung auf einen neuen Mitarbeiter (O. Busch) übertragen. Das System wurde in Zusammenarbeit mit der Gruppe Lindenstruth und denen der Fachhochschulen Worms und Köln sowie Kollaborationspartnern aus Tsukuba (Esumi, Watanabe) entwickelt. Inzwischen sind auch die Teams von Frankfurt und Münster an der (Weiter)-Entwicklung des DCS-Systems beteiligt. Die Zusammenarbeit der verschiedenen Gruppen und die Arbeitsverteilung wird von K. Schweda koordiniert.

Das Kontrollsystem wurde während mehrerer Datennahmen mit Ereignissen aus der kosmischen Strahlung sowie einer Kalibrierungsmessung unter Verwendung einer Kryptonquelle erfolgreich in Betrieb genommen. Das entwickelte Kontrollsystem erlaubt damit einen sicheren und zuverlässigen Betrieb des TRD. Momentan werden TRD und TPC während der Datennahme gemeinsam und routinemäßig von einer einzigen Person betrieben.

On-line und Off-line Software Entwicklung und Detektorkalibration: Mitglieder dieser Gruppe waren für die Entwicklung des Tracking verantwortlich, arbeiten jetzt an der Rohdaten-Struktur und -Decodierung für verschiedene Ereignistypen einschliesslich generierter Testdatenstrukturen, dem Monitoring, der Display-Software, der generellen Datenqualitätsüberwachung einschliesslich der Kombination von Daten des TRD mit anderen Detektoren des zentralen Barrels. Die Werkzeuge stehen zur Verfügung und werden während der Datennahme mit kosmischen Ereignissen und Kr-Zerfällen getestet und verbessert. Seit Mitte August wurden mehr als 50 Millionen Ereignisse aus Kr-Zerfällen im Gas des TRD zur Pulshöhenkalibration und etwa 15 Millionen Ereignisse aus kosmischer Strahlung zur Kalibration von Driftgeschwindigkeit und geometrischem Alignment aufgenommen.

5. Vorbereitung für ALICE Physikanalysen

(Dissertationen R. Grajcarek, J. Klein, K. Koch, D. Krumbhorn, X. Lu, S. Vallero, Y. Wang)

Seit Beginn der Förderperiode gibt es ein Team, das sich mit Simulation und Vorbereitung von Analysen für Hadronen mit Charm-Quarks und deren Korrelationen befasst. Das schliesst ein: Rekonstruktion von hadronischen Zerfällen von D-Mesonen und Baryonen mit Charm-Quarks, Rekonstruktion von J/ψ , Rekonstruktion von B-Mesonen über Zerfälle in J/ψ , und Elektron-Hadron Korrelationen für semileptonische Zerfälle.

Anfang 2008 war durch einige neue Gruppenmitglieder die kritische Grösse erreicht, ein Team zur Simulation und Vorbereitung von verschiedenen Jetanalysen in ALICE zu bilden. Dieses Team hat auch begonnen, die bereits bis vor drei Jahren in der Gruppe betriebenen Simulationen des TRD Triggers wiederaufzugreifen. Das betrifft sowohl den Elektronenpaartrigger als auch einen Trigger auf einzelne Spuren mit sehr hohem Impuls und einen dedizierten Jettrigger.

Die Analysen befassen sich mit azimuthalen Korrelationen von Hadronen mit hohem Transversalimpuls, Jet-Rekonstruktionsalgorithmen, dem sogenannten 'Underlying Event', und der Mediumresponse auf Jetenergieverlust.

Einen wichtigen Beitrag zur Analyse von direkten Photonen liefert eine Analyse von neutralen Pionen und Eta-Mesonen über Rekonstruktion der Konversionselektronenpaare analog der in CERES entwickelten Methode (siehe oben). Andere Analysen befassen sich mit Korrelationen geladener Teilchen (HBT und Impulskorrelationen).

R. Schicker entwickelt in Zusammenarbeit mit einer internationalen Theoretikergemeinde die Optionen für diffraktive Physik in ALICE, konzipiert dafür einen Trigger und beginnt, entsprechende Physikanalysen zu entwickeln (für die internationale Zusammenarbeit mit Theoretikern wurden über einen EU Antrag im Rahmen von FP7 Mittel eingeworben).

6. BMBF Forschungsschwerpunkt 201 ALICE

Im Forschungsschwerpunkt arbeiten die deutschen Gruppen eng zusammen. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von regelmässigen Arbeitstreffen, bei denen ein grosser Teil der Mitarbeiter physisch in einem Raum sitzt, die aber auch alle Gruppen über Telefonkonferenz einbeziehen. Ausserdem wurden 3 deutschlandweite Arbeitstreffen von 2 Tagen veranstaltet, zwei konzentriert auf den TRD, das dritte auf die Analyseprojekte, an denen die einzelnen Mitarbeiter beteiligt sind. Die finanziellen Mittel wurden ausschliesslich für diese Treffen sowie Reisekosten für Individuen zwischen den verschiedenen Instituten in Deutschland zu Arbeitstreffen und für die für die Zusammenarbeit nötige Infrastruktur verwendet. Die Gruppen arbeiten eng zusammen und können so auch in der sehr komplexen Software-Umgebung der ALICE Simulations- und Analysepakete einschliesslich GRID-Computing effizient arbeiten und eine gute Sichtbarkeit innerhalb der Kollaboration erlangen. Für einzelne Hochschulgruppen wäre das sicher nicht möglich. Dies kann langfristig das Modell aus LEP- und früheren Zeiten ersetzen, wo sich die Action im Wesentlichen am CERN abspielte. Die Simulations- und Analysearbeit kann weitgehend in den Heimatinstitutionen passieren.

7. Öffentlichkeitsarbeit

Hier wurden einige Projekte gemeinsam zwischen den deutschen an LHC Experimenten beteiligten Gruppen durchgeführt. Hierzu gehören das Filmprojekt, in dem eine DVD über LHC und die deutsche Beteiligung an den Experimenten produziert wurde. Diese DVD gibt es deutsch- und englischsprachig in bereits 2 Versionen. Von dieser Gruppe wurden eine deutsche ALICE-Broschüre und ein Poster entwickelt. Ausserdem wurde zur LHC Eröffnung in Berlin eine grosse Ausstellung vorbereitet, zu der die einzelnen Experimente Exponate geliefert haben. Eine Version dieser Ausstellung ist für November/Dezember 2009 in Heidelberg geplant. Eine andere Aktivität war eine Journalistenreise zum CERN im November 2007, die FSP Einweihung im Februar 2008, sowie Tage der offenen Tür oder lange Nächte der Wissenschaft an den einzelnen Standorten. R. Schicker widmet etwas 1/4 seiner Zeit diesen Aktivitäten. Ansonsten werden nach Bedarf freie Mitarbeiter und HiWis eingestellt.

Publikationen 2006 – 2009

1. J. Stachel, Has the Quark-Gluon Plasma been seen? in 'Lepton and Photon Interactions at High Energies', eds. R. Brenner, C.P. de los Heros, J. Rathsman (World Scientific, Singapore, 2006) p.171 and Int. J. Mod. Phys. **A21** (2006) 1750, nucl-ex/0510077.
2. C. Lippmann for the ALICE TRD collaboration, The ALICE Transition Radiation Detector, Proc. Int. Symposium on Detector Development for Particle, Astroparticle and Synchrotron Radiation Experiments (SNIC 2006), Menlo Park, California, 3-6 Apr 2006, p. 0043.
3. A. Andronic et al. for the ALICE collaboration, Transition Radiation Spectra of Electrons from 1 to 10 GeV/c in Regular and Irregular Radiators, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. **A558** (2006) 516, physics/0511229.
4. A. Andronic, P. Braun–Munzinger, J. Stachel, Hadron production in central nucleus-nucleus collisions at chemical freeze-out, Nucl. Phys. **A 772** (2006) 167, nucl-th/0511071.
5. R. Bailhache and C. Lippmann for the ALICE TRD collaboration, New test beam results with prototypes of the ALICE TRD, Nucl. Instr. Methods **A563** (2006) 310.
6. V. Angelov for the ALICE TRD collaboration, Design and Performance of the ALICE TRD Front-End Electronics, Nucl. Instr. Methods **A563** (2006) 317.
7. A. Wilk for the ALICE TRD collaboration, Analysis of the Electron-Pion Separation Capability with Real Size ALICE TRD Prototypes using a Neural Network Algorithm, Nucl. Instr. Methods **A563** (2006) 314.
8. D. Adamova et al., CERES collaboration, Leptonic and charged kaon decay modes of the ϕ meson measured in heavy ion collisions at the CERN SPS, Phys. Rev. Lett. **96** (2006) 152301, nucl-ex/0512007.
9. K. Zapp, G. Ingelman, J. Rathsman, J. Stachel, Jet Quenching from soft QCD Scattering in the Quark-Gluon Plasma, Phys. Lett. **B637** (2006) 179, hep-ph/0512300.
10. D. Antonczyk et al., the ALICE TPC Collaboration, Performance studies with an ALICE TPC prototype, Nucl. Instr. Meth. **A565** (2006) 551.
11. B. Alessandro et al., ALICE Collaboration, ALICE: Physics Performance Report, Vol.2, CERN/LHCC 2005-030, J. Phys. **G32** (2006) 1295-2040.
12. J. Milosevic for the CERES collaboration, Strange particle production and elliptic flow from CERES, Proc. Int. Conf. on Strangeness in Quark Matter (SQM2006), J.Phys. **G32**(2006) S97, nucl-ex/0606020.
13. S. Kleinfelder *et al.*, A proposed STAR microvertex detector using Active Pixel Sensors with some relevant studies on APS performance, Nucl. Instrum. Meth. **A565**, 132 (2006).

14. U. Trunk et al., n-XYTER: A CMOS read-out ASIC for a new generation of high rate multichannel counting mode neutron detectors, Proc. 12th Workshop on Electronics for LHC and Future Experiments (LECC 2006), Valencia, Spain, Sep 2006, Published in *Valencia 2006, Electronics for LHC and future experiments* 534.
15. H.K. Soltveit, Preamplifier-shaper prototype for the Fast Transition Detector of the Compressed Baryonic Matter (CBM) experiment at FAIR, Proc. 12th Workshop on Electronics for LHC and Future Experiments (LECC 2006), Valencia, Spain, Sep 2006, Published in *Valencia 2006, Electronics for LHC and future experiments* 520.
16. P. Glässel for the ALICE TPC Collaboration, The ALICE TPC: An innovative device for heavy ion collisions at LHC, 10th Pisa Meeting on Advanced Detectors: Frontier Detectors for Frontier Physics, La Biodola, Elba, Italy, 21-27 May 2006, Nucl. Instr. Meth. **A572** (2007) 64.
17. M. Ploskon for the CERES collaboration, Two particle azimuthal correlations at high transverse momentum in Pb-Au at 158-AGeV/c, Proc. 2nd International Conference on Hard and Electromagnetic Probes of High-Energy Nuclear Collisions (Hard Probes 2006), Asilomar, California, 9-16 Jun 2006. Nucl.Phys. **A783** (2007) 527, nucl-ex/0701023.
18. K. Oyama for the ALICE Collaboration, Physics with ALICE transition radiation detector, Prepared for Physics at LHC, Cracow, Poland, 3-8 Jul 2006, Acta Phys. Polon. **B38** (2007) 1017.
19. A. Andronic, P. Braun-Munziner, K. Redlich, J. Stachel, Statistical hadronization of heavy quarks in ultra-relativistic nucleus-nucleus collisions, Nucl. Phys. **A789** (2007) 334, nucl-th/0611023.
20. D. Adamova et al., CERES collaboration, Modification of the rho-meson detected by low-mass lepton-positron pairs in central Pb-Au collisions at 158 A GeV/c, Phys. Lett. **B666** (2008) 425; nucl-ex/0611022.
21. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Evidence for charmonium generation at the phase boundary in ultra-relativistic nuclear collisions, Phys. Lett. **B652** (2007) 259, nucl-th/0701079.
22. D. Antonczyk and D. Miskowiec for the CERES collaboration, Pion-pion and pion-proton correlations: New results from CERES, Proc. 2nd Workshop on Particle Correlation and Femtoscopy (WPCF 2006), Sao Paulo, Brazil, 9-11 Sep 2006, Braz. J. Phys. **37** (2007) 979, hep-ph/0702219.
23. K. Zapp, G. Ingelman, J. Rathsman, J. Stachel, Heavy quark energy loss through soft QCD scattering in the QGP, Proc. 19th Int. Conf. on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2006 (QM2006), Shanghai, China, Nov 2006, Int. J. Mod. Phys. E16 Nos. 7 & 8 (2007), hep-ph/0702201.
24. S. Kniege and M. Ploskon for the CERES Collaboration, Two and three-particle azimuthal correlations of high-p(t) charged hadrons in Pb - Au collisions at 158-A-GeV/c, Proc. 19th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2006 (QM2006), Shanghai, China, Nov 2006, J. Phys. **G34** (2007) S697, nucl-ex/0703008.

25. L. Musa for the ALICE TPC collaboration, Commissioning of the ALICE TPC, Proc. 19th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2006 (QM2006), Shanghai, China, Nov 2006, J. Phys. **G34** (2007) S705.
26. P. Christiansen for the ALICE TPC collaboration, Particle identification studies with an ALICE test TPC, Proc. 19th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2006 (QM2006), Shanghai, China, Nov 2006, J. Phys. **G34** (2007), physics/0703097.
27. W. Sommer for the ALICE collaboration, Quarkonia measurements with the central detectors, Proc. 19th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: Quark Matter 2006 (QM2006), Shanghai, China, Nov 2006, J. Phys. **G34** (2007), nucl-ex/0702045.
28. P. Braun-Munzinger and J. Stachel, The quest for the quark-gluon plasma, Nature **448** (2007) 302.
29. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, J. Stachel, Thermal model predictions of hadron ratios at LHC, Presented at Workshop on Heavy Ion Collisions at the LHC: Last Call for Predictions, Geneva, Switzerland, May - Jun 2007, arXiv:0707.4076 [nucl-th].
30. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Statistical hadronization model predictions for charmed hadrons at LHC, Presented at Workshop on Heavy Ion Collisions at the LHC: Last Call for Predictions, Geneva, Switzerland, May - Jun 2007, arXiv:0707.4075 [nucl-th].
31. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Statistical hadronization of charm quarks in ultra-relativistic nucleus-nucleus collisions, Proc. 4th Int. Workshop on Critical Point and Onset Deconfinement, Darmstadt, Germany, Jul 2007, PoS CPOD07 (2007) 044, arXiv:0710.1851 [nucl-th].
32. D. Miskowiec et al., the CERES Collaboration, Proc. 4th Int. Workshop on Critical Point and Onset Deconfinement, Darmstadt, Germany, Jul 2007, Azimuthal HBT and transverse momentum fluctuations from CERES, PoS CPOD07 (2007) 065.
33. A. Marin et al., the CERES collaboration, Dilepton measurements with CERES, Proc. 4th Int. Workshop on Critical Point and Onset of Deconfinement, GSI, July 2007, PoS CPOD07 (2007) 034, arXiv:0802.2679 [nucl-ex].
34. R. Schicker for the ALICE Collaboration, Diffractive physics in ALICE, Proc. 12th Int. Conference on Elastic and Diffractive Scattering (Blois Workshop), Hamburg, May 2007, Published in *Hamburg 2007, Blois07, Forward physics and QCD* 168, arXiv:0712.3633v2.
35. R. Schicker for the ALICE Collaboration, The ALICE detector and trigger strategy for diffractive and electromagnetic processes, Proc. Workshop on High Energy Photon Collisions at the LHC, Geneva, Switzerland, Apr 2008, Nucl. Phys. Proc. Suppl. **179-180** (2008) 196, arXiv:0807.1472 [physics.ins-det]

36. W. Dabrowski et al., MSGCROC - a selftriggered ASIC for readout of hybrid gas microstrip neutron detectors for event rates of $10^8/s$ and 2D spatial resolutions ≤ 100 μ m FWHM, RT2007-PS1C004, 15th IEEE Real Time Conference 2007 (RT 07), Batavia, Illinois, 2007.
37. F. Hofmann, C. Bäumer, A. M. van den Berg, D. Frekers, V. M. Hannen, M. N. Harakeh, M. de Huijster, Y. Kalmykov, P. von Neumann-Cosel, V. Yu. Ponomarev, S. Rakers, B. Reitz, A. Richter, K. Schweda, A. Shevchenko, J. Wambach, and H. Wörtche, Proton scattering at intermediate energies on Ni-58: How well is it understood?, Phys. Rev. **C76** (2007) 014314.
38. P. Christiansen for the ALICE TPC collaboration, Particle identification at high transverse momenta with the ALICE TPC, PoS LHC07 (2007) 015.
39. A. Andronic, V. Babkin, S. Chernenko, C. Garabatos, V. Golovatyuk, S. Razin (Dubna, JINR) , F. Uhlig, H.K. Soltveit, Yu. Zanevsky, V. Zryuev, Research and development of fast TRD readout chambers, JINR-2007-061, Jul 2007.
40. X. Zhu, M. Bleicher, S.L. Huang, K. Schweda, H. Stöcker, N. Xu, and P. Zhuang, $D\bar{D}$ Correlations as a Sensitive Probe for Thermalization in High Energy Nuclear Collisions, Phys. Lett. **B647**, 366 (2007).
41. S. Radomski for the CERES collaboration, CERES measurement of strangeness production at top SPS energy, J. Phys. G **35** (2008) 044003.
42. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Charmonium and open charm production in nuclear collisions at SPS/FAIR energies and the possible influence of a hot hadronic medium, Phys. Lett. **B659** (2008) 149, arXiv:0708.1488 [nucl-th].
43. R. Schicker, Low mass diffractive systems at LHC, Proc. Summer School and Conference on New Trends in High-Energy Physics (Experiment, Phenomenology, Theory), Yalta, Crimea, Ukraine, Sep 2007, Published in *Yalta 2007, New trends in high-energy physics* 24, arXiv:0801.4890 [hep-ph].
44. D. Adamova et al., CERES Collaboration, The CERES/NA45 Radial Drift Time Projection Chamber, Nucl. Inst. Methods **A593** (2008) 203, arXiv:0802.1443v1[nucl-ex].
45. S. Domdey, G. Ingelman, H.J. Pirner, J. Rathsman, J. Stachel, K. Zapp, QCD Evolution of Jets in the Quark-Gluon Plasma, Nucl. Phys. **A808** (2008) 178, arXiv:0802.3282 [hep-ph].
46. A. Andronic, F. Beutler, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Thermal description of hadron production in e+e- collisions revisited, Phys. Lett. **B675** (2009) 312, arXiv:0804.4132 [hep-ph].
47. K. Zapp, G. Ingelman, J. Rathsman, J. Stachel, U. Wiedemann, A Monte Carlo Model for 'Jet Quenching', CERN-PH-TH-2008-067, Eur. Phys. J. **60** (2009) 617, arXiv:0804.3568 [hep-ph].

48. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Statistical hadronization of charm: From FAIR to the LHC, Proc. Quark Matter 2008 Conference, Jaipur, India, Feb 2008, J. Phys. **G35** (2008) 104155, arXiv:0805.4781 [nucl-th].
49. K. Zapp, G. Ingelman, J. Rathsman, J. Stachel, U. Wiedemann (CERN), Parton Energy Loss Without Transverse Momentum Broadening. Proc. Quark Matter 2008 Conference, Jaipur, India, Feb 2008, Indian J. Phys. in print, arXiv:0805.4759 [hep-ph].
50. R. Bailhache et al., ALICE Collaboration, Z0 Boson Measurement with the ALICE Central Barrel in pp collisions at 14-TeV, Proc. Quark Matter 2008 Conference, Jaipur, India, Feb 2008, sub. Indian J. Phys., arXiv:0808.0453 [hep-ex].
51. K. Aamodt et al., ALICE Collaboration, the ALICE Experiment at the LHC, JINST 3 (2008) S08002.
52. D. Adamova et al., CERES collaboration, Scale-dependence of transverse momentum correlations in Pb-Au collisions at 158A GeV/c, Nucl. Phys. **A811** (2008) 179; arXiv:0803.2407v1 [nucl-ex].
53. D. Adamova et al., CERES Collaboration, Azimuthal dependence of pion source radii in Pb+Au collisions at 158-A-GeV, Phys. Rev. C, in print, arXiv:0805.2484 [nucl-ex].
54. P. Cortese et al., ALICE Collaboration, ALICE electromagnetic calorimeter technical design report, CERN-LHCC-2008-014, CERN-ALICE-TDR-014, Sep 2008.
55. R. Schicker, Diffractive physics in ALICE, arXiv:0812.2176 [hep-ph].
56. R. Schicker, ALICE diffractive physics in p-p and Pb-Pb collisions at the LHC, e-Print: arXiv:0812.3123 [hep-ex].
57. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, J. Stachel, Thermal hadron production in relativistic nuclear collisions: the sigma meson, the horn, and the QCD phase transition, Phys. Lett. **B673** (2009) 142, arXiv:0812.1186 [nucl-th].
58. K. Zapp, J. Stachel, U. Wiedemann, A local Monte Carlo implementation of the non-abelian Landau-Pomerantschuk-Migdal effect, CERN-PH-TH-2008-244, Phys. Rev. Lett. in print, arXiv:0812.3888 [hep-ph].
59. A. Andronic, P. Braun-Munzinger, J. Stachel, Thermal hadron production in relativistic nuclear collisions, Proc. of 4th Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy (WPCF 2008), Crakow, Poland, 11-14 Sep 2008, Acta Phys. Polon. B40 (2009) 1005, arXiv:0901.2909 [nucl-th].
60. P. Braun-Munzinger, J. Stachel, Charmonium from Statistical Hadronization of Heavy Quarks: A Probe for Deconfinement in the Quark-Gluon Plasma, to appear in Landoldt-Boernstein Review, arXiv:0901.2500 [nucl-th].
61. K. Redlich, A. Andronic, F. Beutler, P. Braun-Munzinger, J. Stachel, Canonical Statistical Model and Hadron Production in e^+e^- Annihilations, J. Phys. **G36** (2009) 064021.

62. A. Andronic, F. Beutler, P. Braun-Munzinger, K. Redlich, J. Stachel, Statistical hadronization of heavy flavor quarks in elementary collisions: Successes and failures, Phys. Lett. **B 678** (2009) 350, arXiv:0904.1368 [hep-ph].
63. B. Doenigus for the ALICE TRD collaboration, Heavy flavour capabilities of the ALICE transition radiation detector, Prog. Part. Nucl. Phys. **62** (2009) 323.
64. D. Adamova et al., CERES collaboration, Modification of jet-like correlations in Pb-Au collisions at 158A GeV/c, Phys. Lett. **B678** (2009), 259, arXiv:0904.2973 [nucl-ex].
65. K. Zapp, J. Stachel, U.A. Wiedemann, JEWEL - a Monte Carlo Model for Jet Quenching, Proc. 4th International Workshop on High-pT physics at LHC 09, Prague, Czech Republic, 4-7 Feb 2009, arXiv:0904.4885 [hep-ph]
66. D. Adamova et al., CERES collaboration, Viscosity of the matter created in nucleus-nucleus collisions at the SPS measured via two-pion interferometry, subm. Phys. Rev. Lett., arXiv:0907.2799v1 [nucl-ex]
67. K. Zapp, J. Stachel, U. Wiedemann, LPM-Effect in Monte Carlo Models of Radiative Energy Loss, Proc. Quark Matter 2009, Nucl. Phys. A, in print; arXiv:0907.4304[hep-ph].
68. M.J. Kweon, for the ALICE TRD Collaboration, The Transition Radiation Detector for ALICE at LHC, Proc. Quarkmatter 2009, Nucl. Phys. A in print, arXiv:0907.3380 [nucl-ex].
69. G. Tsileidakis, H. Appelshäuser, K. Schweda, J. Stachel, Heavy-quark azimuthal momentum correlations as a sensitive probe of thermalization, sub. Phys. Rev. Lett. Aug 09, arXiv:0908.0427 [nucl-ex].
70. K. Reygers, Multiple Hard Parton Interactions in Heavy-Ion Collisions, Proc. first Int. Workshop on Multiple Partonic Interactions at the LHC, Perugia, Italy, October 2008, arXiv:0908.2377 [nucl-ex].

Abgeschlossene Diplom- und Doktorarbeiten

Diplomarbeit Robert Wagner,

Titel: Pretrigger for the Transition Radiation Detector in ALICE

November 2007.

Diplomarbeit Michael Neher,

Titel: Production of the power distribution boxes for the full ALICE Transition Radiation Detector and the development and integration of their control system,

Februar 2008.

Diplomarbeit Clemens Haltebourg,

Titel: Implementation of the ALICE TRD TRAP-chip into AliRoot,

August 2008.

Diplomarbeit Florian Beutler

Titel: Thermal Description of Hadron Production in e^+e^- Collisions

September 2008.

Diplomarbeit Stefan Zimmer,

Titel: Design, Implementation and Commissioning of the Pretrigger System for the Transition Radiation Detector at the ALICE Experiment of CERN,

Oktober 2008.

Diplomarbeit Jochen Klein,

Titel: Commissioning of and Preparations for Physics with the Transition Radiation Detector in A Large Ion Collider Experiment at CERN,

November 2008.

Diplomarbeit Dirk Krumbhorn,

Titel: Study of J/ψ production in $p+p$ collisions at $\sqrt{s} = 10$ GeV with the Transition Radiation Detector of ALICE,

November 2008.

Diplomarbeit Robert Grajcarek,

Titel: Feasibility study on determining the average radiation thickness X/X_0 of the ALICE Transition Radiation Detector from CERN testbeam data,

Januar 2009.

Dissertation Jorge Mercado,

Titel: Development of the control system of the ALICE Transition Radiation Detector and of a test environment for quality-assurance of its front-end electronics,

September 2008.

Dissertation Korinna Zapp,

Titel: A Monte-Carlo Model for Jet Evolution with Energy Loss

Dezember 2008.

Dissertation Rachik Soualah,

Titel: Reconstruction of Neutral Pions in 158 A GeV/c Pb-Au Collisions

Juli 2009.