

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht

Verbund: nein

Zuwendungsempfänger: Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Projektleitung: Prof. Dr. Norbert Herrmann
E-Mail: herrmann@physi.uni-heidelberg.de
Förderkennzeichen: 05P12VHFC7
Förderzeitraum: 01.07.2012 - 31.12.2015
Zuwendung: 637.800,00 €
Projektträger: Projektträger DESY

Zusätzlicher Kontakt:
Zusätzlicher Name:

Genutzte Großgeräte:	Labor FAIR	Gerät FAIR	Experiment CBM
Diplomarbeiten:	0		
Dissertationen:	4		
Habilitationen:	0		
Publikationen:	11		
Konferenzbeiträge:	15		
Patente:	0		
Bachelorarbeiten:	2		
Masterarbeiten:	0		

Dieser Bericht wurde beim Projektträger über einen individuellen Online-Zugang vom Projektleiter eingereicht und am 08.09.2016 19:20 für eine Veröffentlichung freigegeben.

Schlussbericht

FAIR-CBM: Detektorentwicklung und Vorbereitung des Physikprogramms von CBM am SIS 100

Zuwendungsempfänger: Universität Heidelberg

Projektleitung: Prof. Dr. N. Herrmann

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden das Konzept der Flugzeitähler (TOF) – Wand für das zukünftige Compressed Baryonic Matter (CBM) – Experiment bei FAIR entwickelt, Prototypen gebaut und in Hadronenstrahlen bei GSI und am CERN unter realistischen Bedingungen untersucht. Im Berichtszeitraum wurde der Technical Design Report des CBM – TOF Systems unter der Federführung der Heidelberger Gruppe fertiggestellt. Das Besondere an diesem System ist die extreme Ratenfestigkeit der Zählerkomponenten, die es erlaubt, Wechselwirkungsraten von 10^7 pro Sekunde in Schwerionenreaktionen zu registrieren.

Neben der Entwicklung der Detektoren, die aus Multigap Resistive Plate Chambers (MRPC) bestehen, lag das Hauptaugenmerk in der Förderperiode in der Entwicklung und Verifikation des Gesamtkonzepts. Die Detektoren müssen einschließlich der elektronischen Ausleseketten die vom Experiment geforderten Spezifikationen erfüllen. Dieser Punkt lässt sich nur durch einen Einsatz in Schwerionenreaktionen überprüfen, weshalb im Berichtszeitraum mehrere Teststrahlkampagnen durchgeführt wurden. Die zur Aufnahme und Analyse der Koinzidenzdaten benötigte Software wurde von der Heidelberger Gruppe im Rahmen des Projektes entwickelt und wird der gesamten CBM – TOF Kollaboration zur Verfügung gestellt. Die Eignung der Prototyp Detektoren für den Einsatz in CBM konnte im Rahmen des Projekts gezeigt werden.

Neben der Entwicklung der Detektor- und Elektronikkomponenten umfassten die Arbeiten auch die physikalische Motivation für einen derart hochratenfähigen Detektor. Aufbauend auf den Erfahrungen und den fortgeführten Analysen der Daten des FOPI – Experimentes wurden Strategien entwickelt, wie man seltene aber für die Diagnose der Reaktionszone wichtige Sonden mit ausreichender Statistik erfassen kann. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass mithilfe eines Multiplizitätstriggers auf positiv geladene Kaonen mehrfach seltsame Hadronenzustände signifikant angereichert werden können.

Die Wichtigsten der im Antrag formulierten Ziele wurden erreicht.

Bericht

Physikalisches Ziel des Projekts ist die Untersuchung der Eigenschaften komprimierter stark wechselwirkender Materie, wie sie im Universum im Innern von Neutronensternen vorkommt. Im Labor stehen Schwerionenstrahlen zur Verfügung, mit denen man bei entsprechenden Einschussenergien Dichten von bis zu dem 10 fachen der Grundzustandsdichten von Kernen erzeugen kann. Diese stark wechselwirkenden Systeme bei großen Dichten stellen die fundamentale Fragestellung des CBM – Experiments an der zukünftigen Beschleunigeranlage FAIR dar. Mit der gegenwärtigen SIS18 – Anlage der GSI können Dichten bis zur doppelten Kernmateriedichte erreicht werden. Hier lassen sich Vorstudien durchführen, in denen Signaturen und Observablen entwickelt werden, mit denen man die Eigenschaften der komprimierten Systeme diagnostizieren kann.

Die folgenden für die Förderperiode 2012-2015 beantragten Arbeitspakete konnten im Rahmen des Projektes bearbeitet werden. Deren Status wird im Folgenden beschrieben:

- 1) Abschluss des FOPI Experimentierprogramms und Auswertung der Daten
 - 1) Abschluss der Detektorentwicklungen zur Charakterisierung einer GEM-TPC,
 - 2) Aufklärung der Dichteabhängigkeit des K^- - Potentials durch Auswertung der (Anti)kaon – Phasenraumverteilungen in Kern-Kern Stößen,
 - 3) Messung und Analyse von seltsamen Teilchen ($\Phi, K^{0,+,-}, \Lambda, \Sigma, \Sigma^*$) bei einfacher Kerndichte in Pionen – induzierten Reaktionen.
- 2) Entwicklung der CBM – Flugzeitwand zur Hadronen – Identifizierung
 - 1) Entwicklung des Vorverstärker – Diskriminator – ASICs PADI,
 - 2) Aufbau der Elektronik – Kette für typische RPC Konfigurationen,
 - 3) Anbindung der RPC – Elektronik an das CBM – DAQ System,
 - 4) Erstellung eines mobilen hybriden Testsystems, das die Charakterisierung neuer Komponenten im Vergleich zu anderen existierenden Technologien erlaubt,
 - 5) Aufbau und Test vollständiger Prototypen für CBM als Grundlage für den Technischen Design Report (TDR) und des Production Readiness Reviews,
 - 6) Erstellung des TDR zur Vorbereitung der Produktion der CBM Flugzeitwand
 - 7) Vorbereitung der Qualitätskriterien für die Produktionsphase 2015 - 2017
- 3) Vorbereitung der ersten Messungen von CBM am SIS100
 - 1) Entwicklung und Simulation eines Gesamtkonzeptes zur Messung seltsamer Teilchen bestehend aus den Komponenten des CBM Detektors, die in 2014 verfügbar sein werden.

1. FOPI Abschluss und Ergebnisse

1.1 Charakterisierung der FOPI – GEM TPC

Die FOPI GEM TPC kam im Jahr 2011 zu ihrem ersten und letzten Einsatz, das FOPI Experiment wurde im Jahr 2013 abgebaut. Nichtsdestotrotz konnte mit diesem Detektor die Funktion der Auslese einer TPC mit GEM – Detektoren demonstriert werden. Erstmals konnte die Energieverlustauflösung bestimmt werden (Nucl.Instrum.Meth. A737 (2014) 214). Die mit der GEM – TPC gewonnenen Daten zeigen außerdem die Güte der Spurrekonstruktion und insbesondere eine Vertexauflösung, die im Bereich von wenigen mm liegt. Die Auswertung der Performance – Daten der TPC ist abgeschlossen, während die Physik – Analyse des Pionenstrahl – Experiments noch fortgesetzt wird. Das GEM – TPC Prinzip wird mittlerweile in dem ALICE TPC Upgrade fortgesetzt.

1.2. Dichteabhängigkeit des K^- - Potentials

Die FOPI - Daten aus der Reaktion Ni + Ni bei einer Einschussenergie von 1.91 AGeV, die die Frage der Dichtabhängigkeit von „In-medium“ – Potentialen von Kaonen adressieren, konnten im Berichtszeitraum veröffentlicht werden (Phys.Rev. C90 (2014) 025210).

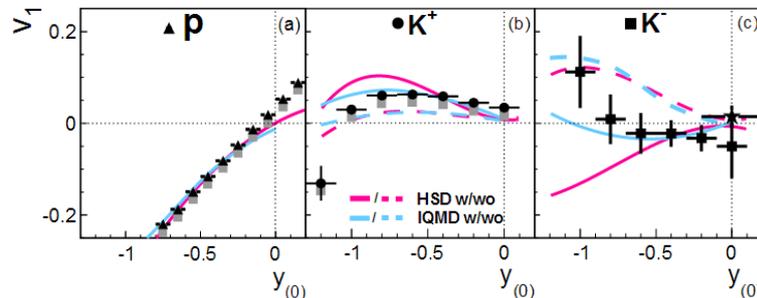


Abb. 1: (Fig.2, Phys.Rev. C90 (2014) 025210) Seitwärtsfluss geladener Kaonen in der Reaktion Ni+Ni bei einer Einschussenergie von 1.9 AGeV im Vergleich zu Vorhersagen des HSD – Modells (E. Bratkovskaya, W. Cassing et al.) und des IQMD – Modells (C. Hartnack, J. Aichelin et al.). Aufgetragen ist der erste Fourierkoeffizient v_1 der Azimutwinkelverteilung gegen die Reaktionsebene als Funktion der normierten Rapidität $y_{(0)} = 2y / y_{beam} - 1$ für Protonen (links), für positiv (mittleres Panel) und negativ geladene Kaonen (rechtes Panel). Während die Protonenverteilungen von beiden Modellen sehr gut beschrieben werden, ist keines der beiden Modelle weder mit (durchgezogene Linien) noch ohne (gestrichelte Linien) in-medium Potenzial in der Lage, die gemessenen Daten zu beschreiben.

Die in den Transportmodellen angenommenen Potentiale sind gegenwärtig nicht in der Lage, die gemessenen Daten zu beschreiben, die Abweichungen zu den Modellvorhersagen ohne die Berücksichtigung eines „In-medium“ Potenzial zeigen aber, dass die starke Wechselwirkung aufgrund der Umgebungsbedingungen gegenüber dem Vakuumverhalten modifiziert sein muss. Aufgrund der begrenzten Statistik des FOPI Experimentes konnten keine weitergehenden Aussagen getroffen werden. Die Datenlage wird sich mit dem CBM Experiment dramatisch verbessern lassen, da dieses eine um 4 Größenordnungen bessere Ratenfähigkeit aufweist.

1.3. Messung und Analyse von seltsamen Teilchen ($\Phi, K^{0,+,-}, \Lambda, \Sigma, \Sigma^*$) bei einfacher Kerndichte in Pionen – induzierten Reaktionen

Die ursprünglich geplante Fortsetzung des Pionenstrahlprogramms mit dem FOPI – Detektor konnte nicht umgesetzt werden, da in der Förderperiode keine Strahlzeiten mehr bewilligt wurden. Der FOPI Detektor wurde 2013 abgebaut. Die Analyse der im Jahr 2011 genommenen Daten wurde fortgesetzt und bildet die Grundlage von zwei Doktorarbeiten, u.a. von V. Zinyuk (Heidelberg). Hauptergebnis ist der Unterschied in der Besetzung des Phasenraums der verschiedenen Kaonenzustände, wie in Abb. 2 für geladene Kaonen gezeigt.

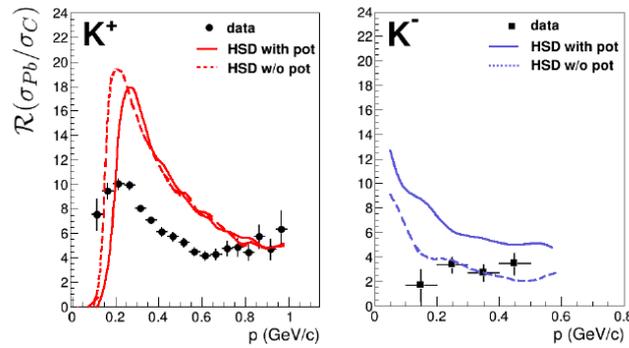


Abb. 2: Doktorarbeit, V. Zinyuk (2016) Verhältnis der in den Reaktionen $\pi + \text{Pb}$ (C) gemessenen Impulsspektren im Laborpolarwinkelbereich $30^\circ < \theta < 100^\circ$.

Zu sehen ist das Verhältnis der Wirkungsquerschnitte der Kaon- und Anti-Kaon- Produktion am Blei – Target zu der Produktion an einem Kohlenstoff – Target im Vergleich zu HSD – Transportmodellrechnungen. Die beobachteten Abweichungen zwischen Daten und Modellvorhersagen sind weiterhin Gegenstand laufender Untersuchungen.

2. Entwicklung der CBM – Flugzeitwand zur Hadronen Identifizierung

Im Förderzeitraum wurden mehrere differentiell aufgebaute MRPC – Detektor entwickelt, gebaut und in mehreren Strahlzeiten bei GSI und am SPS des CERN getestet. Dabei kam als Frontend der von uns entwickelte PADI – Chip in mehreren Varianten zum Einsatz. Verschiedene getriggerte Datenaufnahmesysteme kamen in den Strahlzeiten zum Einsatz, mit denen gezeigt werden konnte, dass die MRPC – Zähler den Anforderungen des CBM Experimentes genügen. Auf dieser Basis wurde der Technical Design Report (TDR) geschrieben, der im Februar 2015 vom FAIR ECE akzeptiert wurde. Seither konzentrieren sich die Entwicklungen auf die Optimierung der Zähler zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit und die Anbindung an ein frei laufendes DAQ – System.

2.1 Entwicklung des Vorverstärker – Diskriminator – ASICs PADI

Der PADI Chip ist durch mehrere Optimierungs – Submissionen gegangen, die aus Fördermitteln finanziert wurden. Die letzte Version, PADI X, liefert eine Einzelkanal – Zeitauflösung von besser als 20ps für typische MRPC Signale, wie in der Abb. 3 zu sehen.

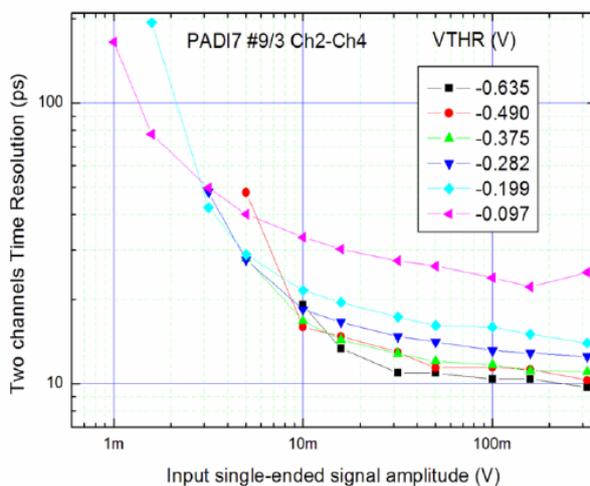


Abb. 3: (CBM – TOF TDR) Zwei-Kanal Zeitauflösung des PADI – 7 Chips. Für typische MRPC Pulshöhen von äquivalenten ca. 10 mV, ergibt sich ein Einzelkanalbeitrag von 15 ps.

2.2 Aufbau der Elektronik – Kette für typische RPC Konfigurationen

Im Rahmen des Projektes wurden Zähler verschiedener Größen (von 12 x 4 cm² bis 27 x 54 cm²) gebaut und getestet, für die die Ausleseplatinen jeweils individuell angepasst wurden. Des Weiteren kamen zu Evaluationszwecke auch sogenannte PAD Zähler, die von der Tsinghua Gruppe angefertigt wurden, zum Einsatz, die wiederum eine von uns entwickelte spezielle Elektronik – Adapterkarte benötigten.

2.3 Anbindung der RPC – Elektronik an das CBM – DAQ System

Verschiedene Konfigurationen wurden für die Auslese der MRPC – Zähler aus den Fördermitteln realisiert, deren wichtigste in Abb. 4 gezeigt sind.

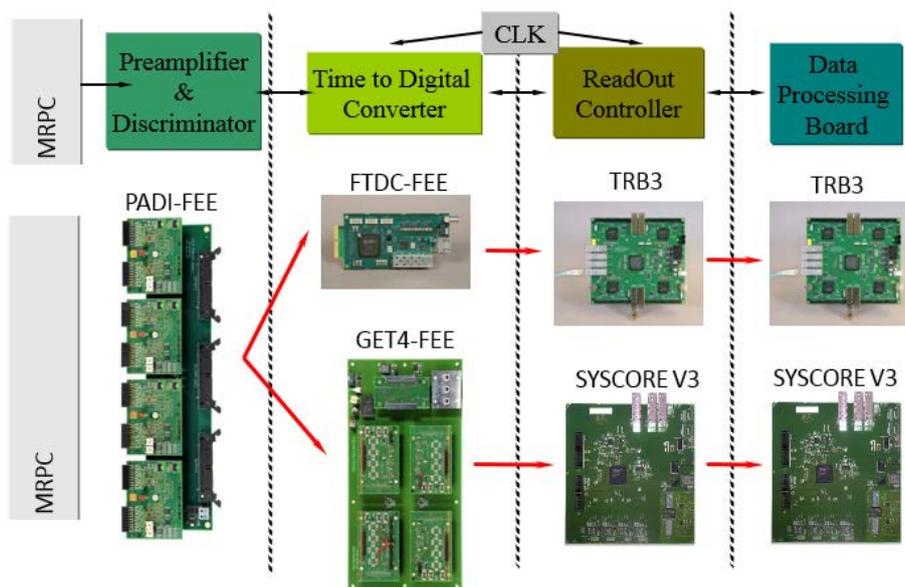


Abb.4: Übersicht über die MRPC – Datenausleseketten. Gezeigt sind die Elektronik – Karten für ein getriggertes System (TRB3) und ein freilaufendes System, das als Digitalisierungselement den von uns entwickelten GET4 – Chip integriert.

Details zu den entwickelten Bauteilen sind im TDR (Abb. 6) beschrieben. Beide Datenaufnahmeketten benutzen PADI als Frontend Chip und haben eine Einzelkanalauflösung von besser als 25 ps.

2.4 Erstellung eines mobilen hybriden Testsystems

Um den Anforderungen der verschiedenen Tests gerecht zu werden, wurde ein modulares System entwickelt und gebaut, das in Abb. 5 zu sehen ist. Neben den mechanischen Komponenten, die zur Halterung der Detektoren notwendig sind, umfasst es die Ausleseelektronik für ca. 1000 MRPC – Kanäle, ein Gassystem zur Versorgung von bis zu 20 Zählern und die nötigen Spannungsversorgungen.

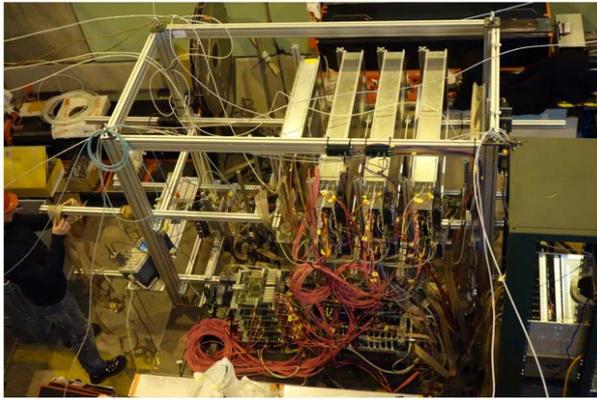


Abb. 5: Foto des mobilen Teststands während der Aufbauphase des Experiments am H4 – Messplatz am SPS / CERN im November 2015. 20 verschiedene MRPC Prototypen mit insgesamt etwa 1000 Auslesekanälen wurden in der Reaktion Pb + Pb bei 30 AGeV getestet.

2.5 Aufbau und Test vollständiger Prototypen für CBM

Im Berichtszeitraum wurden mit dem mobilen Testsystem mehrere Strahlzeiten durchgeführt, in denen auch die Zähler der anderen CBM – TOF Gruppen integriert wurden (siehe Abb.4).

Zeit	Maschine	Labor	Reaktion	Strahlenergie
September 2013	SIS18	GSI	d + Pb	1 AGeV
Oktober 2014	SIS18	GSI	Sm + Pb	1.2 AGeV
Februar 2015	SPS	CERN	Ar + Pb	10,20 AGeV
November 2015	SPS	CERN	Pb + Pb	30 AGeV

Hauptanliegen dieser Strahlzeiten ist die Verifikation der Zählereigenschaften unter Vollastbedingungen, d.h. bei gleichzeitigem Nachweis von mehreren geladenen Teilchen in einem Zähler und bei hoher Rate der Ereignisse. Die Ergebnisse sind vielversprechend und sind in den Konferenzbeiträgen zu den RPC – Konferenzen dokumentiert. Exemplarisch sei hier nur ein Ergebnis zitiert (I. Deppner, RPC 2016, arXiv:1606.04917 [physics.ins-det]) : in Abb. 6 ist die Anregungsfunktion eines der in Heidelberg entwickelten differentiellen MRPC – Streifenzählers gezeigt, und zwar für die Effizienz (links) und für die Zeitauflösung (rechts).

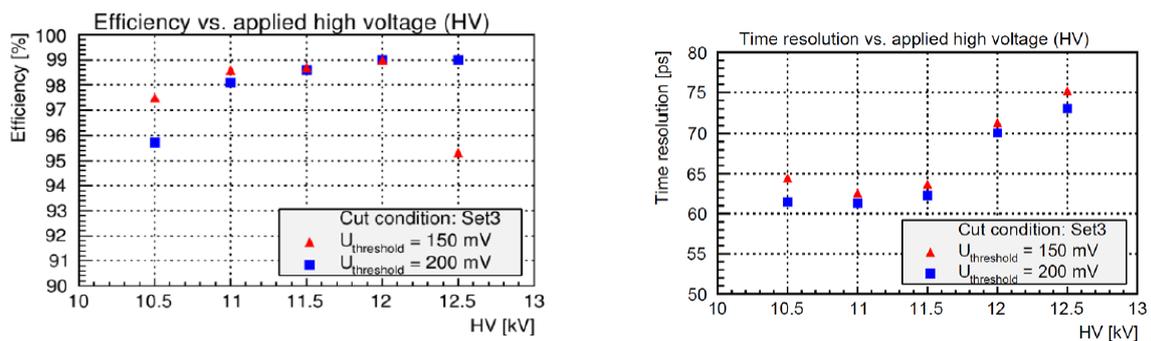


Abb. 6: Effizienz und Zeitauflösung eines MRPCs gemessen in der Reaktion Sm + Pb bei einer Einschussenergie von 1.2 AGeV

Die Zeitauflösung ist dabei zwischen zwei beitragenden Zählern gemessen, der Einzelbeitrag des Zählers beträgt im Minimum 45ps einschließlich der Elektronik und erfüllt somit die CBM Design Kriterien von besser als 60ps. Auch die Effizienz übersteigt das Soll, das bei 95% liegt. Die vergleichenden Untersuchungen mit den Prototypen der anderen beteiligten Gruppen waren zum Ende des Berichtszeitraums (Dezember 2015) noch nicht abgeschlossen. Es sollte aber erwähnt werden, dass sich auch mit MRPC Designs, die auf einer doppelten Glasstapelstruktur aufsetzen, ähnlich gute Ergebnisse erzielen lassen.

Alle diese Ergebnisse werden mithilfe eines Auslese- und Datenanalysepakets gewonnen, die von der Heidelberger Gruppe im Rahmen der Förderung entwickelt und gepflegt wird.

2.6 Erstellung des TDR zur Vorbereitung der Produktion der CBM Flugzeitwand

Aufbauend auf den Messungen an Hadronenstrahlen wurde der Technical Design Report unter Federführung der Heidelberger Gruppe im Oktober 2014 fertiggestellt und im Februar 2015 akzeptiert (Abb. 6).

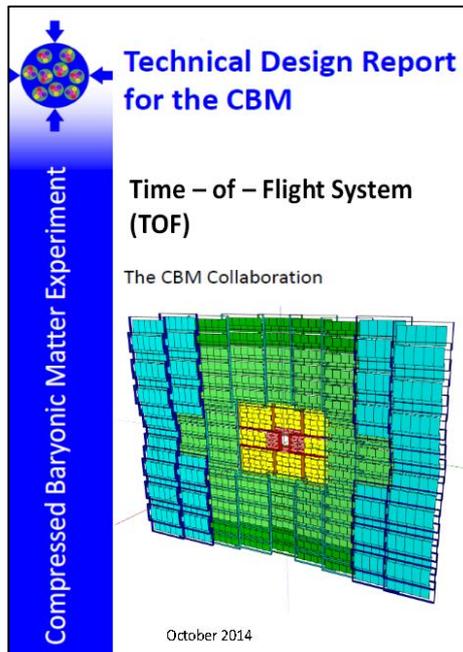


Abb. 7: CBM – TOF Technical Design Report
Das Dokument ist unter der Adresse

http://repository.gsi.de/record/109024/files/tof-tdr-final_rev6036.pdf

öffentlich zugänglich.

2.7 Vorbereitung der Qualitätskriterien für die Produktionsphase 2015 - 2017

Aufgrund veränderter Zeitpläne, die den erstmöglichen Einsatz der CBM – Flugzeitwand erst für das Jahr 2022 vorsehen, wurde dieser Punkt des Arbeitsplans nicht angegangen.

3. Vorbereitung der ersten Messungen von CBM am SIS100

Die Vorbereitung der ersten Messungen hat im Förderzeitraum deutlich an Priorität verloren, da sich die FAIR Zeitpläne deutlich nach hinten verschoben haben. Zum Ausgleich haben wir aber Untersuchungen durchgeführt, inwieweit sich die CBM – TOF Komponenten in andere Experimente integrieren lassen. Hier sei insbesondere der Einsatz von CBM – TOF Detektoren beim sogenannten „Beam Energy Scan II“ des STAR – Experiments am Relativistic Heavy Ion Collider in Brookhaven, USA genannt, der für die Jahre 2019 und 2020 interessante Perspektiven eröffnet, die entwickelten Komponenten wissenschaftlich zu nutzen.

3.1 Entwicklung und Simulation eines Gesamtkonzeptes zur Messung seltsamer Teilchen

Zur Vorbereitung des CBM – Physik Programms am SIS100 und der Entwicklung eines Gesamtkonzeptes wurden weiterhin die folgenden Observablen auf ihre Verwendbarkeit als Selektionskriterium im First – Level – Event – Selektor (FLES) untersucht:

- a) Kaonen – Multiplizität zur Anreicherung von Mehrfach seltsamen baryonischen System,
 b) Antiproton – Identifizierung zur Untersuchung der Anregungsfunktion der Antibaryon – Produktion.

Die in den Simulationen erzielten Ergebnisse zu Punkt a) sind beispielhaft in Abb.8 gezeigt.

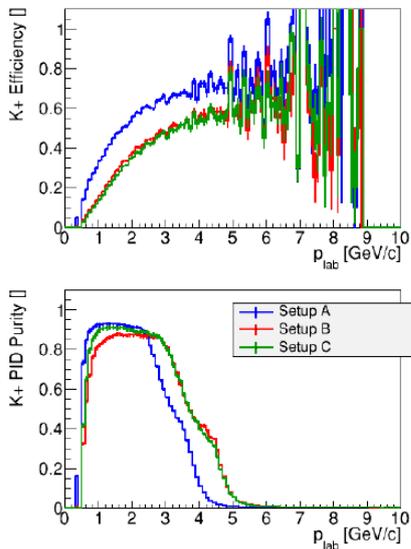


Abb.8

a) Effizienz des Nachweises positiv geladener Kaonen als Funktion des Laborimpulses für Au + Au Reaktionen bei einer Einschussenergie von 4 AGeV. Verschiedene Detektor-anordnungen wurden miteinander verglichen:

(blau) TOF Wand im Abstand von 6m vom Target. Nur Silicon Tracker (STS) und TOF.

(grün) TOF Wand im Abstand von 10m vom Target. Neben STS und TOF kommt eine Trackingstation (TRD bei ca. 5m) zum Einsatz.

(rot) Endausbaustufe von CBM.

b) Reinheit der Kaonen-Teilchenidentifizierung als Funktion des Laborimpulses.

Es ist klar zu erkennen, dass es ein großes Optimierungspotential gibt, wenn man die Idee der Eventselektion aufgrund der Multiplizität geladener Kaonen weiter verfolgt. Insbesondere die Verkürzung des Flugweges und die Minimierung von Detektormaterial erscheinen erfolgversprechend. Diese Ergebnisse sind in den TDR des TOF – Systems eingeflossen. Das Datenaufnahme-Simulations-Projekt war bei der gegenwärtigen Mitarbeiterstruktur und –zahl nur unzureichend besetzt und muss im Nachfolgeprojekt gestärkt werden.

Publikationen

1. Publikationen in referierten Zeitschriften

- 1) K. Piasecki et al. (FOPI Collaboration), "Centrality dependence of subthreshold ϕ meson production in Ni + Ni collisions at 1.9A GeV", Phys.Rev. C94 (2016) no.1, 014901, arXiv:1602.04378 [nucl-ex]
- 2) P. Gasik et al. (FOPI Collaboration), "Strange meson production in Al+Al collisions at 1.9 A GeV", Eur.Phys.J. A52 (2016) no.6, 177, arXiv:1512.06988 [nucl-ex]
- 3) K. Piasecki et al. (FOPI Collaboration), "Influence of ϕ mesons on negative kaons in Ni+Ni collisions at 1.91A GeV beam energy", Phys.Rev. C91 (2015) no.5, 054904, arXiv:1412.4493 [nucl-ex]
- 4) M. Ciobanu, N. Herrmann, K.D. Hildenbrand, M. Kis, A. Schuttauf, H. Flemming, H. Deppe, S. Lochner, J. Fruhauf, I. Deppner et al., "PADI, an Ultrafast Preamplifier - Discriminator ASIC for Time-of-Flight Measurements", IEEE Trans.Nucl.Sci. 61 (2014) 2, 1015-1023
- 5) Robert Münzer, Martin Berger, Laura Fabbietti, R. Auerbeck, A. Andronic, V. Barret, Z. Basrak, N. Bastid, M.L. Benabderrahmane, P. Buehler et al., "SiAvio: A trigger for Λ -hyperons", Nucl.Instrum.Meth. A745 (2014) 38-49
- 6) V. Zinyuk et al. (FOPI collaboration), "Azimuthal emission patterns of K+ and of K- mesons in Ni + Ni collisions near the strangeness production threshold", Phys.Rev. C90 (2014) 2, 025210
- 7) F.V. Böhmer et al., "First measurement of dE/dx with a GEM-based TPC", Nucl.Instrum.Meth. A737 (2014) 214-221
- 8) M. Ciobanu et al., "PADI, an Ultrafast Preamplifier - Discriminator ASIC for Time-of-Flight Measurements", IEEE Trans.Nucl.Sci. 61 (2014) no.2, 1015-1023
- 9) V. Zinyuk et al., (FOPI Collaboration), "Azimuthal emission patterns of K+ and of K- mesons in Ni + Ni collisions near the strangeness production threshold", Phys.Rev. C90 (2014) 025210, arXiv:1403.1504 [nucl-ex]
- 10) R. Münzer et al. (FOPI Collaboration), "SiAvio: A trigger for Λ -hyperons", Nucl.Instrum.Meth. A745 (2014) 38, arXiv:1307.7470 [physics.ins-det]
- 11) W. Reisdorf et al. (FOPI Collaboration), "Systematics of azimuthal asymmetries in heavy ion collisions in the 1 A GeV regime", Nucl.Phys. A876 (2012) 1-60, arXiv:1112.3180 [nucl-ex]

2. Konferenzbeiträge

- 1) M. Petriş et al., "Prototype with the basic architecture for the CBM-TOF inner wall tested in close to real conditions", J.Phys.Conf.Ser. 724 (2016) no.1, 012037

- 2) I. Deppner, N. Herrmann, J. Frühauf, M. Kiš, P. Lyu, P. -A. Loizeau, L. Shi, C. Simon, Y. Wang, B. Xie, „Performance studies of MRPC prototypes for CBM”
arXiv:1606.04917 [physics.ins-det]
- 3) M. Petriş et al., „Time and position resolution of high granularity, high counting rate MRPC for the inner zone of the CBM-TOF wall”
arXiv:1605.02558 [physics.ins-det]
- 4) Yi Wang et al., „Development and test of a real-size MRPC for CBM-TOF”
arXiv:1605.02395 [physics.ins-det]
- 5) I. Deppner, N. Herrmann (Heidelberg U.), et al., „The CBM Time-of-Flight wall - a conceptual design”, JINST 9 (2014) 10, C10014
- 6) C. Simon, I. Deppner, N. Herrmann, P.A. Loizeau, J. Frühauf., „Performance test of a fully differential float-glass multi-strip MRPC prototype for the CBM ToF wall with cosmic rays”, JINST 9 (2014) 09, C09028
- 7) C.Z. Xiang et al., „The online data pre-processing for CBM-TOF”, JINST 8 (2013) P02002
- 8) Victoria Zinyuk et al. (FOPI Collaboration), „Investigating In-Medium Effects with FOPI Spectrometer”, PoS Bormio2013 (2013) 066
- 9) M. Petrovici et al., „High counting rate, two-dimensional position sensitive timing RPC”, JINST 7 (2012) P11003, PoS RPC2012 (2012) 067
- 10) I. Deppner, N. Herrmann, M. Ciobanu, J. Frühauf, M. Kis, P.A. Loizeau, K. Wisniewski, C. Xiang, „A glass type Multistrip-MRPC prototype for the low rate region of the CBM Time-of-Flight wall”, JINST 7 (2012) P10008, PoS RPC2012 (2012) 016
- 11) I. Deppner (Heidelberg U.) et al., „The CBM time-of-flight wal”
Nucl.Instrum.Meth. A661 (2012) S121-S124
- 12) M. Petris et al., „Toward a high granularity and high counting rate, differential readout timing MRPC”,
Nucl.Instrum.Meth. A661 (2012) S129-S133
- 13) R. Arora et al., „A Large GEM-TPC Prototype Detector for Panda”,
Phys.Procedia 37 (2012) 491-498
- 14) Norbert Herrmann et al. (FOPI Collaboration),
„Strangeness production in AA collisions at SIS18”,
Hyperfine Interact. 210 (2012) 65-69
- 15) Pierre Alain Loizeau, Norbert Herrmann, „A Free-Streaming Readout for the CBM Time of Flight wall”,
PoS RPC2012 (2012) 082

3. Vorträge

N. Herrmann, SINAP seminar, „The CBM experiment at FAIR: physics program and experimental realization”, Shanghai, China, Dec.11 (2015)

N. Herrmann, CBM973 meeting, "Status of the CBM –TOF Project at FAIR", Shanghai, China, Dec.10 -12 (2015)

N. Herrmann, STAR regional meeting, workshop on STAR upgrades, "Overview on CBM – TOF", Hefei, China, Sep. 21 – 22 (2015)

N. Herrmann, 7th CBM – China meeting, "CBM – TOF", Beijing, China, May 6 – 9, 2015

N.Herrmann, LHCb winter school, "Experimental Exploration of QCD –Matter" Neckarzimmern, Germany, Feb. 20, 2015

N. Herrmann, International Conference on Science and Technology for FAIR in Europe, "CBM –program and status", Worms, Germany, Oct.13 – 17, 2014

N. Herrmann, The 2nd Strangeness Workshop for SIS18 energies, "Hypertriton analysis in FOPI", Heidelberg, Germany, Jul.21 – 22, 2014

N. Herrmann, AIDA Academia meets Industry, "Timing MRPCs for Particle Identification in Heavy - Ion Collisions", Vienna, Austria, Mar.24, 2014

N. Herrmann, Physics colloquium, Tsinghua University, "Dense baryonic matter: status and perspective for CBM at SIS100/FAIR", Beijing, China, Feb.27, 2014

N. Herrmann, Teilchenkolloquium, "The Compressed Baryonic Matter Experiment at FAIR: Physics Goals and Detector Status", Heidelberg, Germany, Nov.11 (2013)

N. Herrmann, Forth International Conference on Nuclear Fragmentation (NUFRA2013), "Hypernuclei and strange clusters in heavy-ion collisions", Kemer, Turkey; Sep.29-Oct.6, 2013

N. Herrmann, EMMI workshop: Prospects and Challenges for Future Experiments in Heavy Ion Collisions, "HI – physics at High Net-Baryon Density", Darmstadt, Germany, Feb.15 – 16, 2013

V.Zinyuk, International Winter Meeting on Nuclear Physics, "FOPI results", Bormio, Italy, Jan. 2013

3. Abgeschlossene Arbeiten

Doktorarbeit:

Victoria Zinyuk, "Systematic Study of Strangeness Production and Dynamic Behaviour with the FOPI Experiment at SIS-18", Heidelberg, Mai 2016

B.Sc.Arbeit:

Yannick Söhngen, „Characterization of a Multi-gap Resistive Plate Chamber Reference Counter for the CBM Experiment“, Heidelberg, Mai 2015

Doktorarbeit:

Pierre-Alain Loizeau, „Development and test of a free streaming readout chain for the CBM Time of Flight Wall“, Heidelberg, Juni 2014.

BSc. Arbeit:

Philipp Weidenkaff, „Aufbau und Test eines RPC Referenzsystems für CBM – Detektor – Tests“, Heidelberg, März 2014

Doktorarbeit:

Ingo Deppner, „Development of a fully differential Multi-gap Resistive Plate Chamber for the CBM Experiment“, Heidelberg, November 2013

Doktorarbeit:

Y.P. Zhang, „ ${}^3_{\Lambda}H$ and ${}^4_{\Lambda}H$ Production in Ni + Ni Collisions at 1.91 AGeV“, Heidelberg, Februar 2013

4. Interne Berichte

Jahresberichtsbeiträge GSI, zugreifbar unter <http://repository.gsi.de>

2015

(Der GSI - Jahresbericht für 2015 war zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts leider noch nicht fertiggestellt und ist damit nicht zitierbar.)

2014

I. Deppner, N. Herrmann, P.-A. Loizeau, C. Simon, Y. Söhngen, M. Ciobanu, J. Frühauf, M. Kis, „MPC performance evaluation in a heavy ion beam test at GSI“, DOI:10.15120/GR-2015-1-MU-NQM-CBM-49

V. Zinyuk, N. Herrmann, and the FOPI Collaboration, „Modification of hadron properties at normal nuclear matter density investigated in pion-induced reactions with FOPI spectrometer“, DOI:10.15120/GR-2015-1-MU-NQM-FOPI-02

2013

P.-A. Loizeau, N. Herrmann, I. Deppner, C. Simon, C. Xiang, M. Ciobanu, H. Deppe, H. Flemming, J. Frühauf, M. Kis, K. Koch, S. Linev, S. Manz, „Characterization of the GET4 v1.0 TDC ASIC with detector signals“, NQM-CBM-24

P.-A. Loizeau, N. Herrmann, D. Kresan, F. Uhlig, „Event based unpacker and digitizer for the CBM TOF in CBMROOT“, NQM-CBM-25

A. Balaceanu, V. Aprodu, D. Bartos, G. Caragheorgheopol, F. Constantin, I. Deppner, V. Duta, N. Herrmann, P. Loizeau, M. Petris, M. Petrovici, L. Prodan, A. Radu, L. Radulescu, V. Simion, C. Simon, „High counting rate test of the basic structure for the inner zone of the CBM RPC-TOF“, NQM-CBM-26

C. Simon, I. Deppner, N. Herrmann, P.-A. Loizeau, J. Frühauf, C. Xiang, „RPC prototype test with cosmic irradiation“, NQM-CBM-28

A. Le Fevre, Y. Leifels, W. Reisdorf, J. Aichelin, C. Hartnack, N. Herrmann, „Constraining the nuclear matter equation of state around twice saturation density“, NQM-FOPI-01

V. Zinyuk, N. Herrmann, „Differences in population of the phase space for K_{\pm} -mesons produced in π -induced reactions with heavy and light targets“, NQM-FOPI-02

2012

Y.P.Zhang, N.Herrmann, and FOPI collaboration, "Production of hypernuclei in Ni+Ni collisions at 1.91A GeV", PHN-NQM-EXP-03

V. Zinyuk, N. Herrmann, for the FOPI Collaboration, and the GEM-TPC Collaboration, "Differences in population of the phase space for K_{\pm} -mesons produced in π -induced reactions with heavy and light targets", PHN-NQM-EXP-04

I. Deppner, N. Herrmann, P.-A. Loizeau, C. Simon, C. Xiang, M. Ciobanu, J.Fruhauf, M.Kis, and the CBM-TOF working group, "A CBM Time-of-Flight outer wall layout", PHN-NQM-EXP-36

C. Simon, N. Herrmann, I. Deppner, P.-A. Loizeau, J.Fruhauf, C. Xiang, M.Kis, M. Petris, M. Petrovici, and the CBM-TOF working group, "RPC test with heavy-ion beams", PHN-NQM-EXP-37