

Bachelor- / Master-Thesis @ AG Düren

GCS
GIESSEN COSMIC STATION



Experimente

- ~~PANDA (FAIR)~~
- ATLAS (CERN-Genf)
- Giessen Cosmics Station (Gießen)
- Super Charm Tau Factory (Sarov)

Bachelor- / Masterarbeit (Beispiele)

Detektorbau:

Computing + Big Data:

Physikanalyse:

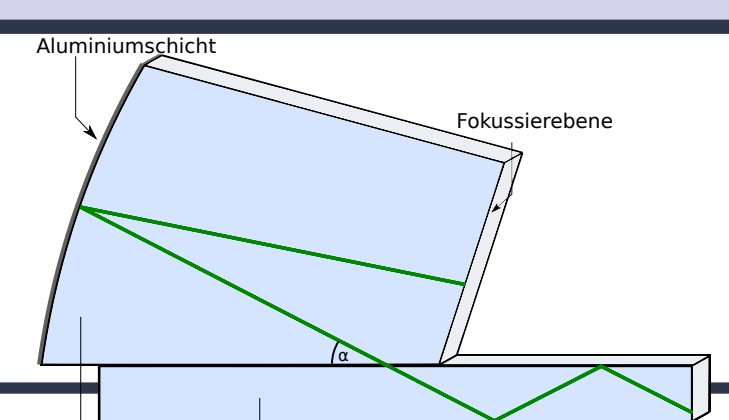
- Optik, Elektronik, Sensoren, CAD
- Real time data acquisition
- Monte Carlo Simulationen / Machine Learning
- elastische Streuung bei 13 000 GeV
- Entdeckung des 3-Gluon-Teilchens (Odderon)

Bachelor Poster (Beispiele)

Weiterentwicklung eines automatisierten Messverfahrens zur Qualifikation der Fokussierelemente für den PANDA Endcap Disc DIRC

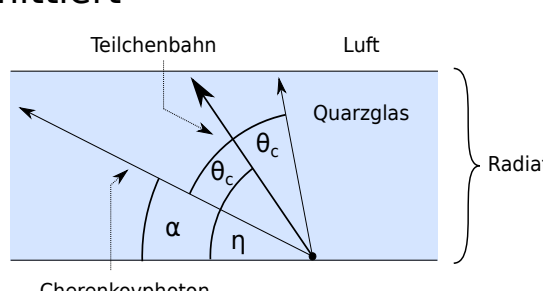
Bachelor Thesis von Sophie Kegel
September 2018

- FELs (Focusing Elements) sollen Cherenkovphotonen abhängig von ihrem Einfallswinkel fokussieren
- Mit der hier vorgestellten Messung soll die Qualität der Fokussierung von 12 FELs überprüft werden



Cherenkovstrahlung

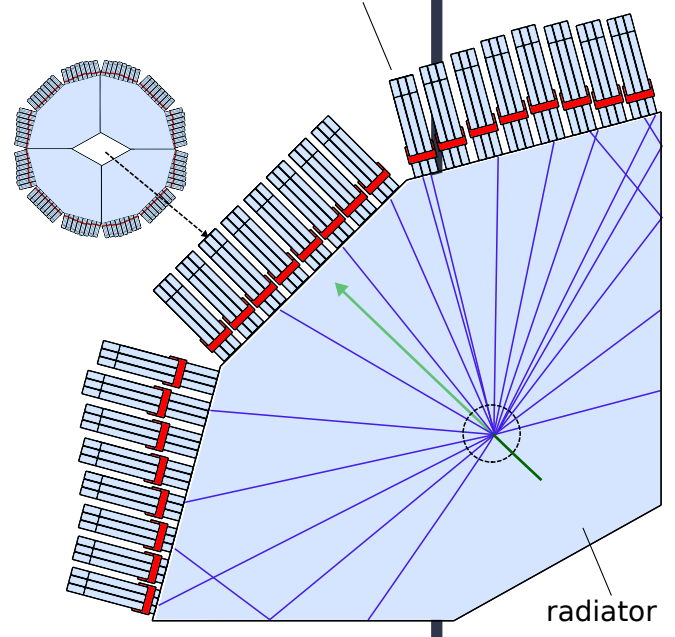
- Geladene Teilchen, die sich in einem Medium schneller als die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium bewegen, emittieren Cherenkovstrahlung
- Die Photonen werden in einem Kegel um die Trajektorie des Teilchens emittiert



- Der Öffnungswinkel ist gegeben durch: $\theta_c = \arccos\left(\frac{1}{n(\lambda)\beta}\right)$ [1]

Fokussierelemente (FELs)

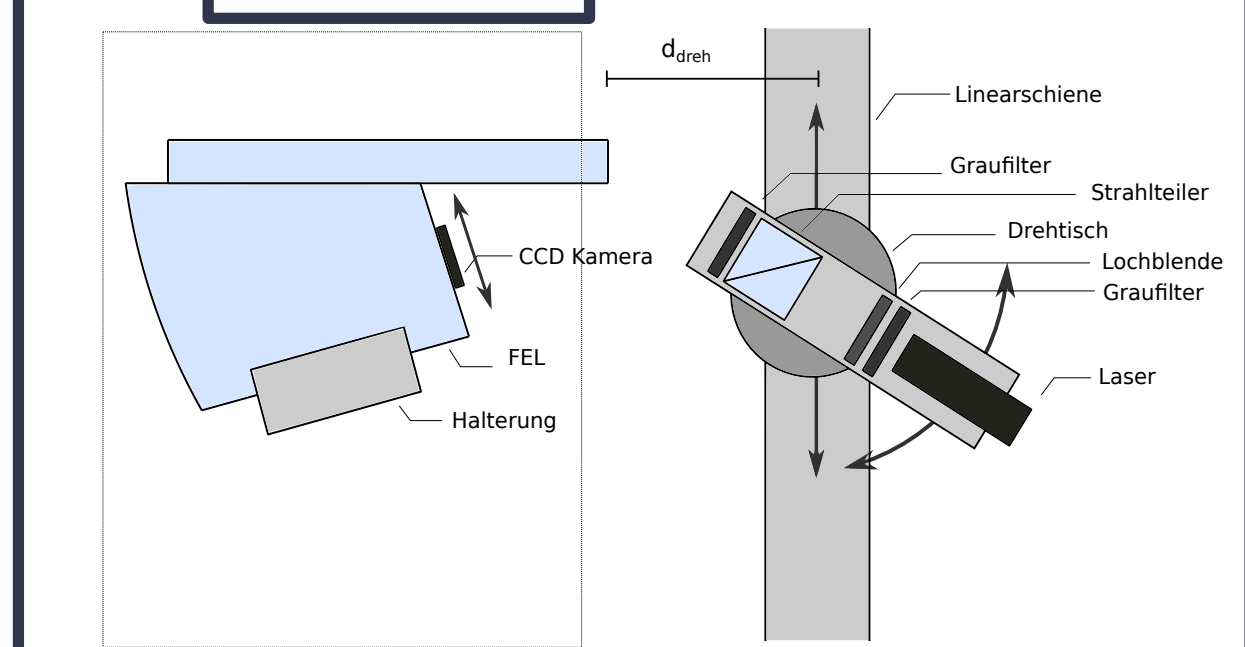
- FELs wandeln Winkelinformationen von Photonen in Ortsinformationen um
- Photonen, die in einem Winkel zwischen 21° und 41° in den FEL eintreten, werden an der verspiegelten, gewölbten Fläche reflektiert und treffen auf die Fokussierebene, wo sie detektiert werden



EDD

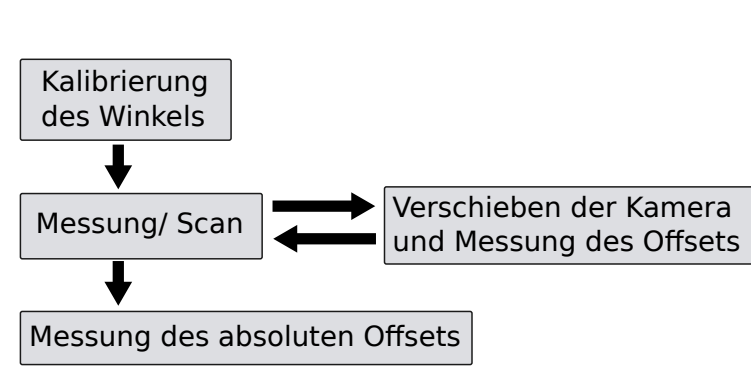
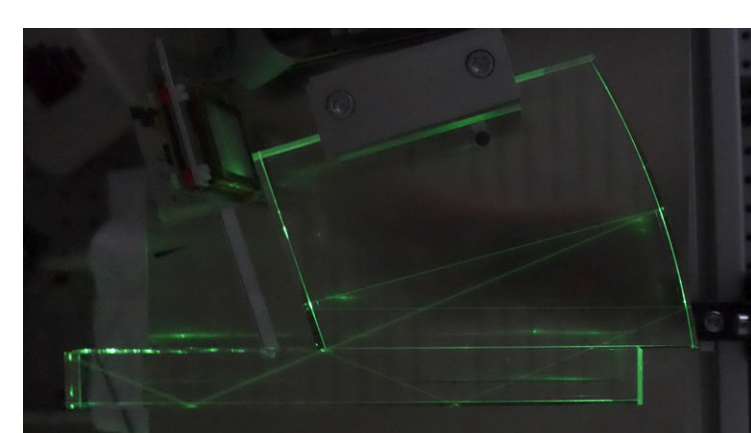
- Der EDD dient der Identifizierung von Pionen und Kaonen
- Cherenkovdetektor, der aus vier identischen Quadranten aufgebaut ist
- Jeder Quadrant besteht aus einer aus synthetischem Quarzglas gefertigten Radiatorplatte und 24 Read Out Modules (ROMs)
- Ein ROM enthält 3 FELs, die jeweils durch einen Bar an den Radiator gekoppelt werden, sowie einen optischen Filter und einen MCP-PMT zum Detektieren der auftretenden Photonen
- Geladene Teilchen, die durch den Radiator fliegen, emittieren Cherenkovphotonen, die innerhalb des Radiators totalreflektiert werden, wobei der Winkel zwischen den Photonen und der Oberfläche des Radiators erhalten bleibt
- Photonen bewegen sich so zum Rand der Platte, wo sie in den ROMs fokussiert und detektiert werden [2]

Messaufbau



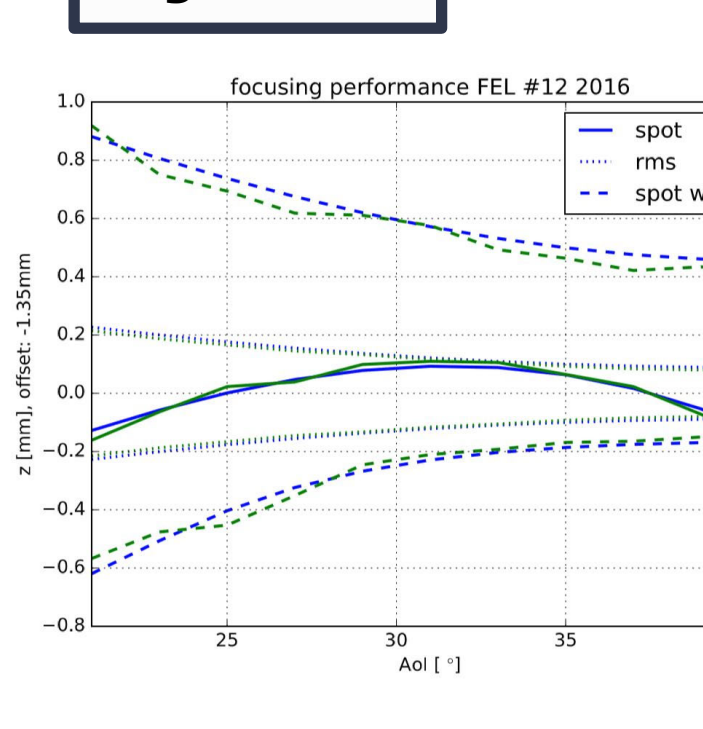
Messung

- Der Laser wird auf einen Winkel zwischen 21° und 41° eingestellt und auf das untere Ende des Bars gerichtet
- Der Laser wird in kleinen Schritten auf der Linearachse verschoben, um alle Eintrittspunkte abzudecken
- Nach jedem Verschieben wird ein Bild mit der CCD Kamera aufgenommen
- Da die Kamera nicht die gesamte Fokussierebene abdeckt, wird sie während der Messung einige Male verschoben
- Die Verschiebung wird durch vor und nach der Verschiebung aufgenommene Referenzbilder bestimmt



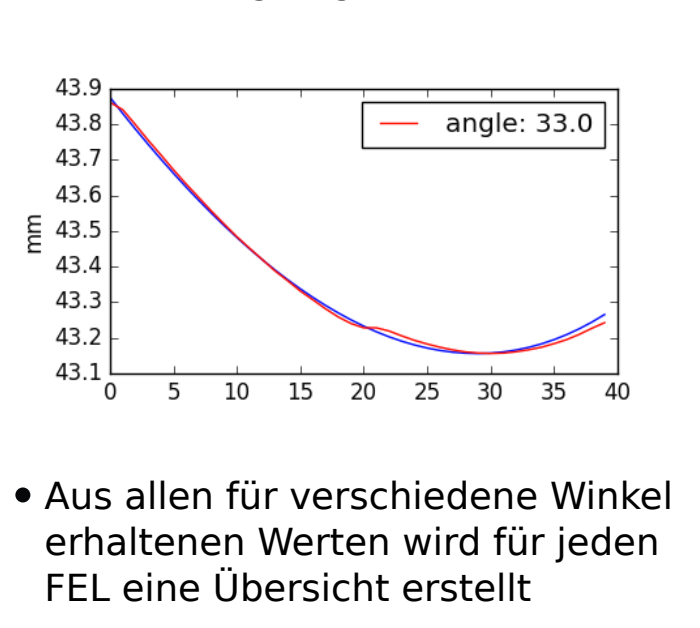
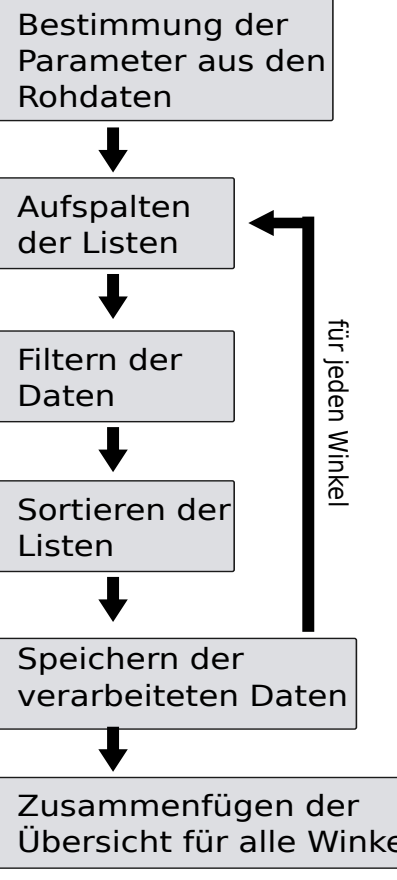
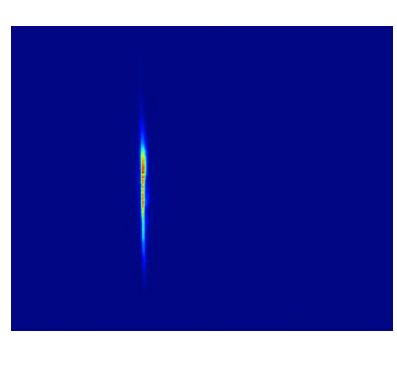
Ergebnisse

- Für jeden vermessenen FEL werden die gemessenen Werte (grün) mit entsprechenden simulierten Werten (blau) verglichen
- **spot**: relative mittlere Lage des Spots auf der Fokussierebene
- **rms**: mittlere quadratische Abweichung
- **spot width**: Abweichung des höchsten und niedrigsten Punktes vom Durchschnitt



Auswertung

- Die gemessenen Daten liegen zunächst als Bilddateien vor
- Mit Hilfe verschiedener Programme werden die Daten extrahiert
- Die Positionen der Spots werden durch einen Gaußfit bestimmt
- Durch einen dafür entwickelten Algorithmus werden die Daten gefiltert und zu einer Parabel zusammengefügt



- Aus allen für verschiedene Winkel erhaltenen Werten wird für jeden FEL eine Übersicht erstellt

Quellen

- [1] P. Cherenkov, *Visible emission of clean liquids by action of gamma radiation*, Dokl. Akad. Nauk. SSSR 2 (1934) 451
- [2] E. Etzelmüller, *Developments towards the Technical Design and Prototype Evaluation of the PANDA Endcap Disc DIRC*, PhD thesis, Justus-Liebig-Universität Gießen <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2017/12820/> (2017)

Bestimmung der Detektor-Performance eines Disc-DIRC-Prototypen für die Teststrahlzeit 2018 mit Monte-Carlo-Simulationen

Jan Hofmann, II. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen

Problemstellung

Um die Performance des realen Detektor-Prototypen zu beurteilen, ist es nötig, Monte-Carlo-Simulationen durchzuführen.

Funktionsprinzip

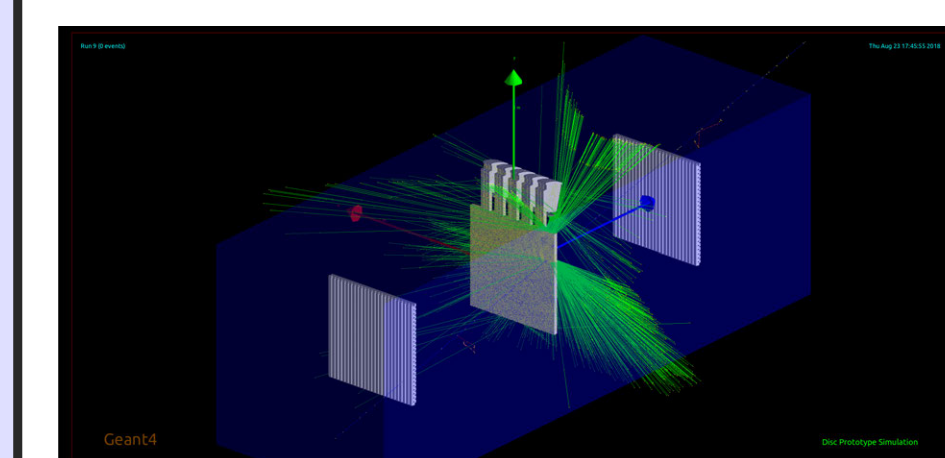
Der Detektor detektiert Cherenkov-Strahlung [2], die von schnellen geladenen Teilchen emittiert wird, wenn diese ein Radiatormaterial passieren.

$$\cos(\theta_c) = \frac{1}{n\beta} \quad \frac{dN^2}{dkdx} = \alpha z^2 \sin^2(\theta_c)$$

Dabei bezeichnet N die Anzahl der emittierten Photonen und k die Wellenzahl. Der Emissionswinkel zur Teilchenbahn hängt nur vom Brechungsindex n und der Geschwindigkeit β ab. Durch Messung des Winkels kann die Geschwindigkeit bestimmt werden.

Simulationen

Die Berechnungen werden mit dem Simulationstoolkit Geant4 durchgeführt [1].



Zu sehen sind die Trajektorie eines Protons in blau und die beim Durchdringen der Quarzplatte emittierten Cherenkov-Photonen in grün. Die Photonen propagieren mittels Totalreflexion durch den Radiator und werden am oberen Ende von Readout-Modulen (ROMs) detektiert.

Performancebewertung

Zur Bewertung der Performance der Teilchenidentifikation [3] werden drei unterschiedliche Größen verwendet:

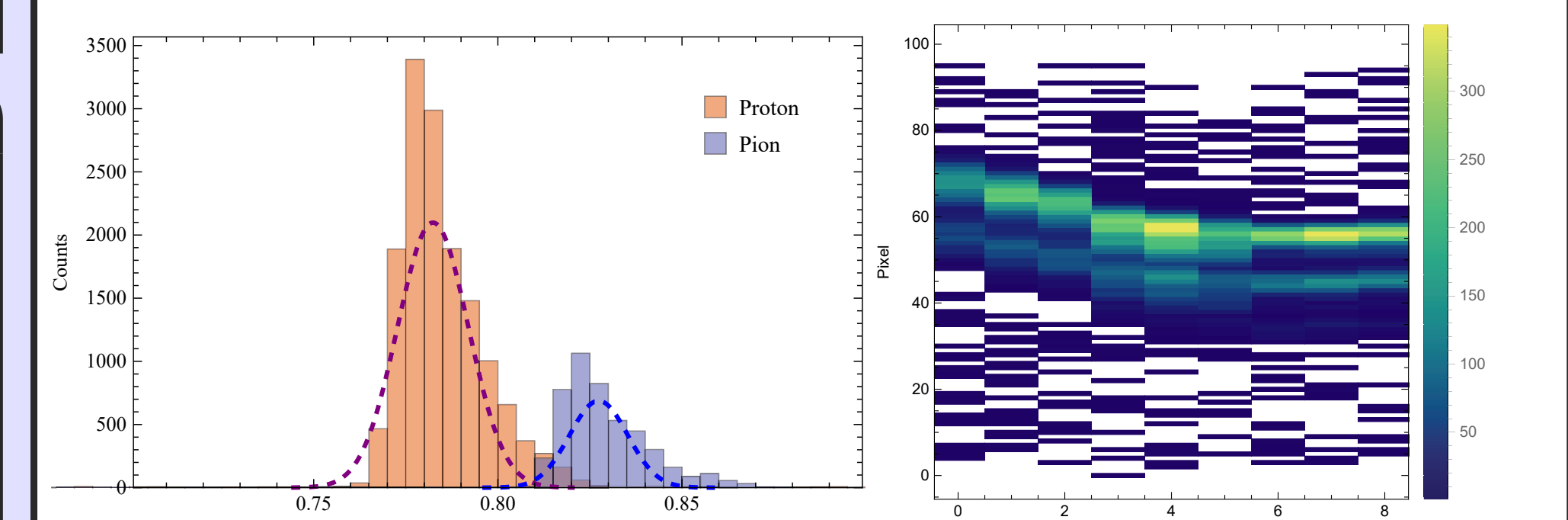
- Nph**: Number of photons gibt an, wie viele von einem Teilchen emittierte Photonen detektiert werden.
 - SPR**: Single-Photon-Resolution gibt die Auflösung eines rekonstruierten Winkels an und entspricht der Breite eines Cherenkov-Peaks.
 - SP**: Separation-Power ist eine qualitative Größe zur Unterscheidbarkeit zweier benachbarter Winkel. Eine hohe SP bedeutet eine geringe Wahrscheinlichkeit, Teilchen falsch zu identifizieren.
- Anhand dieser Größen wurden vier verschiedene Setups von Filtern und Sensoren untersucht und miteinander verglichen.

Referenzen

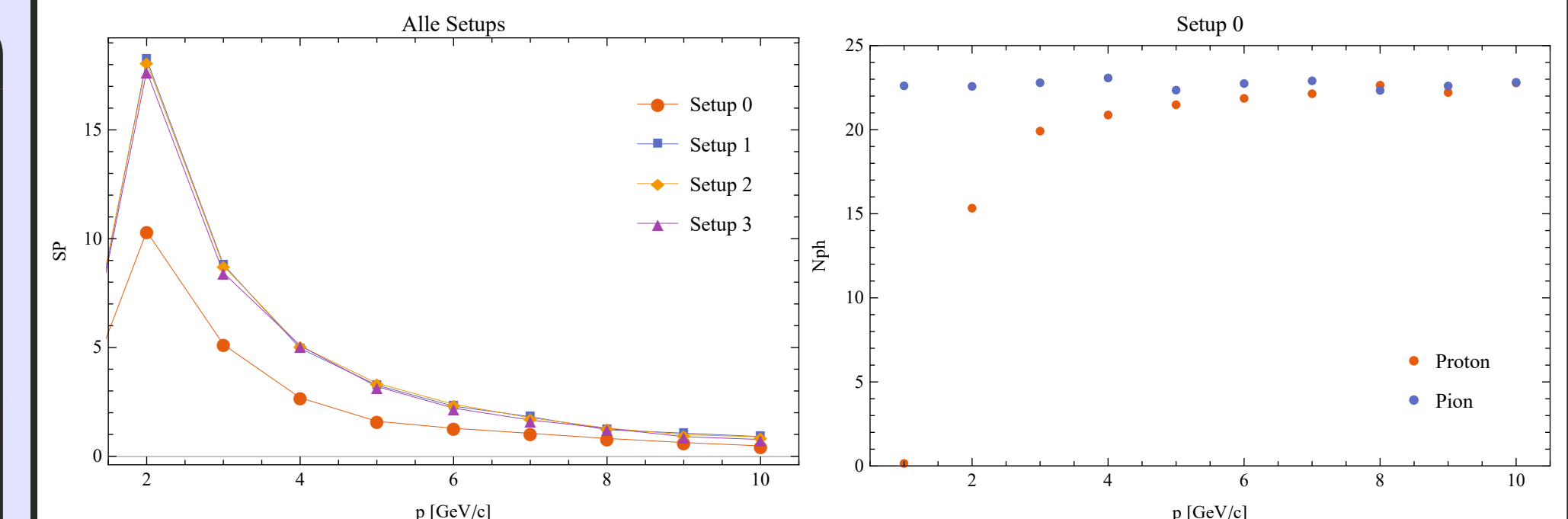
- [1] <http://geant4.web.cern.ch/>
- [2] I. Tamm I. Frank, *Coherent Visible Radiation of Fast Electrons Passing Through Matter*, Dokl. Akad. Nauk, 1937.
- [3] M. Schmidt, *Particle Identification with the Endcap Disc DIRC for PANDA*, Diss. Justus-Liebig-Universität Gießen, 2017.

Simulationsergebnisse

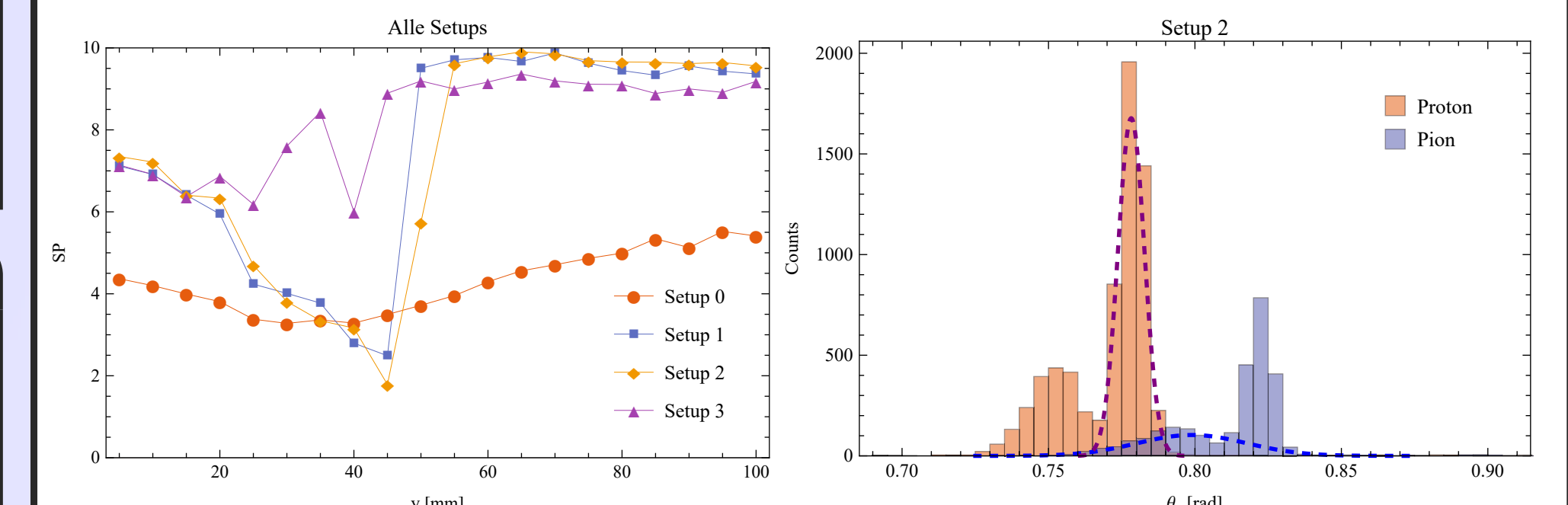
Die vier Setups unterscheiden sich in den verwendeten Filtern. Setup 0 besitzt keinen Filter, Setup 1 zwei optische Filter und Setup 2 und 3 beide jeweils einen optischen und einen Interferenzfilter.



Gezeigt werden die rekonstruierten Cherenkov-Winkel und das Hitpattern für jeweils Protonen und Pionen, die mit einem Impuls von 3 GeV/c auf den Radiator treffen. Aus dem Hitpattern wird der Cherenkov-Winkel rekonstruiert und mittels einer Gaußfunktion gefittet.



Die Anzahl der detektierten Photonen strebt mit steigendem Impuls gegen einen Grenzwert. Die SP und damit die Unterscheidbarkeit der Teilchen nimmt hingegen ab.



Beim Vertikalscan wurde parallel und in festem Abstand zu den ROMs durchgesannt. Der Rekonstruktionsalgorithmus versagt bei Abständen zum unteren Rand des Radiators von etwa 20 bis 55 mm. Photonen werden in diesem Bereich am Rand reflektiert und es tritt ein zweiter Cherenkov-Peak auf. Die fehlerhafte Rekonstruktion für Setup 2 bei einem Abstand von $y = 45$ mm ist rechts zu sehen, wo für Pionen der falsche Peak gefittet wurde.

Zusammenfassung

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die Begrenzung des Wellenlängenbereichs durch die Filter eine deutliche Verbesserung der SP bewirkt. Dies ist vor allem auf eine geringere SPR und damit Winkelauflösung der einzelnen Cherenkov-Peaks zurückzuführen.

Es konnte ein großer Unterschied zwischen Setup 0 und den anderen Setups festgestellt werden. Setup 0 besitzt keine Filter, wohingegen die Setups 1-3 alle Filter beinhalten und dadurch eine geringere Winkelauflösung und damit auch eine höhere SP aufweisen. Von diesen drei Setups liefert Setup 2 die beste Performance.

Der Detektor beziehungsweise der verwendete Algorithmus zur Winkelrekonstruktion zeigt Schwächen, wenn der Teilchenstrahl in der Nähe der Ränder auf den Radiator trifft. In diesen Bereichen treten Reflexionen von Cherenkov-Photonen an den Radiatorrändern auf, die zusätzlich auf die ROMs in Randnähe treffen.

Zur weiteren Verbesserung der Identifikation muss also eine weitere Methode angewendet werden. Dies könnte zum Beispiel über einen Algorithmus geschehen, der Zusatzpeaks herausfiltert oder eine Hardwaremodifikation, die Reflexionen an den Rändern unterbindet.