

## Datenanalyse am LHCb-Experiment (CERN)

Gruppenleiter: Prof. Dr. Johannes Albrecht und Dr. Dominik Mitzel

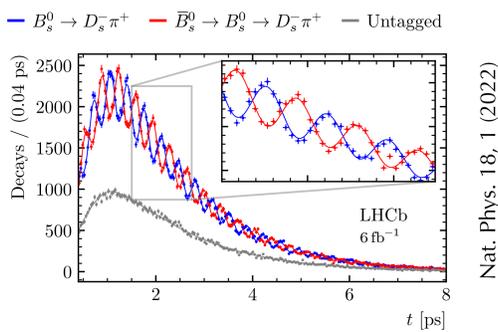
### Suche nach neuer Physik mit Hilfe von Quantenfluktuationen

#### CP-Verletzung

- Materie-Antimaterie-Asymmetrie im Universum nicht mit bisheriger Kenntnis über CP-Verletzung erklärbar
- Untersuchung von Verzweungsverhältnissen und zeitabhängiger CP-Verletzung zur Messung der CKM-Winkel  $\beta$  und  $\gamma$

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Sensitivitätsstudien für Messungen der CP-Verletzung im Zerfallskanal  $B^0 \rightarrow D^{*-}\pi^+$
- Optimierung der Selektion des Zerfalls  $B^0 \rightarrow \bar{D}^0\pi\pi$  mit  $\bar{D}^0 \rightarrow K\pi\pi$  für Studien zum  $B^0 \rightarrow \bar{D}^0D^0$ .

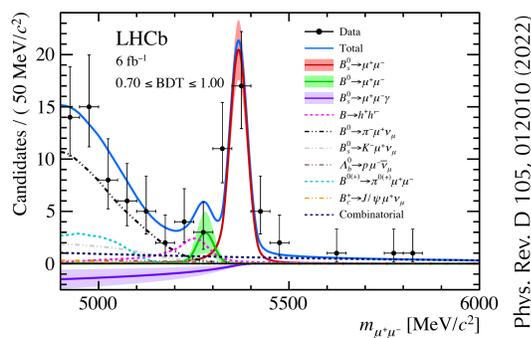


#### Seltene Zerfälle

- Seltene Prozesse sehr sensitiv auf mögliche Effekte neuer Physik
- Effiziente Unterdrückung von Untergründen nötig

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Suchen nach seltenen Zerfällen und Messungen von deren Eigenschaften mit den neuesten LHCb-Daten

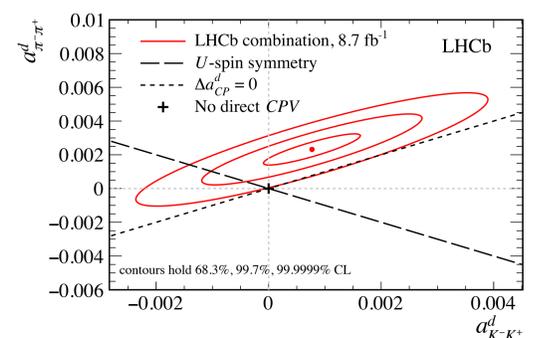


#### Charm-Physik

- Einziges gebundenes System zur Untersuchung der Mischung neutraler Mesonen und seltener Zerfälle mit einem schweren Up-Type-Quark
- Winzige Effekte messbar aufgrund starker Unterdrückung im Standardmodell
- Viele in naher Zukunft zu klärende offene Fragen

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Suchen nach CP-Verletzung sowie nach seltenen und verbotenen Charm-Zerfällen
- Studien von Winkelverteilungen
- Studien detektorbezogener Asymmetrien



### Präzisionsmessung von Wirkungsquerschnitten der Quantenchromodynamik (Astro-QCD)

#### Hadronproduktion im Hinblick auf Astroteilchenphysik

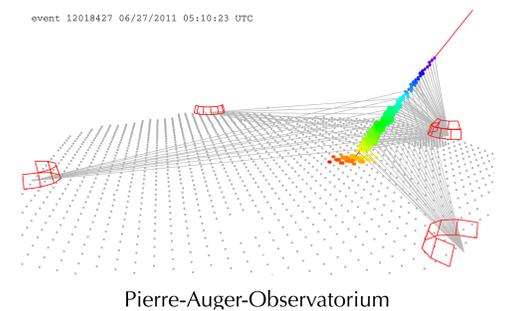
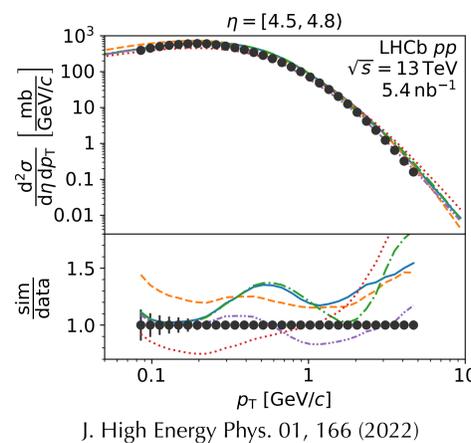
- Diskrepanz in der Anzahl produzierter Myonen zwischen beobachteten und simulierten Luftschauern (Myonrätsel)
- Validierung und Verbesserung hadronischer Wechselwirkungsmodelle nötig

#### Analyse erster Run-3-Daten

- Beitrag zum Verständnis des neuen LHCb-Detektors
- Messung leicht rekonstruierbarer  $K^0$ -,  $\phi$ - und  $\Lambda$ -Zerfälle

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Optimierung der Rekonstruktion von  $K^0$ - und  $\Lambda$ -Teilchen in p-Ne-Daten
- Test der Hypothese von Teilchenidentifikations-Korrelationen beim Zerfall  $\phi \rightarrow KK$



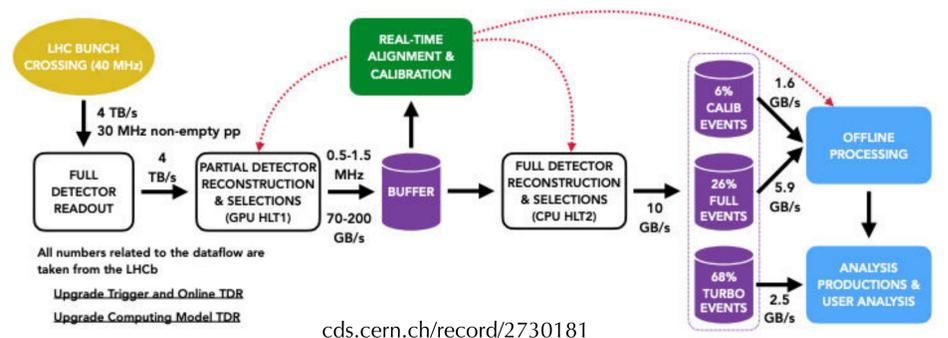
### Echtzeitdatenanalyse (RTA)

#### Trigger

- Softwareentwicklung für das LHCb-Triggersystem zur Filterung der Daten bei 30 MHz
- Rekonstruktion von Spuren und Zerfallsvertices potentiell interessanter Prozesse
- Echtzeitausrichtung und -kalibrierung für hohe Präzision rekonstruierter Verteilungen

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Optimierung von Rekonstruktionsalgorithmen auf GPUs auf HLT1-Trigger-Ebene
- Studie zur Effizienz von Triggern mit datengesteuerten Methoden mit Daten aus dem Jahr 2024
- Maschinelles Lernen für Trigger von B-Mesonen
- Echtzeit-Justierung des Szintillationsfaser-Trackers (SciFi)



# Software-Entwicklung am LHCb-Experiment (CERN) und Detektorenentwicklung

Gruppenleiter: Prof. Dr. Johannes Albrecht und Dr. Dominik Mitzel

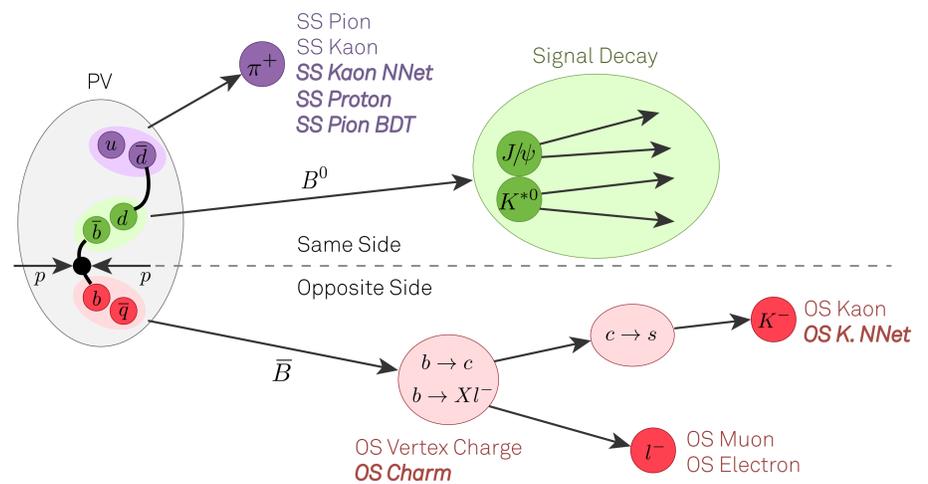
## Flavour-Tagging

### Bestimmung des $B$ -Meson-Flavours

- System neuronaler Netzwerke zur Bestimmung der Teilchen- oder Antiteilchennatur von  $B$ -Mesonen mithilfe anderer Teilchen im Ereignis
- Zentral für Messungen mit  $CP$ -Verletzungen und Teilchenoszillationen

### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Optimierung des Trainings von Tagging-Algorithmen mit LHCb-Daten aus Run 2
- Flavour-Tagging-Kalibrierung für verschiedene Zerfallskanäle mit LHCb-Daten aus Run 3

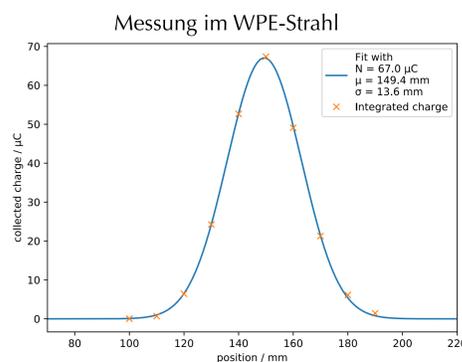


## Diamantbasierte strahlenharte Detektoren

- Diamanten im Beam-Condition-Monitor als Schutzsystem für gesamten LHCb-Detektor
- Eignung für Einsatz dicht am Strahlrohr aufgrund großer Strahlenhärte
- Weiterentwicklungen
  - Schnelle 25 ns-Auslese zur zeitaufgelösten Messung der einzelnen LHC-Protonenpakete
  - Test neuer Verstärker und Schaltungen
- Mögliche Anwendungen in der Protonentherapie
  - Präzise Vermessung des Strahlungsfeldes
  - Kalibrierung der Strahlenergie dank sehr guter Energieauflösung

### Mögliche Bachelorarbeitsthemen (auch Medizinphysik)

- Entwicklung einer neuen schnellen elektronischen Auslese für zukünftige Diamantdetektorsysteme
- Charakterisierung von Diamantsensoren im Kontext des geplanten neuen Diamantdetektorsystems bei LHCb

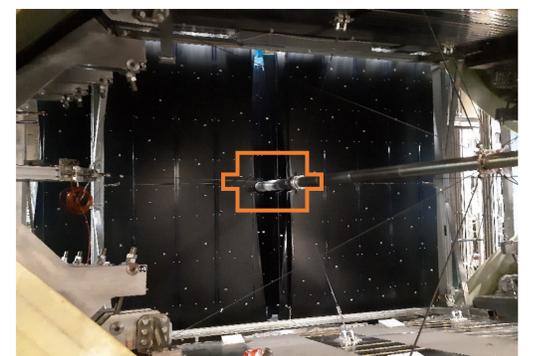
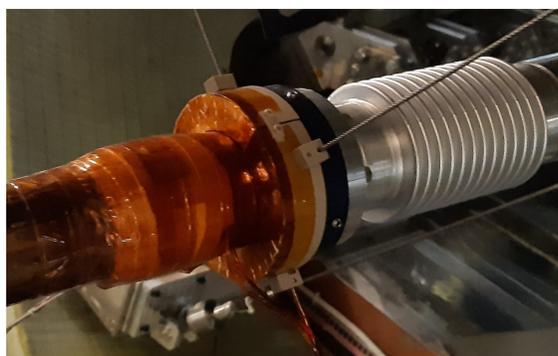


## LHCb Mighty Tracker

- Siliziumpixeldetektor als nächste Ausbaustufe des zentralen Bereiches des Hauptspursystems des LHCb-Detektors

### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

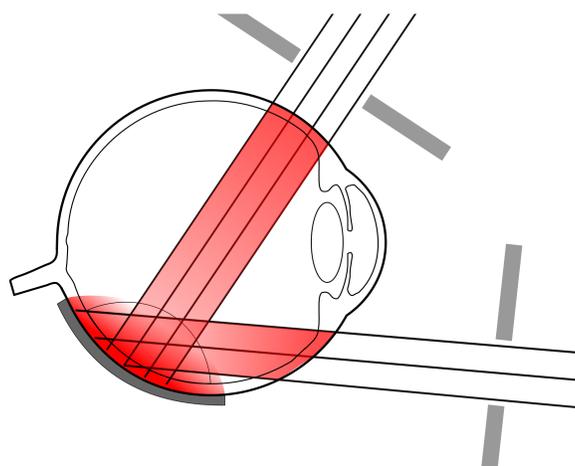
- Studien zur Stromversorgung mit wenig störendem Material
- Simulationen zur Detektorauflösung und zum Materialbudget
- Inbetriebnahme und Charakterisierung neuer Prototypen für Mighty-Pix-Detektor-Chips



## Teilchenphysik trifft Medizinphysik: Strahlentherapie

### Klinischer Hintergrund

- Unbehandelte Augentumoren sind lebensbedrohlich
- Brachytherapie weltweit etablierte Therapieform
- Aufnähen eines  $^{106}\text{Ru}$ -Applikators auf das Auge
- Problem bei großen Tumoren: Unterdosierung der Tumorspitze
- Neues Bestrahlungskonzept
  - Kombination von Brachytherapie und externer Strahlentherapie
  - Röntgenstrahlung fokussiert auf Tumorspitze
  - Homogenere Dosisverteilung im Tumor und Schonung von Risikostrukturen



### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Simulation und Evaluation von verschiedenen Bestrahlungsplänen
- Untersuchungen zu den Unsicherheiten des Konzepts und den Simulationen



## AG Albrecht – Medizinphysik: Strahlentherapie und Detektorentwicklung

Gruppenleiter: Prof. Dr. Johannes Albrecht und Dr. Dominik Mitzel

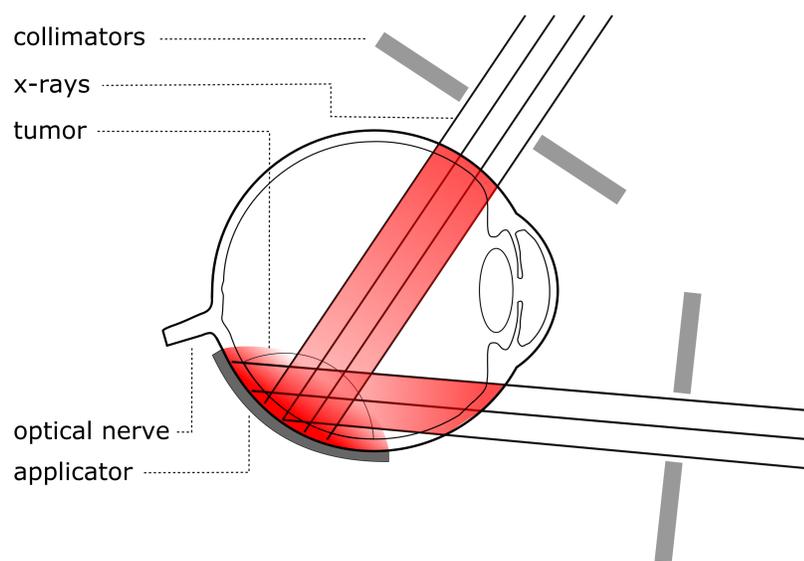
### Strahlentherapie zur Behandlung intraokularer Tumoren

#### Klinischer Hintergrund

- Unbehandelte Augentumoren aufgrund von Metastasierung lebensbedrohlich
- Brachytherapie weltweit etablierte bulbuserhaltende Therapieform
  - Aufnähen eines  $^{106}\text{Ru}$ -Applikators auf das Auge - Verweildauer: 2-10 Tage
- Problem bei großen Tumoren: Unterdosierung der Tumorspitze
- Protonentherapie führt oftmals zu schweren Nebenwirkungen und ist selten verfügbar

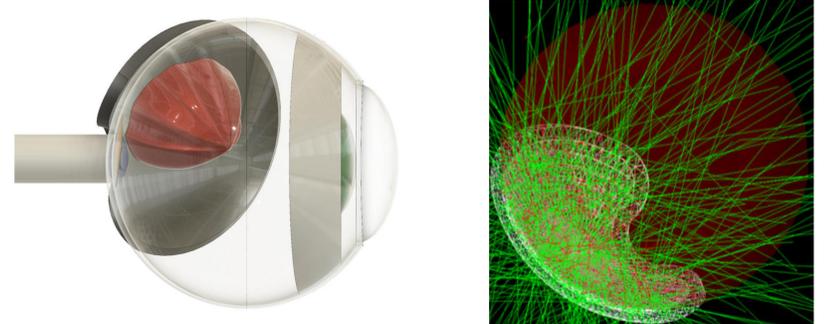
#### Neues Bestrahlungskonzept

- Kombination von Brachytherapie und externer Strahlentherapie mit Röntgenstrahlung
  - $^{106}\text{Ru}$ -Applikator zur Bestrahlung der Tumorbasis
  - Röntgenstrahlen sind auf die Tumorspitze fokussiert
  - Nutzung des Applikators als Beam-Stop für die Röntgenstrahlen
- ▶ Homogenere Dosisverteilung im Tumor und Schonung von Risikostrukturen



#### Aktuelle Forschung

- Bestehender Softwareworkflow zur Simulation der Therapie
  - Automatisierte 3D-Konstruktion des Auges mit Fusion360
  - Monte-Carlo-Simulationen mit Geant4
  - Datenanalyse mit Python
- Viele weitere Untersuchungen nötig zur Verbesserung der Therapie und zur Begründung klinischer Studien



#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen

- Untersuchung systematischer Unsicherheiten bei der Behandlung von Augentumoren
- Evaluation von Bestrahlungsplänen bei Kombination von Brachy- und externer Strahlentherapie für Augentumoren
- Analyse der Unsicherheiten eines neuartigen Verfahrens zur Verarbeitung von simulierten Daten

### Diamantbasierte strahlenharte Detektoren

- Diamanten im Beam-Condition-Monitor als Schutzsystem für gesamten LHCb-Detektor
- Eignung für Einsatz dicht am Strahlrohr aufgrund großer Strahlenhärte
- Weiterentwicklungen
  - Schnelle 25 ns-Auslese zur zeitaufgelösten Messung der einzelnen LHC-Protonenpakete
  - Test neuer Verstärker und Schaltungen
- Mögliche Anwendungen in der Protonentherapie
  - Präzise Vermessung des Strahlungsfeldes
  - Kalibrierung der Strahlenergie dank sehr guter Energieauflösu

#### Mögliche Bachelorarbeitsthemen (auch Medizinphysik)

- Entwicklung einer neuen schnellen elektronischen Auslese für zukünftige Diamantdetektorsysteme
- Charakterisierung von Diamantsensoren im Kontext des geplanten neuen Diamantdetektorsystems bei LHCb

