

Bachelor-Arbeiten 2025 in experimenteller Elementarteilchenphysik

am Lehrstuhl für experimentelle Teilchenphysik und
in der Arbeitsgruppe Kuhr



New Small Wheel Detektor vor Installation im ATLAS-Experiment

A Ausbildungsprogramm

Wir bieten im Sommersemester 2025 in der experimentellen Elementarteilchenphysik ein integriertes Programm, das Ihnen einen vielseitigen Einblick in unsere Forschungsarbeiten gibt. Im Zentrum des Programms stehen Bachelorarbeiten mit engem Bezug zu Forschungsthemen des ATLAS-Experiments am Large Hadron Collider am Forschungszentrum CERN in Genf und des Belle II-Experiments am Beschleunigerzentrum KEK in Japan. Wir möchten Ihnen hierbei Einblicke vermitteln in die physikalischen Ziele und Analysemethoden der Experimente, in Detektorkonzepte und die Entwicklung neuer Detektorkomponenten und in Grid-Computing als innovative Technologie der Datenverarbeitung in der Teilchenphysik. Elemente unseres Programms sind

- Wahlpflichtlehrveranstaltung des Moduls V für Bachelor-Studenten (3+1 SWS, 6 ECTS Punkte): ‘Advanced Course in Particle Physics for Bachelor Students’

Teil I: Datenanalyse in der Teilchenphysik

Dieser Kurs ist eine grundlegende Einführung zur Darstellung und statistischen Auswertung experimenteller Daten, zur Modellierung elementarer Teilchenreaktionen, zur Simulation von Detektoren und des Teilchennachweises und zur Rekonstruktion der Primärreaktion aus einem komplexen Ereignismuster.

Die Teilnahme am Teil I dieses Kurses (voraussichtlich **23.4.-29.4.2025** ganztägig) ist **empfohlen** für alle Bachelor-Studenten in der Experimentellen Elementarteilchenphysik

Teil II: Vertiefungsvorlesung Teilchenphysik

Teil II vertieft die Konzepte der Elementarteilchenphysik und des experimentellen Nachweises spezieller Ereignistopologien. Vorlesung und Übungen finden begleitend zur 10-wöchigen Bachelor-Arbeit statt. Die Teilnahme am Teil II dieses Kurses wird allen Bachelor-Studenten in der Experimentellen Elementarteilchenphysik **empfohlen**.

Die Teilnahme an einer Klausur zu Teil I und Teil II des Kurses ist Voraussetzung für den Erwerb von 3+3 ECTS Punkten.

- Physikalisches Seminar: Moderne Aspekte der Teilchenphysik
Dieses Seminar wird von PD Dr. Sascha Mehlhase organisiert und geleitet. Es findet begleitend zu den Bachelor-Arbeiten jeweils freitags, 10-12 Uhr in der Schellingstr. 4 statt. Die Teilnahme am Seminar wird allen Bachelor-Studenten in der experimentellen Elementarteilchenphysik **empfohlen**, Voraussetzung für den Erwerb von 3 ECTS Punkten ist die aktive Teilnahme und ein Referat.
- Eine betreute Bachelor-Arbeit (12 ECTS Punkte, **05.5.-07.7.2025**; die Zeitspanne entspricht einer Bearbeitungszeit von 10 Wochen (unter Berücksichtigung von Feiertagen und einem vorlesungsfreien Tag), mit aktuellem Bezug zu unseren Forschungsarbeiten zu einem der nachfolgend aufgeführten Themen.

Ansprechpersonen: Wenn Sie Fragen zum Programm haben, oder wenn Sie sich bei der Auswahl der angebotenen Themenbereiche beraten lassen wollen, wenden Sie sich bitte an

Prof. Dr. Otmar Biebel (Otmar.Biebel@lmu.de)

Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de)

Wenn Sie Interesse an oder Fragen zu einem spezifischen Thema haben, können Sie sich auch direkt an die angegebenen **Kontaktpersonen** wenden.

1 Higgs-Boson-Selbstwechselwirkung

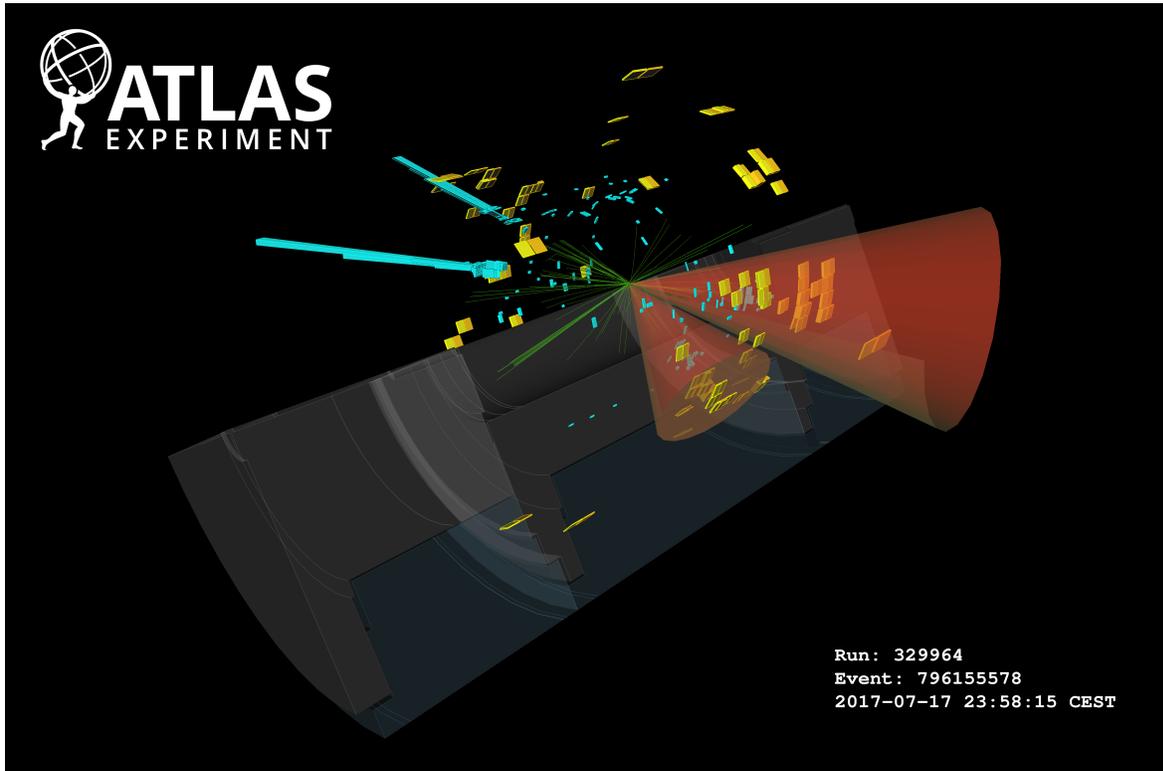


Abbildung 1: Kandidat für ein $HH \rightarrow b\bar{b}\gamma\gamma$ Ereignis.

Das Higgs-Boson ist ein Teilchen, das auch in der Kosmologie bedeutsam ist. Dies liegt daran, dass der sombrero-förmige Verlauf des Higgs-Potenzial durch von Quanteneffekten v.a. durch das top-Quark mit zunehmender Energie deformiert wird, möglicherweise bis zu einem Grad, bei dem kein stabiles Minimum im Potenzial mehr vorliegt. Dann gäbe es keinen stabilen Zustand des elektroschwachen Vakuums, was auf einen signifikanten Phasenübergang während der Frühphase des Universiums hindeuten würde, bei dem erst das heute beobachtete stabile elektroschwache Vakuum entstanden ist.

Dieses Verhalten des Higgs-Potenzials kann experimentell durch eine Messung der Higgs-Selbstwechselwirkung überprüft werden. Eine solche Messung ist allerdings schwierig und benötigt die enorme Datenmenge des zukünftigen Hochluminositäts-LHC-Beschleunigers. Das Bachelorarbeitsthema ist dabei ein wichtiger Schritt zur erstmaligen Beobachtung der Higgs-Selbstwechselwirkung. Darauf wird später die genaue Messung der Energieabhängigkeit des Higgs-Potenzials aufbauen.

1.1 Trennung von HH - und $t\bar{t}$ -Endzuständen mittels Spinkorrelation und Machine-Learning-Methoden

Die Higgs-Paarproduktion (HH -Endzustand) ist ein sehr seltener Prozess im LHC Beschleuniger. Daher können in seltenen Fällen auch andere Prozesse ähnliche Endzustände wie eine Higgs-Paarproduktion erzeugen. Dieser Effekt ist besonders relevant für Prozesse die deutlich häufiger als Higgs-Paare im LHC-Beschleuniger erzeugt werden. Ein solcher Konkurrenzprozess

ist die Erzeugung eines Top-Quark Paares ($t\bar{t}$ -Endzustand), einer der am häufigsten im LHC erzeugten Prozesse. Für den Fall, dass ein Higgs-Paar in ein bottom-antibottom Quark-Paar und ein W^+W^- Paar zerfällt, ist der $t\bar{t}$ -Endzustand identisch und trotz der relativ großen Unterschiede in den Massen von Higgs-Bosonen und Top-Quarks kann es in seltenen Fällen passieren, dass die Endzustände auch kinematisch kaum zu unterscheiden sind. Allerdings unterscheiden sich der Spin des Top-Quarks und des Higgs-Bosons. Während das Quark einen halbzahligen Spin hat, ist das Higgs-Boson ein skalares Teilchen mit Spin 0. Dieser Spin muss in einem Zerfallsprozess erhalten werden, was speziell für den $t\bar{t}$ -Endzustand dafür sorgt, dass nur bestimmte Spin Richtungen möglich sind. Dies schränkt dann auch die möglichen Flugrichtungen der Zerfallsteilchen ein. Eine solche Eigenschaft kann in der Bachelorarbeit untersucht werden, um die $t\bar{t}$ - und HH -Endzustände zu unterscheiden.

Kontakt: Prof. Dr. Otmar Biebel (Otmar.Biebel@lmu.de),
Celine Stauch, MSc (C.Stauch@physik.uni-muenchen.de)

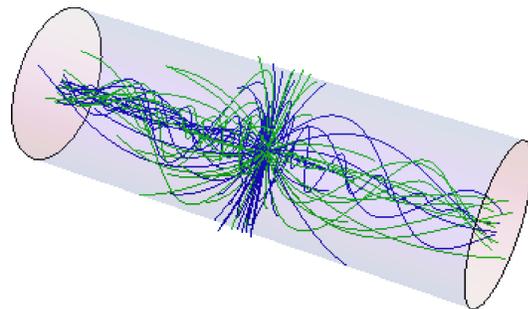
1.2 Rekonstruktion von Higgs-Paarproduktion durch Vektor-Boson-Fusion

Der Higgs Mechanismus sagt unter anderem eine 4-Teilchen Kopplung zwischen einem Paar Higgs-Bosonen und einem Paar von Vektor-Bosonen der elektroschwachen Wechselwirkung voraus. Eine Messung der Stärke dieser Kopplung bietet eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der genauen Form des Higgs-Potenzials. Die Produktion eines Higgs-Paares durch eine sogenannte Vektor-Boson-Fusion bietet sich hierbei für diese Messung sehr gut an und soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit genauer untersucht werden. Hierfür wird der Zerfall des Higgs-Paares in ein bottom-antibottom Quark-Paar sowie ein W^+W^- -Paar verwendet, da sich dieser Endzustand für den Fall dass eines der W -Bosonen in ein Lepton und Neutrino zerfällt, vergleichsweise leicht im Detektor identifizieren lässt. In Simulationen kann zudem die Stärke der Kopplung variiert werden und somit das unterschiedliche Verhalten des Endzustandes in Abhängigkeit von der Kopplungsstärke analysiert werden. Der Vergleich mit tatsächlich gemessenen Daten liefert dann am Ende einen Messwert für die Stärke der Kopplung.

Kontakt: Prof. Dr. Otmar Biebel (Otmar.Biebel@lmu.de),
Lars Linden, MSc (Lars.Linden@physik.uni-muenchen.de)

1.3 Suche nach neuer Physik in exotischen Higgs-Zerfällen mit dem ATLAS-Detektor

Eine mögliche Erweiterung des Standardmodells ist die Einführung neuer Wechselwirkungen in einem Bereich, der für das Standardmodell unsichtbar ist. Higgs-Bosonen, die am LHC produziert werden, könnten dabei als Portal zu diesem "dunklen Bereich" dienen und uns Einblicke in neue physikalische Phänomene geben. Ein besonders faszinierendes Szenario ist die Einführung einer quasi-konformen starken Wechselwirkung. Diese könnte sich im Detektor durch sogenannte *Soft Unclustered Energy Patterns* (SUEPs) manifestieren. Solche Ereignisse zeichnen sich durch eine hohe Anzahl niederenergetischer Teilchen aus, die sphärisch symmetrisch verteilt sind (siehe nebenstehende Abbildung).



Soft Unclustered Energy Pattern (SUEP).
Quelle: Knapen, S., Griso, S.P., Papucci, M. et al., "Triggering Soft Bombs at the LHC", *J. High Energ. Phys.* 76 (2017).

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit entwickeln und optimieren Sie eine Ereignis Selektion, um solche Signaturen effizient vom Standardmodell-Untergrund zu unterscheiden. Dabei spielen das Programmieren und die statistische Auswertung eine zentrale Rolle: Sie nutzen moderne

Analysemethoden und wenden Ihre Python-Kenntnisse an, um physikalische Daten am ATLAS-Experiment auszuwerten. Diese Arbeit bietet Ihnen die Möglichkeit, die Grundlagen einer LHC-Datenanalyse zu erlernen und aktiv an der Suche nach neuer Physik mitzuwirken.

Kontakt: Dr. Alexander Lory (A.Lory@physik.uni-muenchen.de)

2 ATLAS und LHC Computing

2.1 Batch scheduling optimization on the LHC Computing Grid

HTCondor is a popular compute cluster Batch System in use at many data centers on the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG). The ATLAS experiment has increasingly challenging workloads, in terms of memory usage, and needs to run these on existing WLCG resources. These were designed and purchased with 2GB of RAM per compute core, whereas we have workloads needing up to 6GB/core. This can be accommodated because we also have workloads needing much less memory, less than 1GB/core. By ensuring the correct mix of running jobs, we can run some very high memory jobs, whilst maintaining the mean memory usage at the physically available amount.



The ATLAS production system has a new mechanism to maintain such a job mix at the compute resource level. However, the local Batch System must pack these jobs onto the compute nodes in such a way as to keep all the compute cores busy. Too many high memory jobs on a single machine, would lead to idle cores. HTCondor, in its default configuration, will ensure that limits of memory and cores are not exceeded on a node, but has no mechanism to optimize the job distribution. Developing such a mechanism is the topic of this project.

The first step is to deploy a testbed HTCondor resource, simulating a typical mix of $\mathcal{O}(100)$ heterogeneous compute nodes. This requires some experience of Linux and Shell scripting. Submitting a range of mock batch jobs to this cluster will give the baseline in terms of core occupancy. HTCondor has a rich language describing job and machine requirements and preferences. These can be used in so-called matchmaking to steer jobs to, or away from, certain nodes based on the free memory available per core.

Various strategies will be developed and compared to the baseline, in terms of core occupancy but also the ability to run jobs according to age (FIFO) or priority.

Time-permitting, the ability to deploy and configure a testbed will be useful for other optimizations. For example, another dimension to the scheduling problem is that many payloads need to reserve and use multiple cores, typically 8. The standard mechanism to free an 8 core slot involves draining whole nodes, wasting many core-hours. The aim is to minimize this waste, for a given rate of acquiring 8-core slots.

Kontakt: Dr. Guenter Duceck (Guenter.Duceck@physik.uni-muenchen.de),

Dr. Rodney Walker (Rodney.Walker@lmu.de)

3 Detektor-R&D zum Teilchennachweis

3.1 Micropatterndetektoren

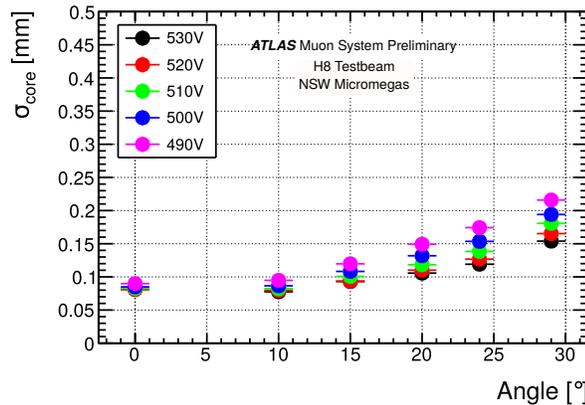
Micropatterndetektoren sind moderne gasgefüllte Detektoren mit mikrostrukturierter Anodenauslese und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten in der fundamentalen oder interdisziplinären Forschung. Sie ermöglichen eine sehr gute Ortsauflösung von $50\mu\text{m}$ und besser, und können Teilchen auch bei sehr hohen Raten noch mit hoher Effizienz und Genauigkeit detektieren.

Am Lehrstuhl für experimentelle Teilchenphysik wurden vor kurzem 32 jeweils 2m^2 große Micromegas-Detektoren (MICROMesh Gaseous Structures) gebaut, im ATLAS-Detektor am CERN installiert und nun für die Messung von Myon-Teilchen eingesetzt. Zusammen mit weiteren Micromegas-Detektoren, die von anderen Universitäten beigesteuert wurden, bilden diese die New-Small-Wheels (siehe Titelbild), welche jeweils eine Gesamt-Detektorfläche von über 45m^2 besitzen.

3.2 Verbesserung der Positionsauflösung der ATLAS NSW Micromegas Detektoren

Die $2\text{-}3\text{m}^2$ großen Micromegas Detektoren des New-Small-Wheels (NSW) sind Teil des Myonenspektrometers im ATLAS-Detektor. Sie tragen durch präzise Messung der Position von Myonen zur Rekonstruktion der Teilchenflugbahn bei. Der Krümmungsradius R dieser Myonspuren hängt über $m \cdot v = q \cdot B \cdot R$ mit dem Impuls des Teilchens ($m \cdot v$) zusammen. Je genauer die Flugbahn der Teilchen bestimmt werden kann, desto besser ist die Impulsbestimmung. Folglich wird eine exzellente Positionsauflösung des Detektors von $<100\mu\text{m}$ gefordert (in etwa die Dicke eines menschlichen Haares!).

Um diese Auflösung erreichen zu können, müssen verschiedenste Effekte aus der Geometrie der Detektormodule, aus der signalverarbeitenden Elektronik, aus der Einwirkung des toroidalen Magnetfeldes, und weitere Effekte berücksichtigt und korrigiert werden. In Messungen an einem Teststrahl konnte mit baugleichen Micromegas Detektoren eine Auflösung σ_{core} von $0.07 - 0.15\text{mm}$ für Einfallswinkel zwischen 0° und 29° erreicht werden (siehe nebenstehende Abbildung).



Ziel der Bachelorarbeit ist die Untersuchung der aufgenommenen ATLAS Daten auf Effekte, die den Unterschied zu den Teststrahlzeiten beschreiben, und diese schlussendlich anzuwenden, um eine ähnlich gute Positionsauflösung wie bei der Teststrahlzeit zu erzielen. Dazu müssen u.a. geometrische Effekte wie Verschiebungen oder Verdrehungen betrachtet werden. Zusätzlich ist die Implementierung zeitabhängiger Positionsrekonstruktionsalgorithmen oder weiterer, bisher nicht betrachteter Algorithmen notwendig.

Interessierte Studierende sollten Programmiererfahrung (vorzugsweise C++) und Spaß am Arbeiten mit komplexen Datensätzen haben. Logisches Denken und exzellentes räumliches Vorstellungsvermögen sind ebenso notwendig. Wir bieten hier ein einmaliges Thema, welches nicht aktueller und näher am tatsächlichen ATLAS Experiment sein könnte, mit der Möglichkeit, dass die Resultate der Bachelorarbeit direkt in den Myon-Positionsmessungen des ATLAS NSW Anwendung finden könnten.

Kontakt: Dr. Fabian Vogel (Fabian.Vogel@physik.uni-muenchen.de)

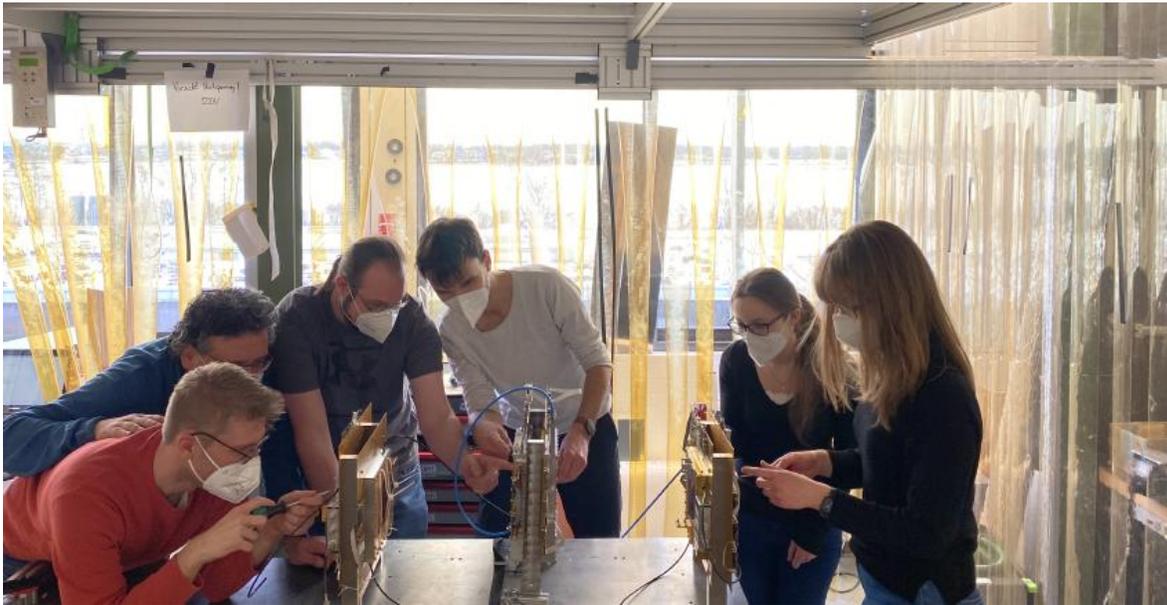
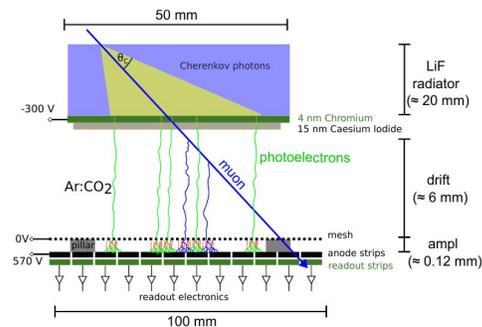


Abbildung 2: Aufbau und Vorbereitung einer Messapparatur mit neuartigen mikrostrukturierten Gasdetektoren für Testmessungen an einem Teilchenstrahl.

3.3 Erweiterung der Einsatzgebiete von mikrostrukturierten Gasdetektoren

Mikrostrukturierte Gasdetektoren haben ein großes Potenzial für verschiedenste Anwendungen. Wir arbeiten an der Weiterentwicklung dieser Detektortechnologie, um sie für neue Anwendungen nutzen zu können. Zielrichtungen dieser Arbeiten sind:

- Eine Detektion von UV-Photonen aus dem Čerenkov-Effekt würde die Messung des Abstrahlwinkels der Čerenkov-Photonen und damit eine Impulsbestimmung für hochenergetische geladene Teilchen ermöglichen. In Kombination mit der exzellenten Ortsauflösung des Micromegas-Detektors wird die gleichzeitige Orts- und Impulsmessung in einem kompakten System mit vielfachem Anwendungspotenzial, u.a. in der medizinischen Bildgebung erreicht.
- Gasdetektoren sind leider wenig effizient beim Detektieren von hochenergetischen Photonen (Röntgen- und γ -Strahlung). Durch die Kombination von Flüssigkeit als Photonkonverter mit einem mikrostrukturierten Gasdetektoren für die Signalmessung könnte die Photon-Nachweiseffizienz erheblich gesteigert werden. Dabei könnten die mikrostrukturierten Gasdetektoren durch ihre hohe Orts- und Zeitauflösung zur Bildgebung für hochenergetische Photonen führen, also eine Röntgen- oder γ -Kamera ermöglichen.
- Hohe Positionsmessgenauigkeit erfordert regelmäßig eine Vielzahl elektronischer Signalkanäle. Eine Möglichkeit, die Anzahl der Signalkanäle zu reduzieren, ohne die Ortsmessgenauigkeit zu verschlechtern, ist es, über die Ladungsmengen an relativ wenigen Signalkanälen die genaue Ortsinformation des Teilchendurchgangs zu codieren. Dazu wird die vom Teilchen erzeugte Ladungsmenge (z.B. 4 Einheiten) durch kapazitive Kopplung aufgeteilt, z.B. von 5 kleinen Messelektroden auf 2 damit überlappende Signalelektroden, die dann die Information, welche der kleinen Messelektroden getroffen wurde, über die geteilte



Ladungsmenge codieren (4:0, 3:1, 2:2, 1:3, 0:4). Durch höhere Ladungsmessgenauigkeit an den Signalelektroden kann die Auflösung sogar besser als die Größe der kleinen Messelektroden werden. Und auch Teilchentreffer zwischen zwei Messelektroden können erkannt und die Position bestimmt werden. Dieses Konzept mit realen Detektoren und mit mehr als eine Stufe der Ladungsteilung zu untersuchen, ist Gegenstand eines Bachelorarbeitsprojekts.

Die Bachelorarbeiten bieten Einblick in modernste Detektortechnologie und in modernste Ausleseelektronik. Sie können auch gerne in einem Team aus mehreren Studenten arbeiten. Am besten, Sie schauen auf ein persönliches Gespräch bei uns vorbei, dann finden wir bestimmt ein für Sie passendes Thema.

Kontakte: Prof. Dr. Otmar Biebel (Otmar.Biebel@lmu.de),
Dr. Ralf Hertenberger (R.Hertenberger@physik.uni-muenchen.de),
Eshita Kumar, MSc (Eshita.Kumar@physik.uni-muenchen.de),
Nick Schneider, MSc (Nick.Schneider@physik.uni-muenchen.de),
Dr. Fabian Vogel (Fabian.Vogel@physik.uni-muenchen.de)

4 Flavor-Physik beim Belle II-Experiment

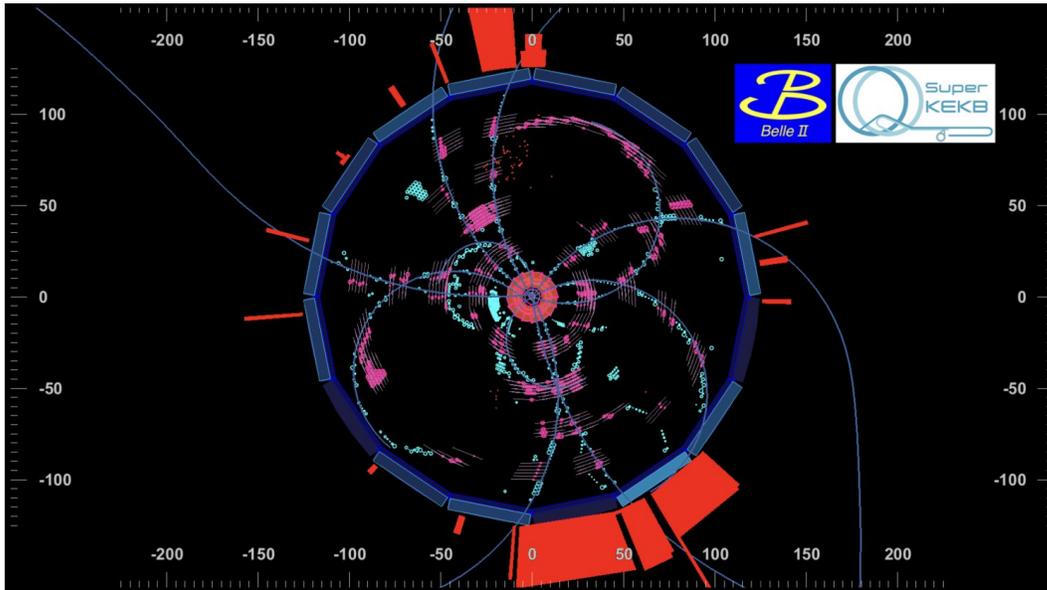


Abbildung 3: Ein Ereignis im Belle II-Detektor.

Das Standardmodell der Teilchenphysik beschreibt bisherige experimentelle Resultate erstaunlich gut. Trotzdem muss es eine allgemeinere Theorie geben, um zum Beispiel die Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie im Universum zu erklären. Deshalb wurde in Tsukuba, Japan eine sogenannte Super-B-Fabrik in Betrieb genommen, an der Paare von B - und Anti- B -Mesonen in einer bisher unerreichten Rate erzeugt und analysiert werden. Im Vergleich zum Vorgängerexperiment, das zur Zeit den weltweit größten Datensatz solcher Ereignisse besitzt, soll mit dem Belle II-Experiment eine 50 mal größere Datenmenge aufgezeichnet werden. Damit wird es möglich sein, viele Messungen mit bisher unerreichter Präzision durchzuführen und somit nach neuer Physik in bisher unerforschten Bereichen zu suchen.

4.1 Suche nach Anomalien in den Betriebsdaten des SuperKEKB-Beschleunigers

Beim Elektron-Positron-Collider SuperKEKB sollen Luminositäten erreicht werden, die mehr als eine Größenordnung über dem des Vorgängers liegen. Dies ist eine sehr schwierige Herausforderung und oft gibt es Instabilitäten, die zu einem Verlust der Strahlen führen. Für einen stabilen Betrieb ist es wichtig zu verstehen, unter welchen Bedingungen dies passiert, so dass Gegenmaßnahmen getroffen werden können. Die Aufgabe in diesem Projekt ist, die Daten einer großen Anzahl von Strahl-Monitoring-Größen mit Machine-Learning-Methoden zu analysieren, um anomale Bedingungen zu identifizieren.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Nikolai Krug (Nikolai.Hartmann@lmu.de)

4.2 Neuronales Netzwerk zur Klassifizierung von $\Upsilon(4S)$ -Ereignissen

B-Fabrik-Experimente wie Belle II sind gut geeignet für die Messung von B-Meson-Verzweigungsverhältnissen, weil die Anzahl von $\Upsilon(4S) \rightarrow B\bar{B}$ Ereignissen gut bestimmt werden kann.

Dazu wird jedoch auch der Anteil von $\Upsilon(4S)$ -Zerfällen in Paare aus neutralen oder geladenen B -Mesonen benötigt und das Verhältnis dieser beiden kann von der Schwerpunktsenergie abhängen. Für die Messung dieser Energieabhängigkeit soll ein multivariater Classifier entwickelt werden, der zwischen Paaren von neutralen und geladenen B -Mesonen unterscheiden kann.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Nikolai Krug (Nikolai.Hartmann@lmu.de)

4.3 Analyse von semileptonischen B -Meson-Zerfällen mit mehreren Pionen

Semileptonische B -Meson-Zerfälle, bei denen ein B -Meson in ein Lepton, ein Neutrino und ein oder mehrere Hadronen, meist inklusive einem Charm-Meson, zerfällt, werden für viele Messungen bei Belle II verwendet. Zerfälle in ein Charm-Meson und mehrere Pionen sind jedoch noch wenig erforscht. Weitere Messungen sind erforderlich, um die Dynamik semileptonischer B -Meson-Zerfälle besser zu verstehen und um herauszufinden, ob die Zerfälle mit mehreren Pionen die Lücke schließen können, die es zwischen der Rate inklusiver Zerfälle und der Summe exklusiver Zerfälle gibt.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Thomas Lück (Thomas.Lueck@lmu.de)

4.4 Verbesserte Rekonstruktion von η -Mesonen mit KI

η -Mesonen sind leichte, ungeladene Mesonen, die in vielen Analysen bei Belle II verwendet werden. Ihre Rekonstruktion ist herausfordernd, da die Daten durch eine große Menge an Untergrund dominiert sind. Die Idee dieses Projekts ist, die Selektion von η -Mesonen durch Anwendung von Algorithmen der künstlichen Intelligenz zu verbessern, um den Untergrund zu reduzieren.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Thomas Lück (Thomas.Lueck@lmu.de)

4.5 Untersuchung von KI-Methoden zur Optimierung von Software

In den letzten Jahren hatten neue Entwicklungen in künstlicher Intelligenz einen großen Einfluss in vielen Bereichen. In diesem Projekt soll das Potential von KI-Methoden für die Softwareentwicklung evaluiert werden. Einerseits gibt es Werkzeuge wie Github Copilot, die Entwickler unterstützen. Andererseits könnten Werkzeuge wie AlphaDev helfen, neue Algorithmen zu entdecken. C++-Kenntnisse sind für dieses Projekt erforderlich.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Nikolai Krug (Nikolai.Hartmann@lmu.de)

4.6 Erkennung von Spur-Knicke mit Kalman-Filtern

Teilchen können gestreut werden oder zerfallen, während sie durch den Detektor fliegen. Dies zeigt sich als Knicke in den rekonstruierten Spuren. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Algorithmus zur Erkennung von Knicke mit Kalman-Filtern für die Belle II-Spurrekonstruktion basierend auf der Methode beschrieben in arXiv:physics/9912034. Ausgangspunkt wäre der bereits existierende Kalman-Algorithmus in der Belle II-Software. C++-Kenntnisse sind für dieses Projekt erforderlich.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Kuhr (Thomas.Kuhr@lmu.de),
Dr. Thomas Lück (Thomas.Lueck@lmu.de)