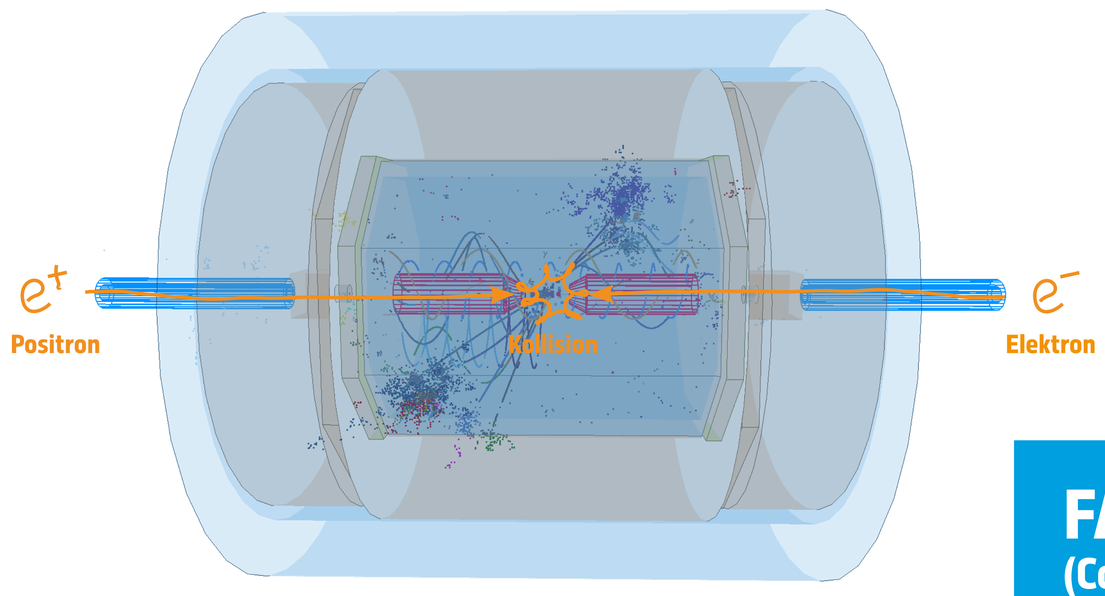
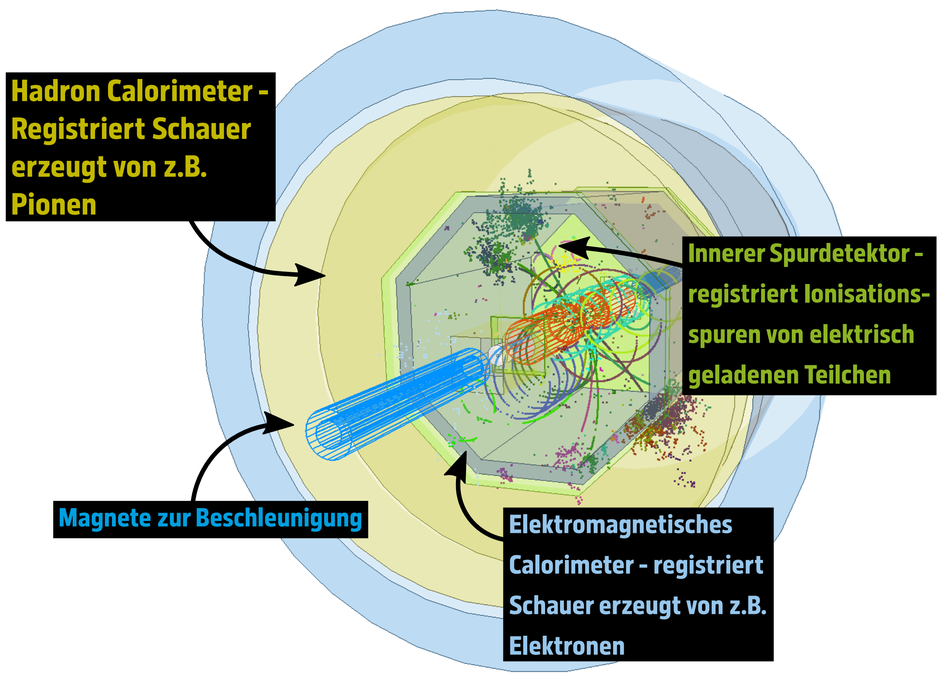
DETEKTOR

In der FTX Arbeitsgruppe hier am DESY arbeiten wir unter anderem an der Entwicklung und Planung des bis jetzt noch nicht gebauten International Linear Collider (ILC) und dem dazugehörigen International Large Detector (ILD). Am ILC werden Elektronen und Positronen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zur Kollision gebracht. Der ILD misst die entstehenden Endprodukte der Kollision. Ein wichtiger Bestandteil des ILD ist das hochgranulare Calorimeter, man kann es sich vorstellen wie eine hochauflösende 3D Kamera zur Energiemessung von Teilchen. Ein solches hochgranulares Calorimeter wird wahrscheinlich in allen kommenden Generationen von Teilchenphysik-Detektoren verbaut werden.



Hier ist die Seitenansicht des ILD zu sehen. Elektronen und Positronen, kommend von links und rechts, werden in der Mitte des Detektors zur Kollision gebracht.



Der größte im Moment betriebene Teilchenbeschleuniger ist der Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf. Hier werden Hadronen, Teilchen zusammengesetzt aus Quarks und Gluonen, in einem kreisförmigen Beschleuniger auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zur Kollision gebracht.

Beim Beschleunigen von elektrisch geladenen Teilchen fallen Energieverluste durch elektromagnetische Strahlung an. Um diese zu minimieren werden Elektronen und Positronen auf einer Geraden beschleunigt, Protonen jedoch auf einer Kreisbahn.

Elektronen und Positronen sind Elementarteilchen, das heißt sie bestehen nicht aus anderen noch kleineren Teilchen. Kollisionen von Elektronen und Positronen sind häufig einfacher zu verstehen, da es hier weniger Interaktionen und somit weniger gemessene Endteilchen gibt. Das vereinfacht die Rekonstruktion der Kollisionen.

FARBEINSCHLUSS
(Colour Confinement)

Kennen Sie das Phänomen, dass wenn Sie zwei sich anziehende Magneten auseinander ziehen, die Anziehungskraft nachlässt?

Farb(engl. Colour)-Einschluss(engl. Confinement) funktioniert genau anders herum. Stellen Sie sich vor, die Anziehungskraft wird größer, je weiter Sie die Objekte auseinander bewegen. Die Farbladung sollte man sich jedoch nicht bildlich vorstellen. Teilchen sind nicht wirklich rot, grün oder blau. Es ist vielmehr eine Eigenschaft von manchen Teilchen, in etwa wie eine elektrische Ladung.

Colour Confinement beschreibt nun die Tatsache, dass wir bis heute keine isolierten Teilchen mit Farbladung beobachtet haben. Sie schließen sich immer mit anderen Teilchen entgegengesetzter Farbladung zusammen, sodass der Zusammenschluss eine Gesamtfarbladung von 0 trägt. Diese Farbneutralen Zusammenschlüsse sind Hadronen.

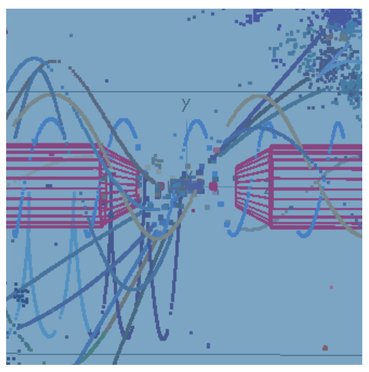
Dem Colour Confinement folgend entstehen aus den hochenergetischen farbgeladenen Endprodukten aus Kollisionsexperimenten weitere Teilchen die deren Farbladung neutralisieren. Die so entstehenden Haufen an Teilchen messen wir in unseren Detektoren als sogenannte Jets.

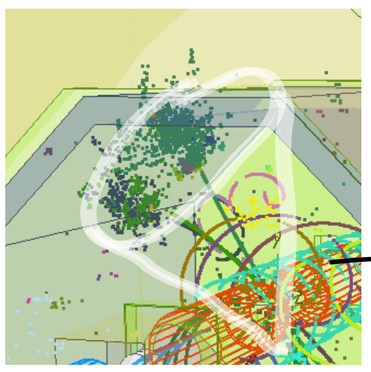
IDENTIFIKATION VON TEILCHEN

Wie sieht eigentlich so ein Elementarteilchen aus? Na ja, das hängt vom Teilchen und Detektor ab. Wie beim Colour Confinement schon erklärt gibt es Teilchen, die sofort Teilchenhaufen ausbilden. Diese Teilchenhaufen rekonstruieren wir in unserem Detektor zu Jets. Wenn so ein Teilchenhaufen auf unseren Detektor trifft deponiert er seine Energie in den Detektor. Das sieht für uns ein bisschen so aus wie ein kleines Feuerwerk im Detektor. Anstelle von Explosionen messen wir in unseren hochgranularen Calorimetern Energiehäppchen des Haufens in Form von elektrischen Strömen.

Neben Teilchen die Jets ausbilden gibt es auch Teilchen die isoliert existieren können. Sie tragen keine Farbladung. Einige dieser Teilchen können wir im Detektor z.B. in langen Ionisationspuren messen, wieder andere sind für unseren Detektor unsichtbar.

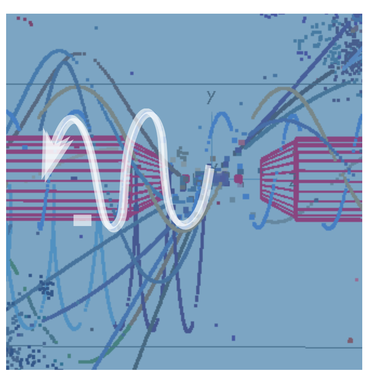
In der Mitte des Detektors liegt der Kollisionspunkt der Elektron- und Positronstrahlen. Wir sind interessiert daran zu verstehen welche Teilchen in der Kollision entstehen. Wir rekonstruieren Spuren die zum Kollisionspunkt führen.

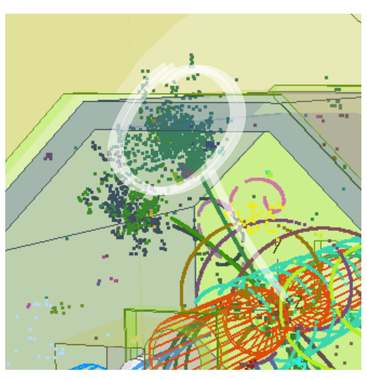




Hier wir messen viele kleine Energiedepositionen via elektrischer Ströme in unserem Detektor. Diese werden zusammen gruppiert. Hier wurde ein Jet in unserem Detektor registriert.

Die spiralförmigen Spuren werden von geladenen Teilchen hinterlassen. Geladene Teilchen werden von der Lorentzkraft auf eine spiralförmige Bahn gezwungen, da unser Detektor von einem starken magnetischen Feld umgeben ist. Über die Krümmungsrichtung können wir Rückschlüsse auf das Vorzeichen der Ladung ziehen.





Ein Jetfragment, also ein Teilchen im Jet, hat hier einen weiteren Zweig des Jets ausgebildet. Dieser Zweig wurde ebenfalls im Detektor registriert. Da wir eine Spur zum gemessenen Haufen registrieren können, muss das Jetfragment geladen gewesen sein.

Bis jetzt haben wir die Jets lediglich gemessen, aber woher kommen sie? Durch welche farbgeladenen Teilchen wurden sie erzeugt? Um diese Frage zu beantworten benutzen wir heute künstliche neuronale Netzwerke. Probieren Sie es bei uns aus!

UNSERE DATEN

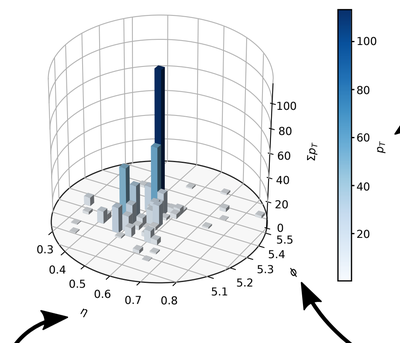
Auf dem Poster nebenan bekommen Sie einen Einblick in unsere durch maschinelles Lernen unterstützte Identifikation von Jets. Hier wollen wir Quark von Gluon Jets unterscheiden. In vielen Analysen sind wir an den physikalischen Eigenschaften, z.B. der Energie oder dem Impuls, von Quarks interessiert. Gluonen können die Analyse stören. Wir brauchen also ein Werkzeug, um sie in gemessenen Daten voneinander zu unterscheiden.

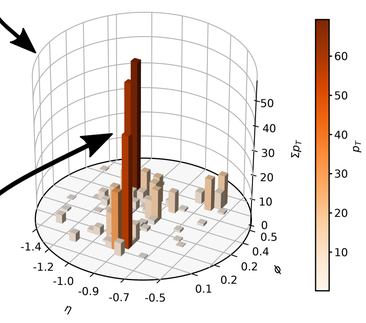
Nach der Rekonstruktion von Jets, d.h dem Gruppieren von Energiedepositionen im Detektor, muss bestimmt werden welche Jets durch Quarks und welche aus Gluonen initiiert wurden.

Wir messen den Ort an dem die Jets in unserem Detektor registriert werden in den Größen η (ausgesprochen als "eta") und φ (ausgesprochen als "phi"). Der transversale impuls "pT" ist grob proportional zur Energie der registrierten Teilchen.

Wir nutzen die drei gemessenen Größen als Eingabe in ein künstliches neuronales Netzwerk um die beiden Jettypen zu unterscheiden.

Hier sind ein Gluon Jet (blau) und ein Quark Jet (orange) zu sehen. Können Sie die Jets unterscheiden?





η (ausgesprochen als "eta") and φ (ausgesprochen als "phi") geben den Ort an, an dem wir die Energiedeposition messen.

Jeder Würfel ist ein Pixel in unserer Detektorkamera. Die Würfelhöhe und Farbe geben den transversalen Impuls an, der im jeweiligen Pixel gemessen wurde.

Testen Sie unsere neuronalen Netzwerke zur Identifikation von Teilchen!

Henry Day-Hall
and Konrad Helms