

Vorbereitungsmaterialien für Teilchenphysik-Masterclasses

Philipp Lindenau, Carolin Diesel
Netzwerk Teilchenwelt

DPG-Frühjahrstagung | Aachen | 28.03.2019



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



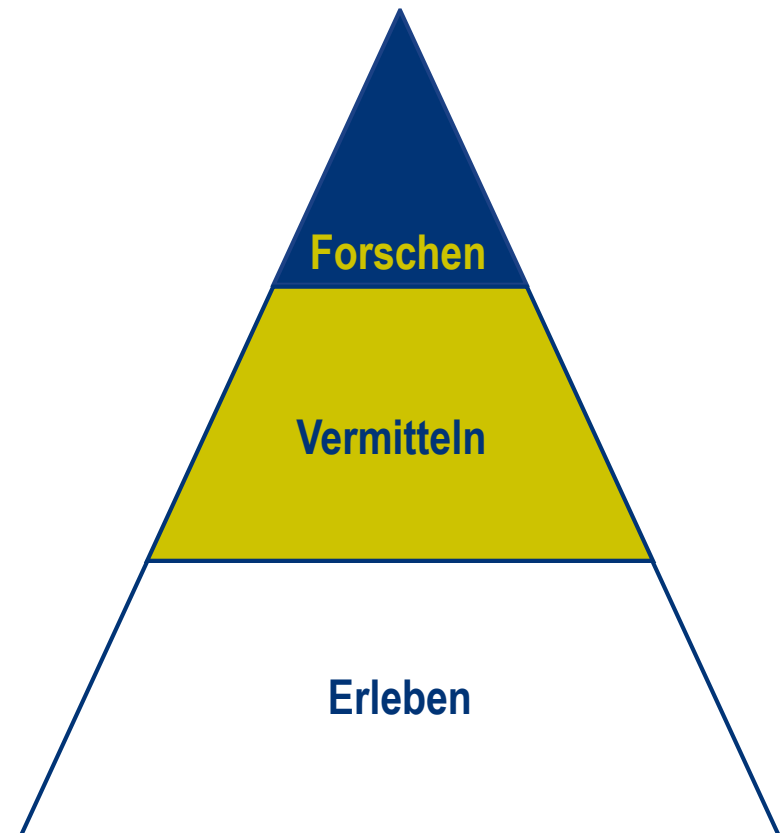
NETZWERK
TEILCHENWELT

Das Stufenprogramm von Netzwerk Teilchenwelt

▶ Vertiefungsprogramm

▶ Qualifizierungsprogramm

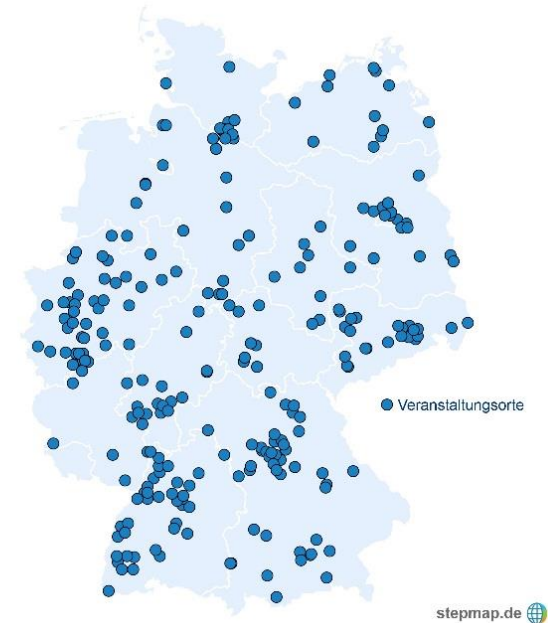
▶ Basisprogramm



Basisprogramm: Masterclass

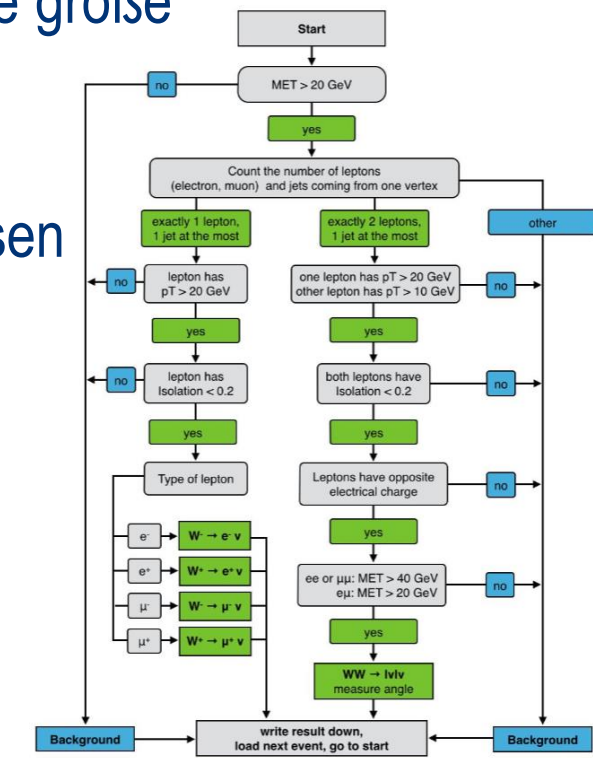
► Eintägige Veranstaltung in Schulen

- Durchgeführt von Nachwuchswissenschaftler/innen
- Einführungsvorträge
- Eigene Auswertung von Daten
 - der LHC-Experimente
 - des Pierre Auger Observatoriums
 - des IceCube Experiments



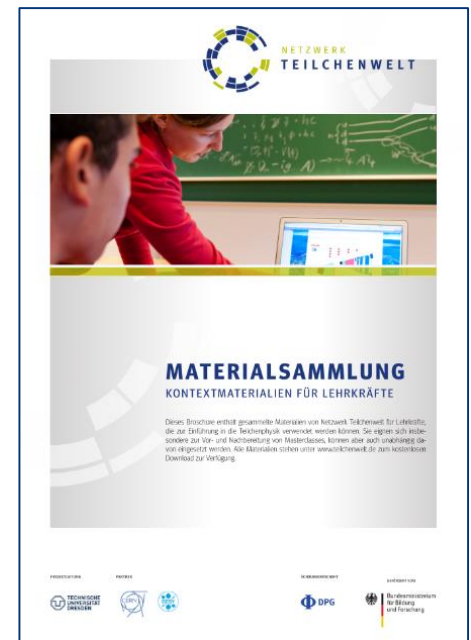
Chancen und Herausforderungen

- ▶ MC-Setting authentisch, Atmosphäre und Betreuung gut (Gedigk, Pospiech, Kobel 2014)
- ▶ Eintägige Veranstaltung voller neuer Inhalte große Herausfordern für die Teilnehmer
- ▶ Auswertung von ATLAS-Daten (W-Pfad) kompliziert und ohne ausführliches Vorwissen kaum nachvollziehbar
 - Energie-Cuts, fehlende (transversal) Energie
 - Isolation von Leptonen
 - Winkelverteilung der Leptonen

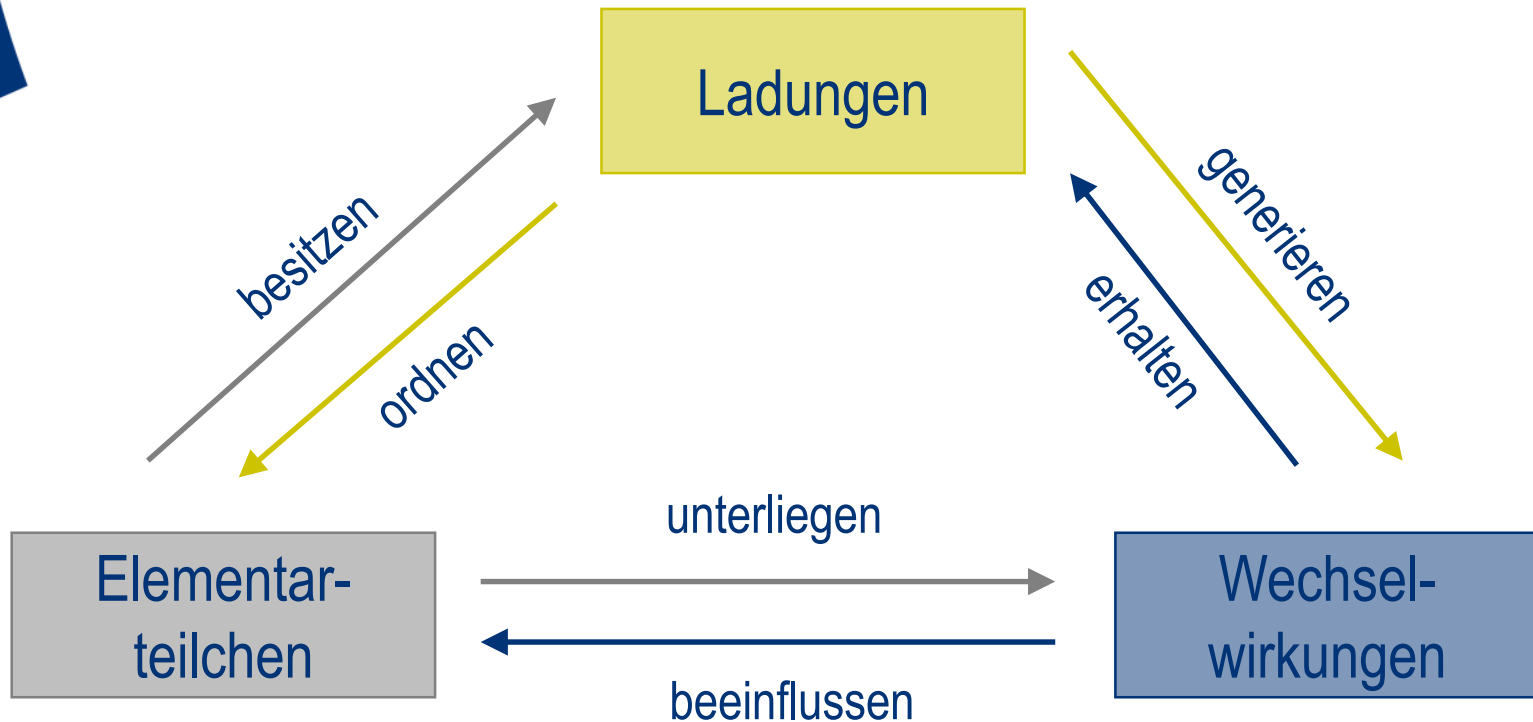


Chancen und Herausforderungen

- ▶ Vor- und Nachbereitung des Projekttages sinnvoll
- ▶ Materialsammlung
 - FAQ Teilchenphysik
 - Aufbau ATLAS-Detektor
 - Signaturtypen verschiedener Teilchenarten
- ▶ Nicht:
 - Übungen zur Teilchenidentifikation
 - 100% konsistent mit den „neuen“ Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik von NTW + Joachim Hetz Stiftung



Die drei Basiskonzepte des Standardmodells



Zusätzliche Vorbereitungsmöglichkeiten

1. Online-Vorbereitungskurs

- Entwickelt von Carolin Diesel, TU Dresden
- Grundlagen zu Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen
- Bearbeitungsdauer: 1-2h

2. Arbeitsblätter zur Teilchenidentifikation mit Eventdisplays

- Vielfach eingesetzt in Lehrerfortbildungen (Forschung trifft Schule)
- Relativ niederschwellige Einführung von Event-Displays möglich

Vorbereitungskurs







Online Vorbereitungskurs

- ▶ Implementiert auf der Lernplattform OPAL
 - Kein Account notwendig
- ▶ Inhalte
 - Informationstexte
 - Animationen
 - Übungen

Vorbereitungskurs Teilchenphysik Masterclass	
➔	Einschreibung
📄	1 Willkommen
📄	2 Hilfe und Support
📄	3 Aufbau der Materie
📄	3.1 Bausteine der Materie
<input checked="" type="checkbox"/>	3.2 Übung
➔	4 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen
📄	4.1 Gravitation
📄	4.2 Elektromagnetische Wechselwirkung
📄	4.3 Starke Wechselwirkung
📄	4.4 Schwache Wechselwirkung
<input checked="" type="checkbox"/>	4.5 Übung
➔	5 Ladungen
📄	5.1 Eigenschaften von Ladungen
📄	5.2 Was machen Ladungen?
<input checked="" type="checkbox"/>	5.3 Übung
➔	6 Elementarteilchen
📄	6.1 Elementarteilchen der Materie
📄	6.2 Anti-Materie-Teilchen
<input checked="" type="checkbox"/>	6.3 Übung
<input checked="" type="checkbox"/>	7 Abschlussquiz
📄	Quellen

Beispiel: Kapitelübersicht

4 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen

<p>Warum bewegt sich der Mond um die Erde und fliegt nicht einfach davon?</p> 	<p>Warum ist es möglich, dass ein Atomkern aus mehreren sich elektrisch abstoßenden Protonen besteht?</p> 	<p>Warum halten Elektronen und der Atomkern als Atom zusammen?</p> 	<p>Wie ist die Umwandlung eines Neutrons in ein Proton erklärbar?</p> 
---	---	--	---

Verantwortlich für die beschriebenen Phänomene sind die sogenannten **vier fundamentalen Wechselwirkungen der Natur**. Sie heißen Gravitation, elektromagnetische Wechselwirkung, starke Wechselwirkung und schwache Wechselwirkung. Alle ablaufenden Prozesse können durch mindestens eine dieser Wechselwirkungen erklärt werden. Beispielsweise beschreiben die vier Wechselwirkungen die Kräfte, mit denen Objekte aufeinander einwirken oder begründen, wie Umwandlungen von Teilchen in andere Teilchen ablaufen.

Die vier Wechselwirkungen sollen in diesem Abschnitt des Vorbereitungskurses vorgestellt werden.



Ziel des Abschnitts ist es, dass du den Wechselwirkungen Beispielprozesse zuordnen kannst. Du lernst auch die Ursachen der Wechselwirkung kennen.

Beispiel: Übungen

4.5 Übung Test abschließen

Neue Sektion

Aufgabe 1: Beispiele Wechselwirkungen Punkte: 8

Aufgabe 2: Fehlersuche

Ordne den gegebenen Aussagen die Wechselwirkung zu, welche für den beschriebenen Prozess verantwortlich ist.

	Gravitation	Elektromagnetische Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Schwache Wechselwirkung
Planeten bewegen sich auf Bahnen um die Sonne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervenimpulse werden von den Füßen ins Gehirn geleitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beta-Strahlung wird von einem radioaktiven Atomkern ausgesendet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine Kompassnadel richtet sich in Nord-Süd-Richtung aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umwandlung eines Protons in ein Neutron bei der Kernfusion in der Sonne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Proton wird durch drei Quarks gebildet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sterne bilden Galaxien.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwei Down-Quarks und ein Up-Quark schließen sich zusammen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Antworten abgeben

Frage 1/2 Weiter

Beispiel: Quiz

7 Abschlussquiz

Test abschließen

Neue Sektion

Frage 1

Frage 2

Frage 3

Frage 4

Frage 5

Frage 6

Frage 7

Frage 8

Frage 2

Punkte: 1

Erreicht: 0 von 1 Punkt(en)

Der menschliche Körper setzt sich aus den verschiedenen Elementarteilchen zusammen, wie auch die gesamte andere Materie.

Welches Elementarteilchen kommt am häufigsten in unserem Körper vor?

- Up-Quark
- Down-Quark
- Elektron
- Neutrino

Das Up-Quark kommt am häufigsten im menschlichen Körper vor.

Begründung: Unser Körper besteht vor allem aus Atomen, bei denen die Protonenzahl gleich oder höher als die Neutronenzahl ist. Ein Proton besteht aus zwei Up-Quarks und nur einem Down Quark.

Zurück

Frage 2/8

Weiter

Ausblick

- ▶ Weitere Erprobungen
- ▶ Bereitstellung von Informationen für Masterclass-Vermittler im NTW Wiki
- ▶ Zugang zum Kurs für Lehrkräfte auf www.teilchenwelt.de
- ▶ Bekanntmachung via NTW Newsletter

Arbeitsblätter zur Teilchenidentifikation



LEP oder LHC in der Schule?

- ▶ LHC zwar aktueller, aber interessante Ereignisse bei LEP einfacher analysierbar
- ▶ Liegt u.a. an der Struktur der Projektile: Elektronen und Positronen sind Elementarteilchen, die Protonen am LHC nicht
- Einfachere Ausgangszustände vereinfachen auch die möglichen Endzustände und deren Beschreibung



Wesentliche Inhalte im Unterrichtsgang

- ▶ Aufbau OPAL-Detektor
- ▶ Identifikation einzelner Teilchen
- ▶ Umwandlungskanäle Z-Teilchen + Identifikation
- ▶ Forschungsergebnisse bei LEP

Ausgewählte Lernziele

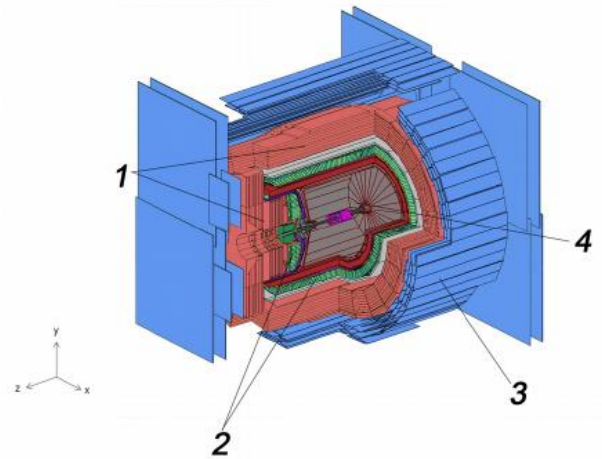
Die Schülerinnen und Schüler:

- ▶ gewinnen durch die Arbeit mit Originaldaten aus dem OPAL-Experiment einen Einblick in moderne teilchenphysikalische Forschungsmethoden.
- ▶ kennen die möglichen Umwandlungskanäle des Z-Teilchens und identifizieren diese Anhand der Signaturen der Umwandlungsprodukte im OPAL-Eventdisplay
- ▶ kennen einige wichtige Ergebnisse, die bei der LEP-Forschung aus der Analyse von Umwandlungen des Z-Teilchens gewonnen werden konnten sowie dabei eingesetzte Methoden der Datenauswertung.

Methodische und didaktische Hinweise

- ▶ Hinweisblätter zu jedem Arbeitsblatt
 - Vorwissen: essentiell und weiterhin günstig, welche ABs vorher
 - Lernziele und optionale Lernziele
 - Unterscheidung in notwendig und fakultativ
 - Methodische Vorschläge und Alternativen: Einbettung in Unterricht, Sozialform, etc.
 - Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten

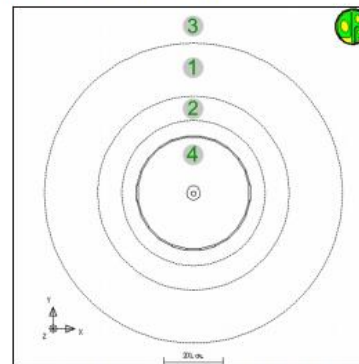
AB: Aufbau OPAL-Detektor



(Quelle: Völmer, C. P. (2004). Beschreibung der Masse und Größe des W-Bosons im verbleiblichen Zerfallskanal mit dem OPAL-Detektor bei LEP, verkleinert durch Philipp Lindenau)

- | | |
|---|-----------------------|
| 1 hadronische Kalorimeter | 3 Myonenkammer |
| 2 elektromagnetische Kalorimeter | 4 Spurkammer |

Vereinfachte Darstellung des OPAL-Eventdisplays:

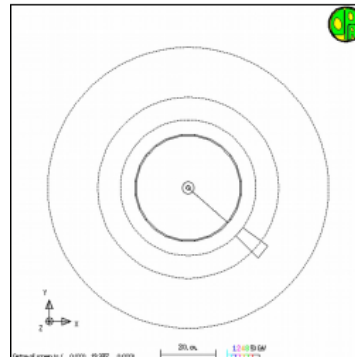


(Quelle: http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~opw/lehre/physik/lehre/07/07_13/12.pdf 20.06.2015, verkleinert durch Philipp Lindenau)

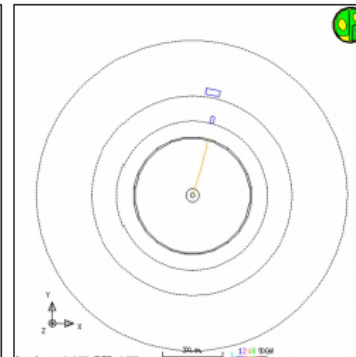
AB: Einzelne Teilchen

In den folgenden Abbildungen sind jeweils Signaturen einzelner Teilchen im OPAL-Eventdisplay dargestellt. Ordne den Abbildungen zu, welche der aufgeführten Teilchen die jeweilige Signatur hinterlassen haben:

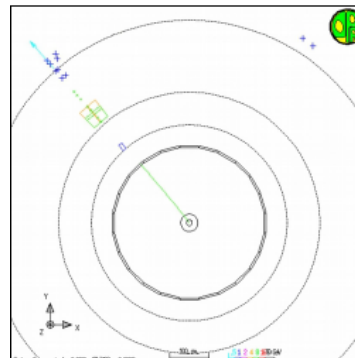
Myon, Elektron, Photon, elektrisch geladenes Hadron, elektrisch neutrales Hadron, Elektron-Neutrino



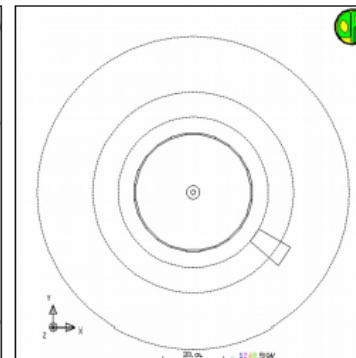
Teilchen: Elektron



Teilchen: elektrisch geladenes Hadron



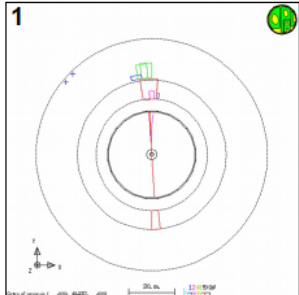
Teilchen: Myon



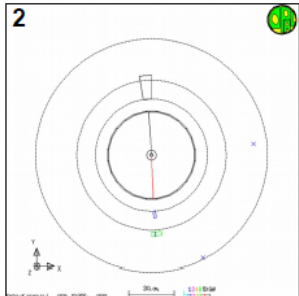
Teilchen: Photon

AB: Tauon-Kanal

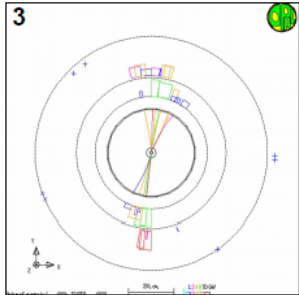
Die folgenden Abbildungen des OPAL-Eventdisplays zeigen die Signaturen von Anti-Teilchen, die nach der Umwandlung eines Z-Teilchens im OPAL-Detektor registriert wurden. Entscheide jeweils, ob die Signaturen eindeutig auf eine Umwandlung des Z-Teilchens in ein Tauon-Anti-Tauon-Paar schließen lassen. Begründe deine Entscheidung.



(Quelle: http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~lindena/OPAL_104.pdf, 27.09.2015, verändert durch Philipp Lindena)

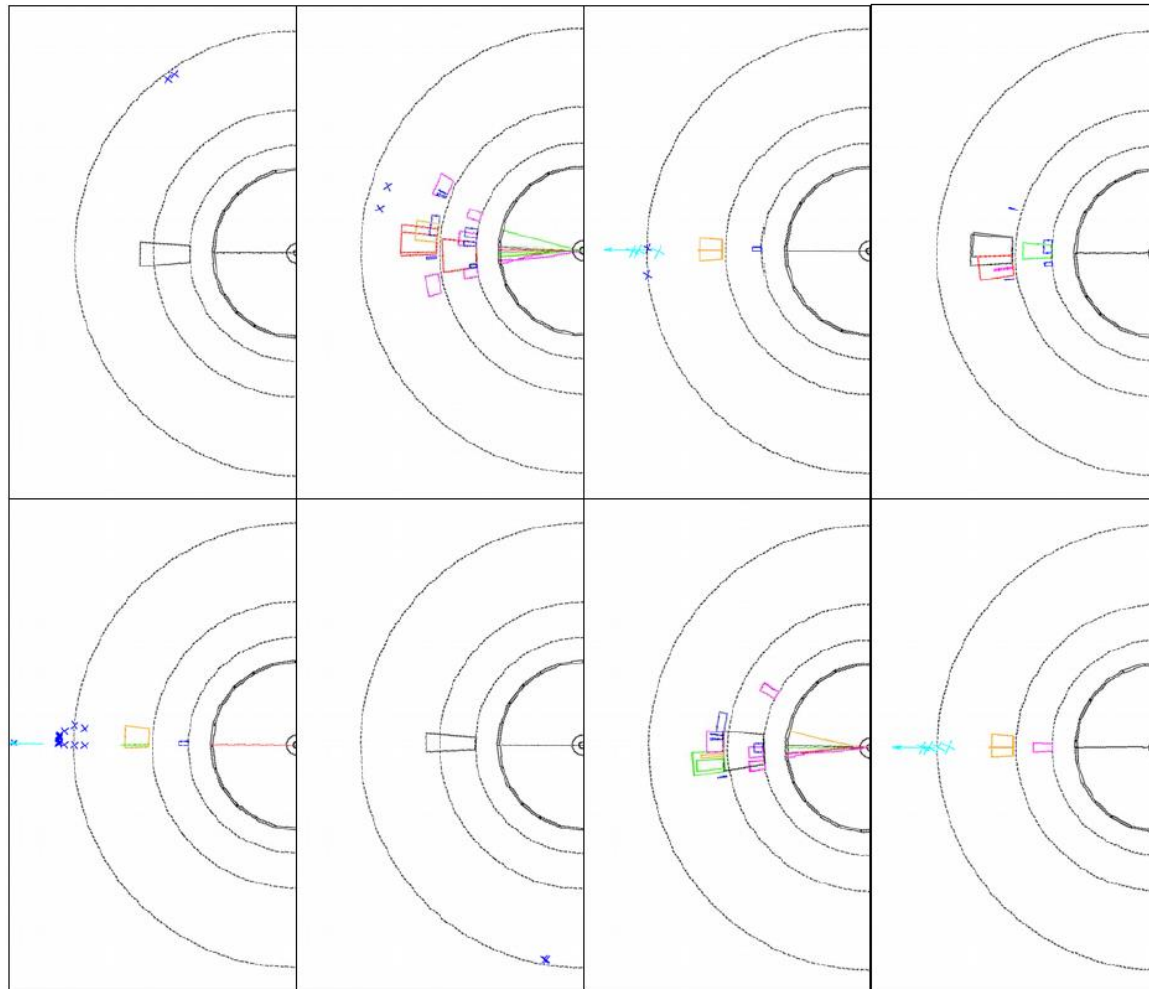


(Quelle: http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~lindena/OPAL_1193.pdf, 27.09.2015, verändert durch Philipp Lindena)

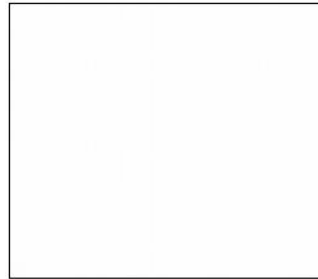


(Quelle: http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~lindena/OPAL_2103.pdf, 27.09.2015, verändert durch Philipp Lindena)

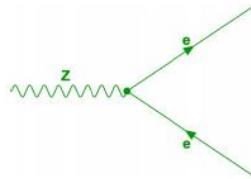
AB: Komplexe Übung



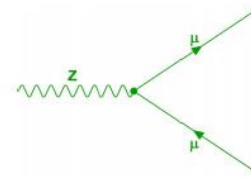
Beispiel: Differenzierung/Hilfe



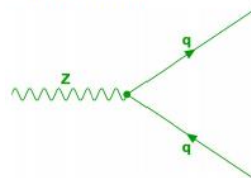
Feynman-Diagramm:



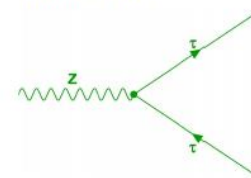
Feynman-Diagramm:



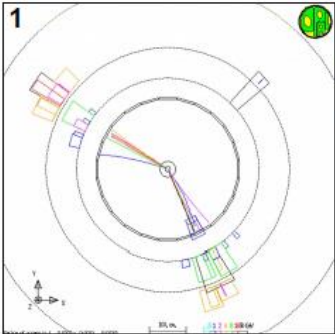
Feynman-Diagramm:



Feynman-Diagramm:



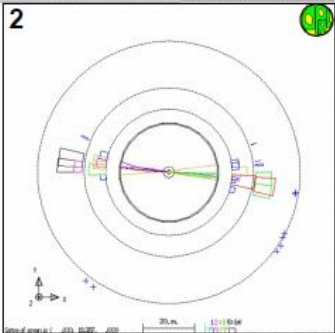
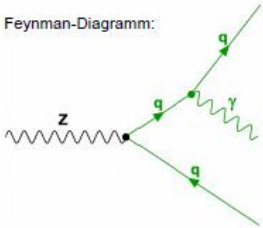
AB: Botenteilchen-Abstrahlung



Abgestrahtes Botenteilchen:

Photon

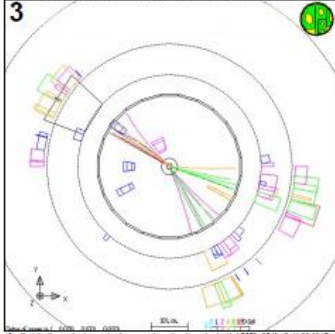
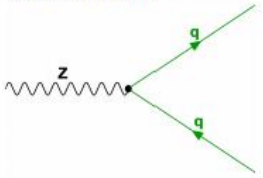
Feynman-Diagramm:



Abgestrahtes Botenteilchen:

Es wurde kein Botenteilchen abgestrahlt

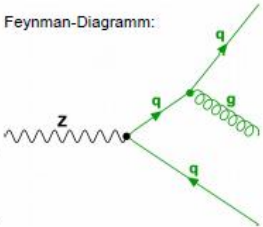
Feynman-Diagramm:



Abgestrahtes Botenteilchen:

Gluon

Feynman-Diagramm:



Zugang zu den ABs



www.teilchenwelt.de

- Material
- Materialien für Lehrkräfte
- Teilchenident. mit Detektoren

[DAS PROJEKT](#) | [AKTUELLES](#) | [MITMACHEN](#) | [ANGEBOTE](#) | [STANDORTE](#) | [MATERIAL](#)

Sie sind hier: [Material](#) > [Materialien für Lehrkräfte](#) > [Teilchenidentifikation mit Detektoren](#)

Teilchenidentifikation mit Detektoren

Messaufgaben mit LHC-Daten

Material und Informationen zu den Masterclasses mit LHC-Daten sind [hier](#) zu finden.

Abschlussarbeiten zur Teilchenidentifikation mit Detektoren

Titel der Arbeit	Beschreibung	Links
Einsatz von Blasenkammerbildern in der Schule auf grundlegendem Anforderungsniveau	Master-Arbeit von Rebecca Schmidt, TU Dresden, Juli 2015	<ul style="list-style-type: none">▶ GeoGebra-Buch▶ Master-Arbeit
Einsatz von Blasenkammerbildern in der Schule auf erhöhtem Anforderungsniveau	Master-Arbeit von Floria Naumann, TU Dresden, Oktober 2015	<ul style="list-style-type: none">▶ GeoGebra-Buch▶ Master-Arbeit
Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zur Auswertung von Daten aus Experimenten an modernen Teilchenbeschleunigern	Master-Arbeit von Philipp Lindenau, TU Dresden, Oktober 2015	<ul style="list-style-type: none">▶ Master-Arbeit



Ausblick

- ▶ Implementierung des Feedbacks der Lehrkräfte
- ▶ Einige Anpassungen an unsere aktuellen Bezeichnungen und Formulierungen
- ▶ Setzen in NTW-Design

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

www.teilchenwelt.de

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



www.facebook.de/teilchenwelt/



NETZWERK
TEILCHENWELT