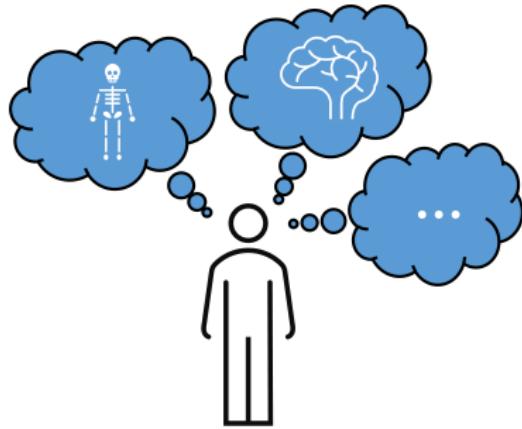


Hier etwas lustiges hinschreiben

Herzlich Willkommen zur Masterclass!

Gedulden Sie sich noch ein wenig. Die Veranstaltung beginnt in Kürze.



**Woraus bestehen eigentlich
Menschen?**

Und,
woher wissen wir das?

Woraus besteht die Welt?

Warum ist sie so gebaut, wie sie es ist?

Wir möchten heute der Frage nachgehen:

Was ist Materie, wie kann man sie "messen"?



Einführungsvortrag

Das Standardmodell der Teilchenphysik und der LHCb Detektor

AG Prof. Neubert¹

¹Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

September 20, 2023

Jascha**Amelia****Mindaugas****Lukas****Can**

Simulation von Detektoren
zur Rekonstruktion von Spuren
geladener Teilchen

Simulationsstudien
für Sexaquarksuche

Suche nach
Pentaquarks

Entwicklung einer neuen
LHCb Masterclass

Charakterisierung eines
Pixelsensors des LHCb
Detektors

Kai

Suche nach
Pentaquarks

Piet

Suche nach
hadronischen
Molekülen

Elli

Suche nach
Sexaquark als mögliche
Dunkle Materie

**Prof. Sebastian
Neubert****Niclas****Klaas**

Aufbau zur Messung der
Zeitauslösung von Pixeldetektoren



Entwicklung neuer
Detektoren & Koordinierung
der Entwicklung des LHCb
Mightypix

LHCb Bonn



Wer seid ihr?

Wer sind wir? ✓

Wer seid ihr?

👉 Anwesenheitsbogen

Was ist Materie, wie kann man sie "messen"?

Was müssen wir alles wissen, um dieser Frage
nachzugehen?

Der heutige Tag

(50min)	Einführungsvortrag	(Person)
(30min)	Anwendung Detektoren	(Person)
(20+30min)	Hadronen. Vortrag und Anwendung; Mittagspause	(Person)
(30+30min)	Datenanalyse. Vortrag und Anwendung	(Person)
(10min)	Ergebnisdiskussion Ende	(Person)

Pausen gibt es zwischendurch, je nach Bedarf.

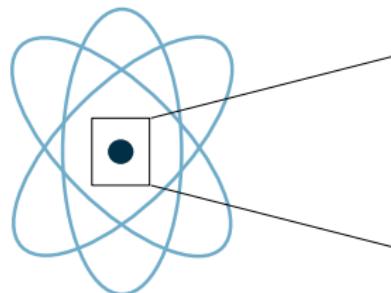
- ☞ Auf Toilette darf immer gehen, ohne zu fragen,
- ☞ Fragen über Physik dürfen immer gestellt werden!

1

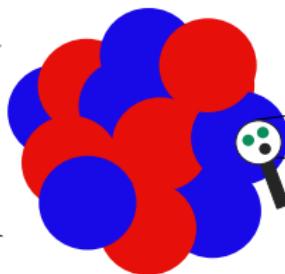
Einführung in die Teilchenphysik

Und was ist eigentlich im Nukleus?

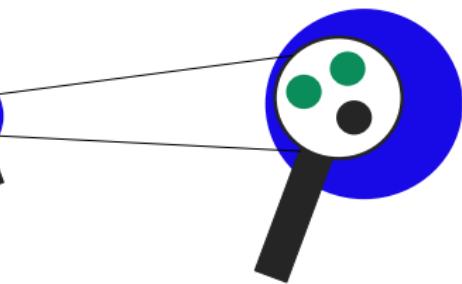
Atom



Atomkern



Proton mit Quarks



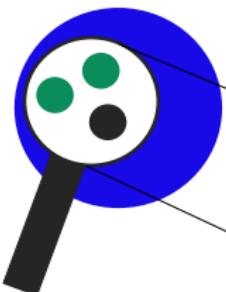
10^{-10}m

10^{-15}m

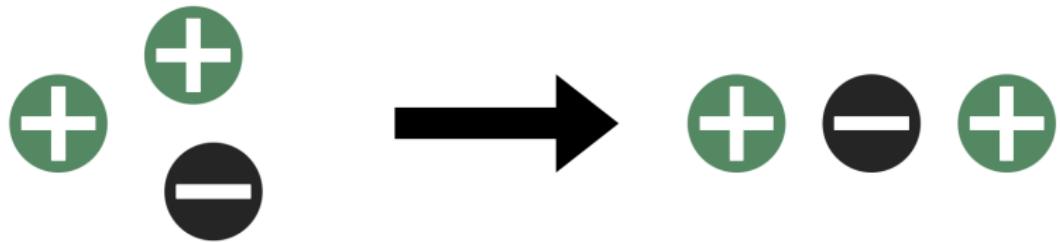
$\leq 10^{-18}\text{m}$

Quarks - Was sind das?

Welche Ladung hat ein **Neutron**/**Proton**?
Welche Ladung müssen die **Quarks** haben?



Wie werden Quarks zusammengehalten?

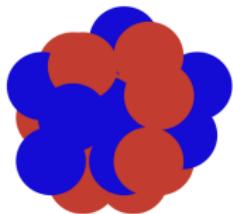


Elektromagnetische Kraft könnte Quarks binden!

Kräfte in Atomkernen

Aber warum halten Atomkerne zusammen?

Die Protonen stoßen sich elektromagnetisch ab!



Es muss eine weitere Kraft existieren, die Atomkerne bindet

Diese Kraft nennen wir die starke Kraft

Fragestunde Protonen

Aber wie können wir feststellen, ob Protonen nun von der starken oder elektromagnetischen Kraft zusammengehalten werden?

Andere Quarkkombinationen

Tatsächlich finden wir aber zusammengesetzte Teilchen, die aus drei up quarks (oder drei down quarks) bestehen!



$$\rightarrow \Delta^{++}(1232)$$

$$\rightarrow \Delta^-(1232)$$

Also muss die starke Kraft für die Bindung dieser Teilchen verantwortlich sein

Unterschiede der Kräfte

Wie unterscheiden sich die elektromagnetische und die starke Kraft?

Unterschiede der Kräfte

Wie unterscheiden sich die elektromagnetische und die starke Kraft?

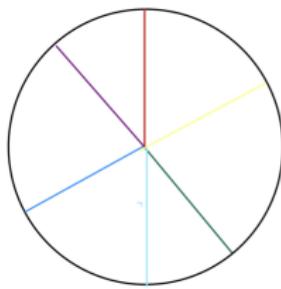
- Wir spüren die starke Kraft nicht im Alltag
- Die starke Kraft wirkt anziehend auf elektrisch neutrale & geladene Teilchen
- ...

Die Eigenschaften der starken Wechselwirkung

Tatsächlich existiert für die starke Kraft auch eine Ladung, auf die sie wirkt!

→ **Beobachtung:** Quarks müssen eine sogenannte Farbladung haben
Teilchen, die wir beobachten, haben jedoch keine

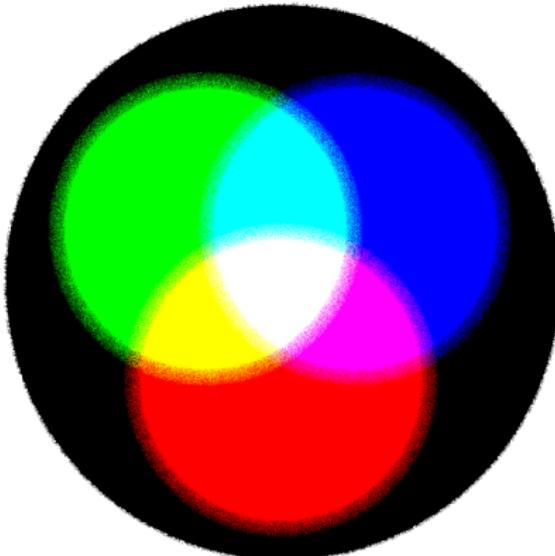
Analogie:



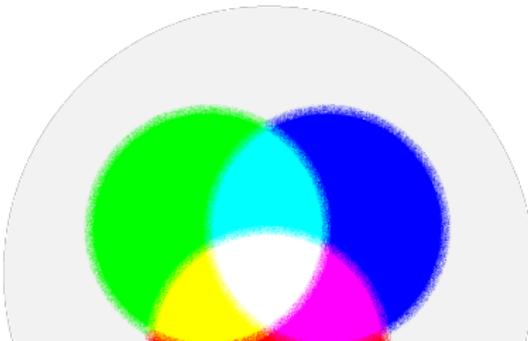
Help me



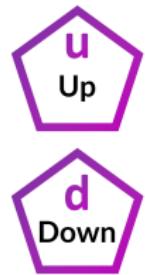
→ Insgesamt „Farbneutral“!



Folie entfernen



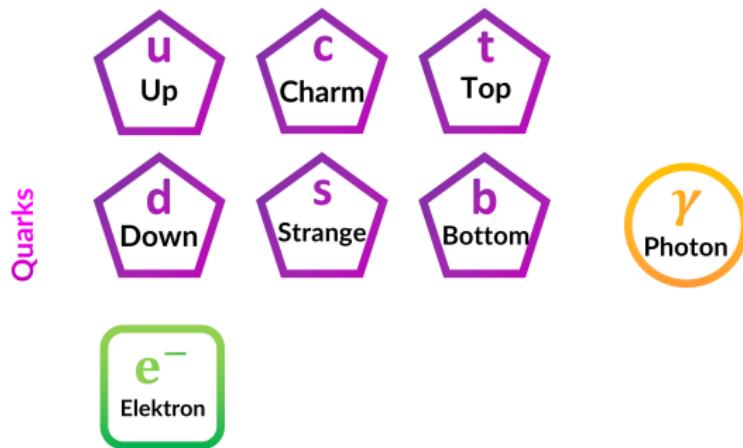
Das Standard Modell der Teilchenphysik



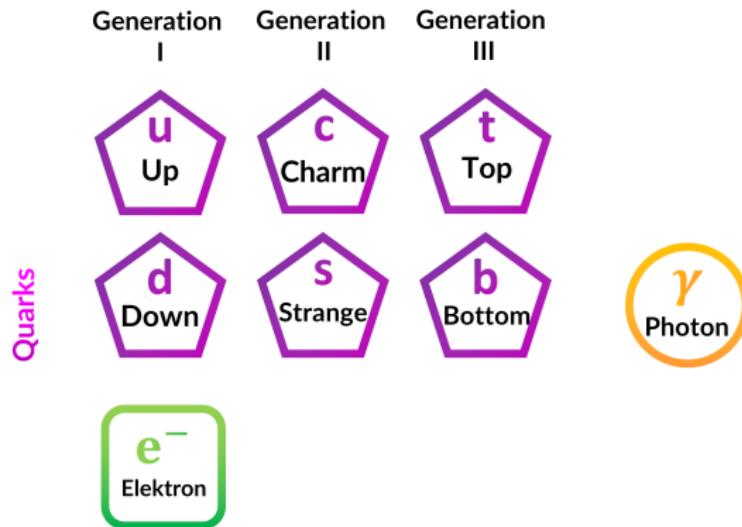
Das Standard Modell der Teilchenphysik



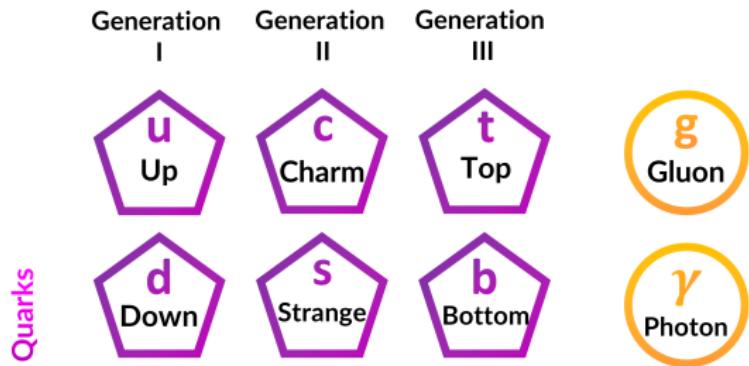
Das Standard Modell der Teilchenphysik



Das Standard Modell der Teilchenphysik

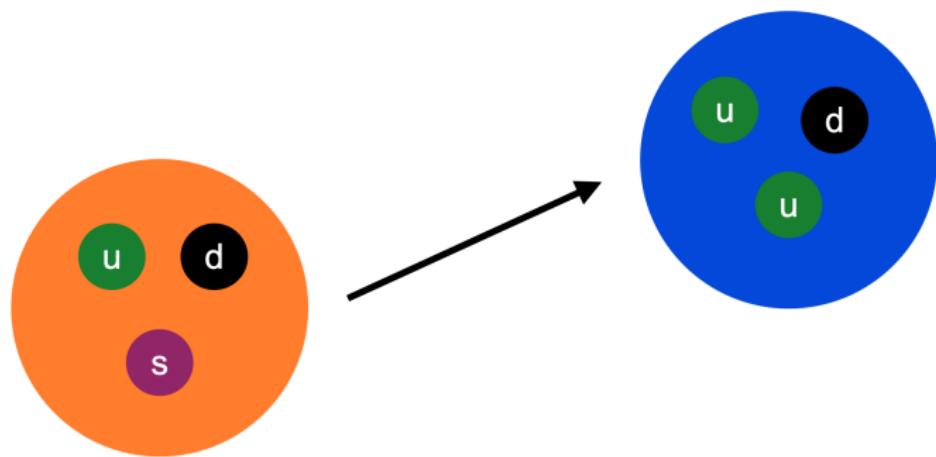


Das Standard Modell der Teilchenphysik

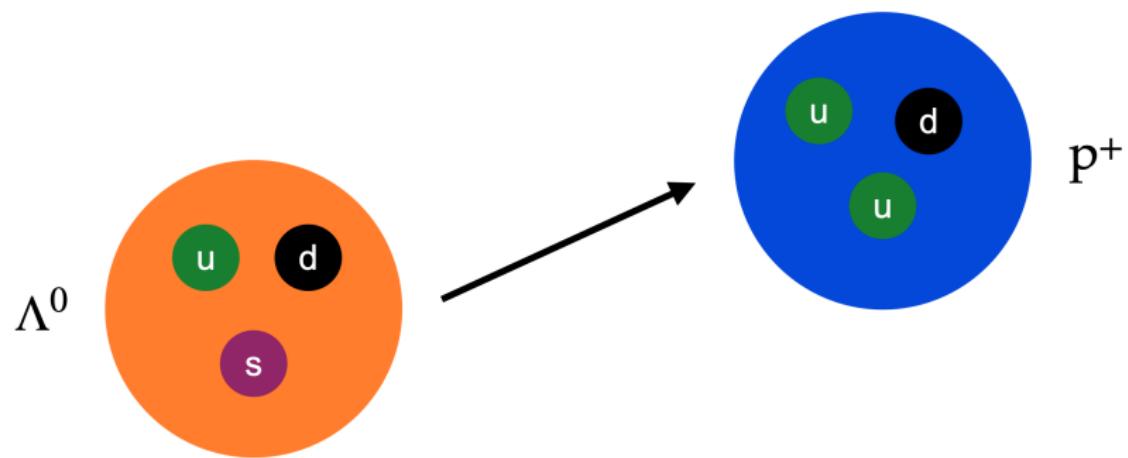


Austauschteilchen

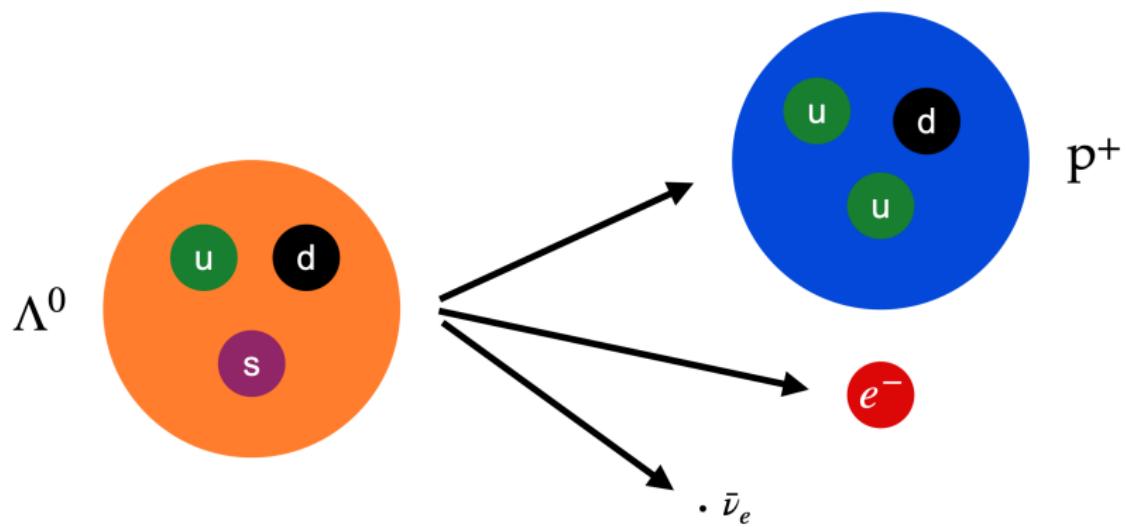
Die schwache Wechselwirkung



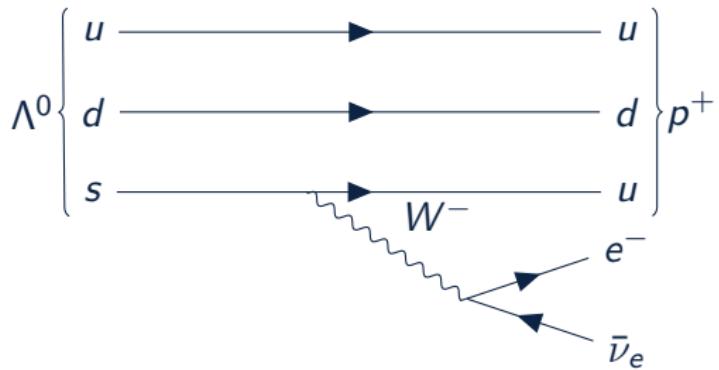
Die schwache Wechselwirkung



Die schwache Wechselwirkung

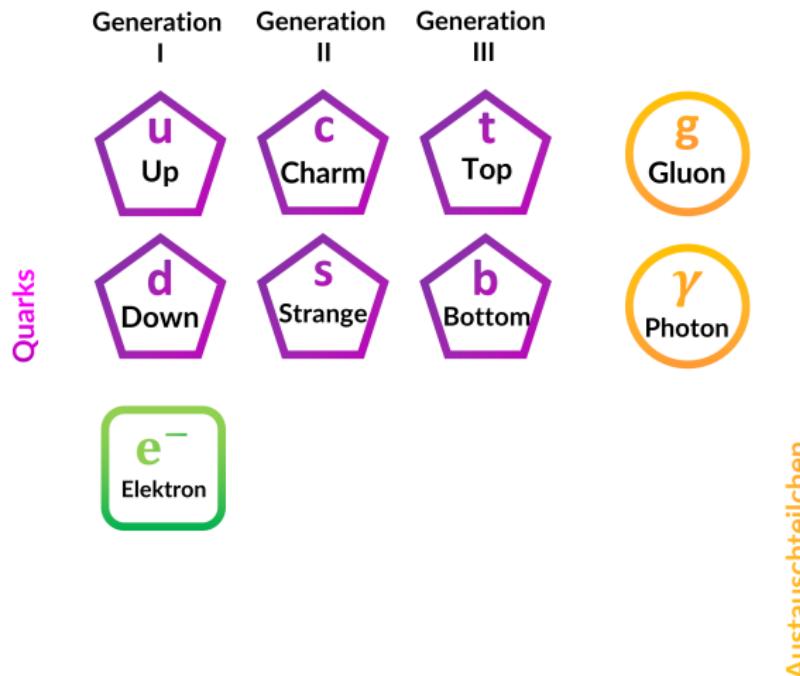


Feynman Diagramme

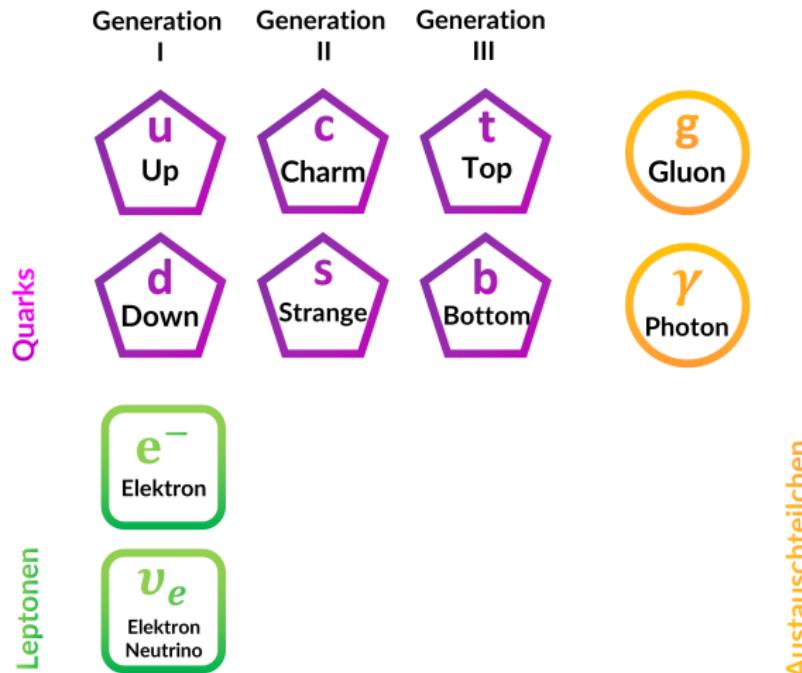


→ Nur die schwache Wechselwirkung ist in der Lage den "flavour" eines Teilchens zu verändern!

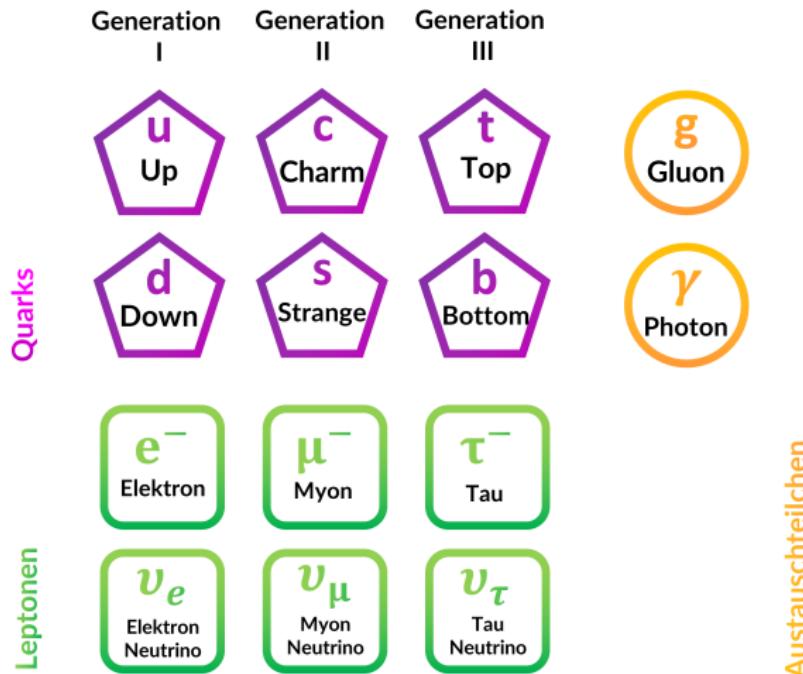
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



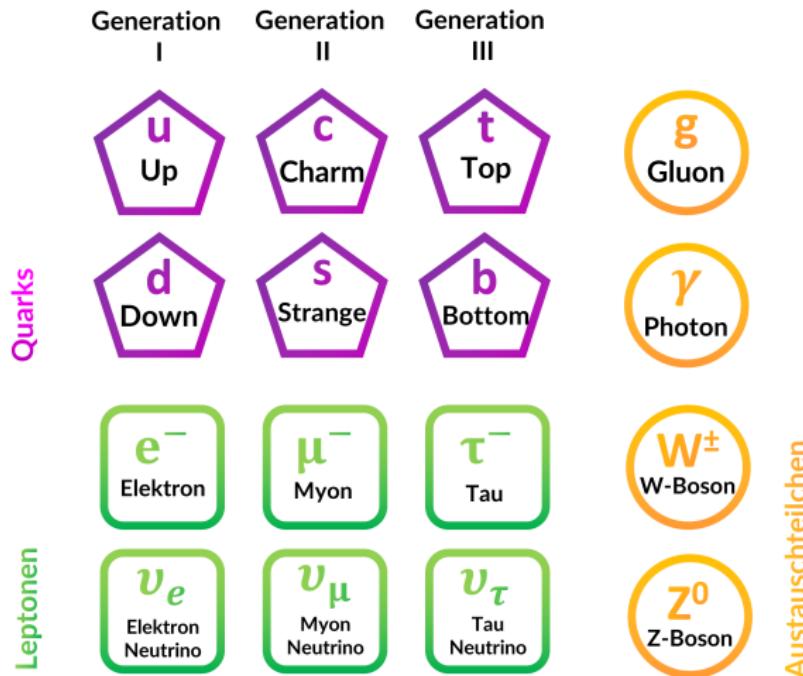
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



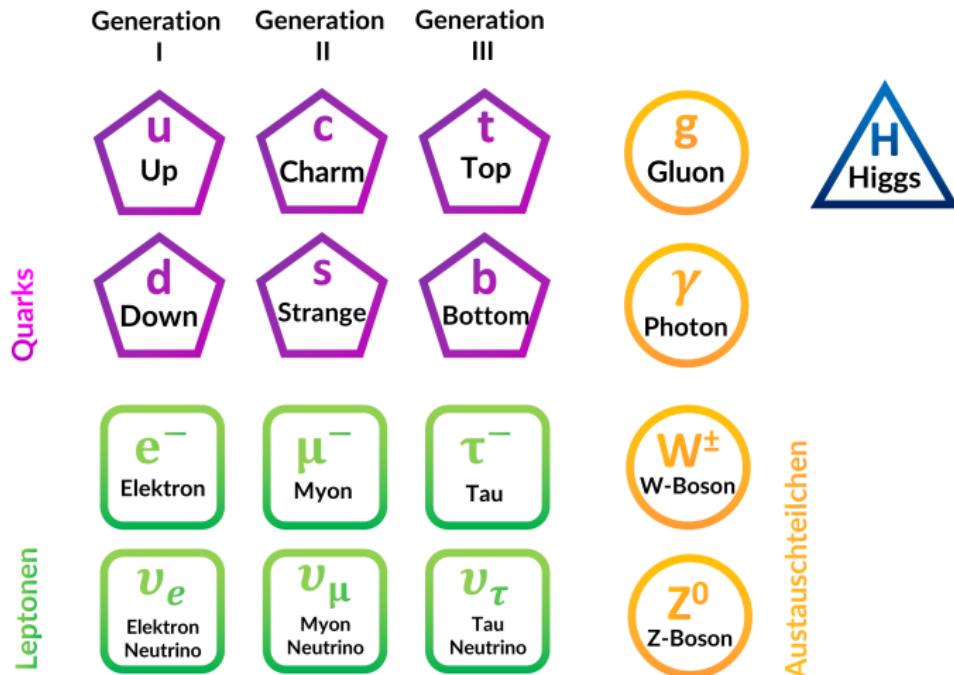
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



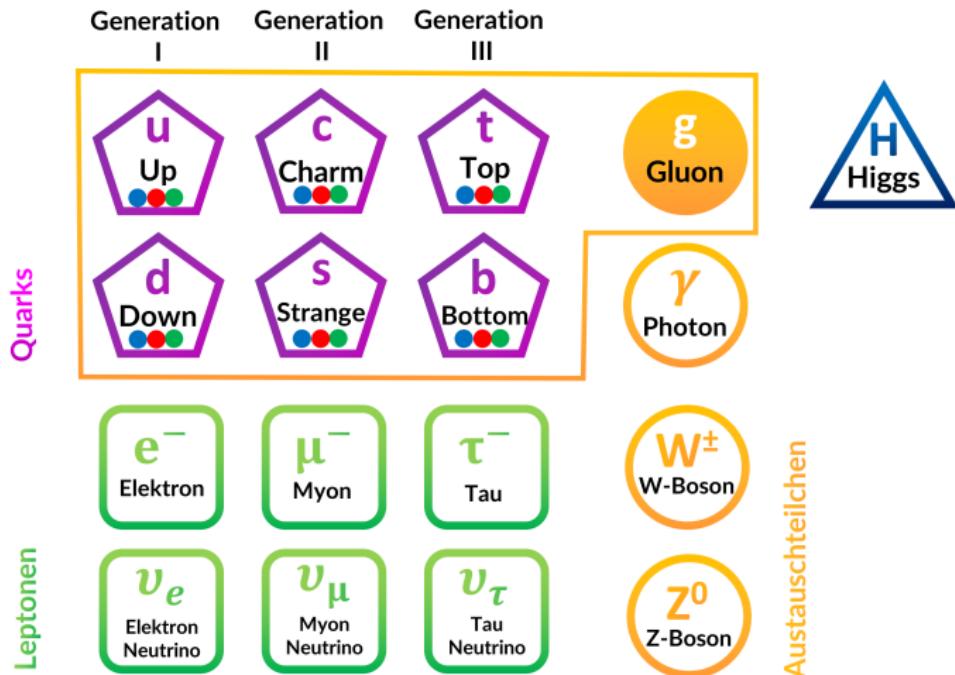
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



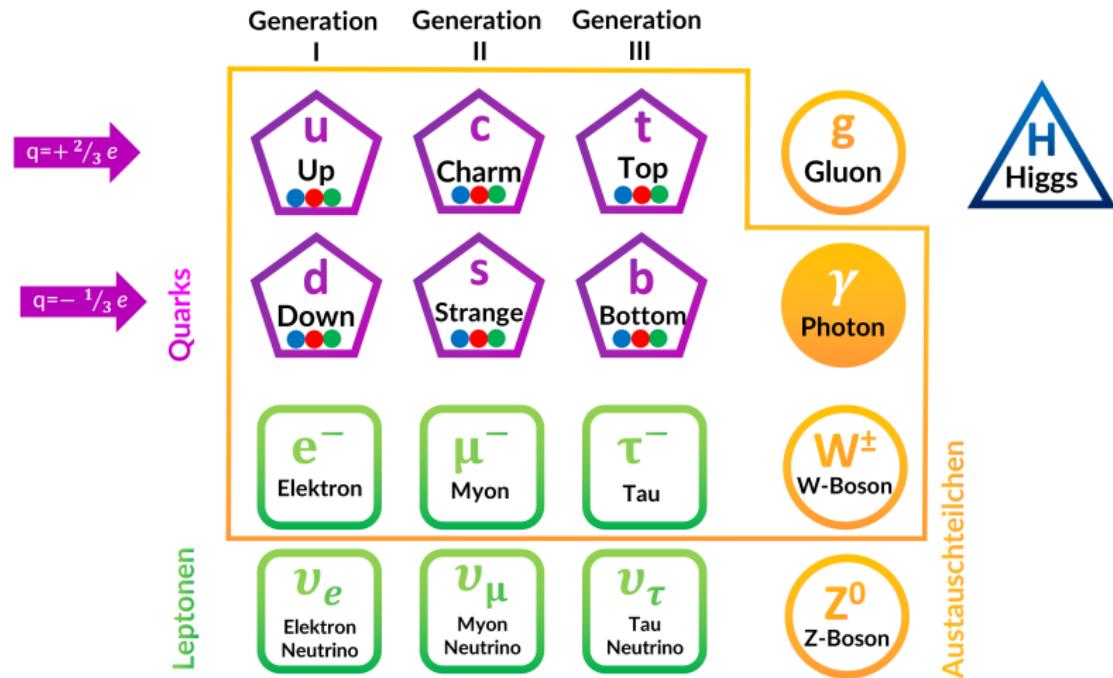
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



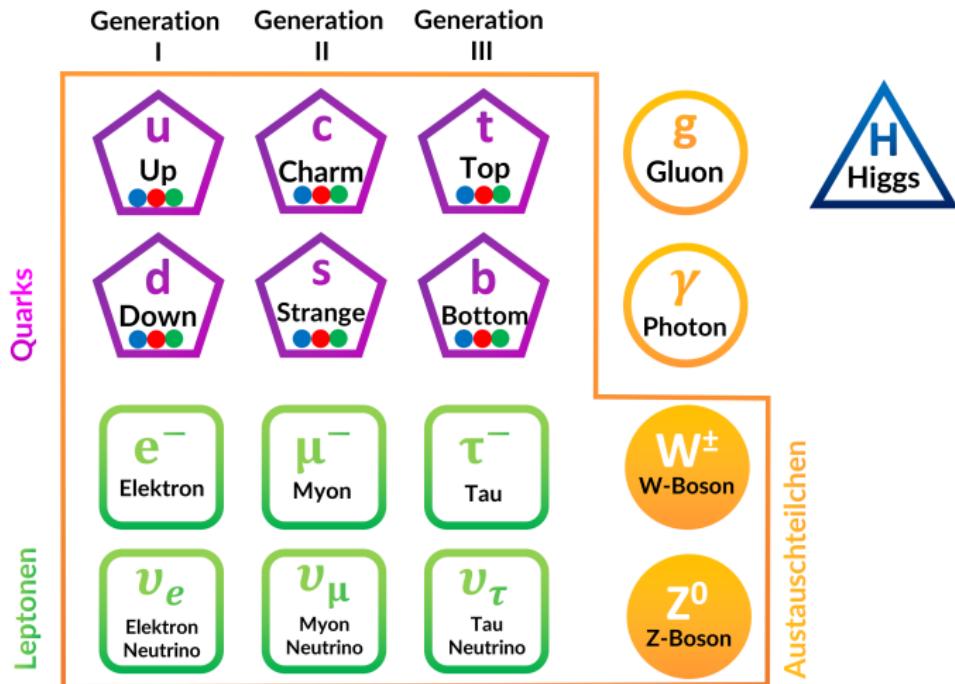
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



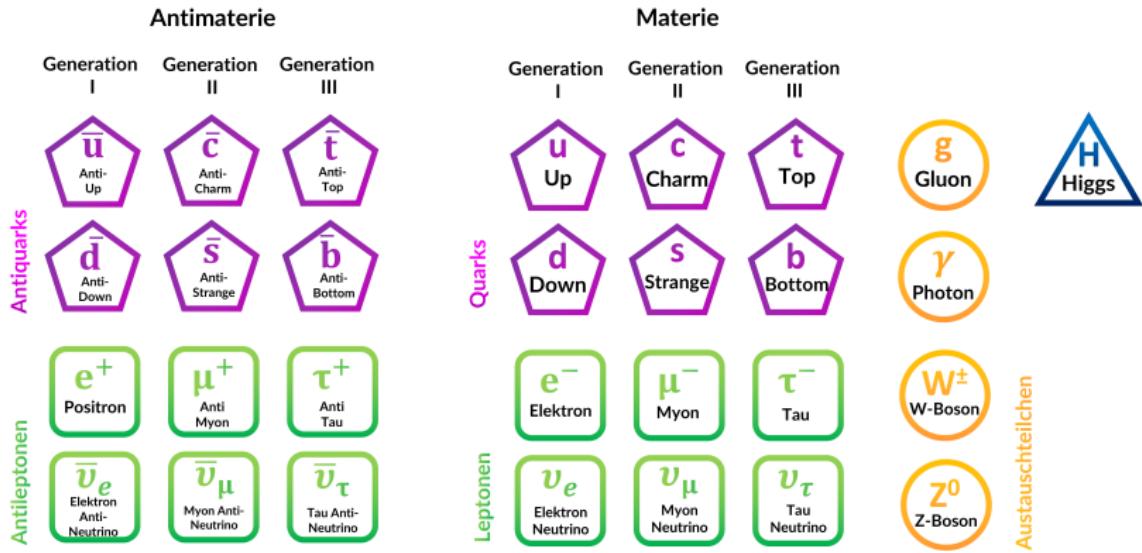
Das Standard Modell der Teilchenphysik II



Das Standard Modell der Teilchenphysik II



Das Standard Modell der Teilchenphysik II



2

Einführung in den LHCb-Detektor am CERN

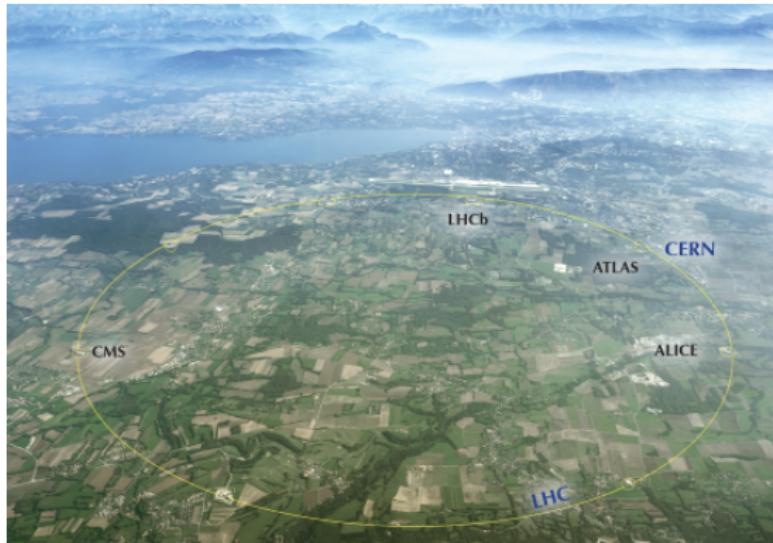
Ein Teilchen bitte!

Wir wollen Teilchen produzieren!
Dazu brauchen wir viel **Energie**!

$$E = m \cdot c^2$$

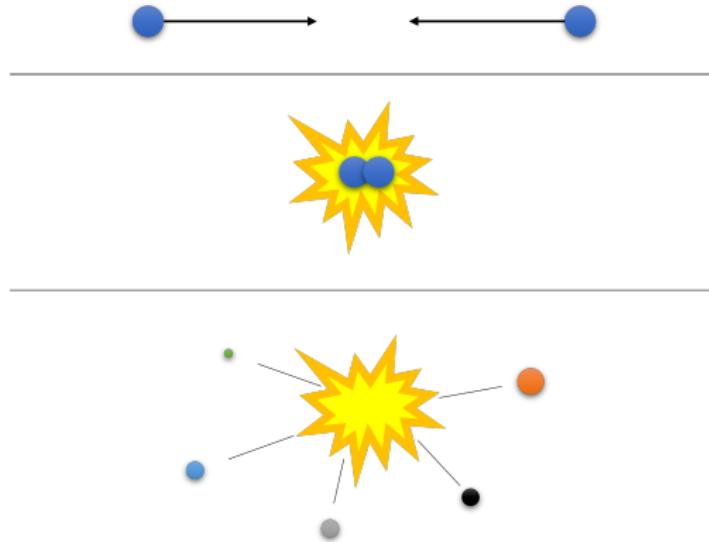
Willkommen am CERN & LHC

Wie kann man die benötigte Energie produzieren?



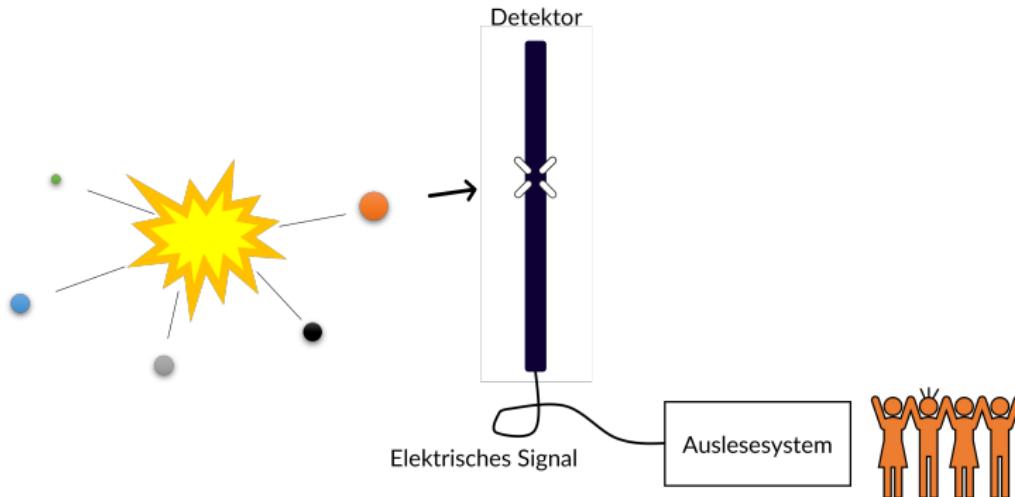
Die Kollision der Teilchen

Die hochenergetischen Teilchen kollidieren
→ Was geschieht mit der Energie?



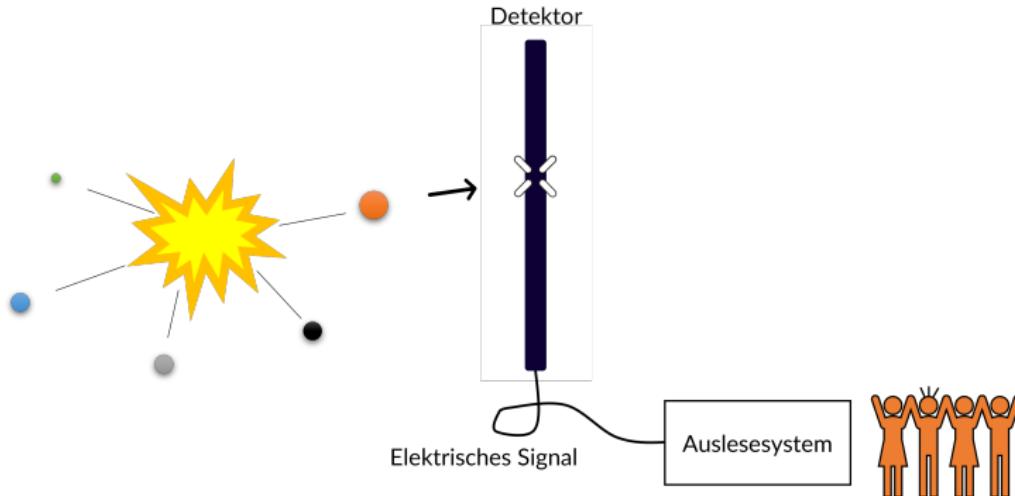
Detektive für Teilchen

Wie können wir feststellen, was bei der Kollision passiert ist?



Detektive für Teilchen

Wie können wir feststellen, was bei der Kollision passiert ist?



→ Welches Signal gehört zu welchem Teilchen?

Welches Signal gehört zu welchem Teilchen?

Erinnert euch an die Eigenschaften der Teilchen, die ihr kennt:

Welches Signal gehört zu welchem Teilchen?

Erinnert euch an die Eigenschaften der Teilchen, die ihr kennt:

- Masse
- Elektrische Ladung
- Energie
- Impuls
- Geschwindigkeit

Welches Signal gehört zu welchem Teilchen?

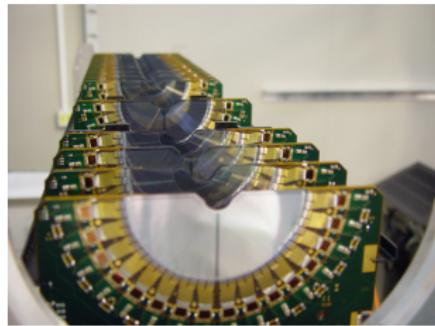
Erinnert euch an die Eigenschaften der Teilchen, die ihr kennt:

- Masse
- Elektrische Ladung
- Energie
- Impuls
- Geschwindigkeit

→ Wie können wir diese Eigenschaften messen?

Vertex Locator (VELO)

- Um den Kollisionspunkt aufgebaut
- Wichtig für Spurrekonstruktion



Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH1)

- Misst Geschwindigkeit der Teilchen
- Wichtig für Identifikation von Teilchen
- Nur genau in begrenztem Geschwindigkeitsfenster



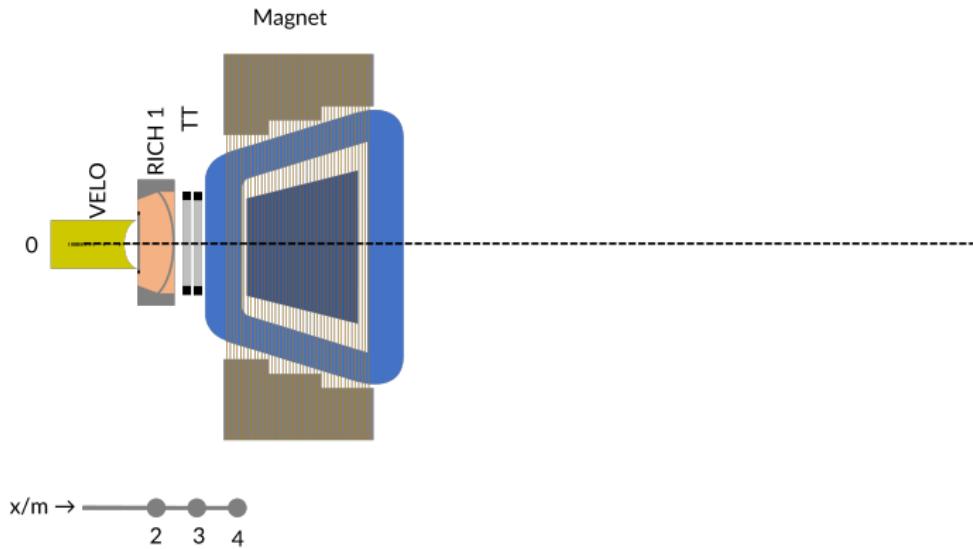
Tracker Turicensis (TT)

- Misst die Position der Teilchen
- Trägt zur Spurrekonstruktion bei



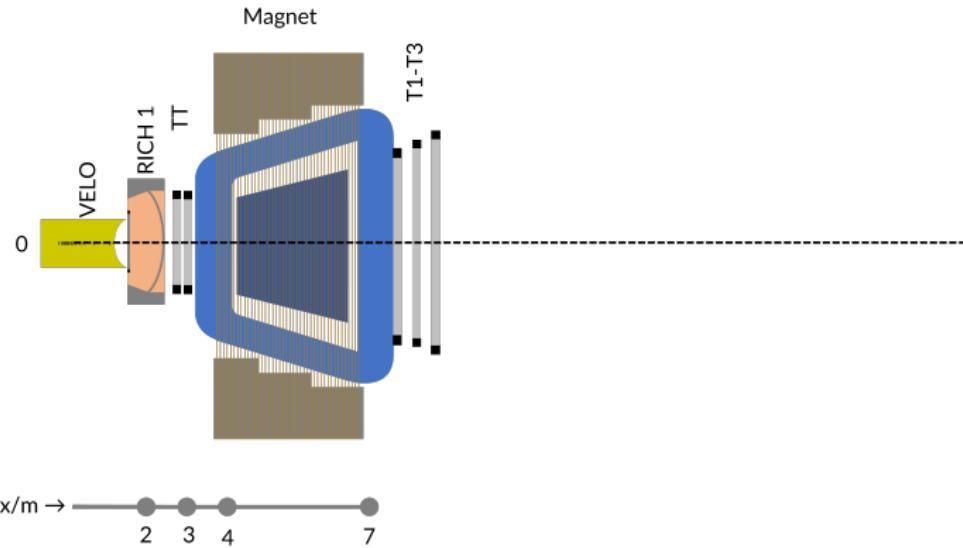
Magnet

- Krümmt die Flugbahn der Teilchen
- Hilft Teilchen zu identifizieren



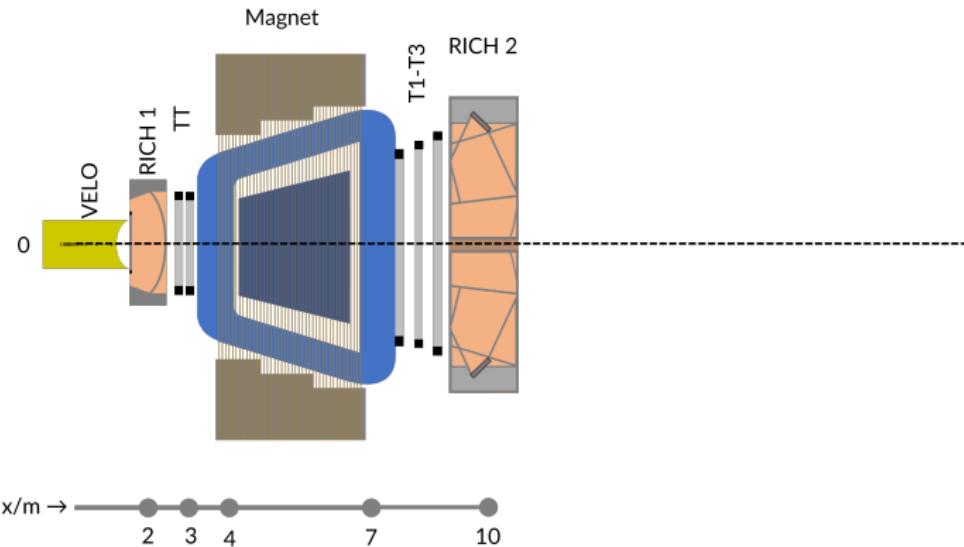
T1, T2, T3

- Misst die Position der Teilchen
- Hilft Teilchen zu identifizieren



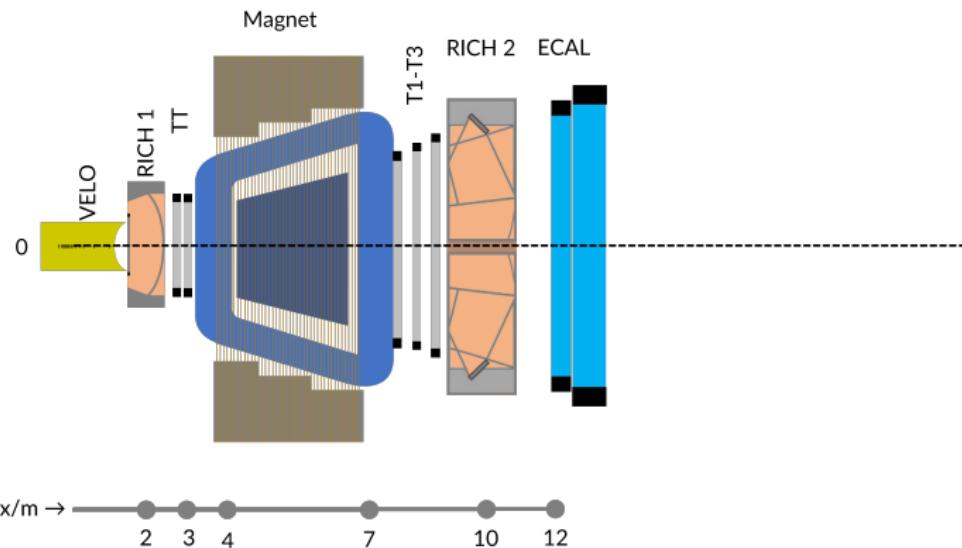
Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH2)

- Funktioniert wie RICH1
- Nutzt anderes Medium → genau in anderem Geschwindigkeitsfenster



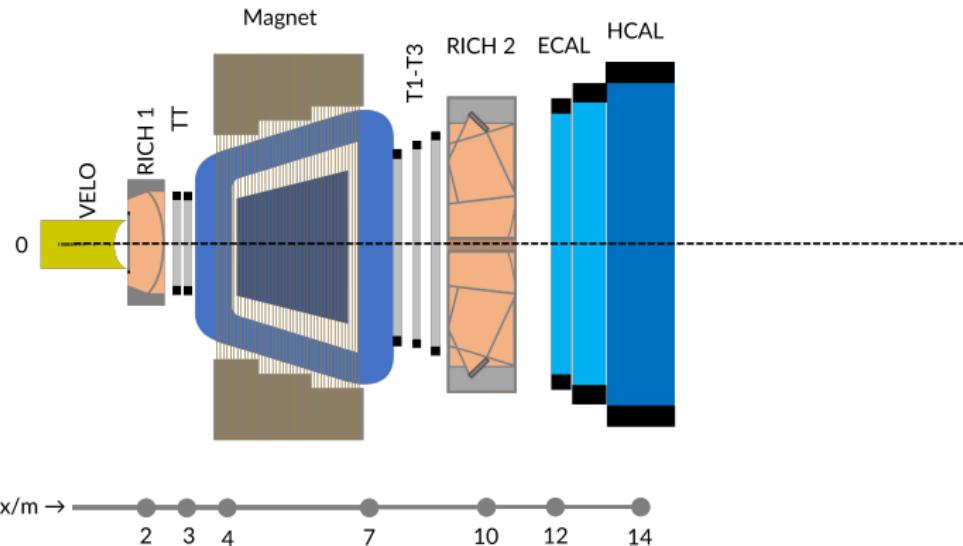
Elektromagnetisches Kalorimeter (ECAL)

- Stoppt Elektronen und Photonen
- Misst Deponierte Energie



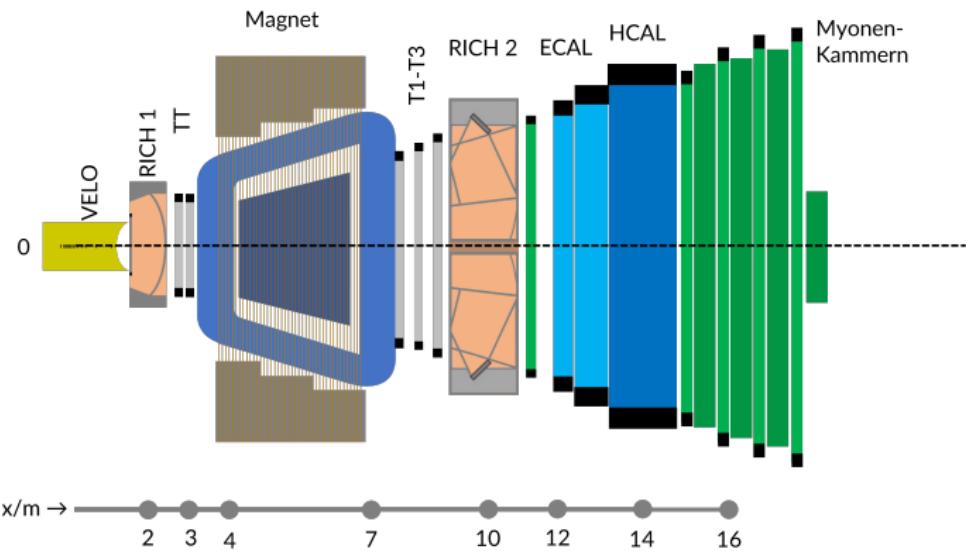
Hadronisches Kalorimeter (HCAL)

- Stoppt auch schwere geladene und neutrale Teilchen
- Misst Deponierte Energie

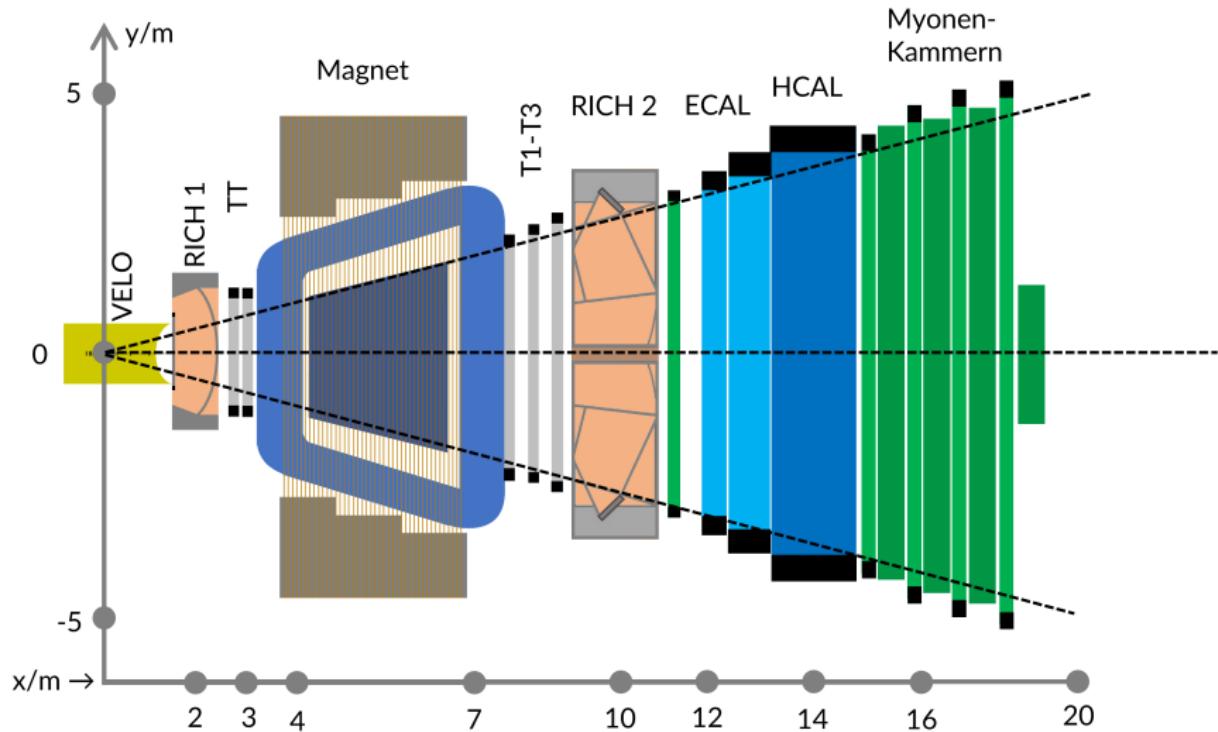


Myonenkammern

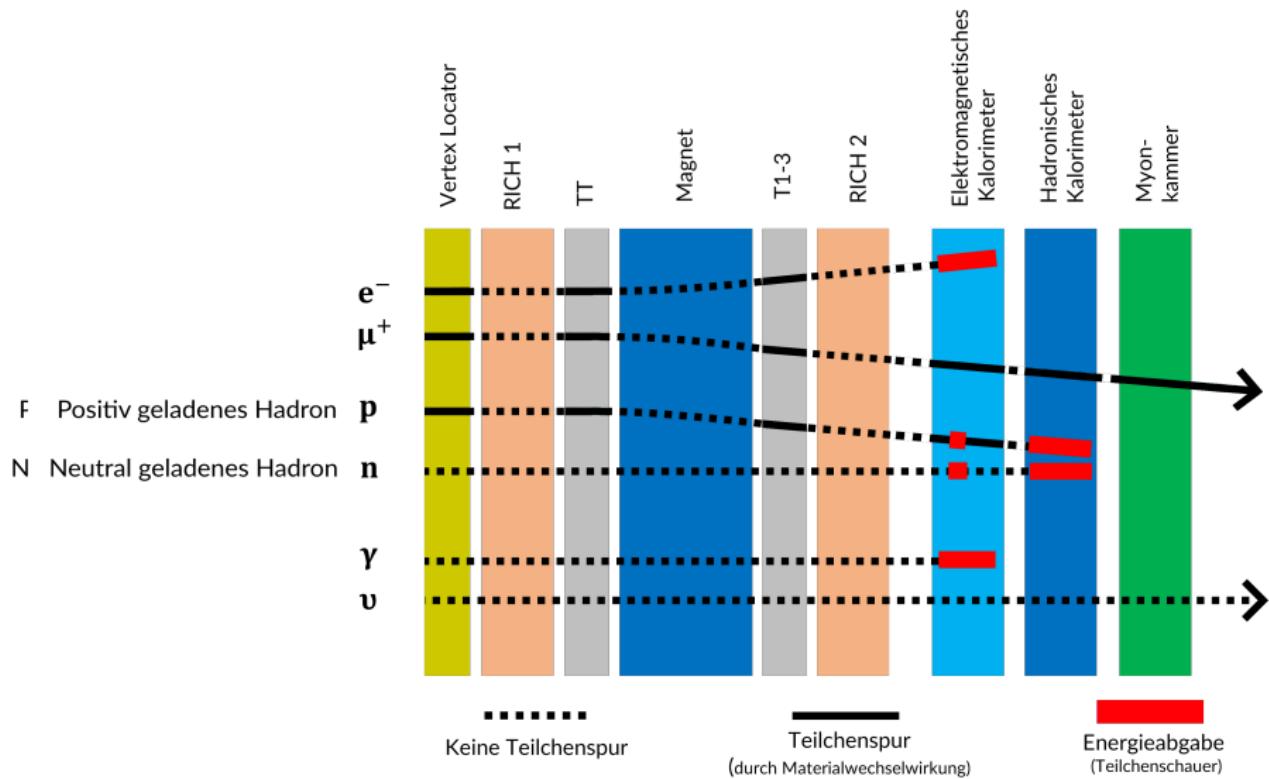
- Misst Position von Myonen



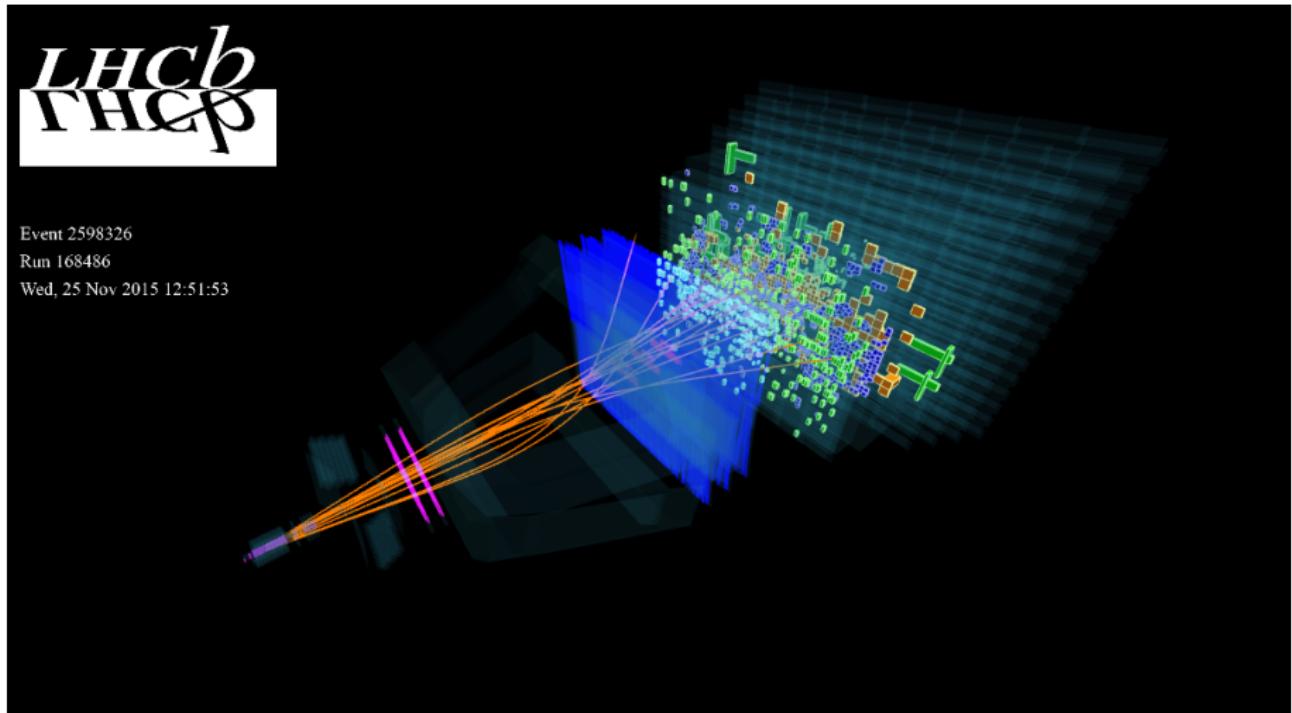
Messbereich von LHCb



Was macht wo ein Signal?



Wie sieht ein gemessenes Ereignis aus?



Was kann man mit den Daten machen?

Was kann man mit den Daten machen?
→ Neue Teilchen finden!

Was kann man mit den Daten machen?

→ Neue Teilchen finden!

☞ Eure Aufgabe jetzt

