



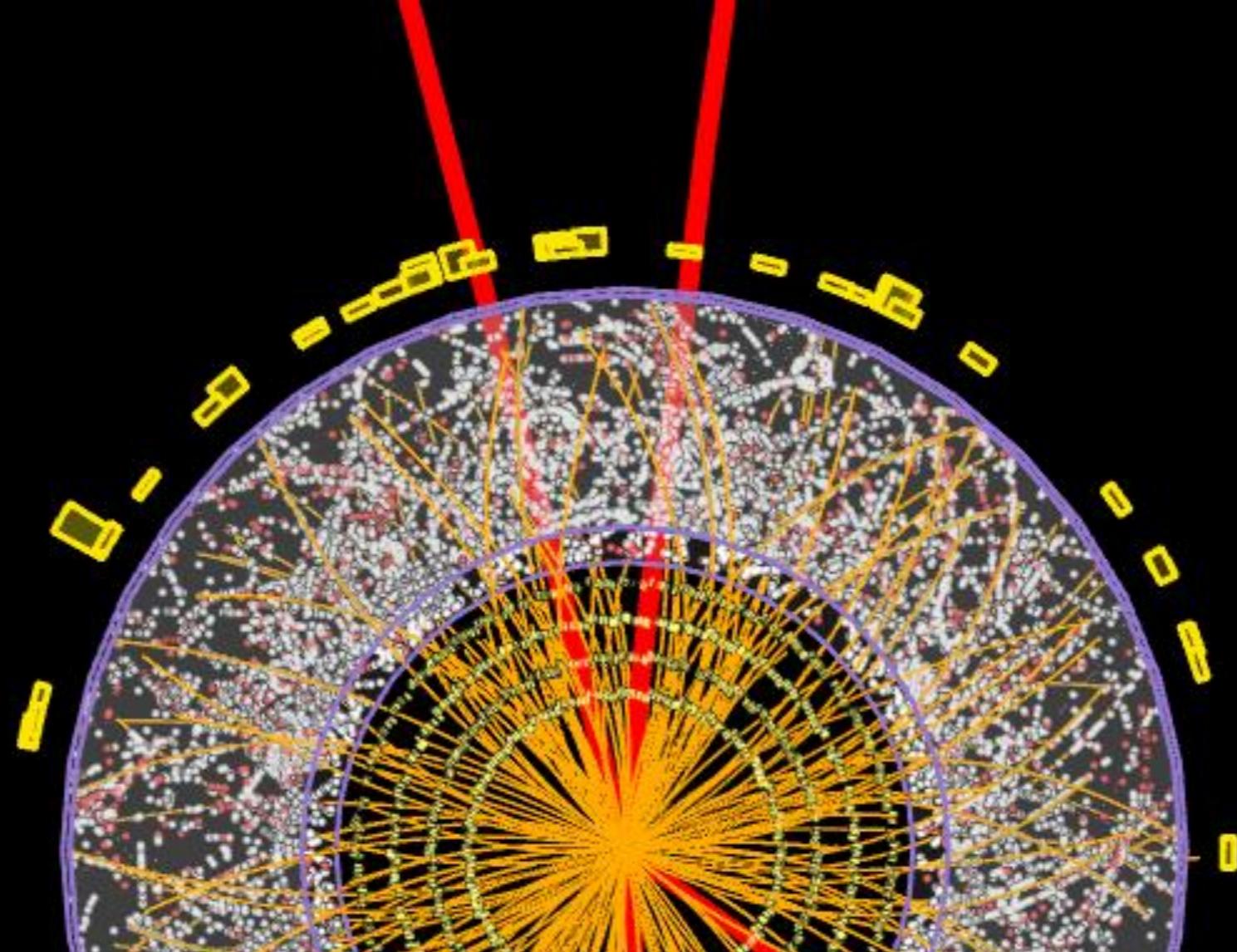
<http://atlas.ch>

Run: 204769

Event: 71902630

Date: 2012-06-10

Time: 13:24:31 CES



EXPERIMENTE & MESSUNG

Grundprinzipien der Experimente

LHC & ATLAS

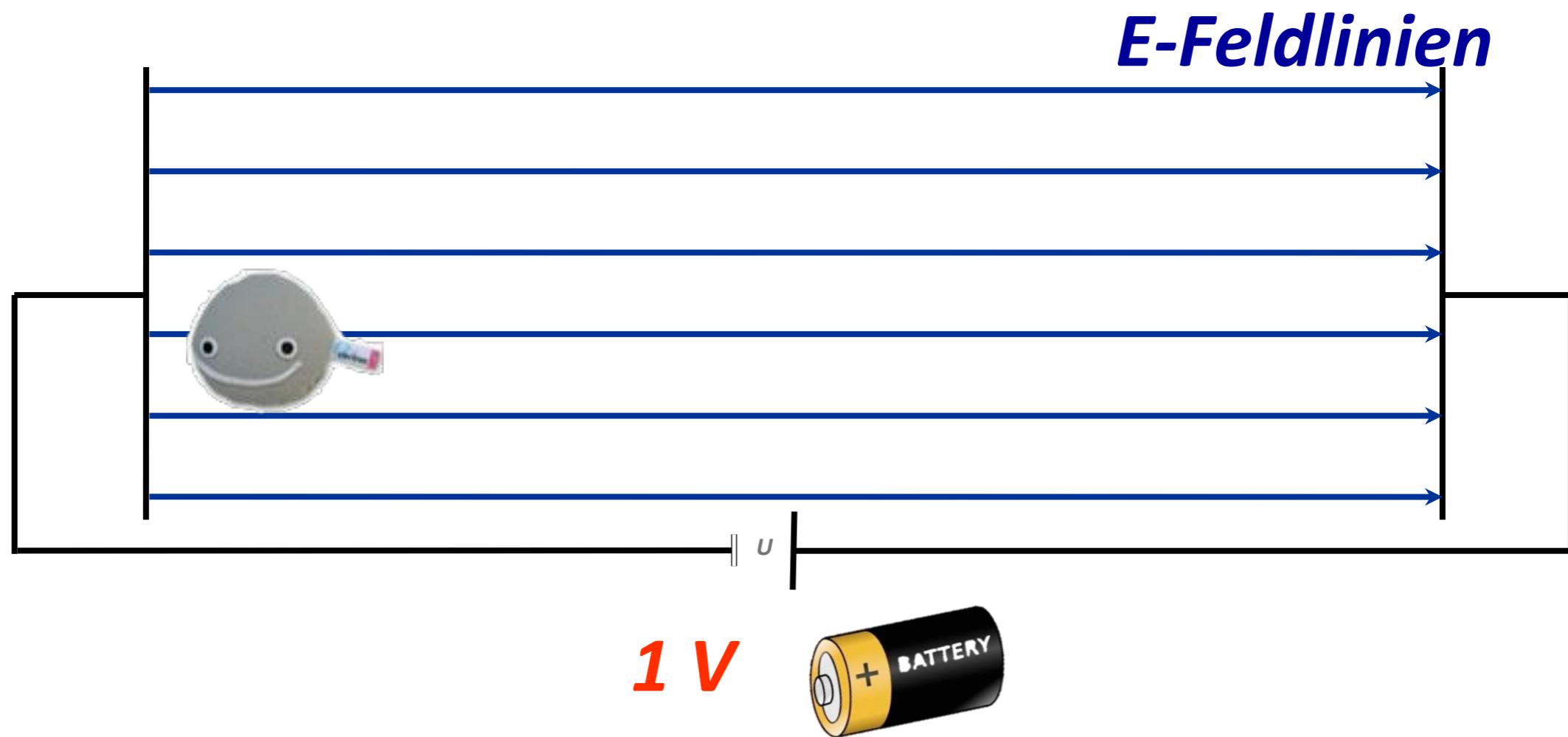
Einführung in die Messung

GRUNDPRINZIPIEN DER EXPERIMENTE

- Teilchen werden
 - beschleunigt -> erhalten kinetische Energie E
 - zur Kollision gebracht -> Umwandlung in Masse ($E=mc^2$)
- Neue Teilchen
 - entstehen
 - werden aufgezeichnet -> Detektoren
 - werden identifiziert -> statistische Analyse

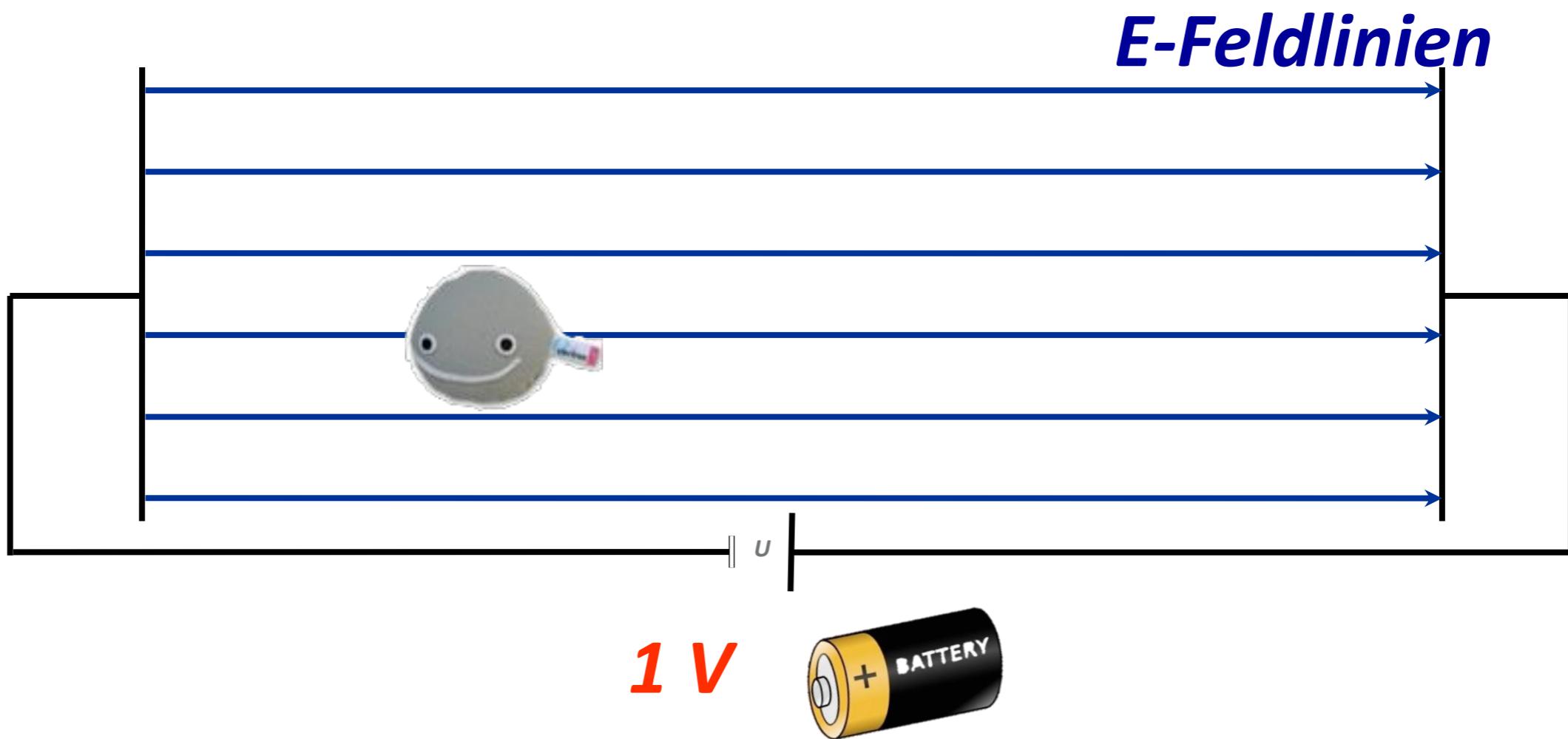
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt



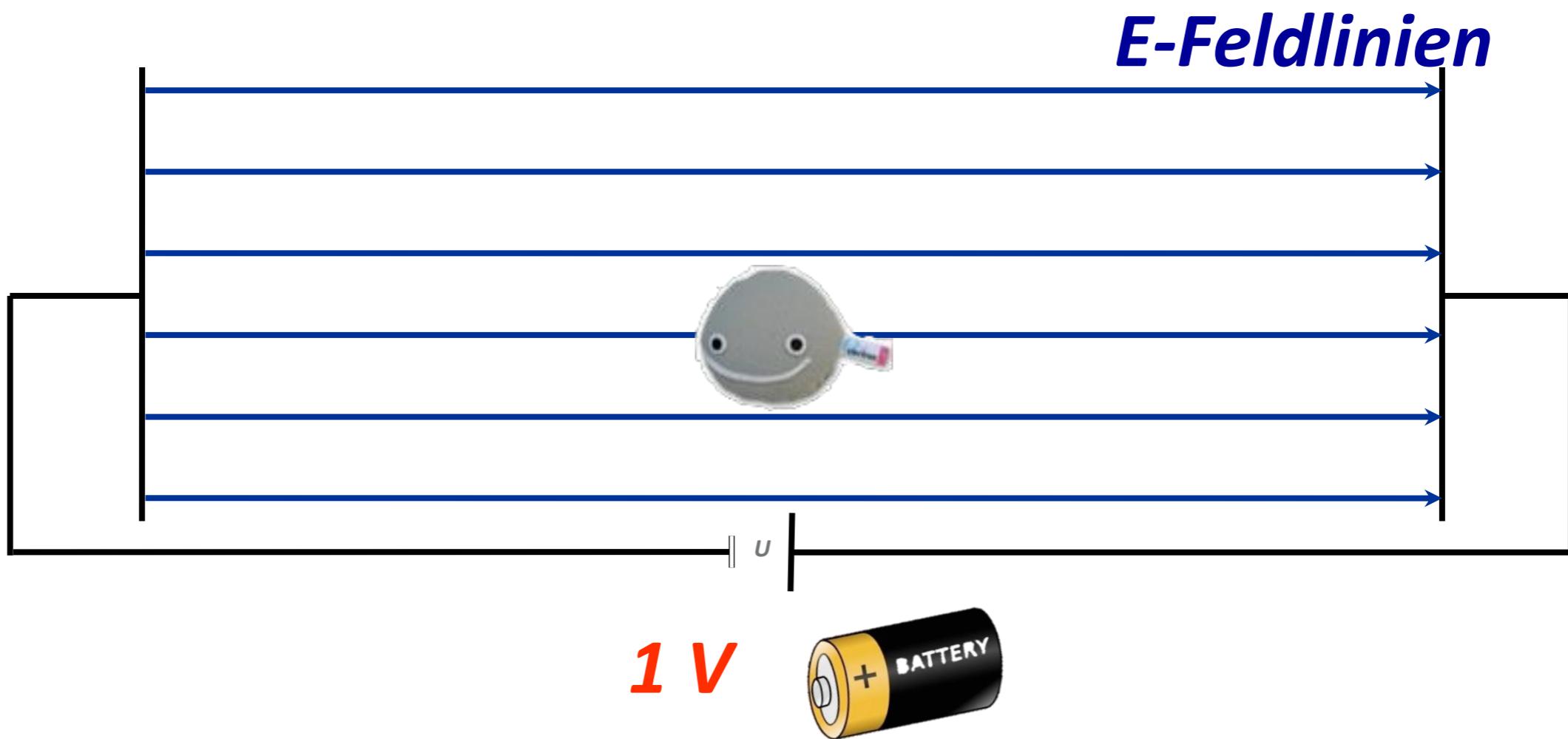
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt



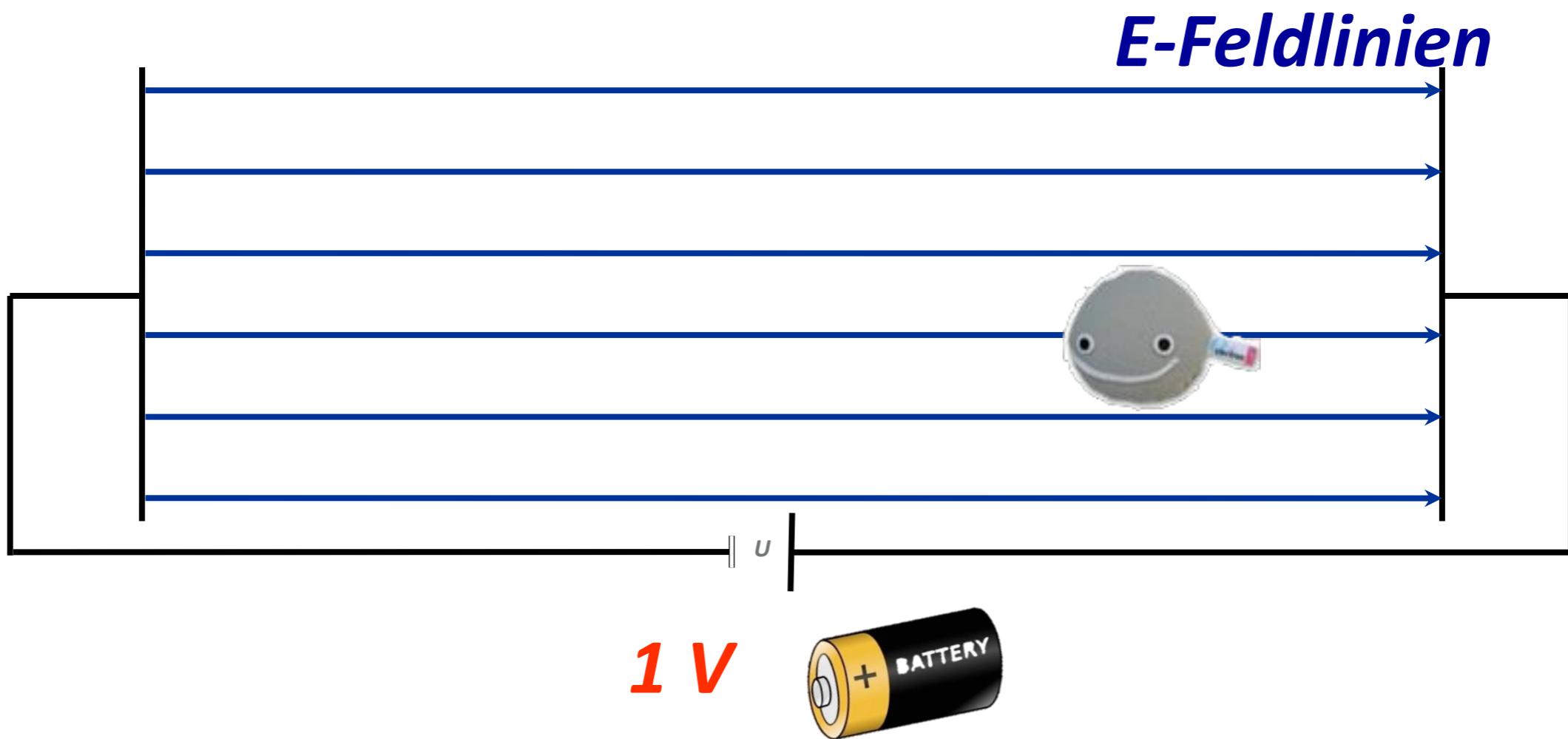
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt



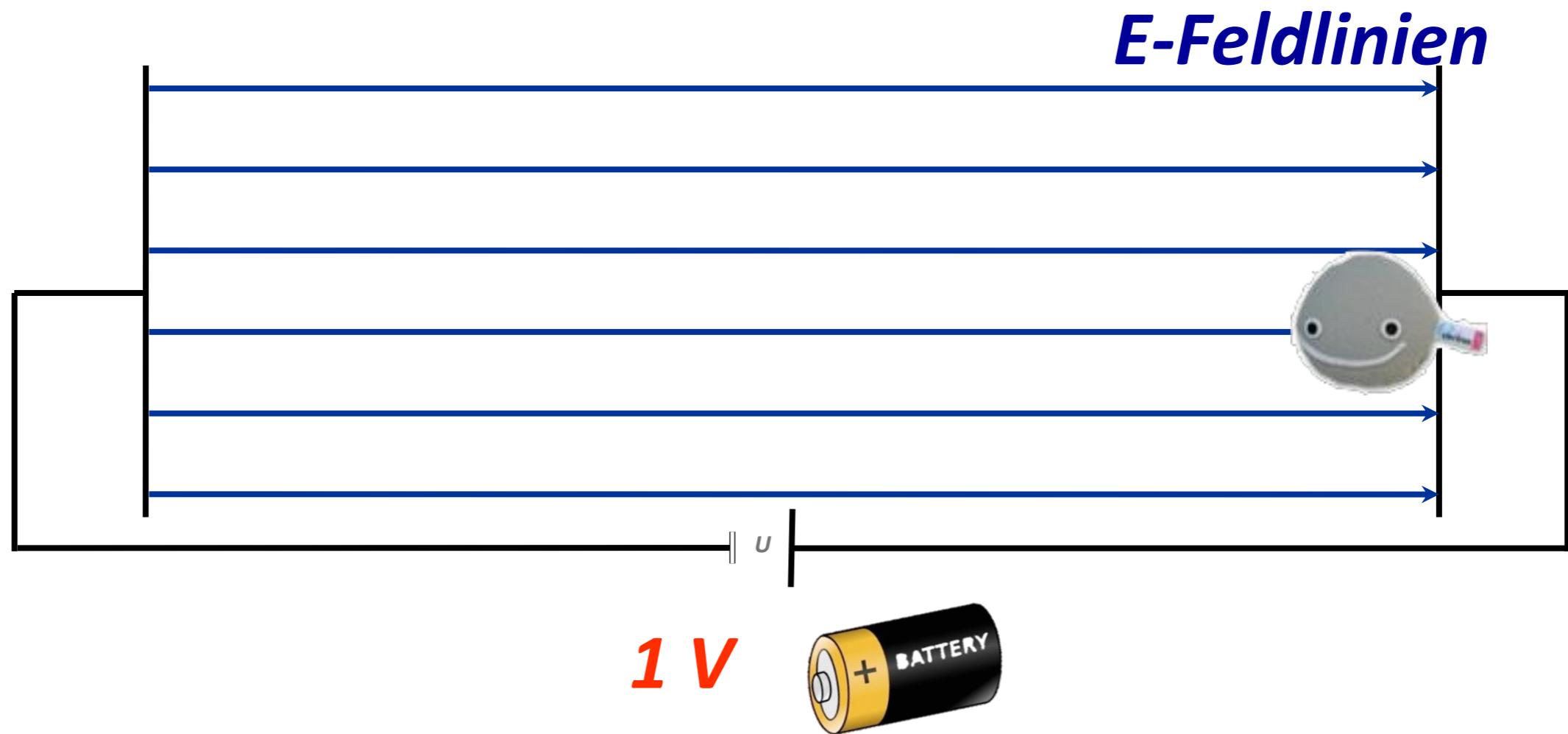
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt



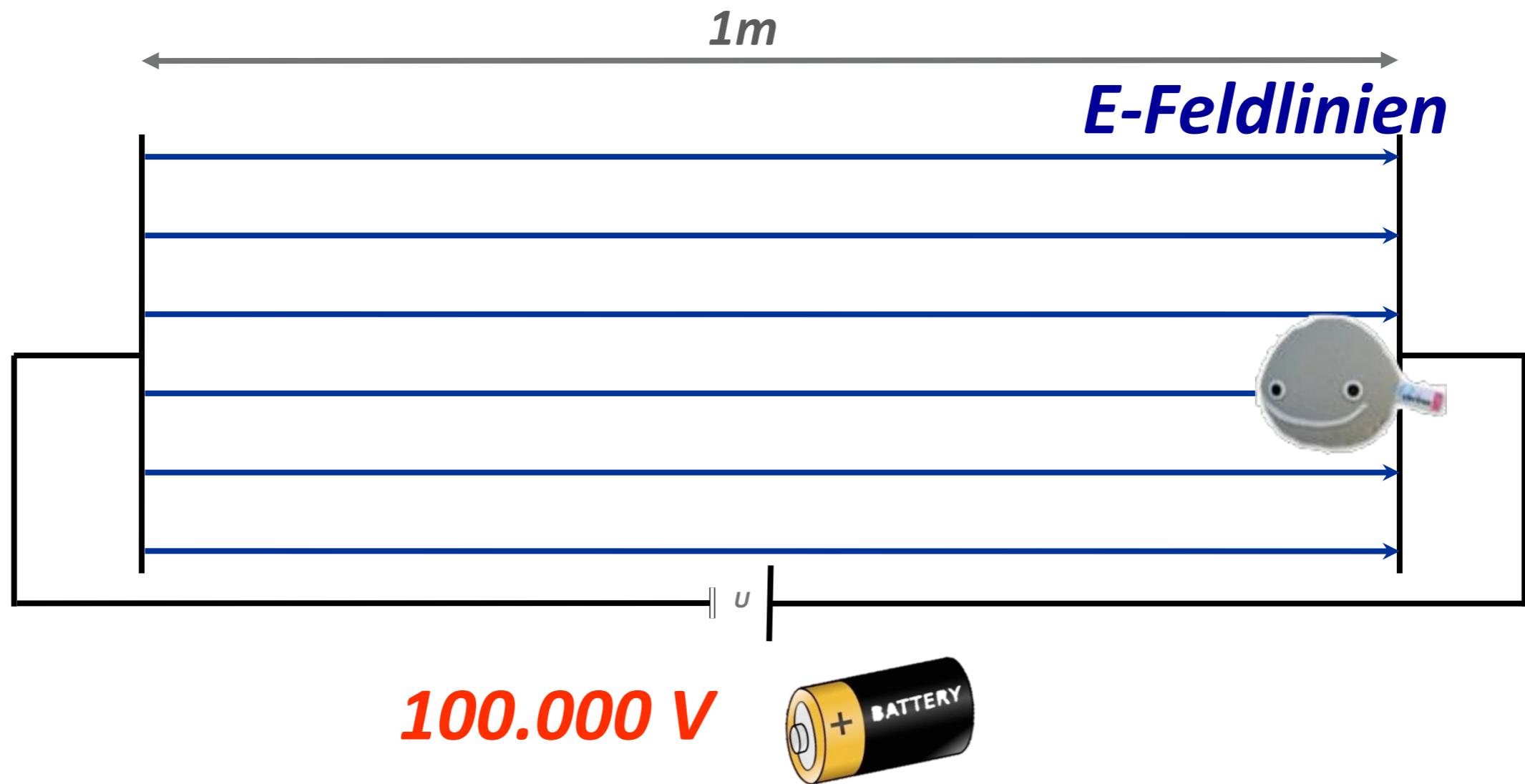
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt
- ...und erhalten die Energie $E = q \cdot U$ hier: 1 eV



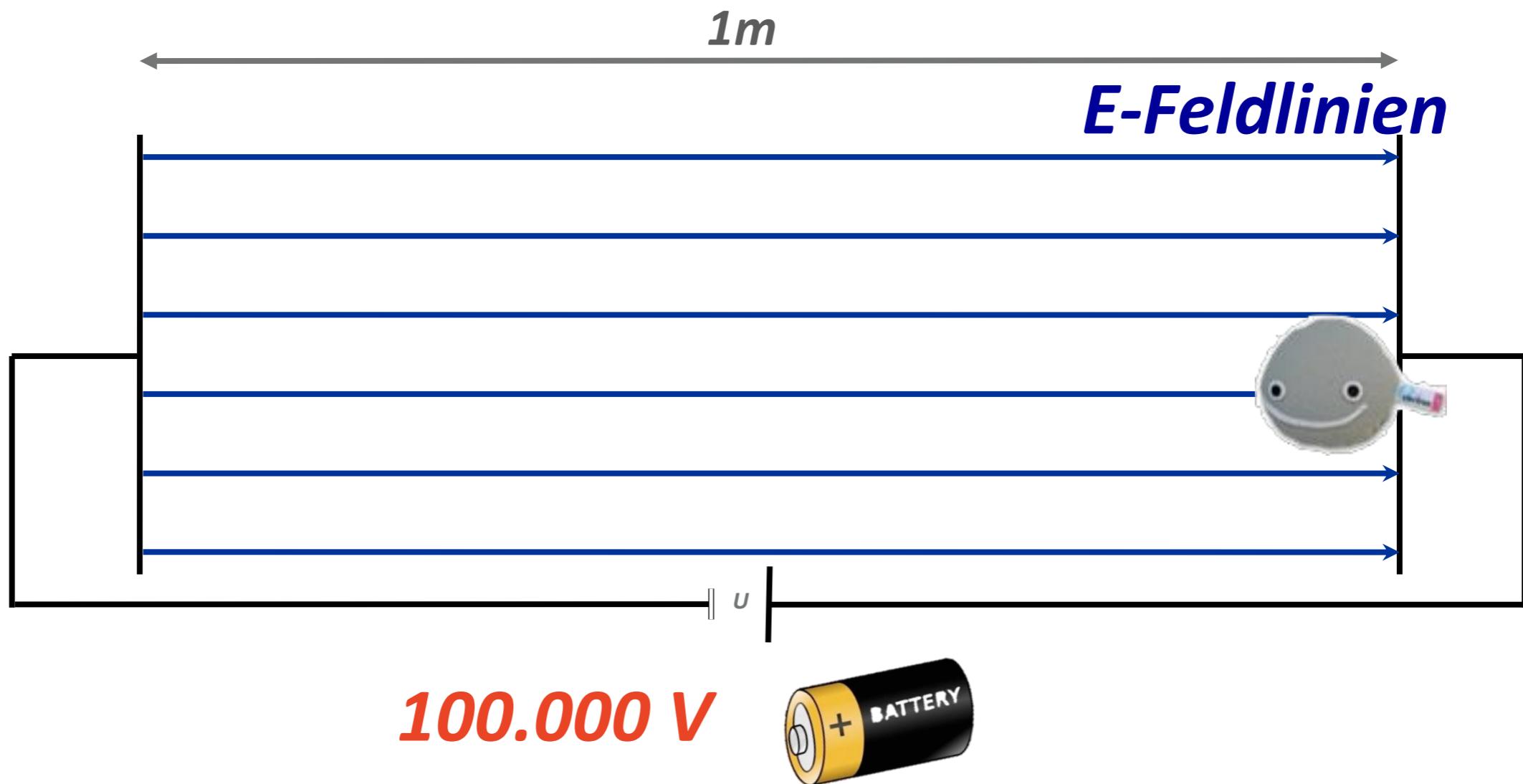
TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt
- ...und erhalten die Energie $E = q \cdot U$ hier: 100 keV



TEILCHEN BESCHLEUNIGEN

- geladene Teilchen (z.B. Elektronen) werden im E-Feld entlang der Feldlinien beschleunigt
- ...und erhalten die Energie $E = q \cdot U$ hier: 100 keV

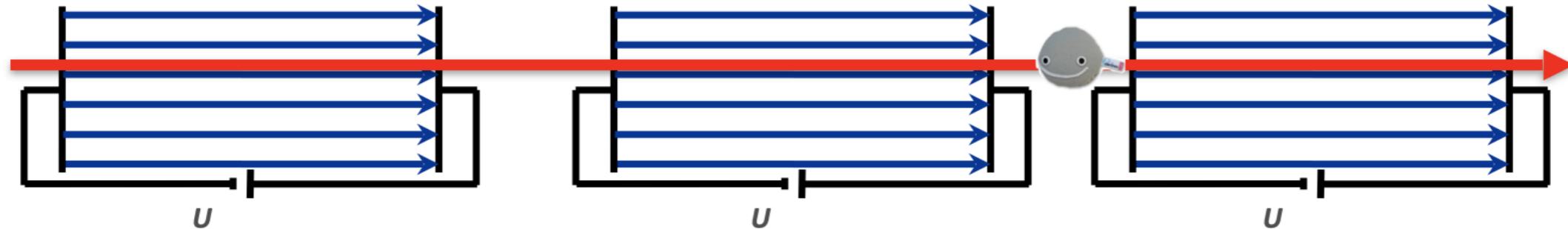


- Wie könnte man höhere Energien erreichen?

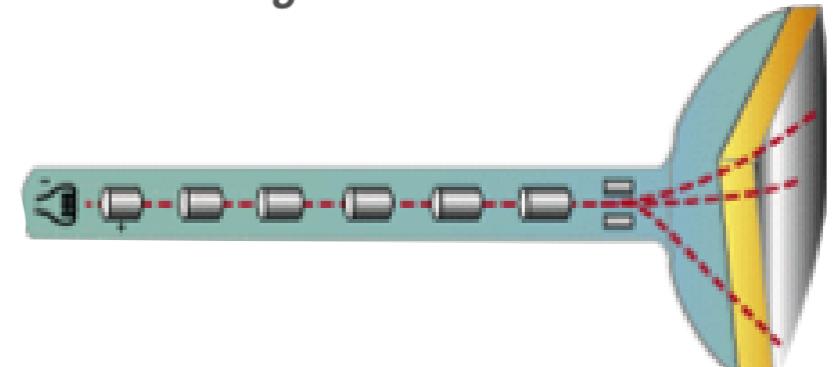
LINEARBESCHLEUNIGER

Viele E-Felder hintereinander

E-Feldlinien



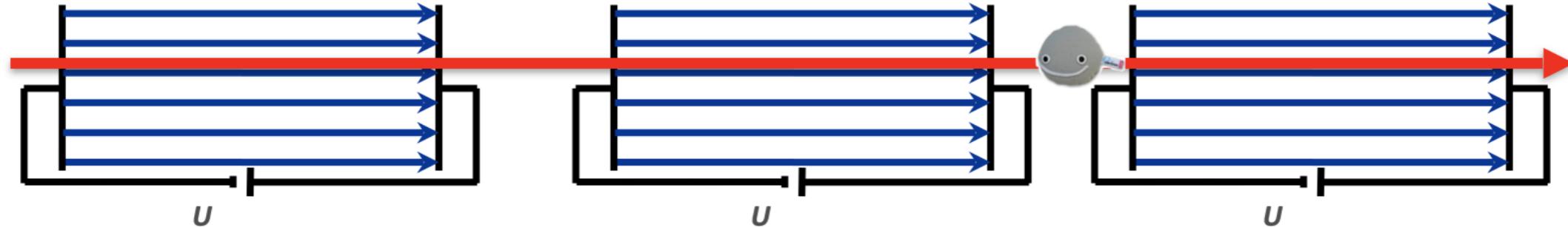
Bsp. alter Röhrenfernseher



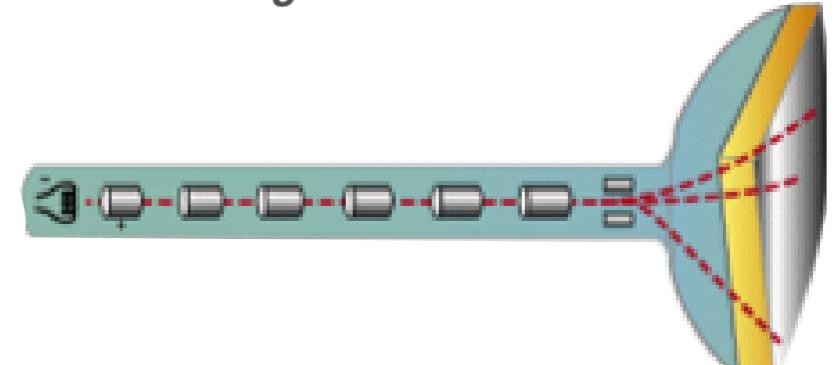
LINEARBESCHLEUNIGER

Viele E-Felder hintereinander

E-Feldlinien



Bsp. alter Röhrenfernseher



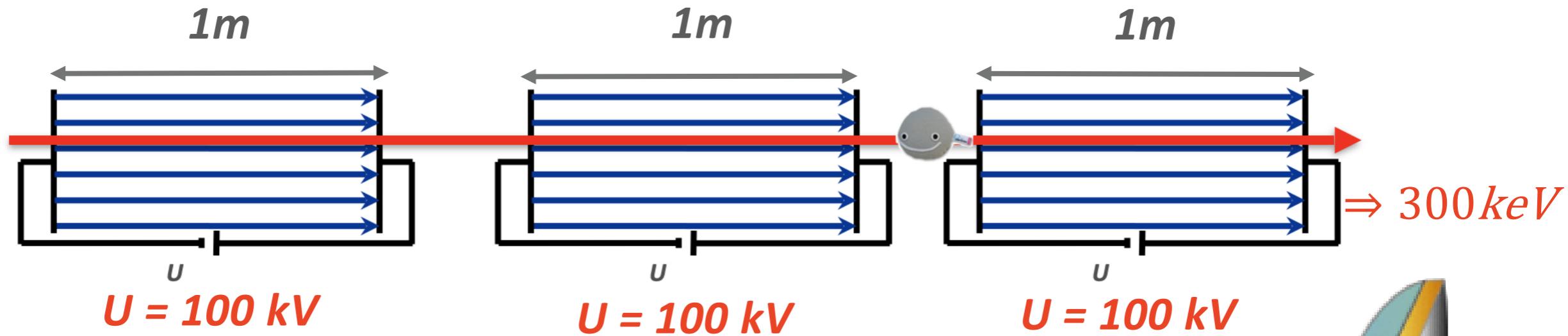
Aber: Wie lang muss ein solcher Beschleuniger mindestens werden, um ein Higgs produzieren zu können?



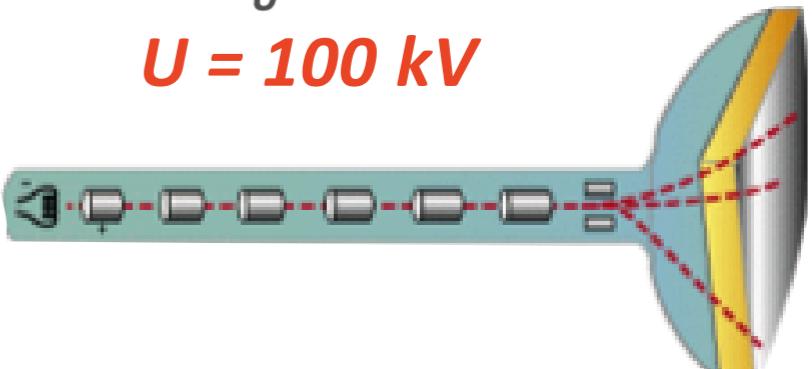
$$M_H = 125 \text{ GeV}/c^2 = 125.000.000 \text{ keV}/c^2$$

LINEARBESCHLEUNIGER

Viele E-Felder hintereinander



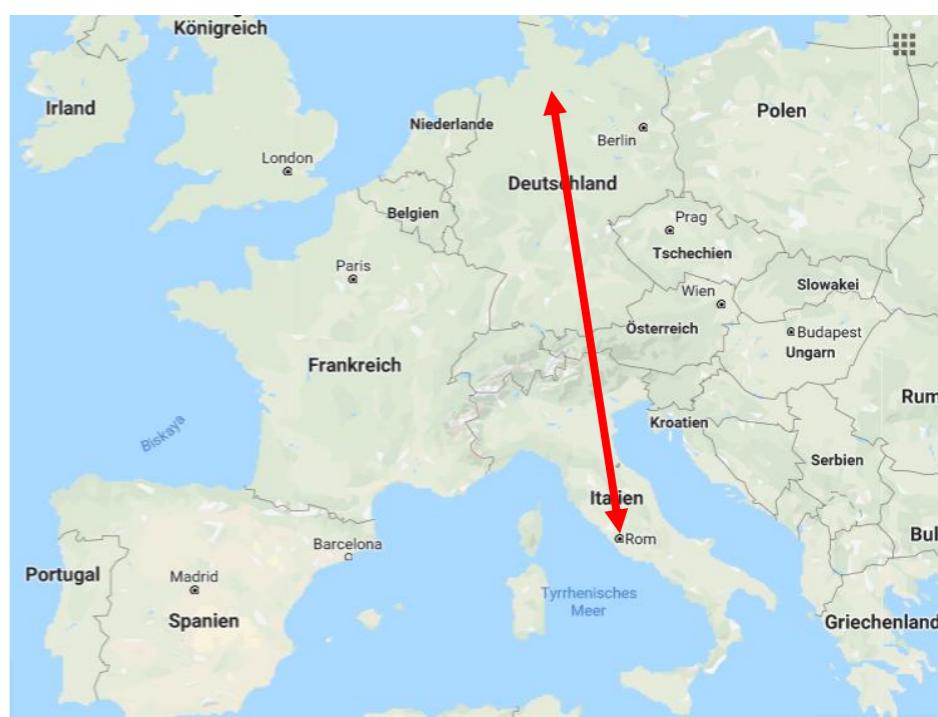
Bsp. alter Röhrenfernseher



Aber: Wie lang muss ein solcher Beschleuniger mindestens werden, um ein Higgs produzieren zu können?



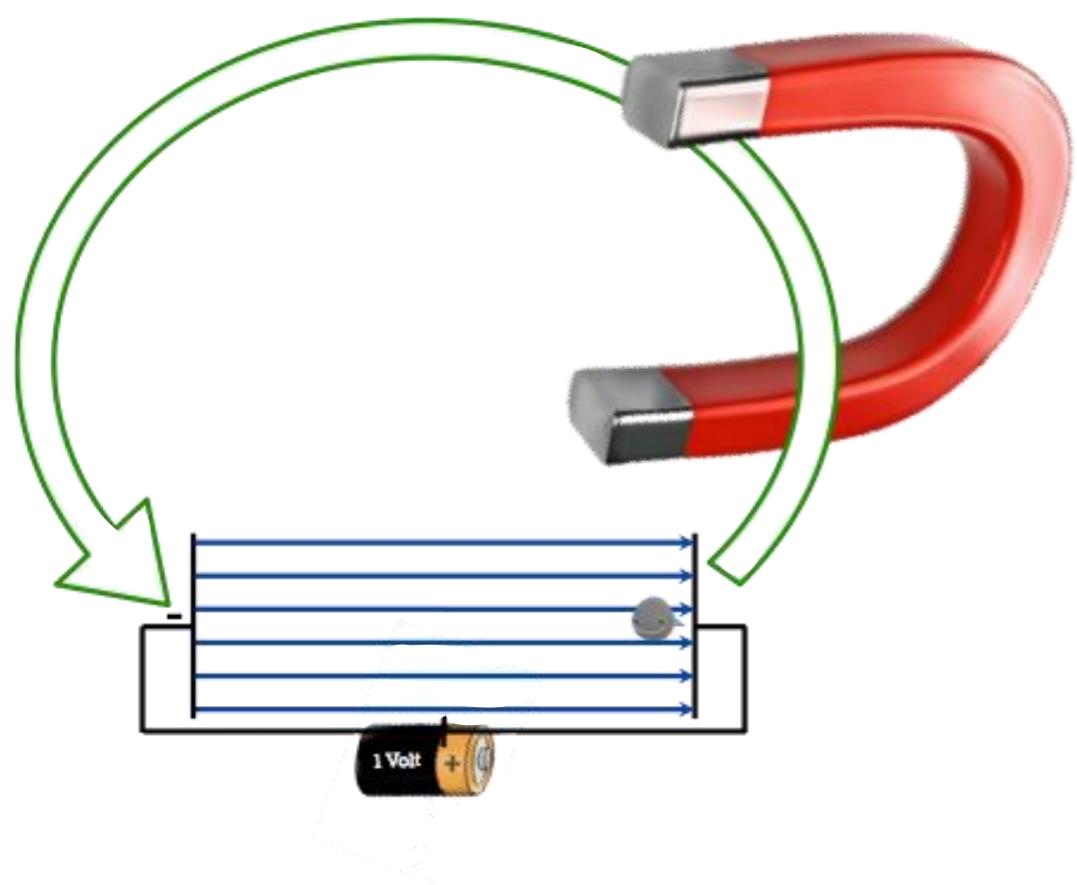
$M_H = 125 \text{ GeV}/c^2 = 125.000.000 \text{ keV}/c^2$
 $\Rightarrow 1.250 \text{ km ca. Strecke: Hamburg} \leftrightarrow \text{Rom}$



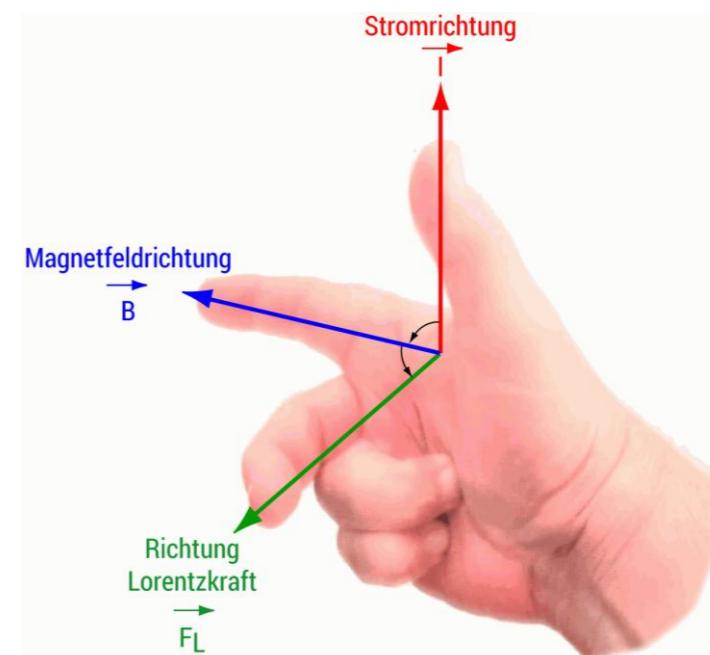
**WAS KÖNNTE MAN
STATTDDESSEN
MACHEN?**

FELDER MEHRFACH NUTZEN

- Teilchen mit Lorentzkraft auf Kreisbahn lenken

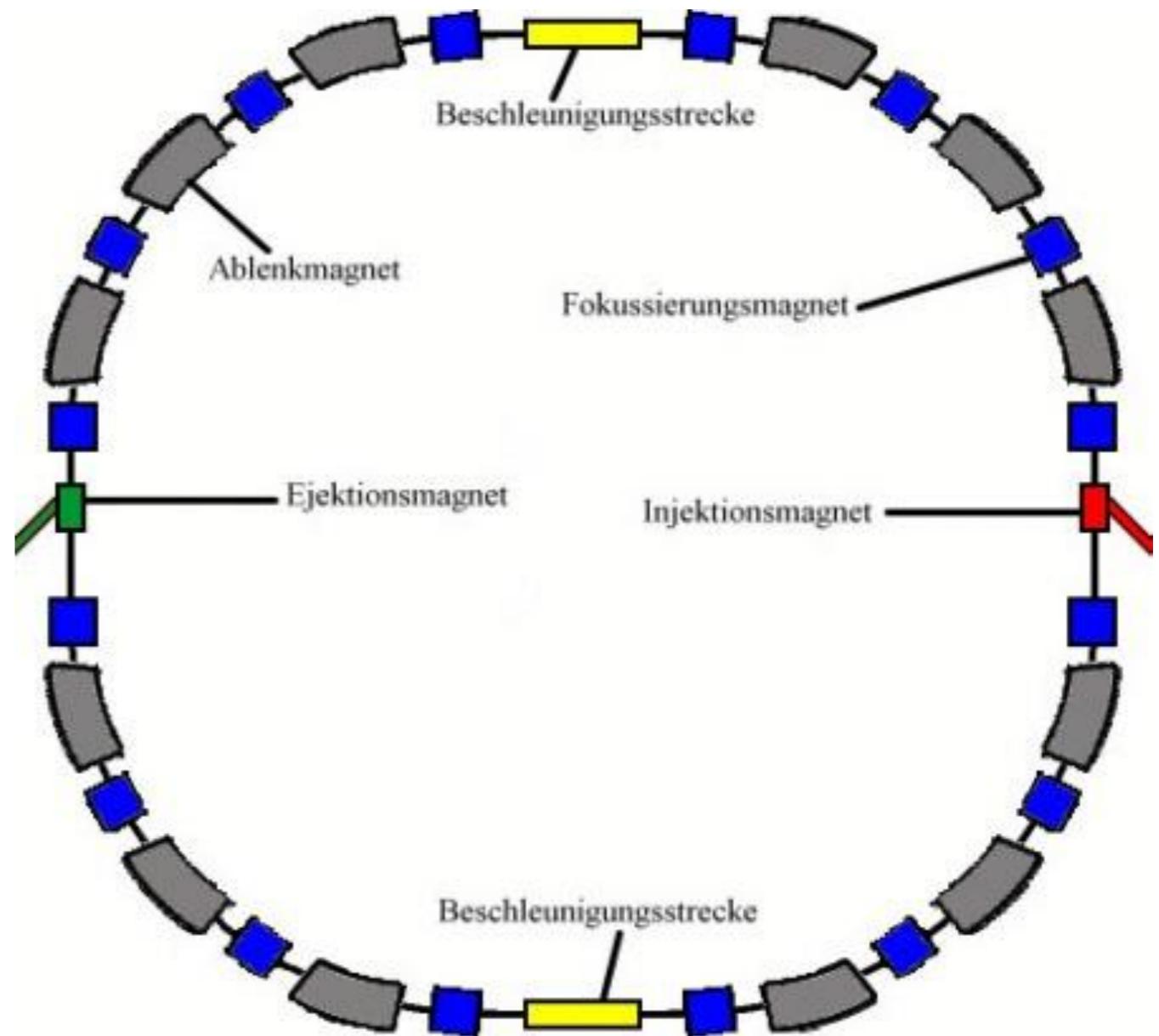


Rechte-Hand-Regel

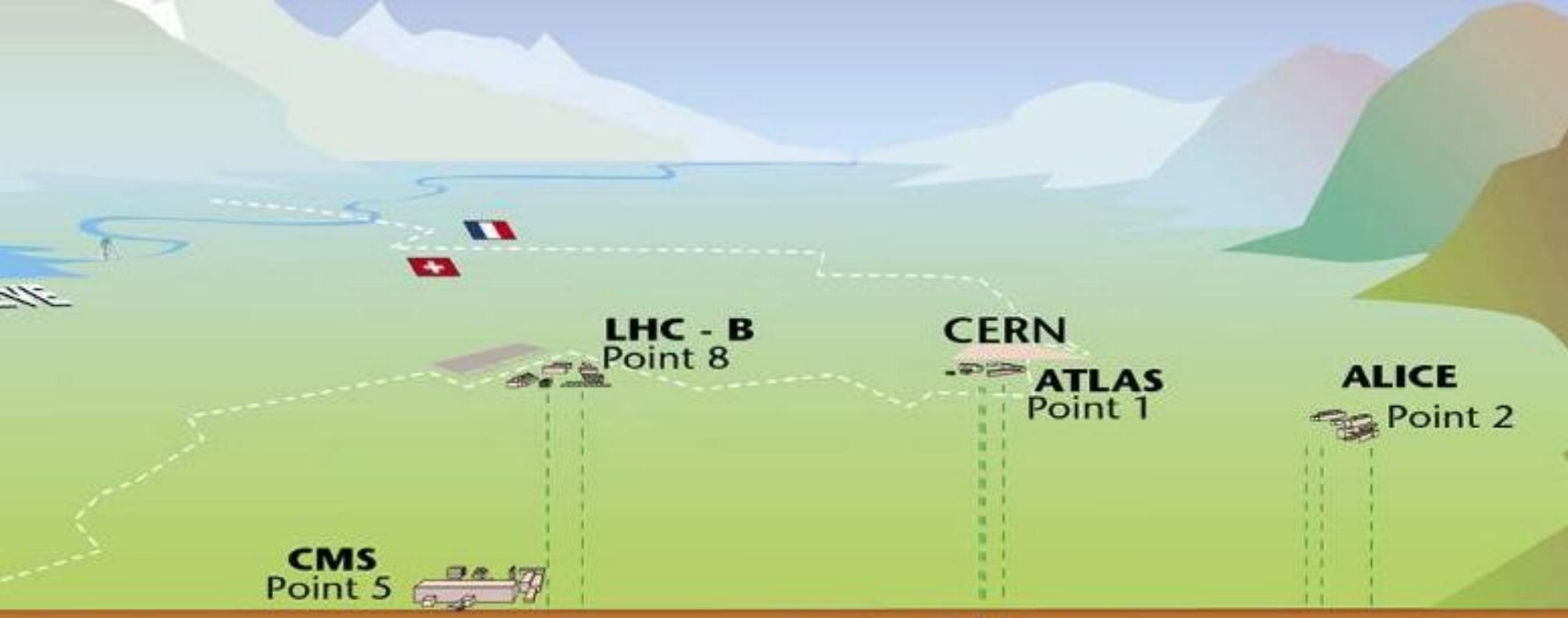


RINGBESCHLEUNIGER

- Ablenkmagnete lenken Teilchen auf Kreisbahn
- Beschleunigung auf den geraden Strecken bei jedem Durchlauf

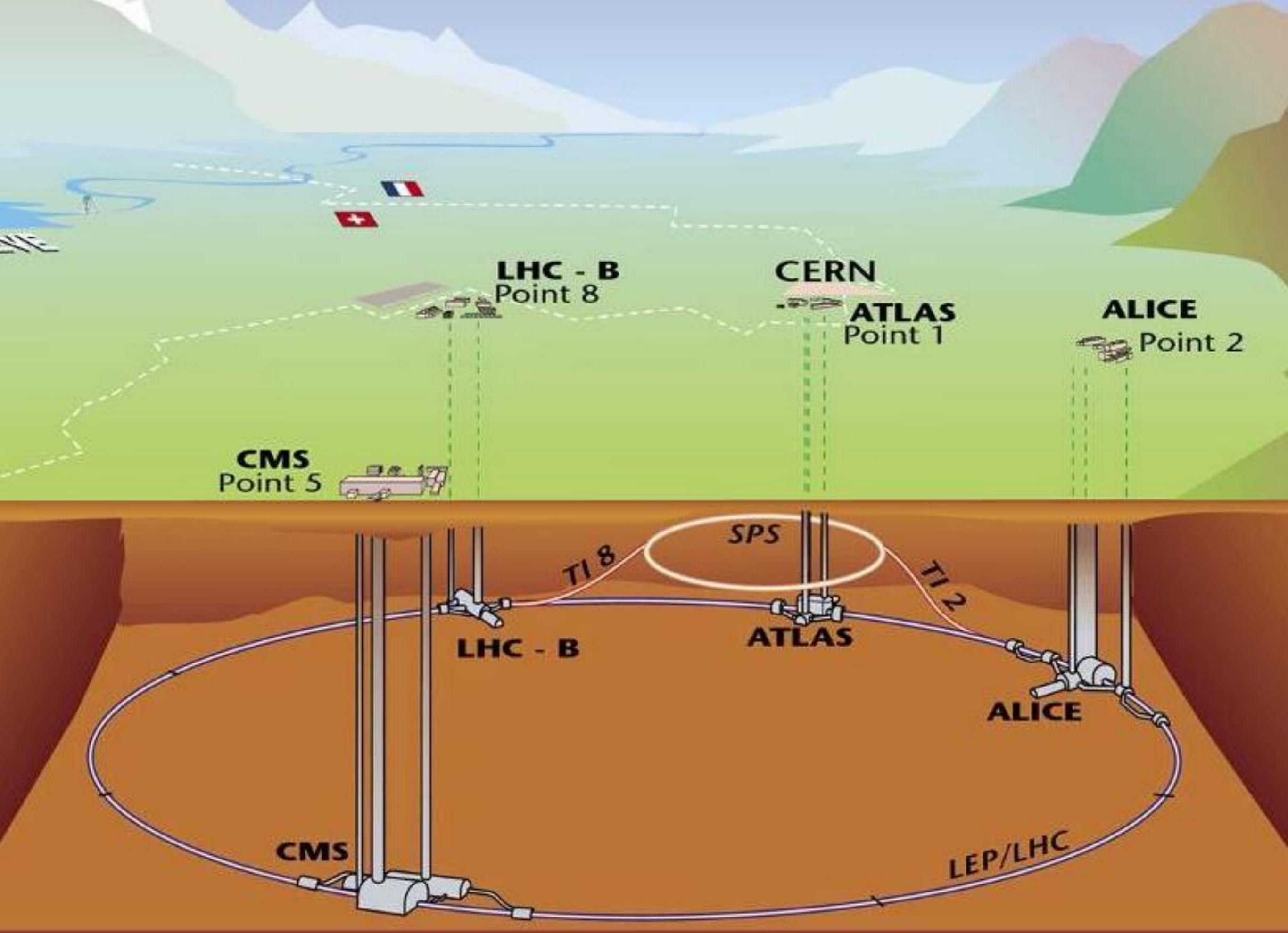


Kennt ihr Beispiele für Ringbeschleuniger?



DER LARGE HADRON COLLIDER

*2000 Pakete a 100 Milliarden Protonen umrunden den LHC **11000/s**
in **entgegengesetzte Richtungen** -> 2 Strahlrohre
4 Kreuzungspunkte -> Protonenpakete **kollidieren***





DER LARGE HADRON COLLIDER

- 27 km Umfang
- 100 m unter Erde
- Protonen erreichen Energie von 6,5 TeV
- LHC-Strahl Energie eines ICEs
- Magnete: supraleitend bei $1,9 \text{ K} < (\text{Universum}) = 2,7 \text{ K}$
- Vakuum im Strahlrohr 10x leerer als auf dem Mond

ERINNERUNG TEILCHENKOLLISIONEN:

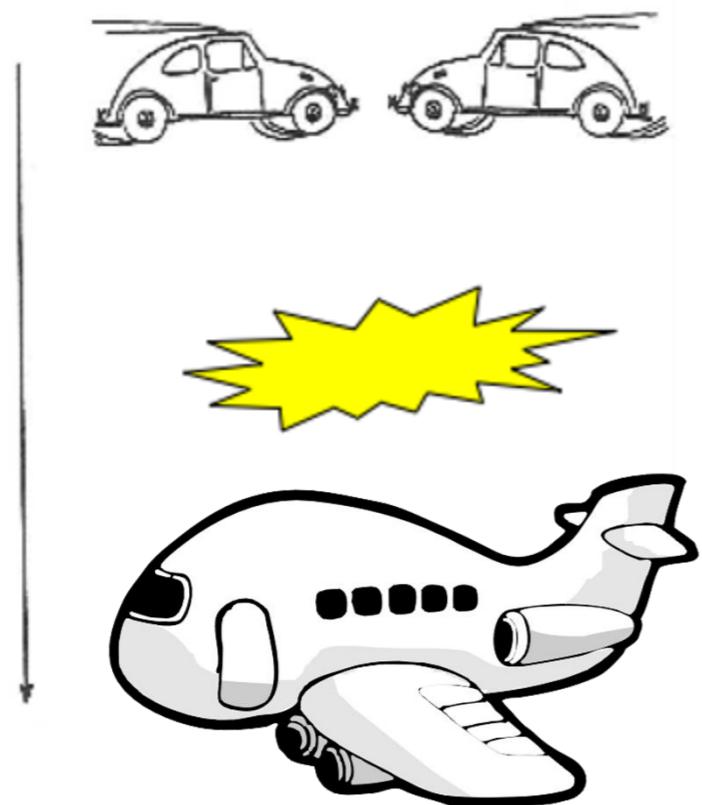
Live-Webcam: LHC, ATLAS-Experiment:

ERINNERUNG TEILCHENKOLLISIONEN:

Live-Webcam: LHC, ATLAS-Experiment:



ERINNERUNG TEILCHENKOLLISIONEN:



A photograph of a chalkboard where the equation $E = mc^2$ is being written in white chalk. A hand is visible holding the chalk and writing the letter 'c'.

mehr Energie

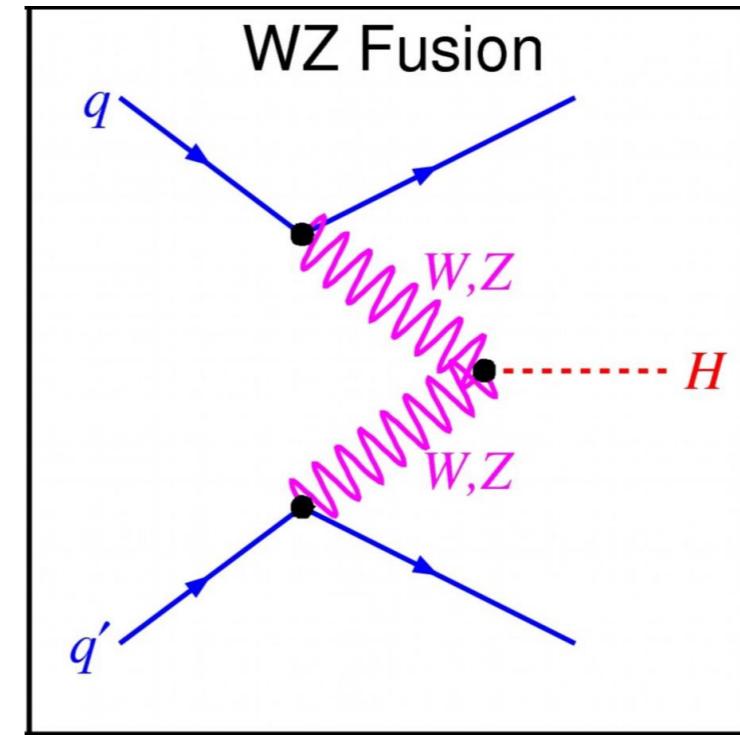
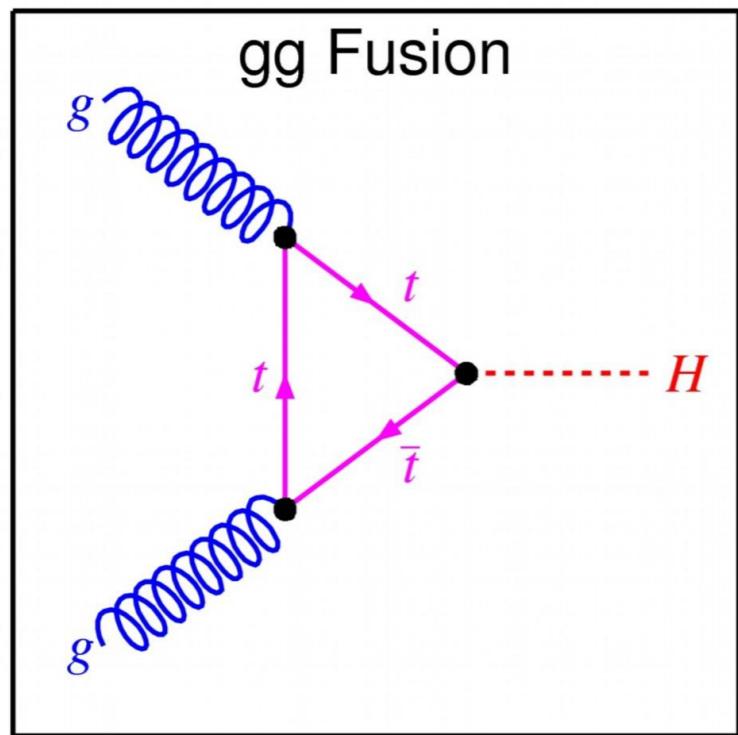


mehr/schwerere Teilchen

Wie können wir neue Teilchen aus zwei Protonen erzeugen?

WIE ENTSTEHT DAS HIGGS BOSON?

► Kollision von einzelnen Gluonen und Quarks



+ weitere aber weniger wichtige Produktionskanäle

WIE OFT ENTSTEHT EIN HIGGS BOSON?



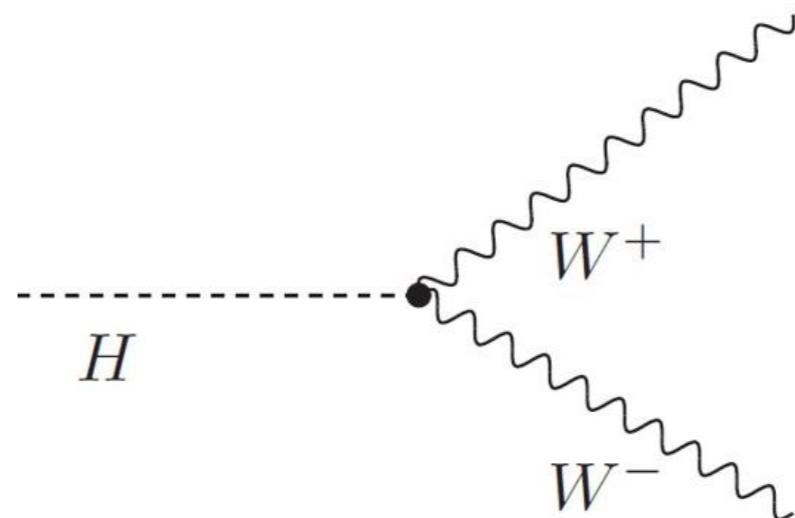
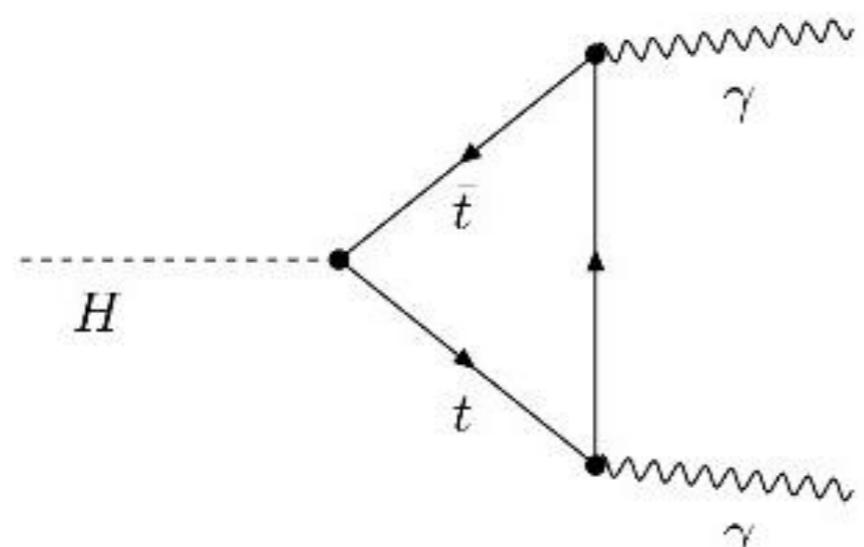
... etwa alle 10 Milliarde Ereignisse 1x ...

WIE FINDET MAN DAS HIGGS?

Was sagt die Theorie über das Higgs?

-> Das Higgs zerfällt sofort wieder

- in 2 Photonen oder
- in 2 W-Bosonen (die zerfallen wieder) oder
- und so weiter



WIE FINDET MAN DAS HIGGS?

- Jeder Forscher wählt einen “Zerfallskanal”, den er für vielversprechend hält
 - Wie sieht “mein” Zerfall im Detektor aus?
 - Welche anderen Prozesse gibt es, die genauso aussehen?
 - Suche nach Kollisionen, welche die Kriterien erfüllen
 - Wie viele finden wir?



WIE FINDET MAN DAS HIGGS?

Ein (fiktives) Beispiel:

- Wir finden 200 Bilder, die wie ein Higgs aussehen
- Wir erwarten 150 Bilder, die genau so aussehen, ABER KEIN Higgs sind
- Bleiben 50 Kandidaten für ein Higgs-Teilchen



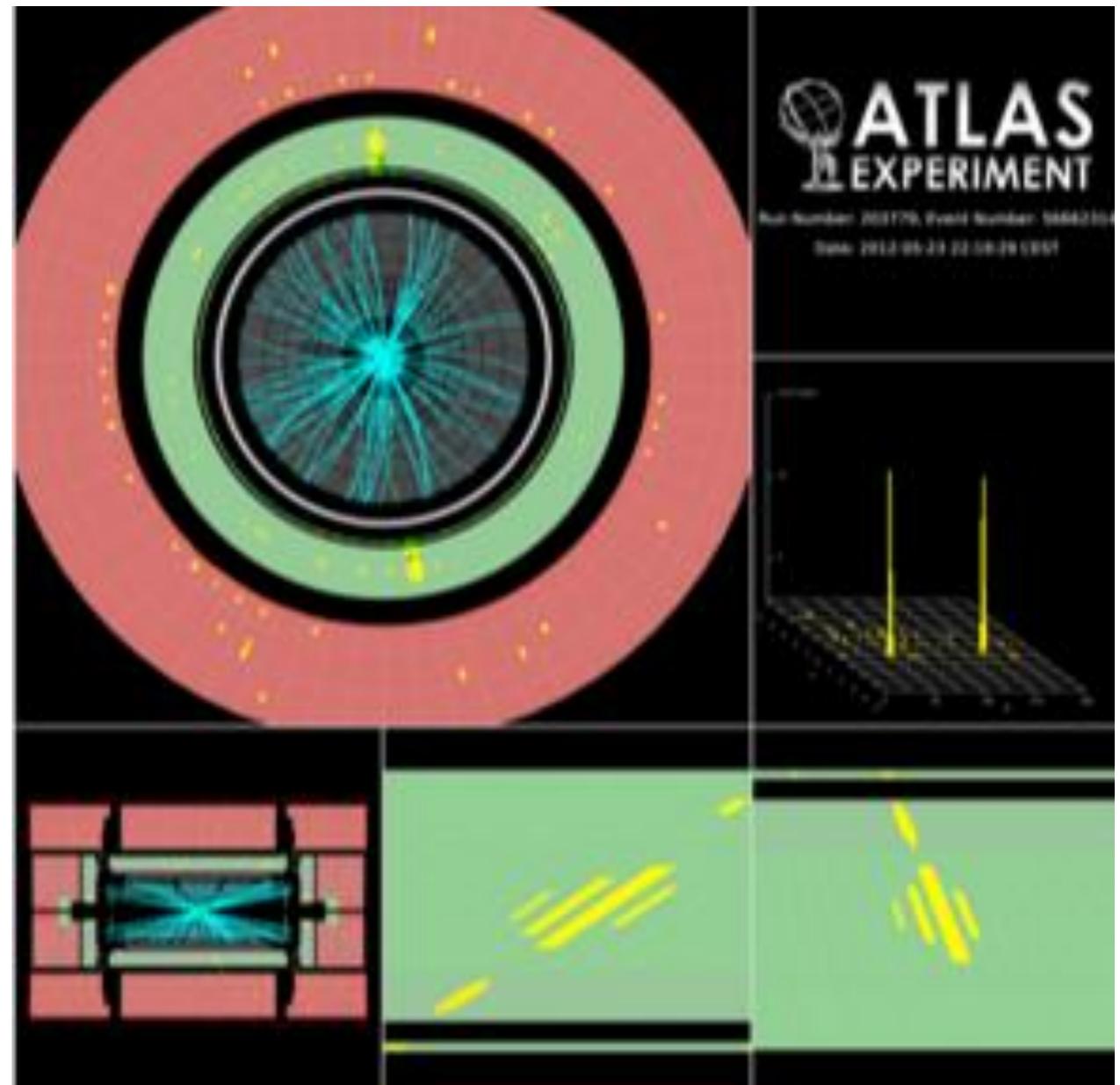
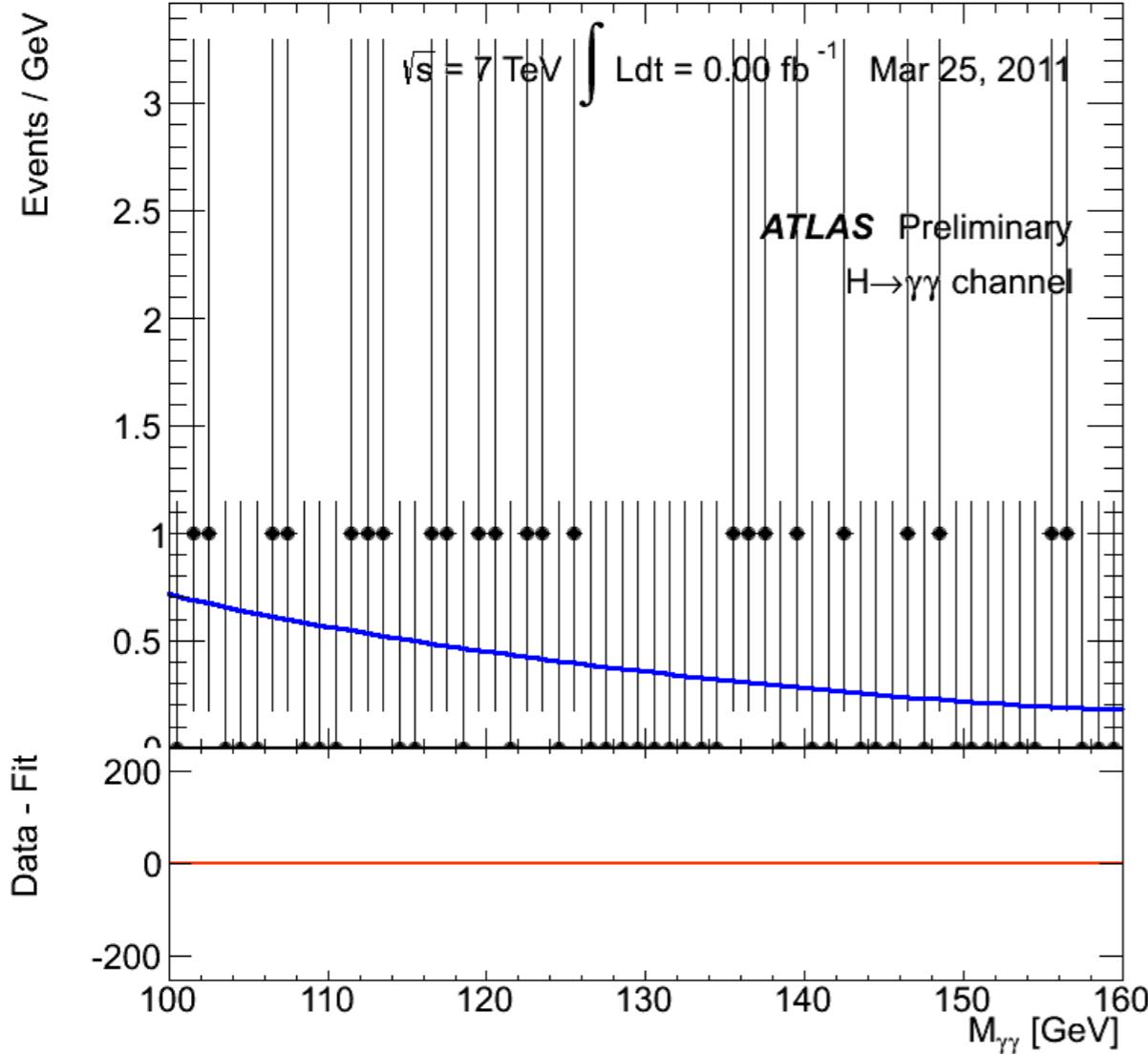
*150x
kein Higgs*



*50x
Higgs*

BEISPIEL 2: $H \rightarrow \gamma\gamma$

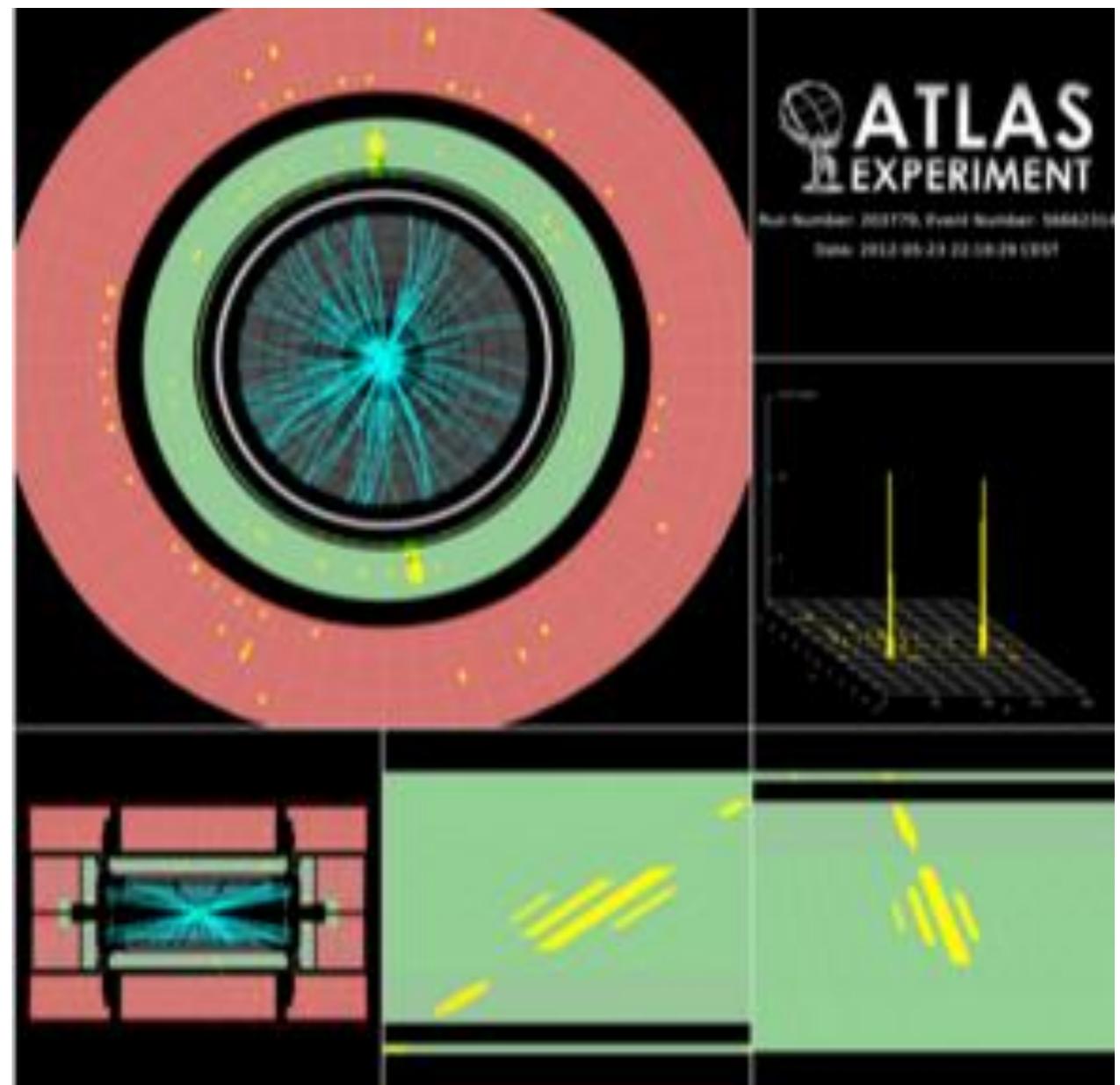
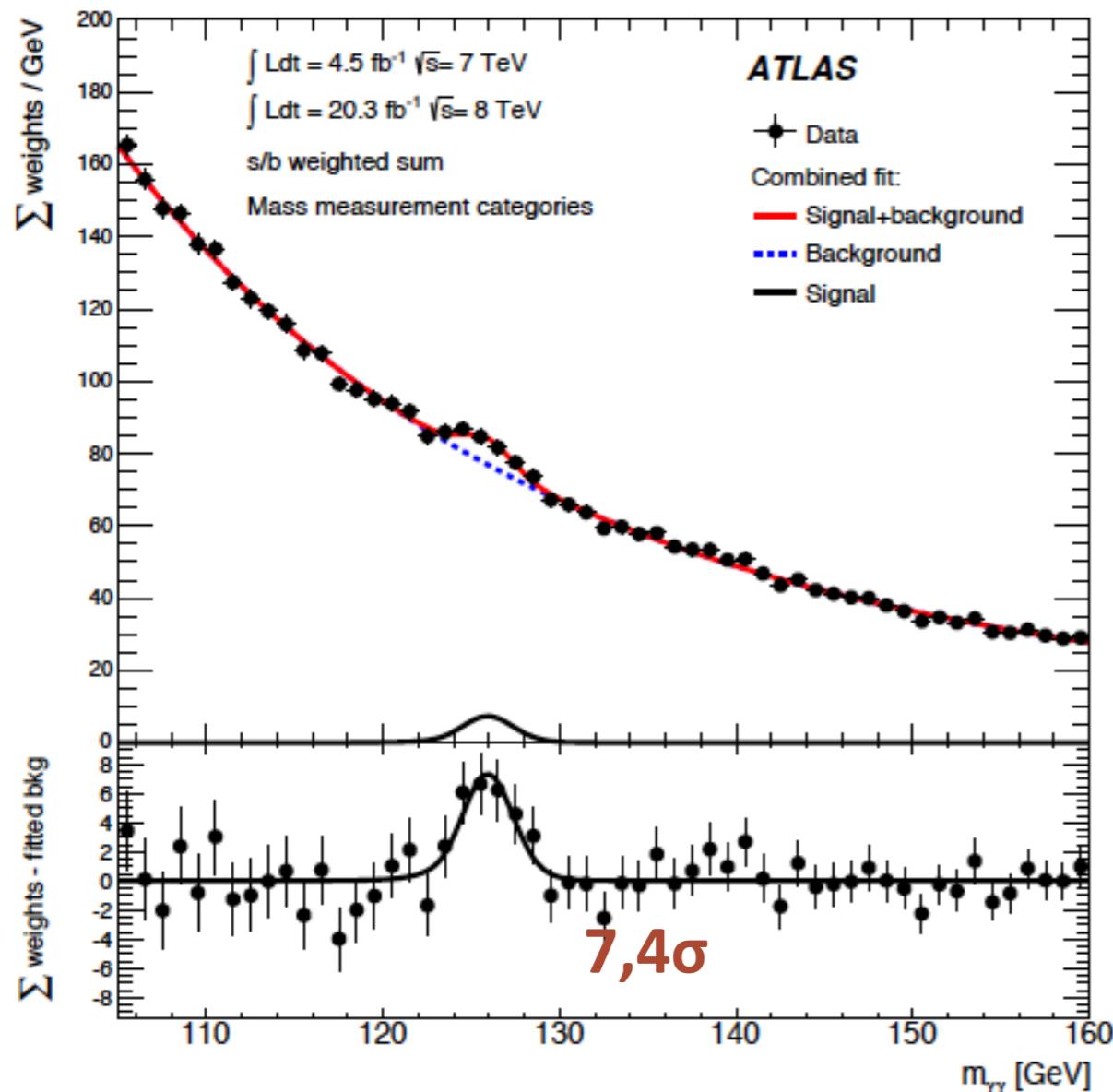
<http://arxiv.org/abs/1406.3827>



7σ - Wahrscheinlichkeit eines Zufalls $\lesssim 1$:
400.000.000.000

BEISPIEL 2: $H \rightarrow \gamma\gamma$

<http://arxiv.org/abs/1406.3827>

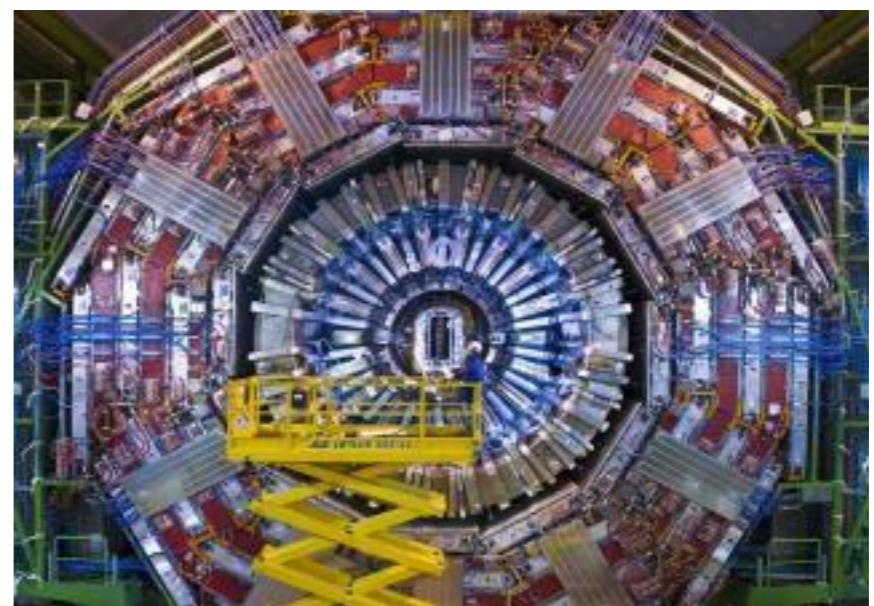
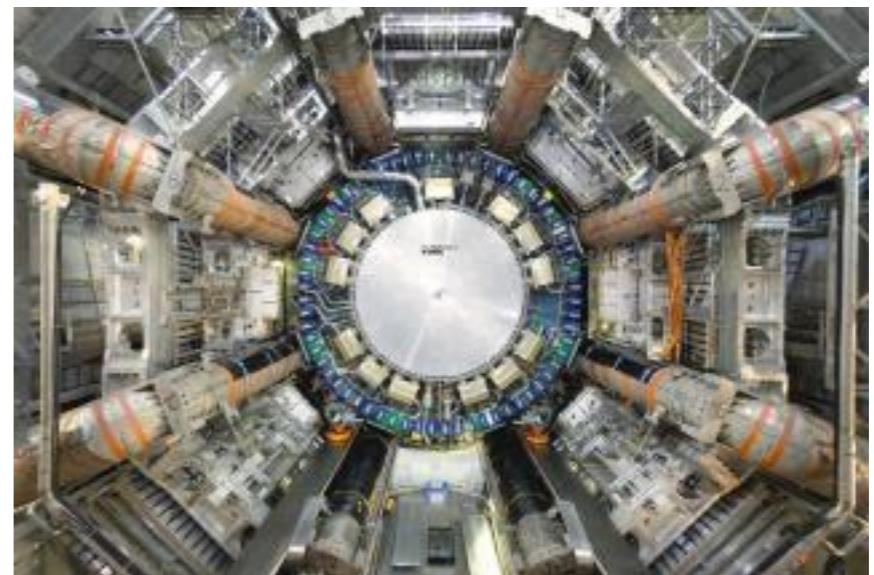


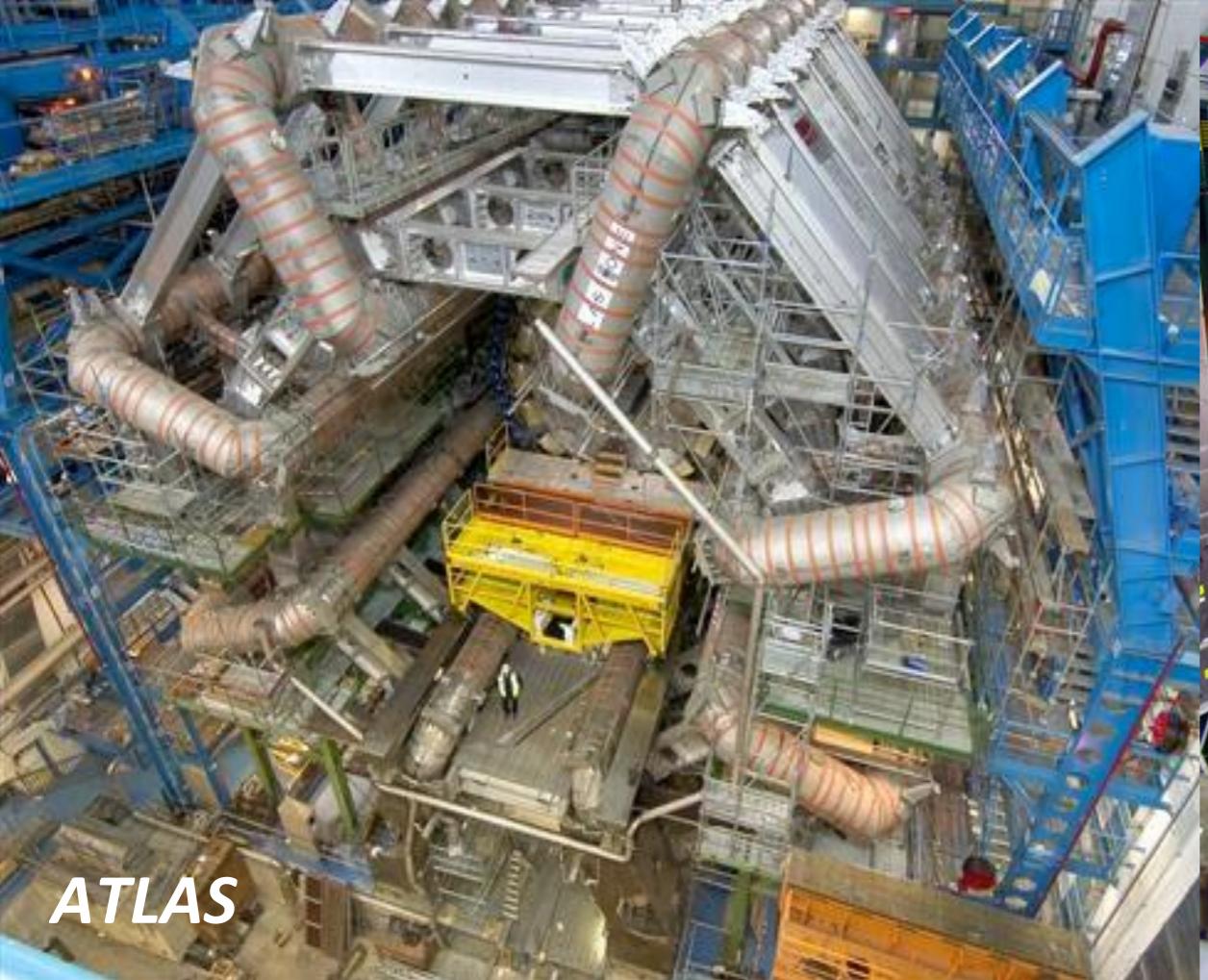
7 σ - Wahrscheinlichkeit eines Zufalls $\lesssim 1$:
400.000.000.000

**WIE KÖNNEN WIR
DIE NEUEN TEILCHEN
NACHWEISEN ?**

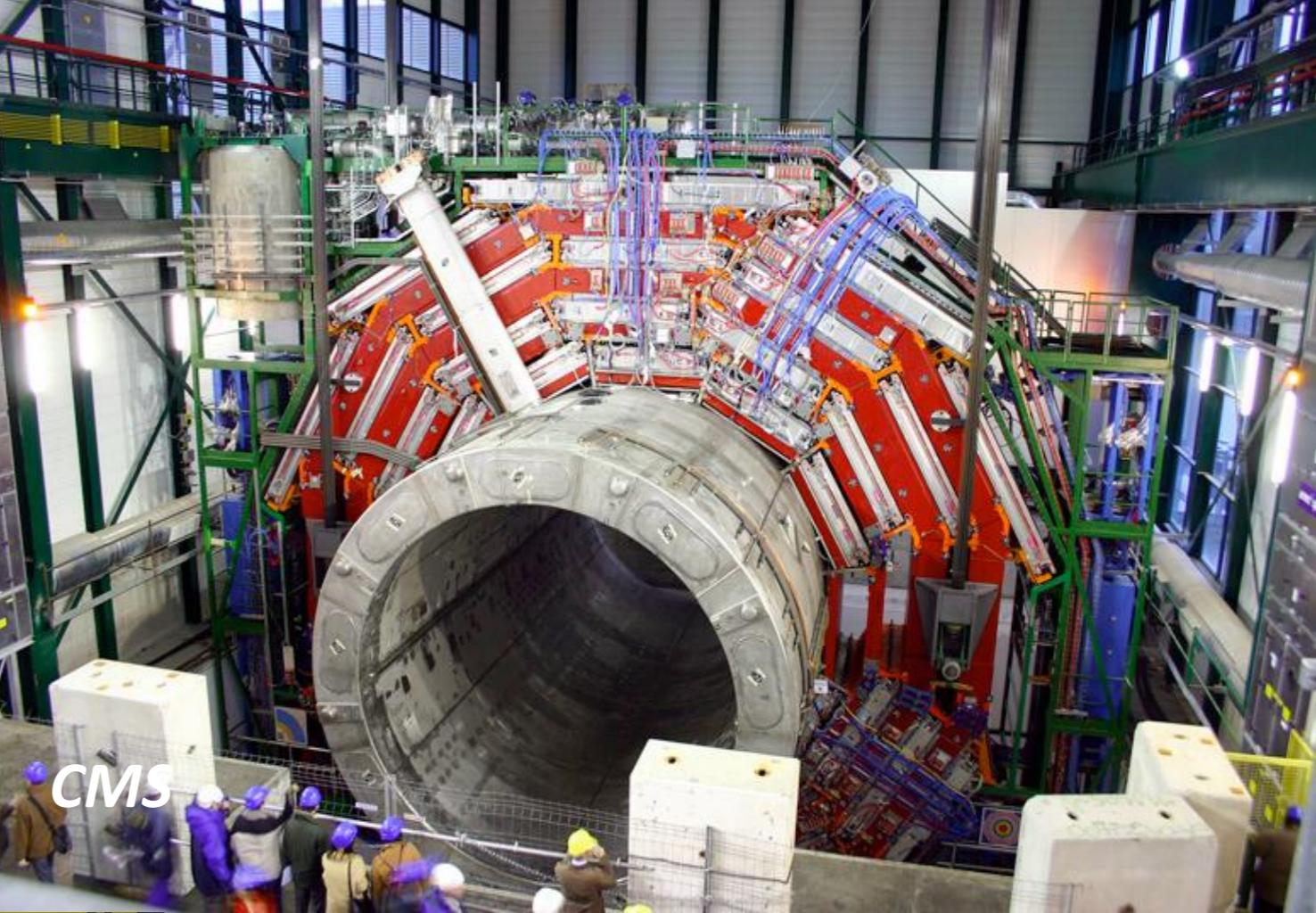
TEILCHENDETEKTOREN ...

- sind „Kameras“, die Kollisionen aufzeichnen
- vermessen die entstandenen Teilchen:
 1. Welche Teilchen?
 2. Wo lang geflogen?
 3. Energie / Impuls?

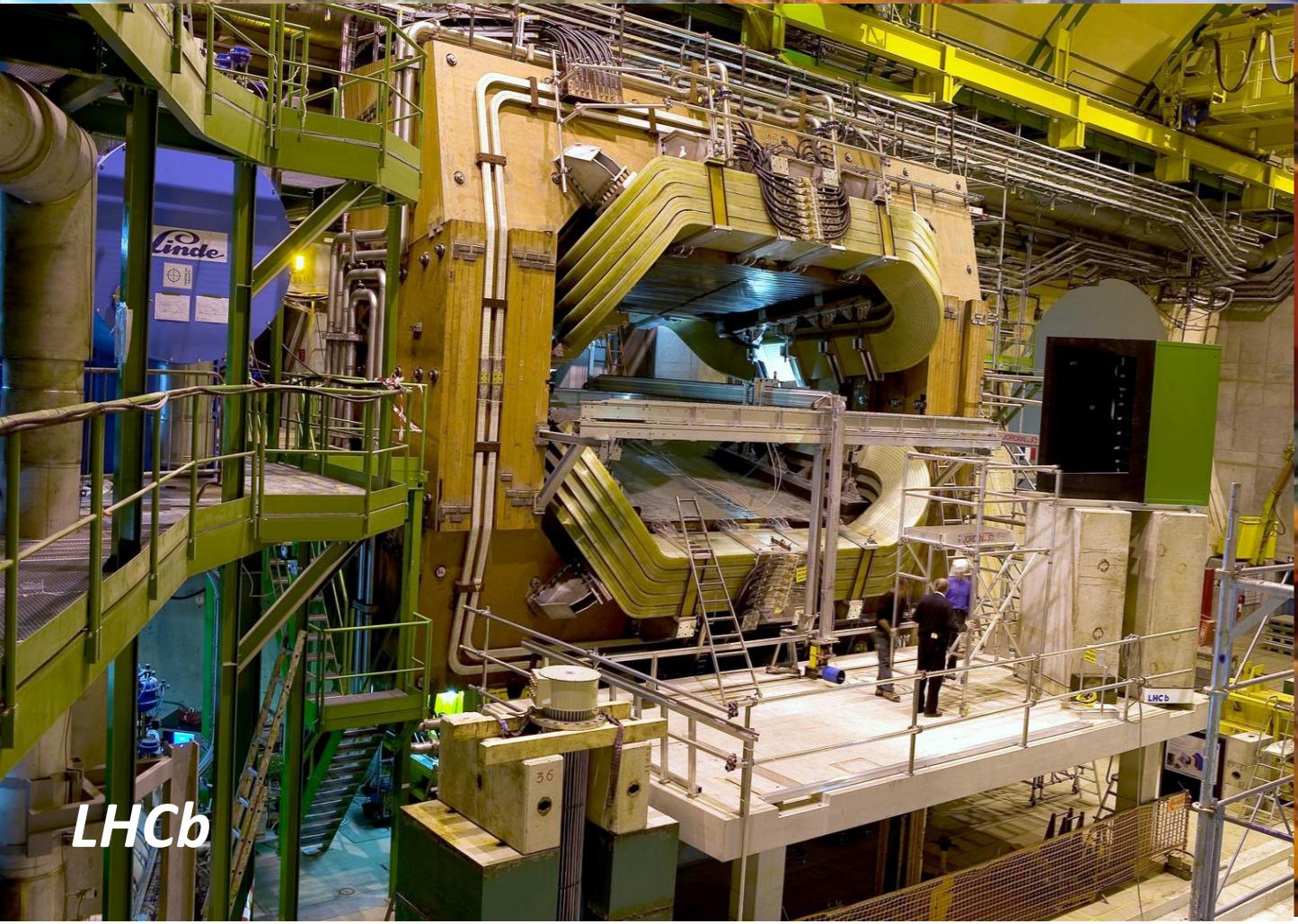




ATLAS



CMS



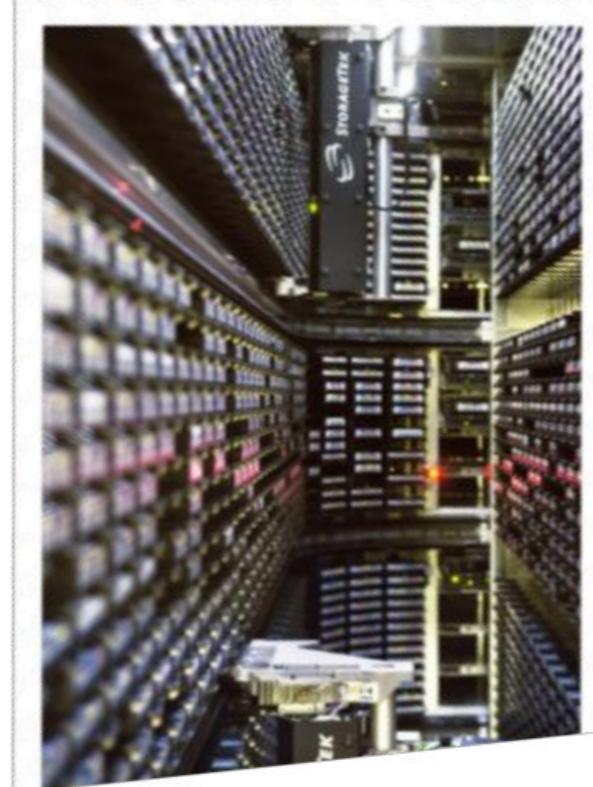
LHCb

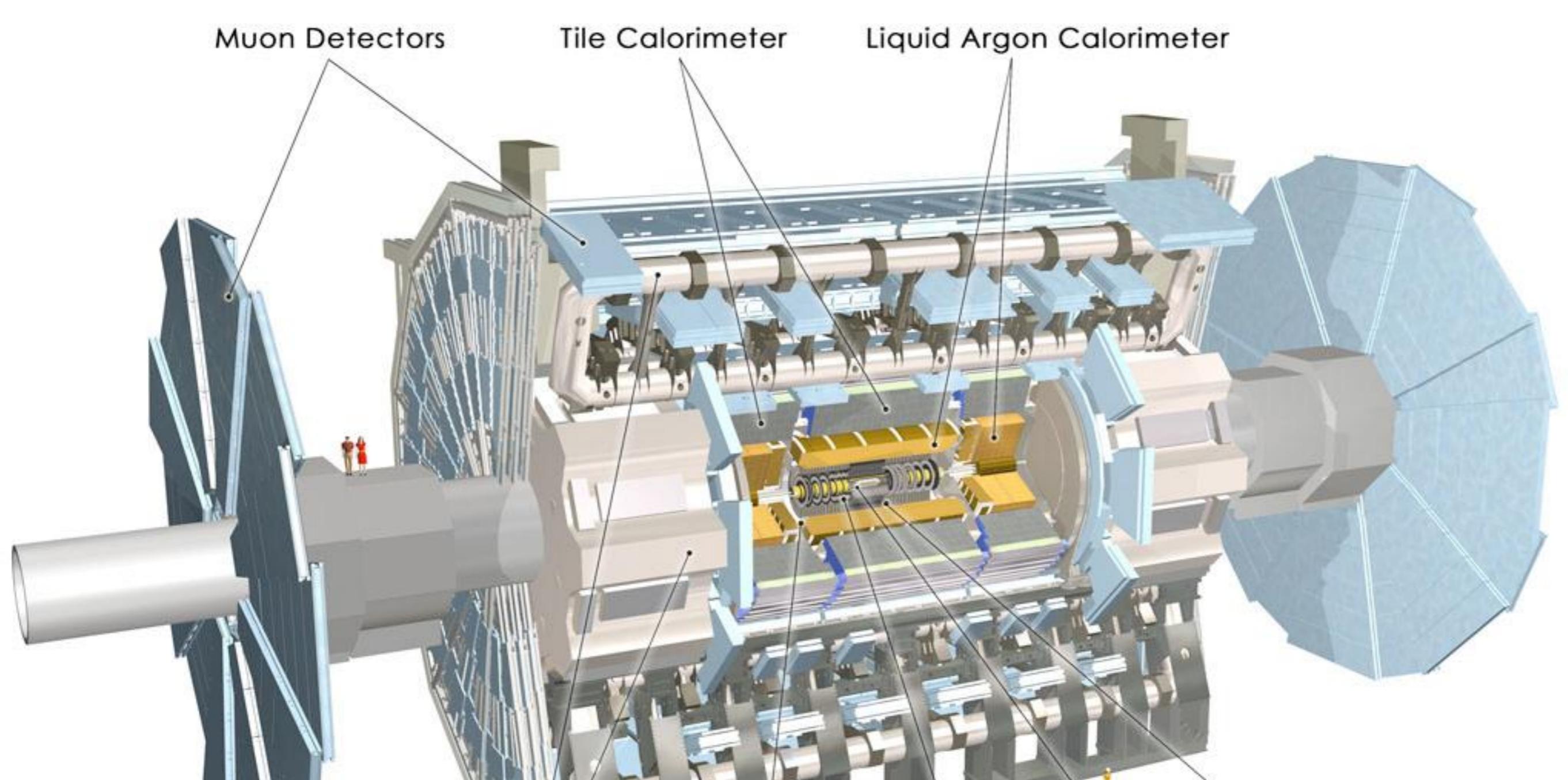


ALICE

DATEN VERARBEITEN, ANALYSIEREN & SPEICHERN

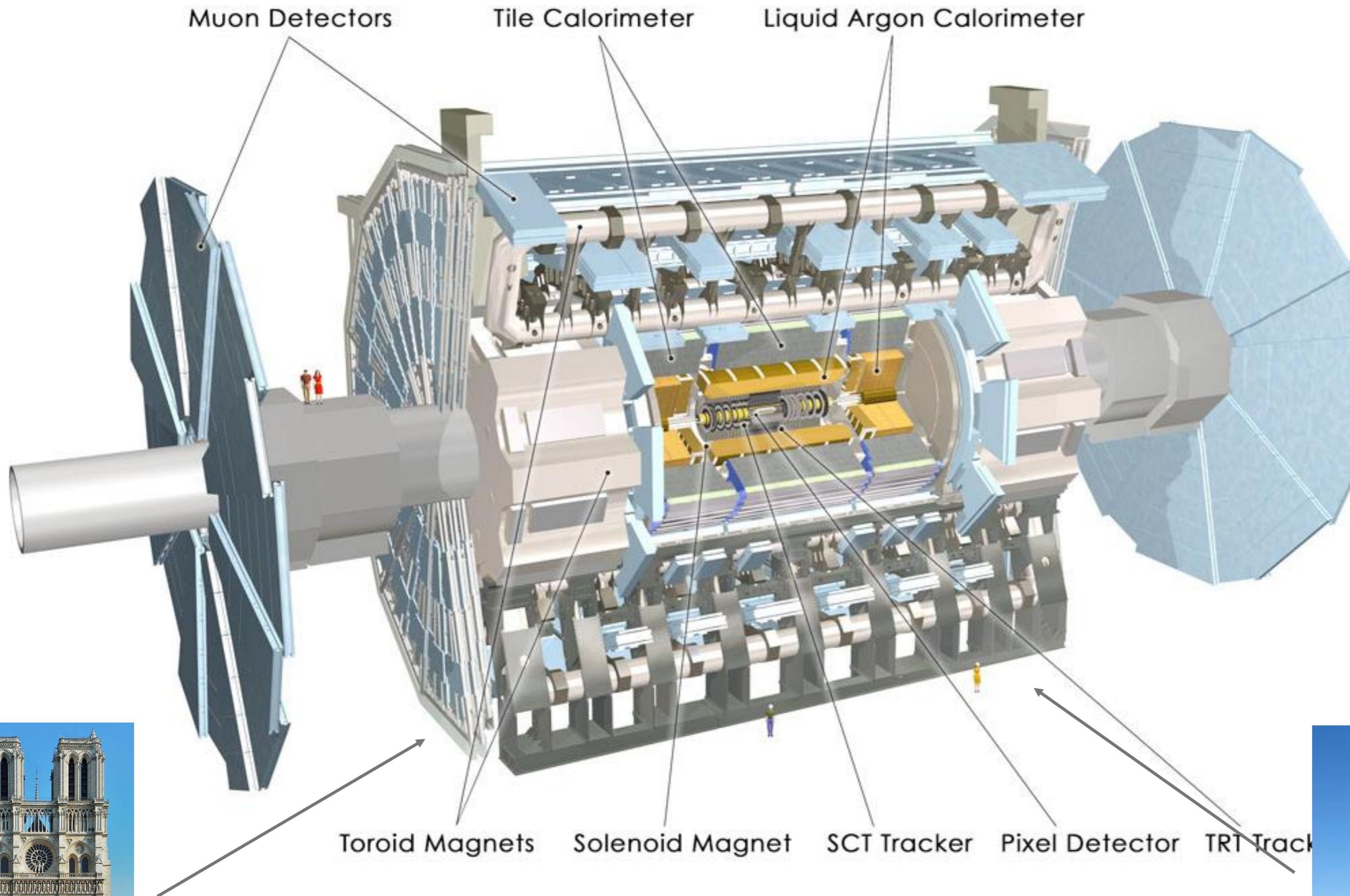
- Insgesamt 40 Millionen Kollisionen/s (80 TB/s) → Wir müssen filtern!!
- 90 Petabyte (90 Millionen GB) Daten pro Jahr
- Interessante (z.B. Higgs ähnliche) Ereignisse lösen Trigger aus → das Foto wird gespeichert!
- Cern hat ein extrem rechenstarkes Computergrid
- Vernetzt 200 Computerzentren überall auf der Welt





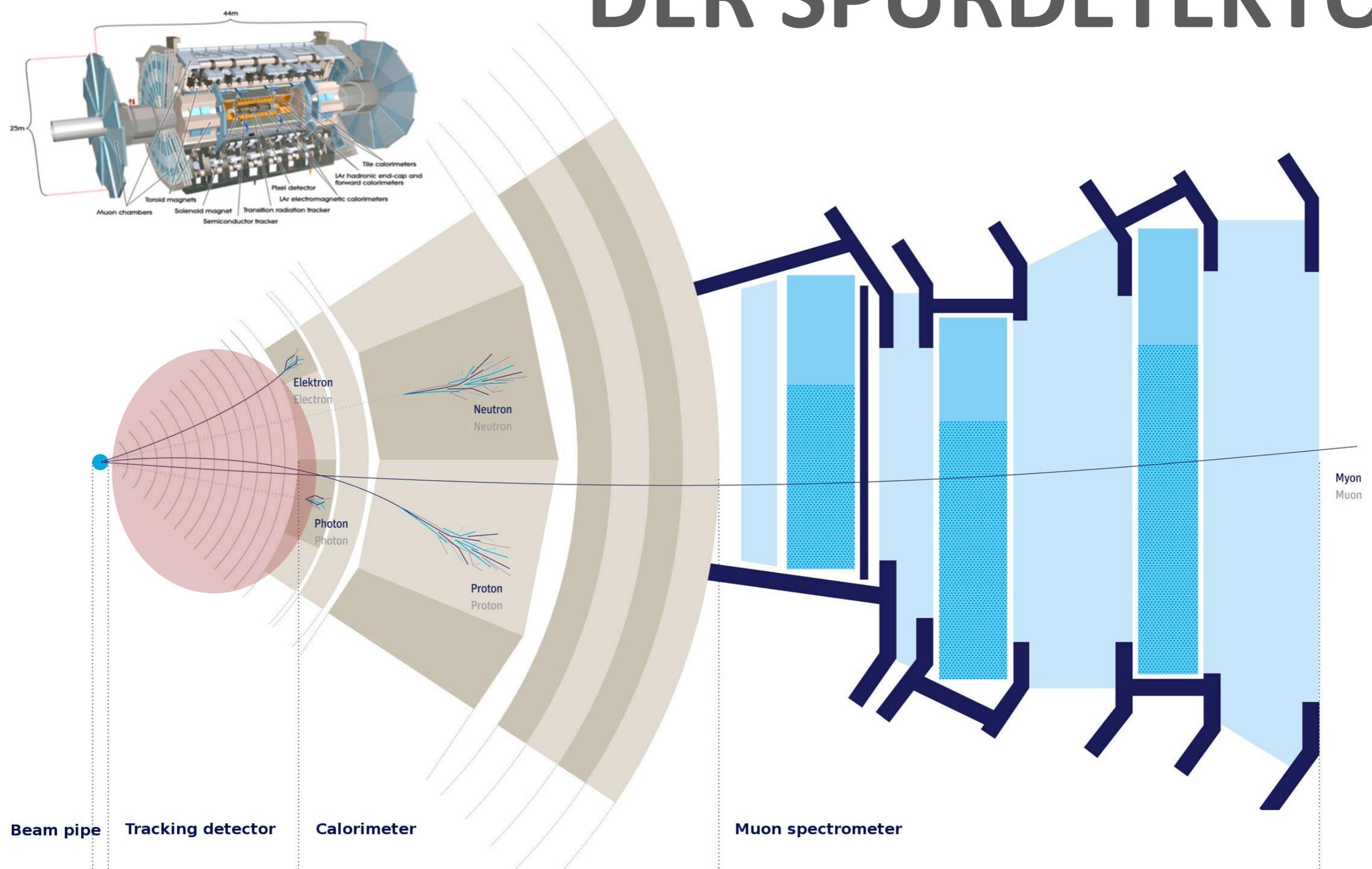
DAS ATLAS EXPERIMENT

A TOROIDAL LHC APPARATUS

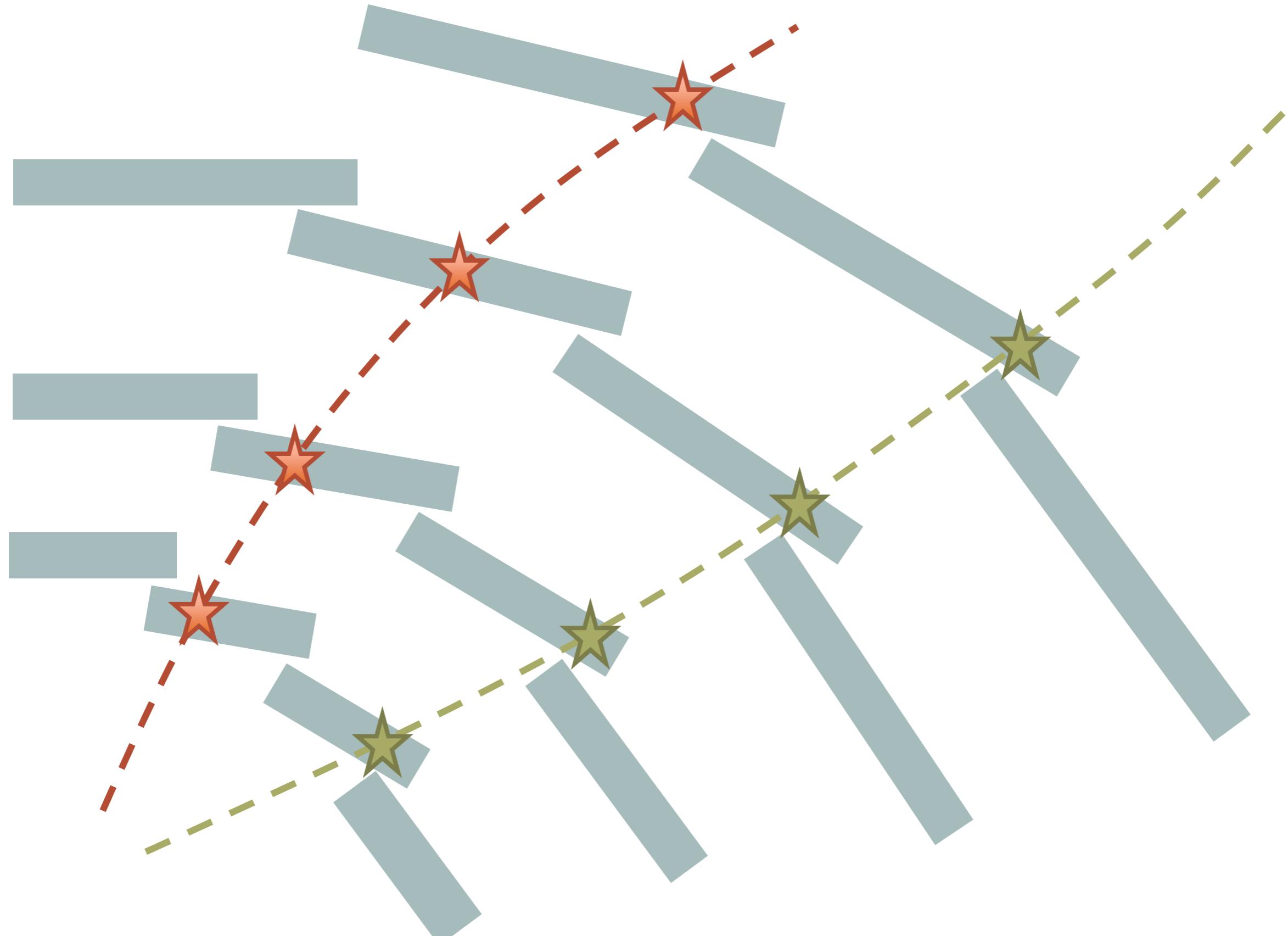


ATLAS Experiment © 2014 CERN

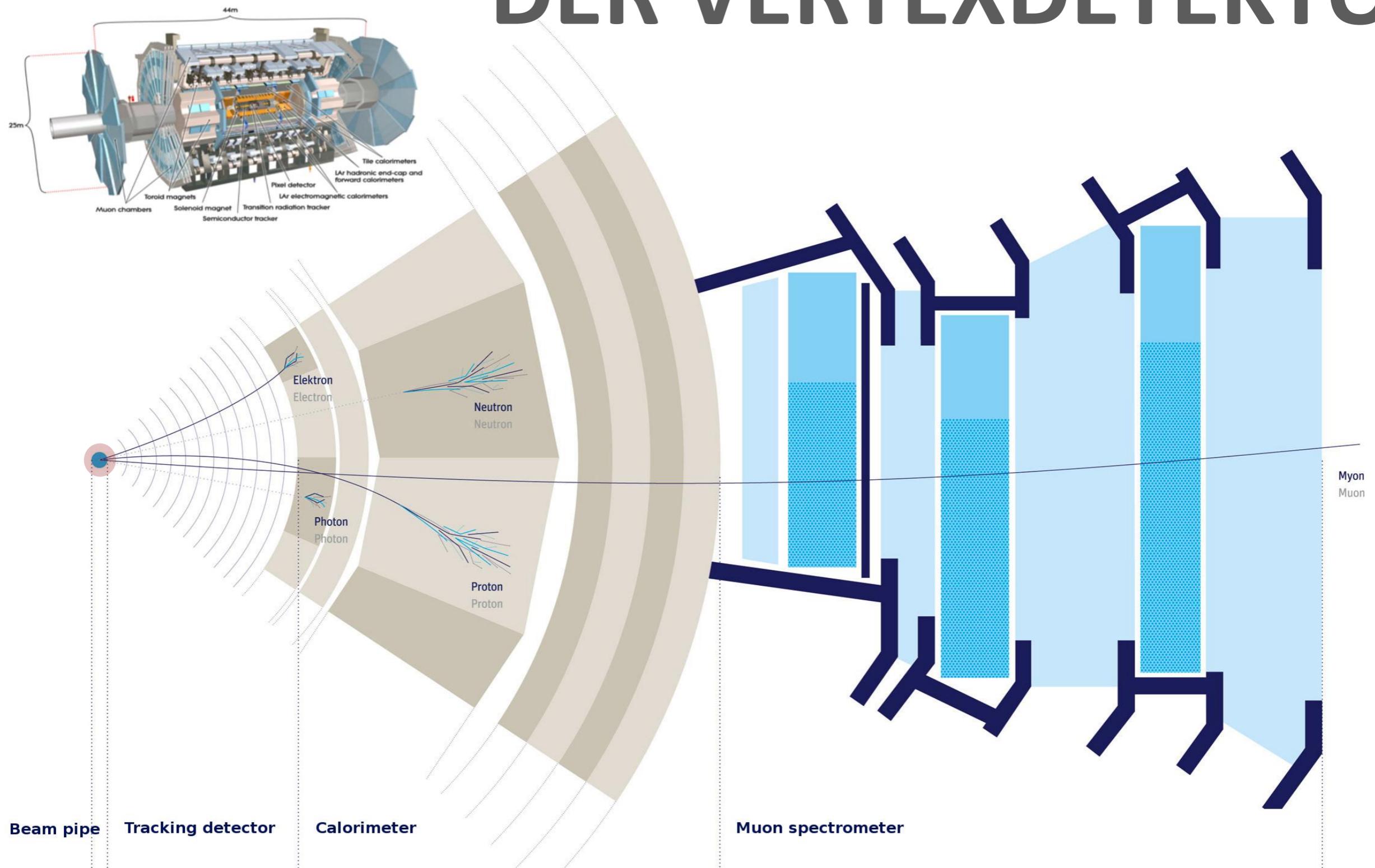
DER SPURDETEKTOR



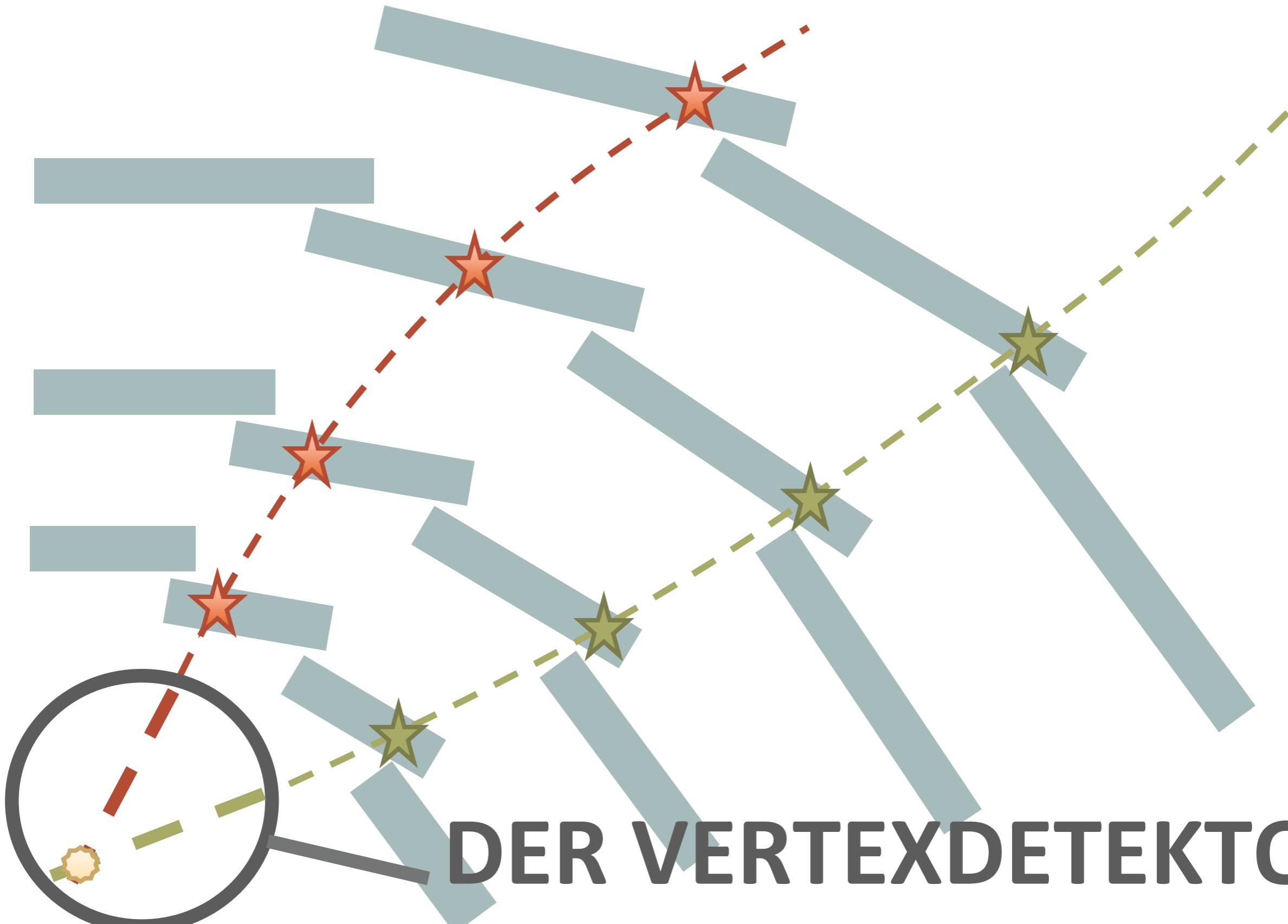
DER SPURDETEKTOR



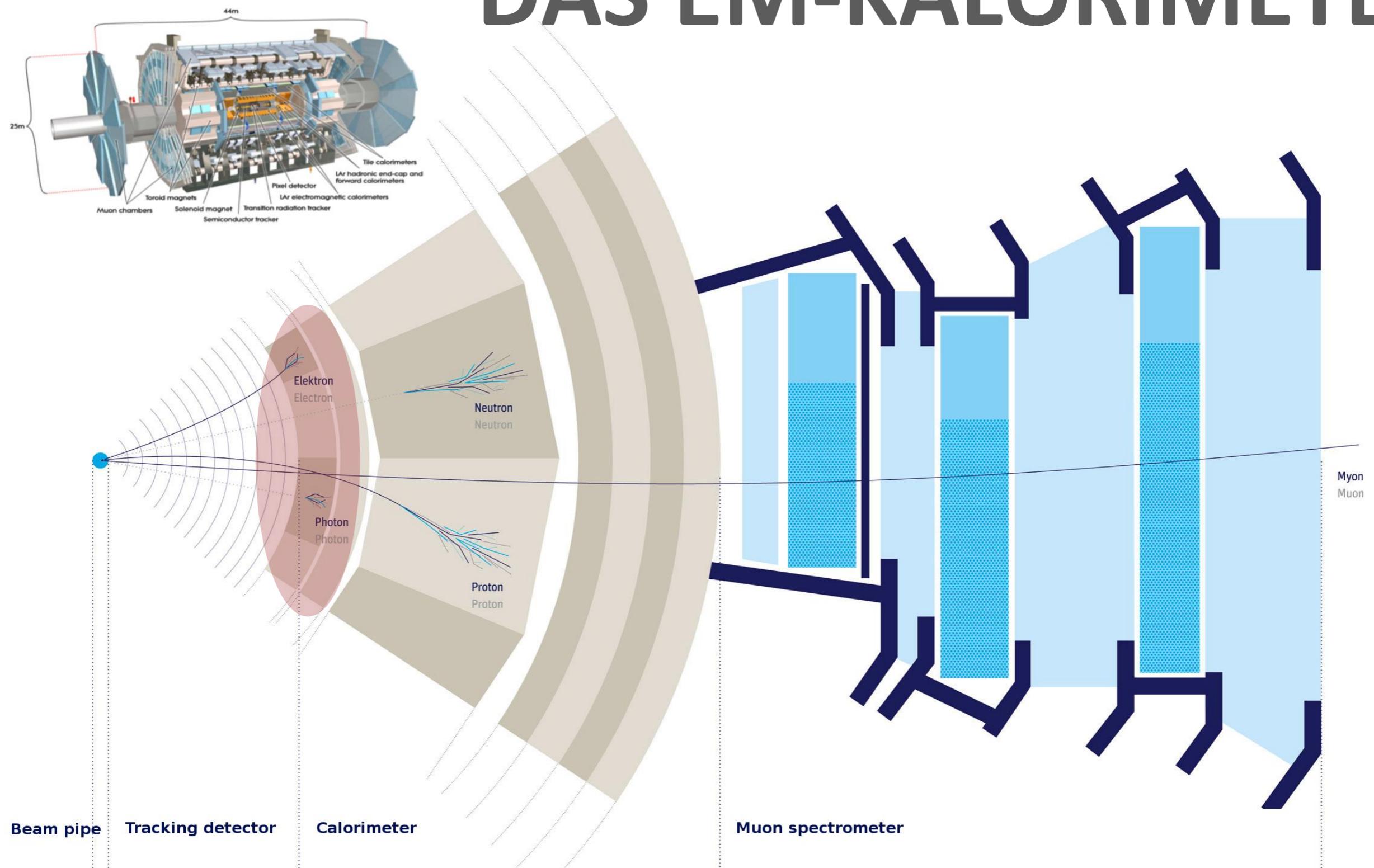
DER VERTEXDETEKTOR



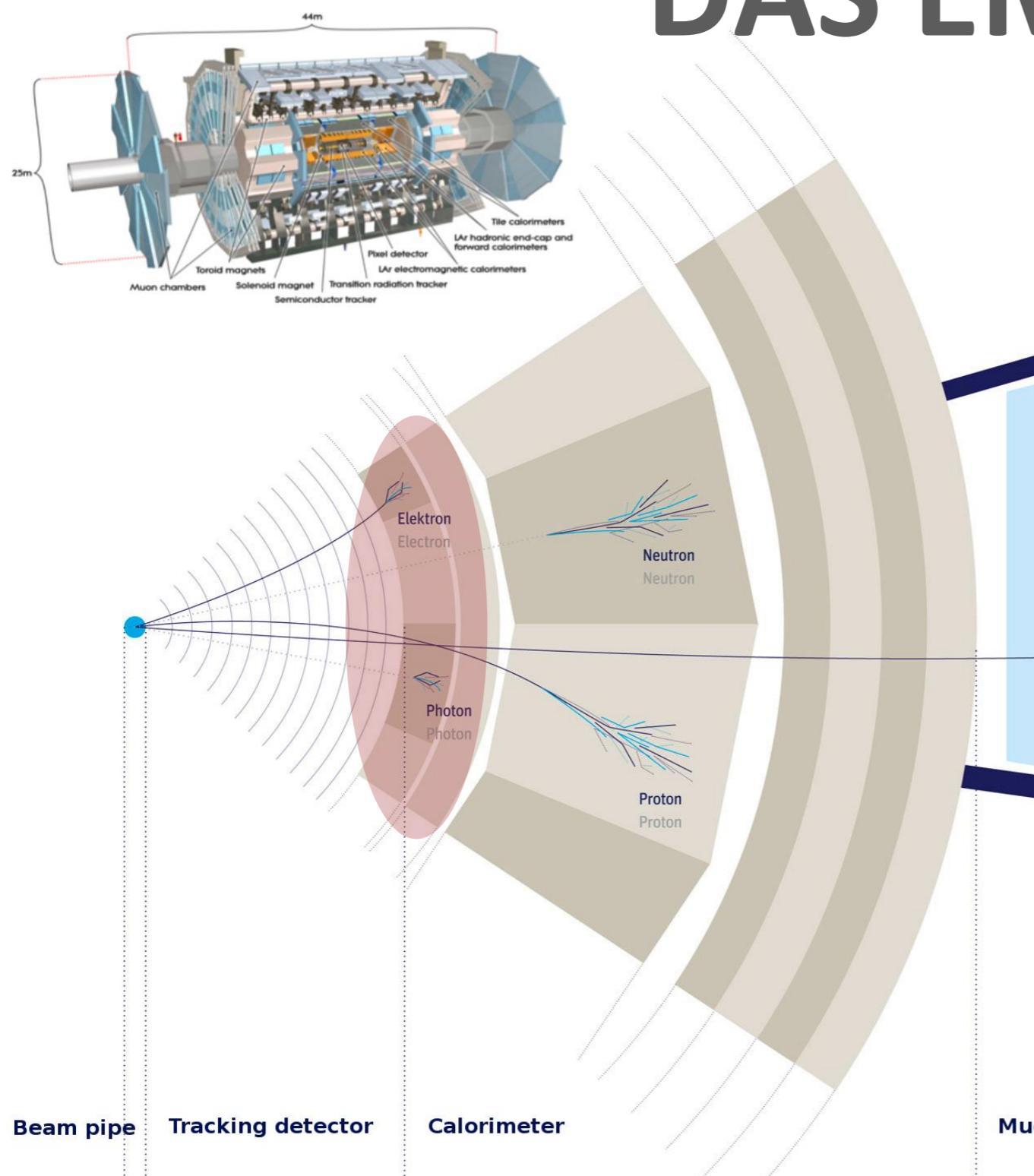
DER SPURDETEKTOR



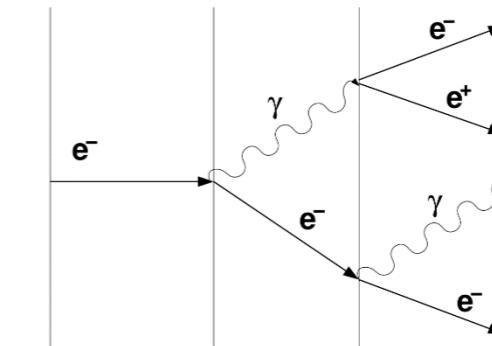
DAS EM-KALORIMETER



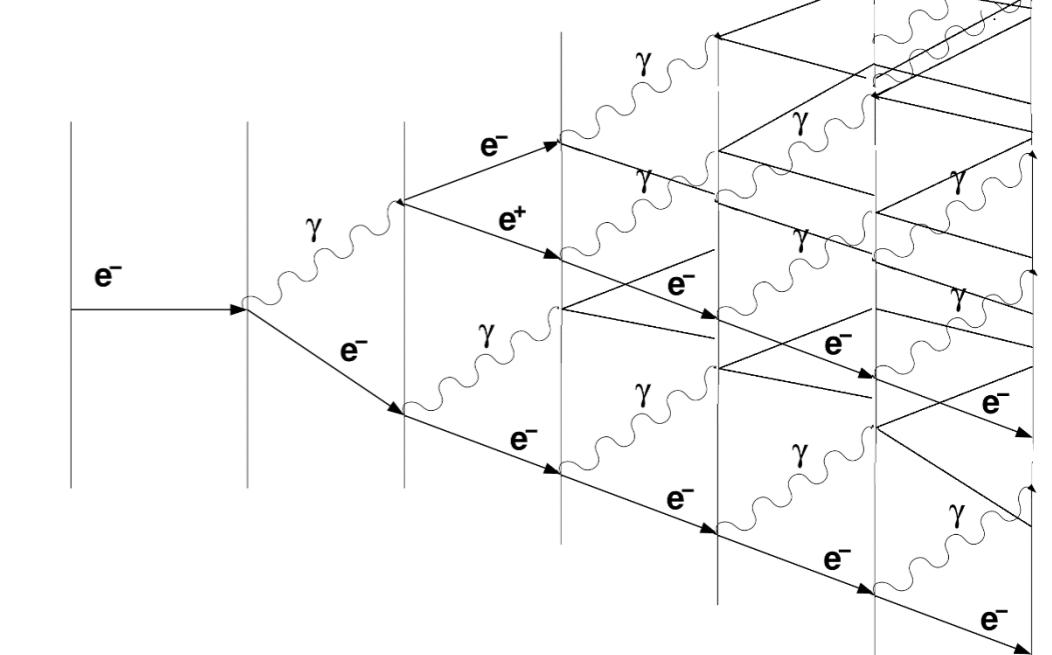
DAS EM-KALORIMETER



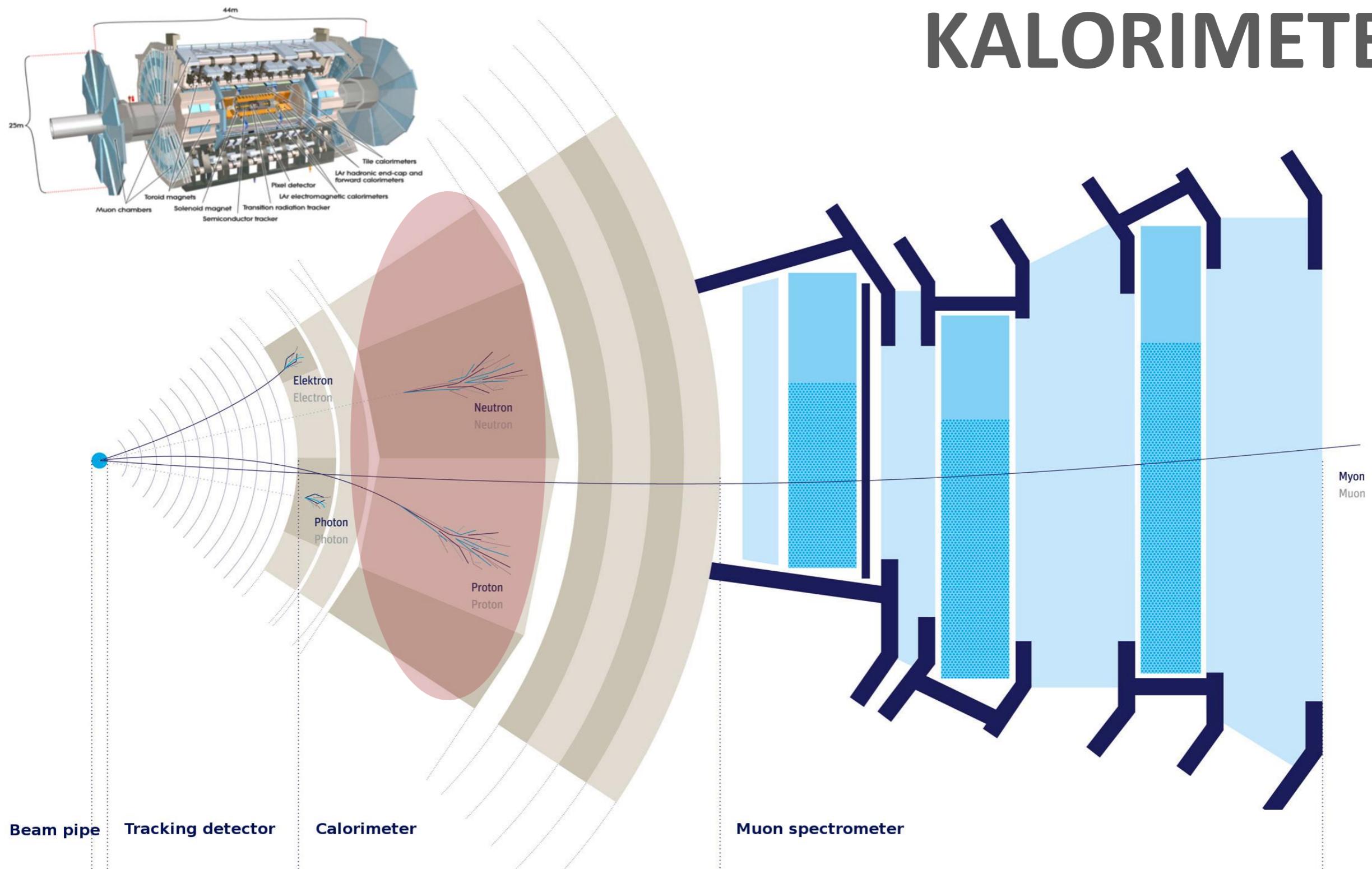
Wenig Energie:



Viel Energie:



DAS HADRONISCHE KALORIMETER



DIE MYON KAMMERN

