

# Experimentalphysik 5p

## Kern- und Teilchenphysik

für Lehramt Physik (vertieft) und Bachelor-Plus

Prof. Dr. Otmar Biebel

### Vorlesung:

Montags 12:15 - 14:00 Uhr Seminarraum H206

Freitags 14:15 - 15:00 Uhr Seminarraum H206

Beginn: Vorlesungen: 14. Oktober 2019

Übungen: 18. Oktober 2019

### Übungen:

Freitags 15:00 - 15:45 Uhr Schellingstr.: H206

## Themen der Vorlesung

- Einführung & Einleitung
- Grundbegriffe von Streuexperimenten
- Globale Eigenschaften von Kernen
- Stabilität von Kernen
- Wechselwirkung Teilchen mit Materie
- Detektoren, Beschleuniger
- elast. und inelast. Streuung an Kernen
- Quarkstruktur von Hadronen
- Schwache & Elektroschwache Wechselwirkung
- Standardmodell der Elementarteilchen

## Literatur/Lehrbücher

Eine kleine Auswahl von Büchern:

- |                              |  |                   |
|------------------------------|--|-------------------|
| ● B.Povh et al.              | Teilchen und Kerne                                     | Springer          |
| ● W.Demtröder                | Experimentalphysik 4: Kern-, Teilchen- und Astrophysik | Springer          |
| ● F.W.Bopp                   | Kerne, Hadronen und Elementarteilchen                  | Springer Spektrum |
| ● H.Frauenfelder, E.M.Henley | Teilchen und Kerne                                     | Oldenbourg        |
| ● Bethge et al.              | Kernphysik   | Springer          |
| ● T.Mayer-Kuckuk             | Kernphysik   | Teubner           |
| ● Bethge et al.              | Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen            | Wiley-VCH         |
| ● D.H.Perkins                | Introduction to High Energy Physics                    | Cambridge UP      |
| ● D.Griffiths                | Introduction to Elementary Particles                   | Wiley-VCH         |
| ● C.Berger                   | Elementarteilchenphysik                                | Springer          |

und viele mehr!

## Organisatorisches zu Vorlesung & Übungen

(1) Mitarbeiter rund um Vorlesung & Übungen

- Prof. Dr. Otmar Biebel — Vorlesungen & Übungen

(2) Webseite zu Vorlesung & Übungen:

```
http://www.physik.uni-muenchen.de/lehre/vorlesungen/wise\_19\_20/e5p/index.html
```

dort verfügbar:

- Termine, Aktuelle Ankündigungen
- Übungsblätter, Vorlesungsmaterial (Beachte: Zugriff mit Campus-Account & -Passwort)

(3) Übungen

Konzept:

- Besprechung/Vorstellung der Hausübungen&Lösungen
- gemeinsame Bearbeitung/Lösung von Anwesenheitsaufgaben & Staatsexamensaufgaben und zur Vertiefung/Klärung von Vorlesungsinhalten

#### (4) Leistungskontrolle

##### – Hausübungen

- \* Hausübungen selbständig oder in 2er Gruppen lösen
- \* Lösungen in Übung vorgerechnet, dabei auf Korrektheit kontrollieren
- \* Probleme/Unklarheiten in Übungen besprechen

##### – Klausur: **Mittwoch, 19.02.2020, 12-16, Raum N.N., 90 Min.**

Wiederholung: Donnerstag, 19.03.2020, 12-16, Raum N.N., 90 Min.

##### – Bewertung : Zum Bestehen des Moduls: mindestens 50% der Maximalpunktzahl aus Klausur

Notenskala (vorläufig!):

Note	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0
Punktanteil	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%

## (5) Termine

### – Vorlesung

- \* Mo, 12:15-13:45 Seminarraum H206
- \* Fr, 14:15-15:00 Seminarraum H206
- \* erster Termin: 14.10.19
- \* letzter Termin: 06.12.19

### – Übungen, Übungsblätter

- \* Ausgabe jeweils freitags über Webseite zur Vorlesung
- \* Besprechung in nachfolgender Übung
- \* Fr, 15:00-15:45 Seminarraum H206

### – Klausuren

- \* Klausur: 19. Feb. 2020, 12:00, Raum N.N.
- \* Wiederholung: 19. Mär. 2020, 12:00, Raum N.N.

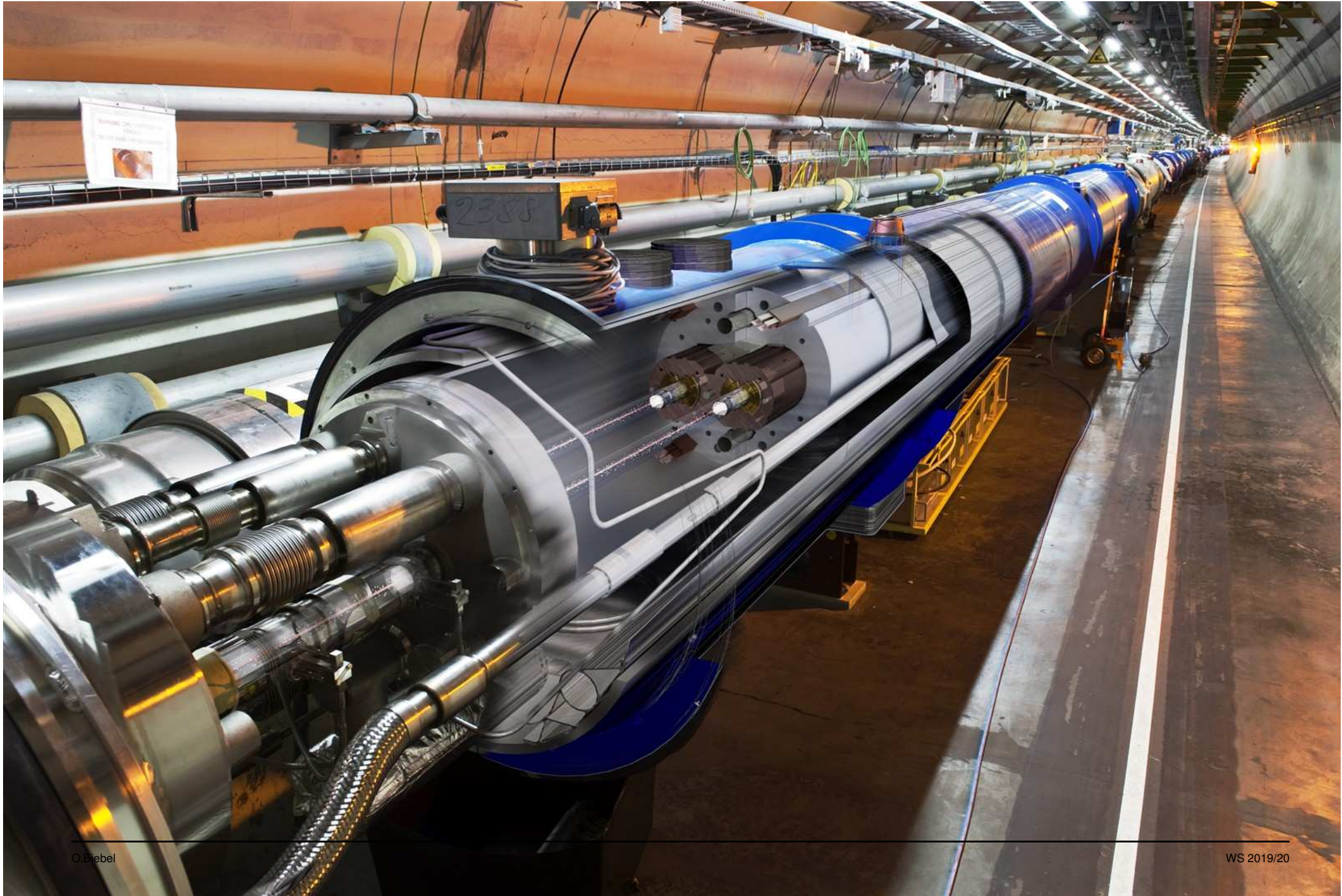









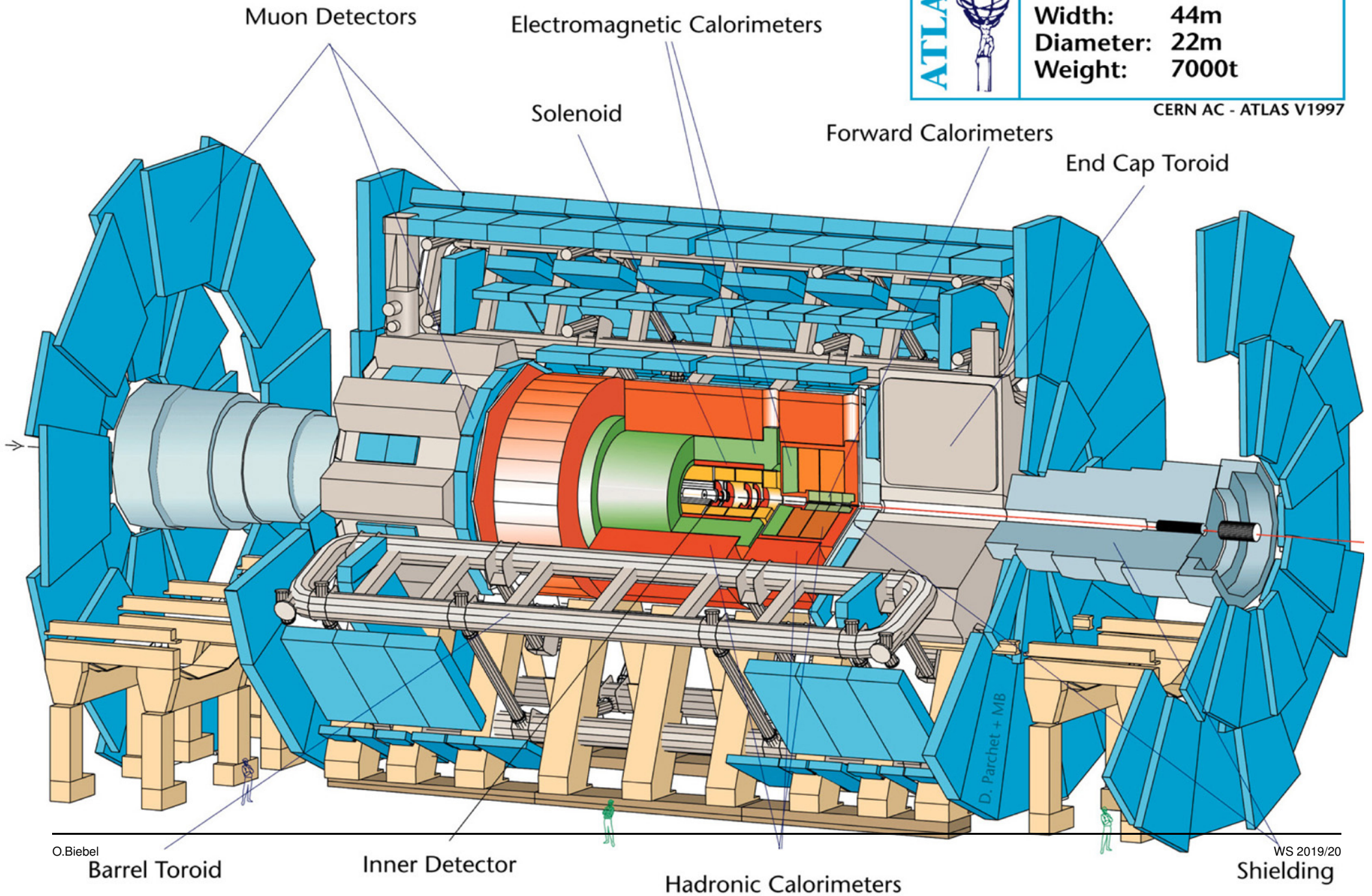






	<b>Detector characteristics</b>	
	<b>Width:</b>	<b>44m</b>
	<b>Diameter:</b>	<b>22m</b>
	<b>Weight:</b>	<b>7000t</b>

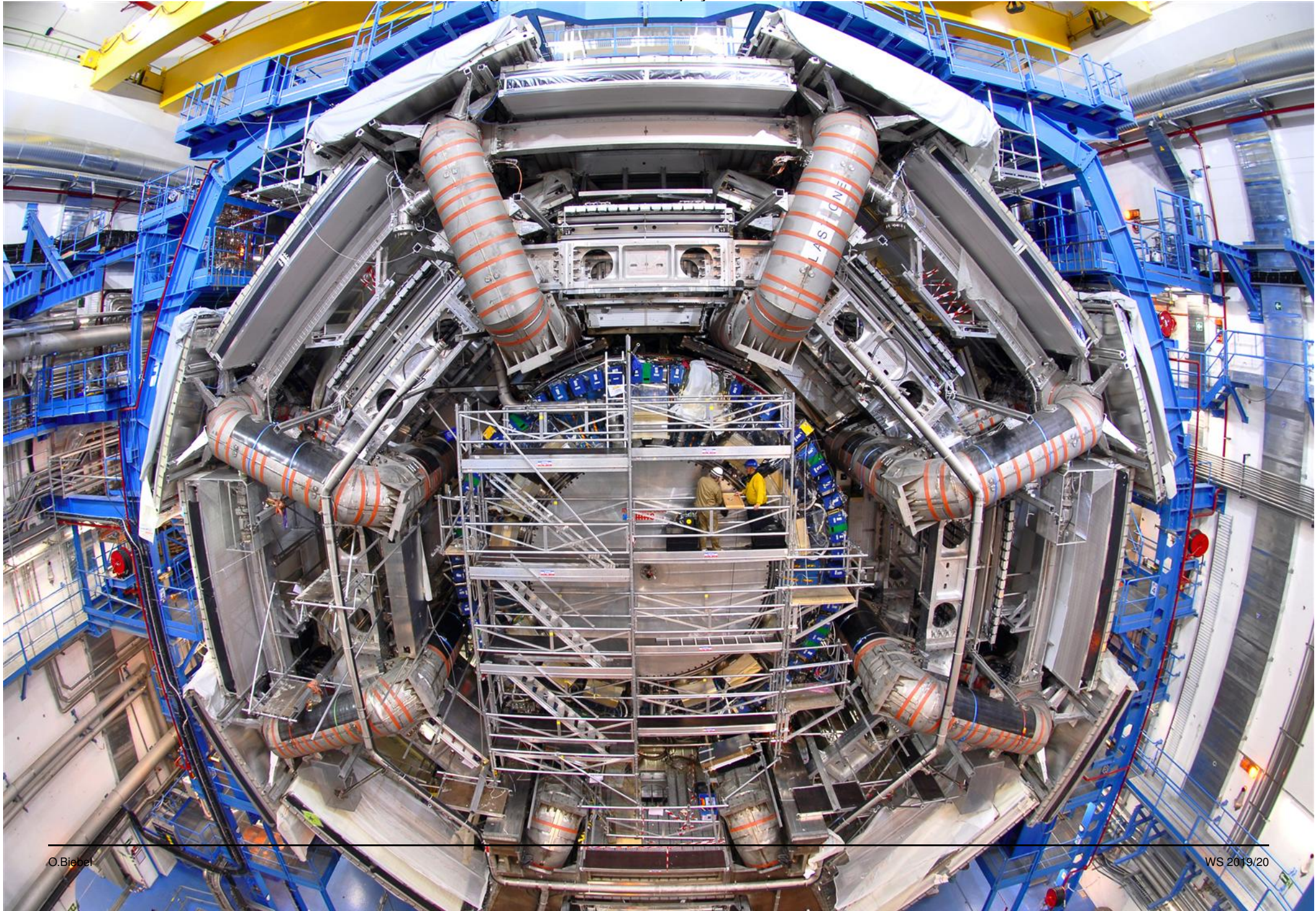
CERN AC - ATLAS V1997



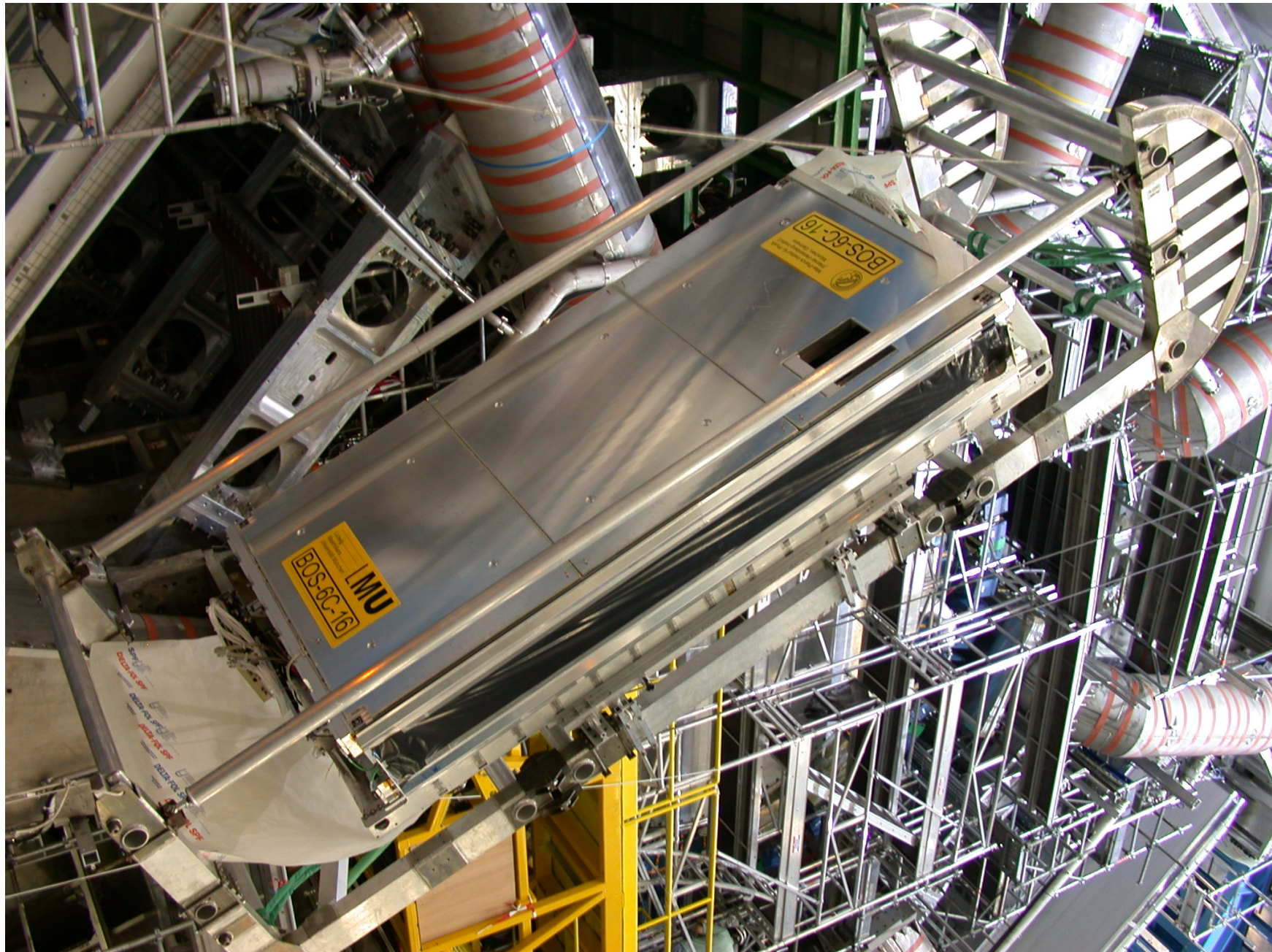
O.Biebel

WS 2019/20

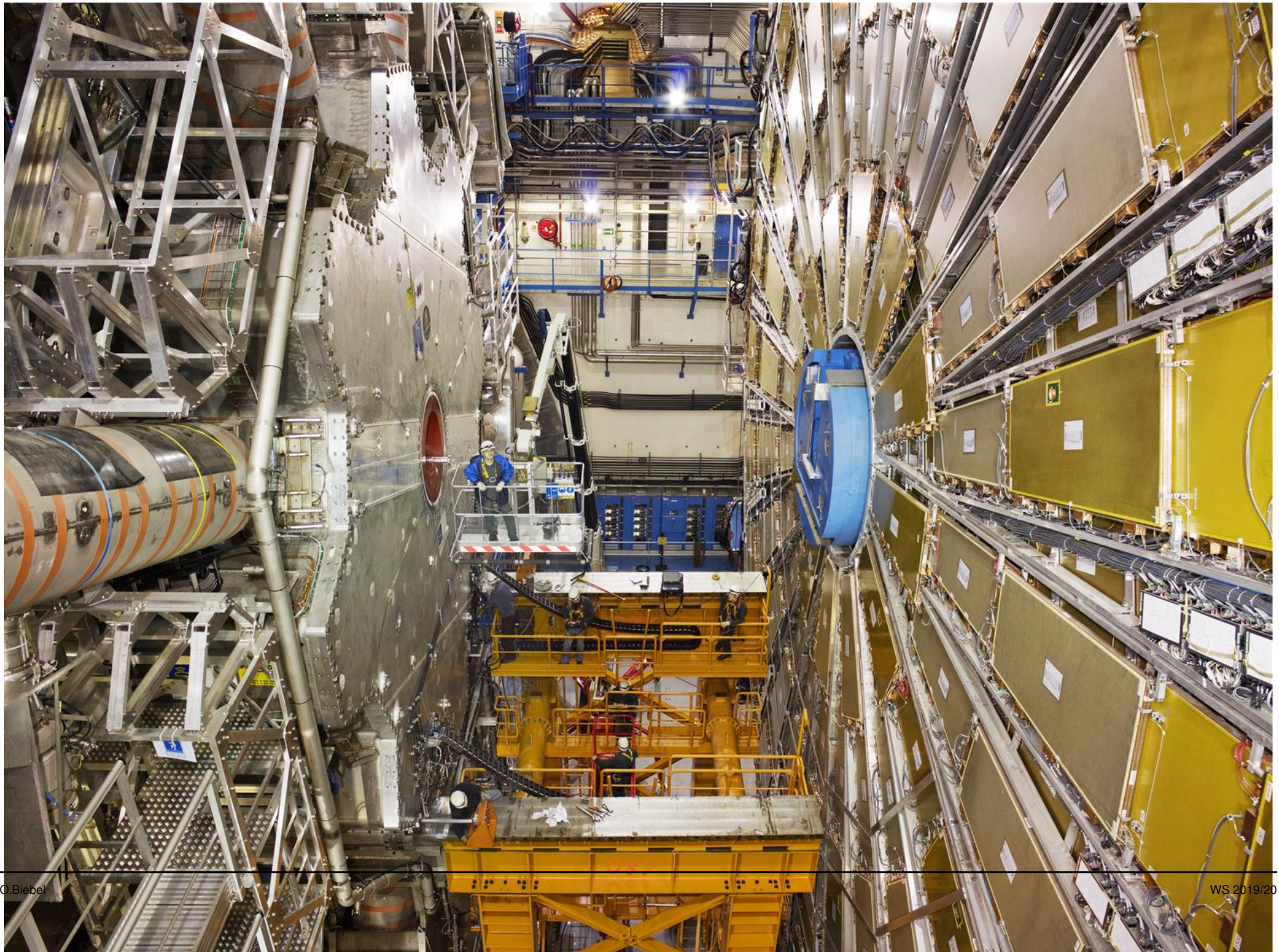








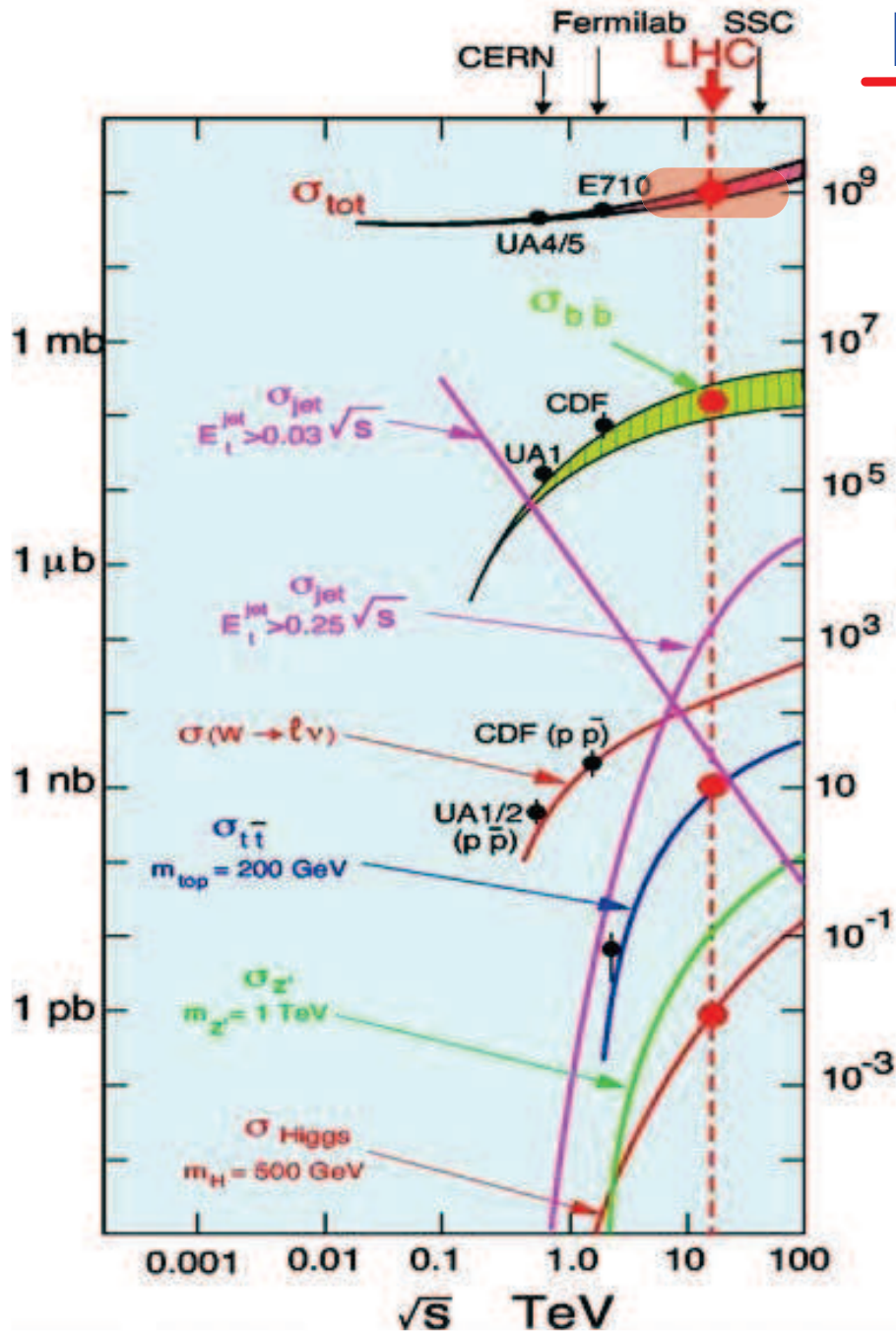






# Proton-Proton-Kollisionen

<- 1 Mrd Kollisionen / Sekunde  
meist bekannte Reaktionen

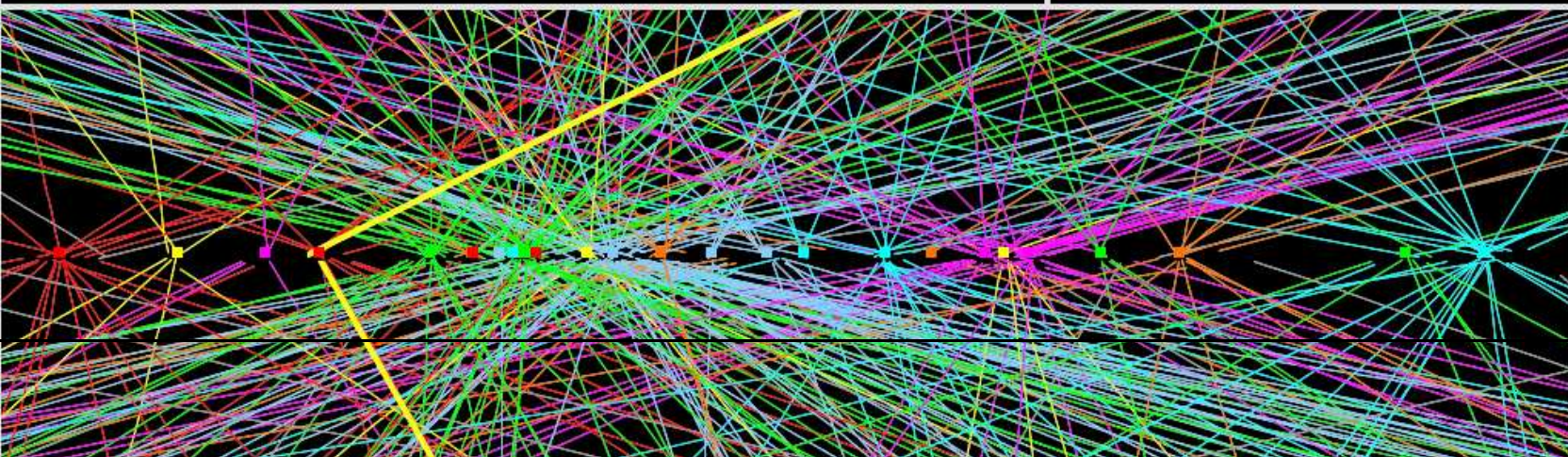
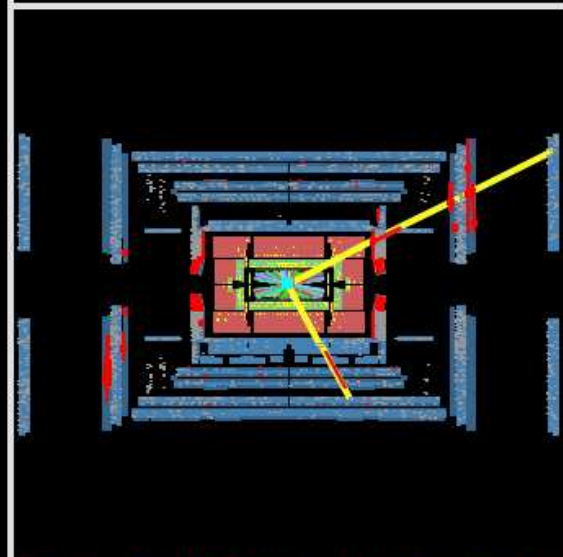
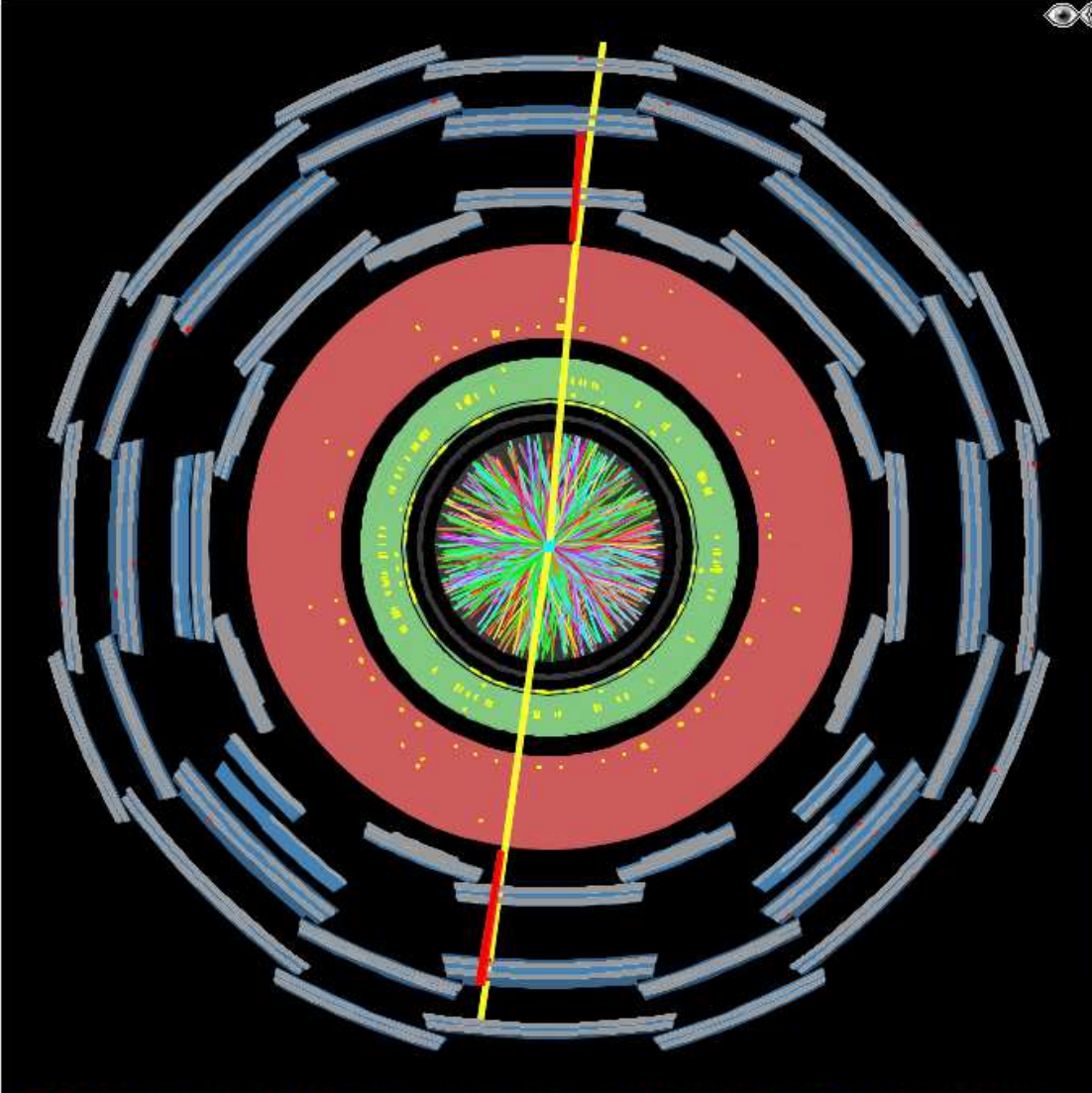




# ATLAS EXPERIMENT

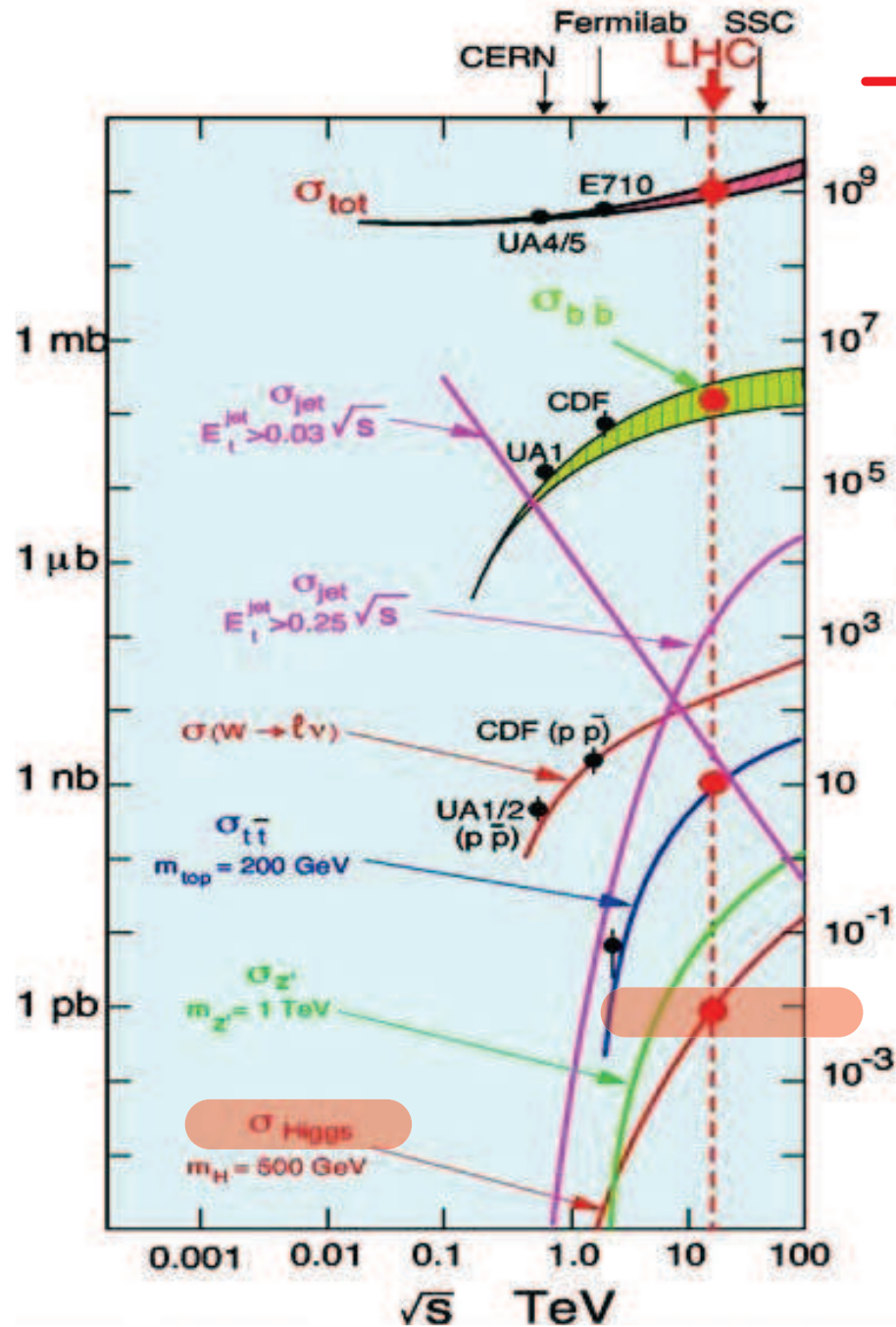
Run Number: 201289, Event Number: 24151616

Date: 2012-04-15 16:52:58 CEST



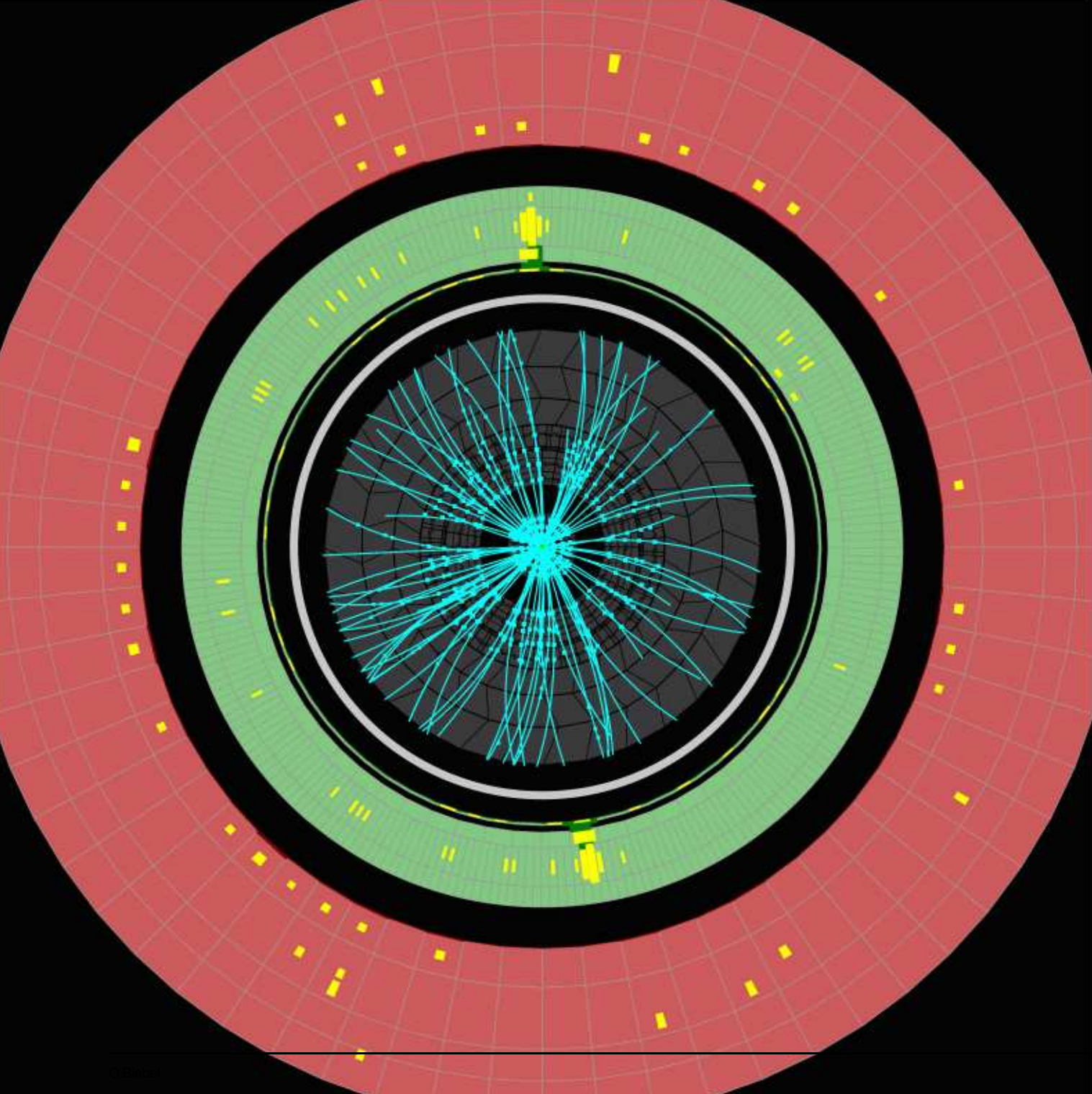


# Proton-Proton-Kollisionen



< - 1 Mrd Kollisionen / Sekunde  
meist bekannte Reaktionen

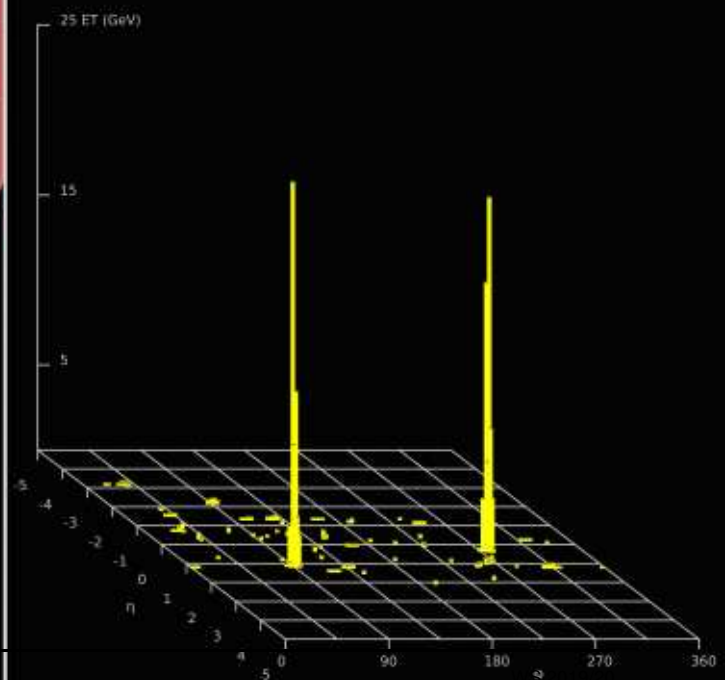
< - Erwartung für Higgs-Teilchen  
1 Higgs-Teilchen / Minute



# ATLAS EXPERIMENT

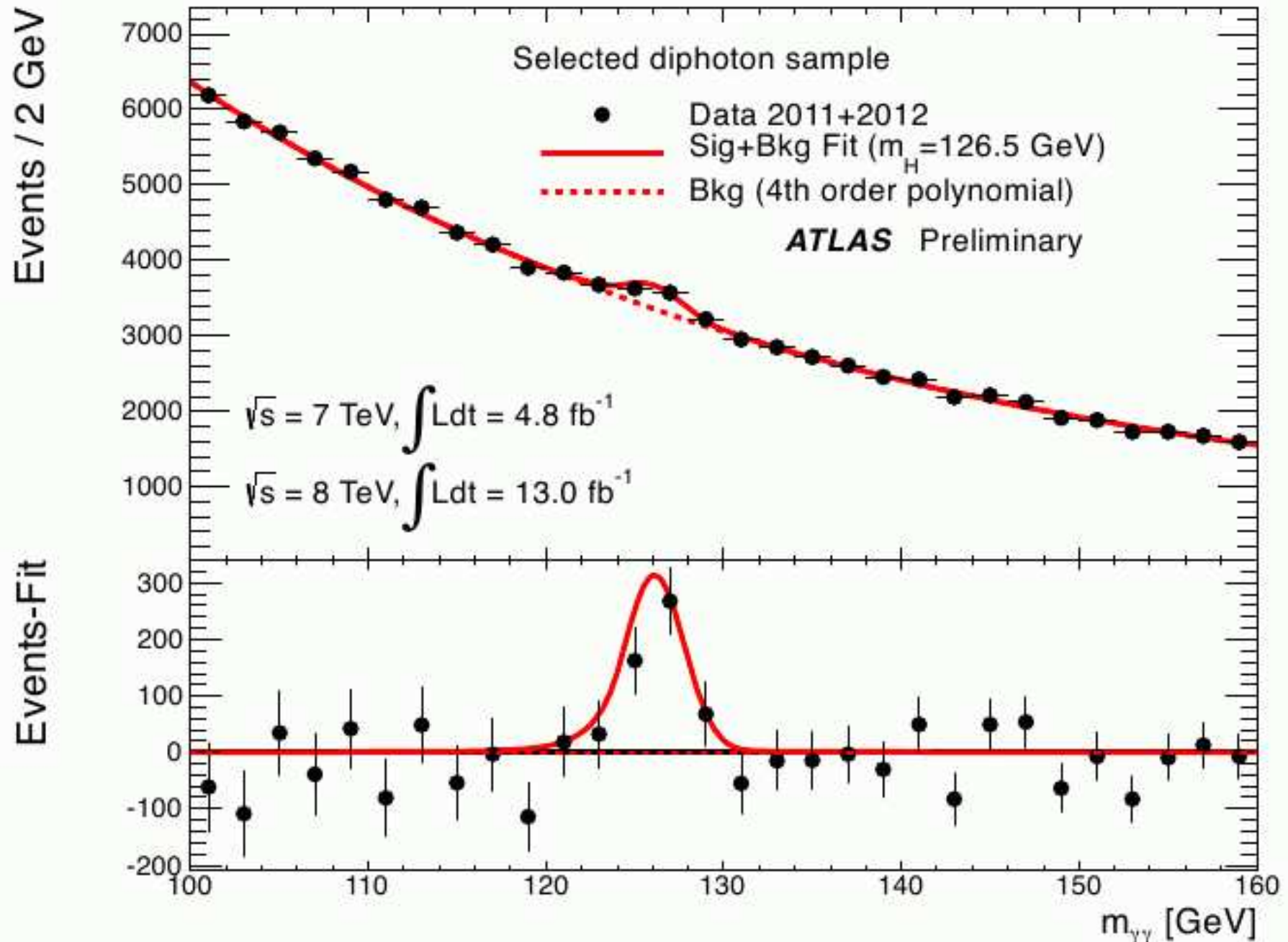
Run Number: 203779, Event Number: 566623

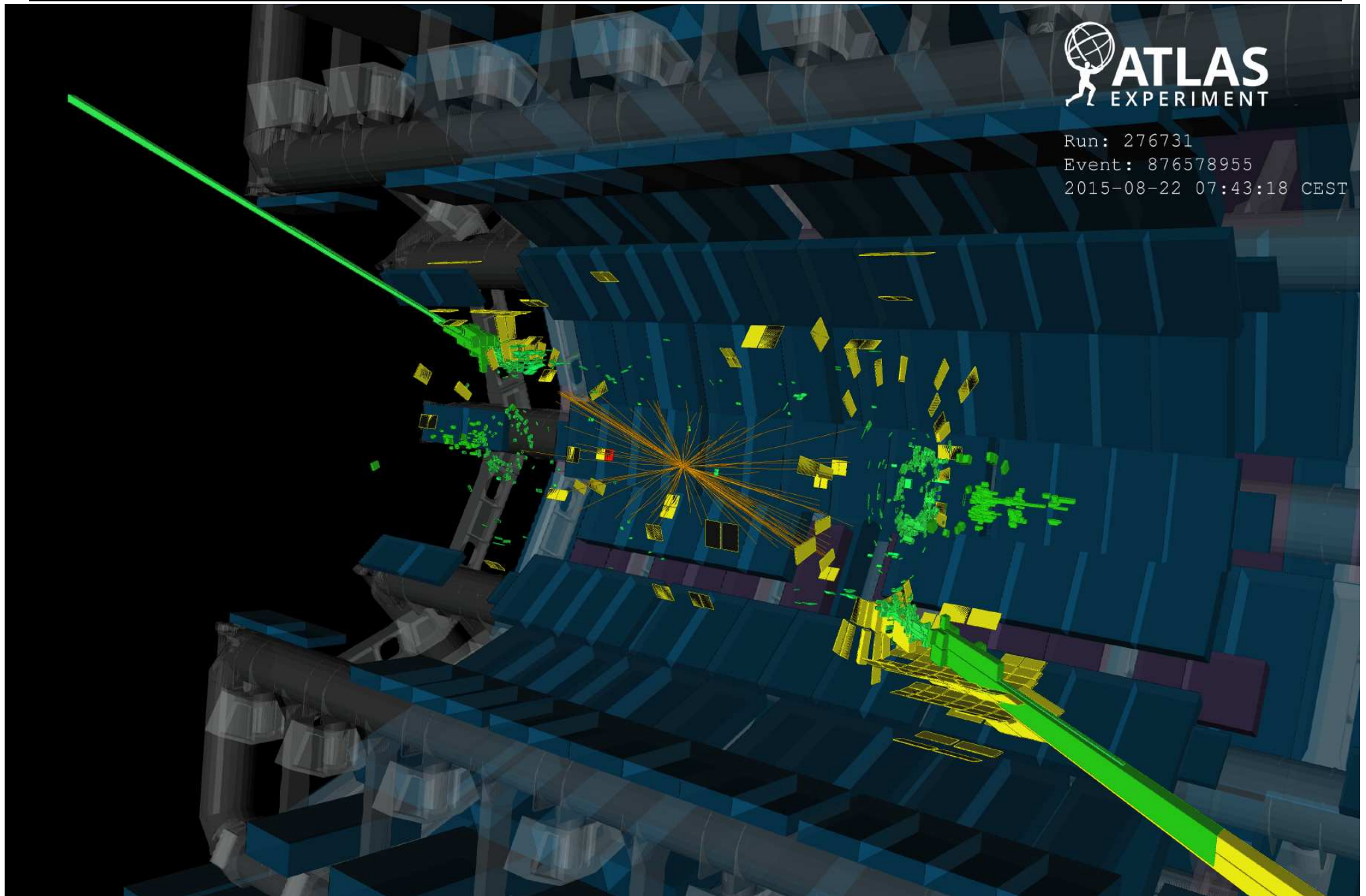
Date: 2012-05-23 22:19:29 CEST



Ein Higgs-Teilchen Kandidat mit zwei Photonen

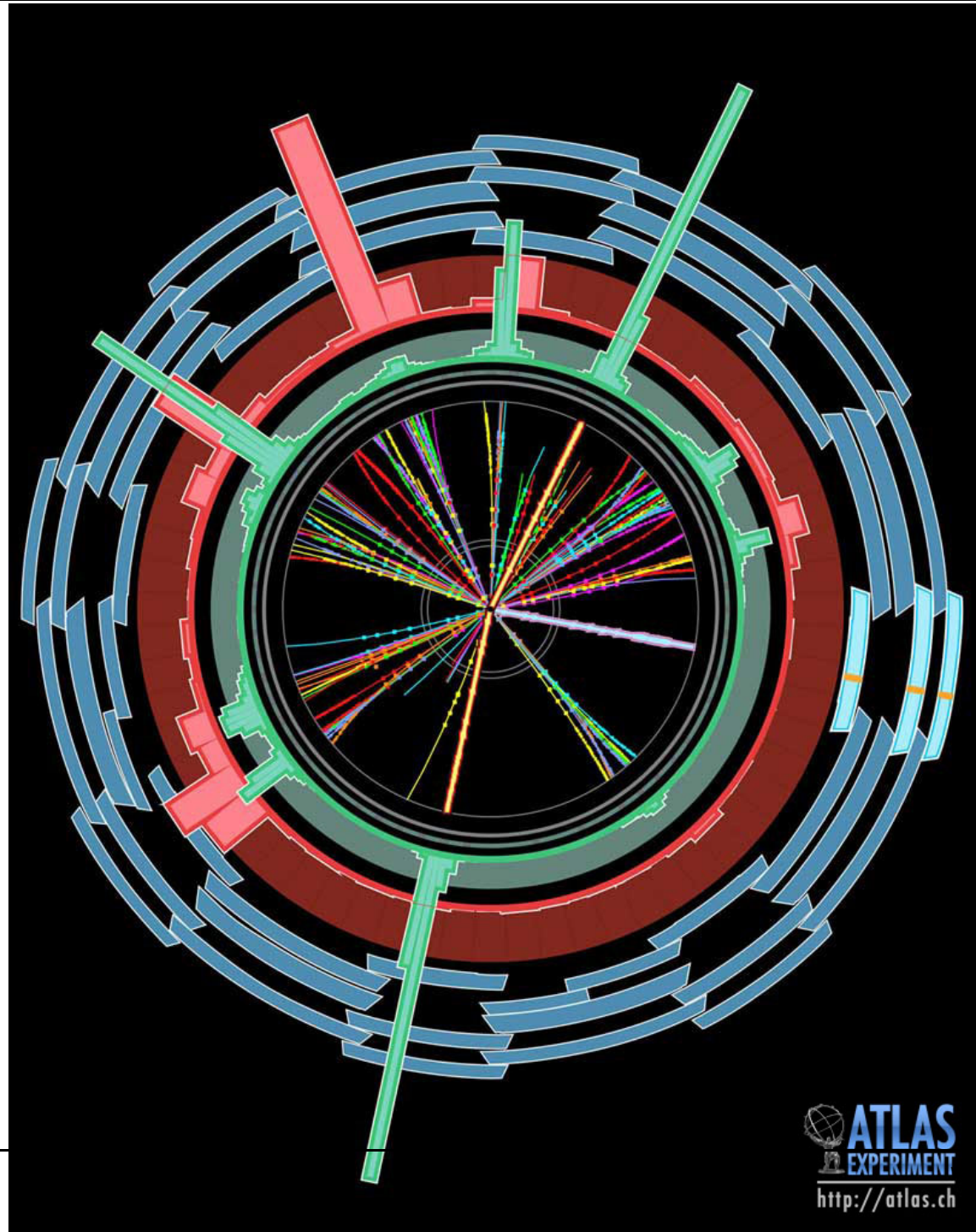








Simulierte Entstehung&Zerfall eines  
Miniatur Schwarzen Lochs in ATLAS



## Einführung: Standard-Modell der Elementarteilchen und Kräfte

### Konzept:

“Kraft”-Teilchen vermitteln die Wechselwirkung zwischen “Materie”-Teilchen  $\longrightarrow$  *Eichtheorie*

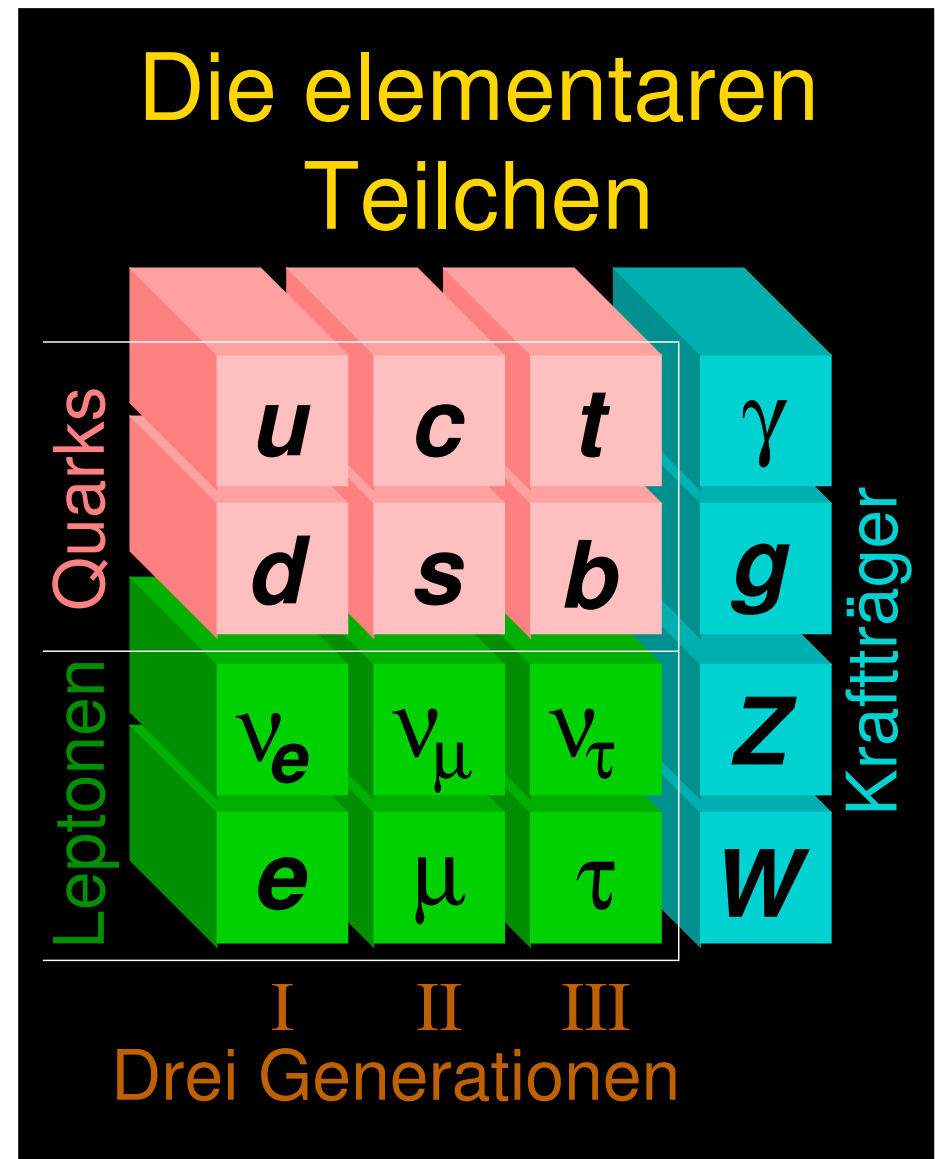
### Konstituenten:

- “Materie”-Teilchen: *Leptonen* und *Quarks*
- “Kraft”-Teilchen: *Photonen*, *Weakonen*, *Gluonen*  
(el magn., schwach, starke Ww.)

### Standard-Modell:

beschreibt elektromagnet., schwache und starke Wechselwirkung zwischen den Konstituenten des Modells

(“Weltformel” ?)



## “Weltformel” des Standard-Modells:

Lagrangedichte des Standard-Modells der Teilchenphysik:  
(Lösung beschreibt Teilchen und ihre Wechselwirkungen)

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} \longrightarrow \mathcal{L} = & -\frac{1}{4}W_{\mu\nu}^i W_i^{\mu\nu} - \frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{1}{4}G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu} & (1.2) \left\{ \begin{array}{l} \text{kinetische Energie und Selbstwechsel-} \\ \text{wirkung von } W^+, W^-, Z, \gamma \text{ und Gluo-} \\ \text{nen.} \end{array} \right. \\
 & + \sum_l (\bar{L}_l \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\frac{\tau_i}{2}W_\mu^i - g'\frac{Y}{2}B_\mu) L_l \\
 & \quad + \bar{R}_l \gamma^\mu (i\partial_\mu - g'\frac{Y}{2}B_\mu) R_l) & \left\{ \begin{array}{l} \text{kinetische Energie der Leptonen und} \\ \text{ihre Wechselwirkung mit } W^+, W^-, Z, \\ \gamma. \end{array} \right. \\
 & + \sum_q (\bar{L}_q \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\frac{\tau_i}{2}W_\mu^i - g'\frac{Y}{2}B_\mu - g''\frac{\lambda_a}{2}G_\mu^a) L_q) \\
 & + \sum_q (\bar{R}_q \gamma^\mu (i\partial_\mu - g'\frac{Y}{2}B_\mu - g''\frac{\lambda_a}{2}G_\mu^a) R_q) & \left\{ \begin{array}{l} \text{kinetische Energie der Quarks und} \\ \text{ihre Wechselwirkung mit } W^+, W^-, Z, \\ \gamma \text{ und Gluonen.} \end{array} \right. \\
 & + \left| (i\partial_\mu - g\frac{\tau_i}{2}W_\mu^i - g'\frac{Y}{2}B_\mu) \Phi \right|^2 \\
 & - \mu^2 \Phi^\dagger \Phi - \lambda (\Phi^\dagger \Phi)^2 & \left\{ \begin{array}{l} \text{Massen von } W^+, W^-, Z, \gamma \text{ und des} \\ \text{Higgs selbst bzw. ihre Kopplungen an} \\ \text{das Higgs.} \end{array} \right. \\
 & - \sum_l (G_l \bar{L}_l \Phi R_l + \text{hermitisch konjugierte Form}) & \left\{ \begin{array}{l} \text{Massen der Leptonen bzw. ihre} \\ \text{Kopplungen an das Higgs.} \end{array} \right. \\
 & - \sum_{q_1, q_2} (G_{q_1} \bar{L}_{q_1} \Phi R_{q_1} - iG_{q_2} \bar{L}_{q_2} \tau_2 \Phi^* R_{q_2} \\
 & \quad + \text{hermitisch konjugierte Form}) & \left\{ \begin{array}{l} \text{Massen der Quarks bzw. ihre Kopp-} \\ \text{lungen an das Higgs.} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

## Übersicht zu Themen dieser Vorlesungsreihe

1. Einführung, Grundbegriffe von Streuexperimenten
2. Globale Eigenschaften von Kernen
3. Stabilität von Kernen
4. Wechselwirkung Teilchen mit Materie
5. Detektoren
6. Beschleuniger
7. Elektronenstreuung an Kernen und Nukleonen
8. Tiefinelastische Leptonstreuung
9. Quarkstruktur von Hadronen
10. Symmetrie&Erhaltungsgrößen
11. Schwache Wechselwirkung
12. Elektroschwache Wechselwirkung
- xx. \* Neutrinomassen, Neutrino-Oszillation
13. Standardmodell der Elementarteilchen

---

\* = optional