

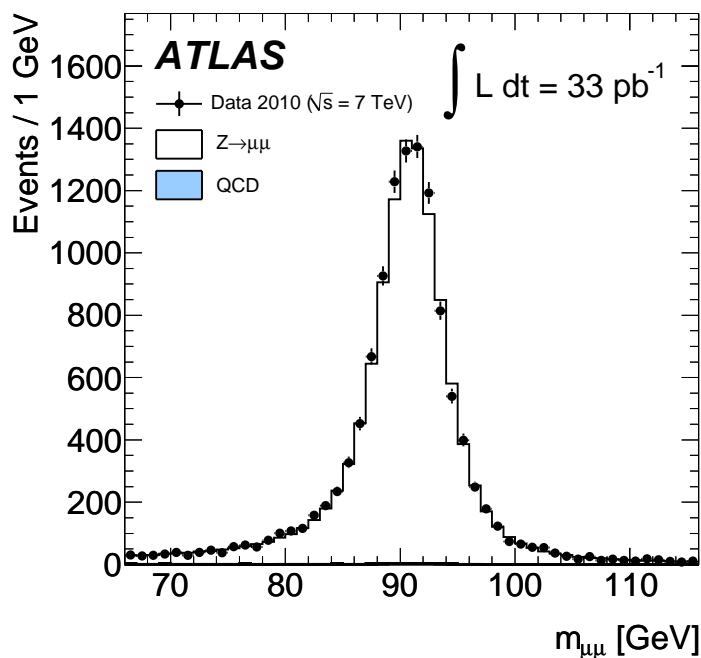
# Experimentelle Elementarteilchenphysik I: Hausaufgaben 2

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2018,  
Prof. Dr. H. Lacker

## Übungsblatt 2 (Besprechung: 02.05.2017)

### Aufgabe 1: Messung der $Z$ -Produktion am LHC mit ATLAS

- a) Wiederholung: Wie werden Elektronen/Positronen bzw. Myonen prinzipiell identifiziert?
- b) Im ATLAS-Detektor am LHC wurde in einem Proton-Proton-Kollisionsereignis ein Positron und ein Elektron mit folgenden Viererimpulsen  $p = (E; \vec{p})$  rekonstruiert:  
 $p_{e^-} = (48,946; -9,820; 43,789; -19,541)\text{GeV}$ ,  $p_{e^+} = (47,143; 7,385; -44,356; 14,160)\text{GeV}$ .
- (a) Handelt es sich um einen Kandidaten für die Reaktion  $p + p \rightarrow Z(\rightarrow e^+e^-) + X$ ?
- (b) Die beiden im LHC kollidierenden Protonen hatten jeweils eine Energie von 3,5 TeV. Welche Impulsbruchteile  $x_1$  und  $x_2$  trugen das Quark und das Antiquark, die in der vorliegenden Kollision das Positron und Elektron produziert haben?
- c) Betrachten Sie die in der Abb. gezeigte invariante  $\mu^+\mu^-$ -Massenverteilung für registrierte  $p + p \rightarrow Z(\rightarrow \mu^+\mu^-) + X$  Kandidaten. Die integrierte Luminosität des Datensatzes betrug  $33 \text{ pb}^{-1}$ . Die geometrische Detektorakzeptanz für diese Ereignisse betrug 48,7%. Die Myonrekonstruktionseffizienz führt dazu, dass nur 78,2% dieser Ereignisse rekonstruiert werden. Untergrundereignisse spielen keine Rolle. Schätzen Sie aus diesen Angaben und mit Hilfe des Particle Data Booklets den Wirkungsquerschnitt der Reaktion  $p + p \rightarrow Z + X$  ab.



Bitte wenden!

## Aufgabe 2:

Gegeben sei ein Objekt (Teilchen, Zerfallsprodukte, Jet etc.) mit invarianter Masse  $m$  und eine Vorzugsrichtung  $\vec{n}$  (Strahlrichtung, Flugrichtung des Mutterteilchens, Jetachse etc.). Die *Rapidity* des Objekts bezgl.  $\vec{n}$  ist durch

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_L}{E - p_L} \quad (1)$$

definiert, wobei  $E$  die Energie und  $p_L$  der (vorzeichenbehaftete) Longitudinalimpuls bezgl.  $\vec{n}$  ist. Ferner bezeichne  $p_T$  des Betrag des Transversalimpulses des Objekts bezgl.  $\vec{n}$  und  $m_T = \sqrt{m^2 + p_T^2}$  seine *transversale Masse*. Der Winkel zwischen dem Impuls des Objekts und  $\vec{n}$  sei mit  $\theta$  bezeichnet.

a) Um welchen Betrag  $\delta y$  verschiebt sich die Rapidity, wenn man in ein System wechselt, das sich mit der (vorzeichenbehafteten) Geschwindigkeit  $\beta$  entlang  $\vec{n}$  bewegt?  
Ist die Rapidity lorentzinvariant?

b) Betrachten Sie die Rapiditysdifferenz  $\Delta y = y_2 - y_1$  zweier Objekte mit Rapidity  $y_1$  und  $y_2$  bezgl.  $\vec{n}$ . Ist  $\Delta y$  lorentzinvariant?

c) Zeigen Sie

$$y = \ln \frac{m_T}{E - p_L} = \ln \frac{E + p_L}{m_T} = \tanh^{-1} \frac{p_L}{E} \quad (2)$$

d) Zeigen Sie

$$E = m_T \cosh y, p_L = m_T \sinh y \quad (3)$$

e) Zeigen Sie für ein Objekt mit  $m = 0$

$$E = p_T / \sin \theta, p_L = p_T \cot \theta \quad (4)$$

und leiten Sie durch Vergleich mit d) für masselose Objekte die Beziehung

$$y = -\ln \tan \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

ab. (Bemerkung: Für massive Objekte wird deswegen die Größe  $\eta = -\ln \tan \frac{\theta}{2}$  als *Pseudorapidity* bezeichnet.)

**Abgabe:** 30.04.2017 up to 14:45 in box in front of room 1'415