

# Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2018/2019,

Prof. Dr. H. Lacker, Dr. C. Scharf, J. Krieg

## Hausaufgabenblatt 10

### Aufgabe 1: Tiefinelastische Streuung

Abb. 1 zeigt die graphische Darstellung eines tiefinelastischen  $e^+p$ -Streueignisses, wie es mit dem H1-Detektor am HERA-Ring (DESY, Hamburg) aufgezeichnet wurde. Die Positronen kommen von links mit einer Energie von 27,5 GeV, die Protonen von rechts mit  $E_p = 820$  GeV. Die  $e^+$ -Masse kann im Folgenden vernachlässigt werden.

- Wie groß ist die Schwerpunktsenergie  $\sqrt{s}$  des  $e-p$ -Systems? (1 Punkt)
- Das geladene Teilchen, das in positive  $x$ - und  $z$ -Richtung gestreut und im elektromagnetischen Kalorimeter (grün) gestoppt wird, ist das gestreute Positron. Entnehmen Sie Abb. 1 durch Nachmessen den  $e^+$ -Streuwinkel  $\theta$  im Laborsystem. (1 Punkt)
- Der Impuls des gestreuten Positrons transversal zur Strahlachse ( $p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$ ) beträgt  $p_{T,e} = 109$  GeV. Berechnen Sie mit dem gemessenen Streuwinkel den Dreierimpulsbetrag des gestreuten Positrons und daraus  $Q^2$  für das Streueignis. (1 Punkt) (Das Resultat sollte nahe am  $Q^2$ -Wert liegen, der in Abb. 1 angegeben ist.)
- Welche invariante Masse  $W = \sqrt{p_X^2}$  liegt für dieses Streueignis vor? (1 Punkt)
- Berechnen Sie die Bjorken-Variable  $x$  und damit den Impulsbruchteil des gestreuten Quarks am Gesamtimpuls des Protons. (1 Punkt)
- Der in Abb. 1 nach unten zeigende Hadronjet entsteht durch das aus dem Proton herausgestreute Quark. Welches  $p_T$  sollte das gestreute Quark haben? (1 Punkt)
- Welchen Dreierimpulsbetrag sollte das gestreute Quark besitzen? (1 Punkt)
- Welchen Streuwinkel sollte das gestreute Quark besitzen? Vergleichen Sie mit dem Streuwinkel, den Sie für den Hadronjet aus der Abb. 1 messen. (1 Punkt)

### Aufgabe 2: Strukturfunktionen

- Zeigen Sie, dass für die Neutrino-Nukleon- und Elektron-Nukleon-Streuung, wenn Sie den Strangeseequarkanteil vernachlässigen, gilt:  $F_2^{\nu N}(x) = \frac{18}{5} F_2^{eN}(x)$ . (1 Punkt)
- Zeigen Sie, dass  $\frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)}$  für  $x \rightarrow 0$  gegen 1 geht, wenn in diesem Bereich der Seequarkanteil dominiert. (2 Punkte)
- Zeigen Sie, dass  $\frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)}$  für  $x \rightarrow 1$  gegen  $\frac{2}{3}$  geht, wenn  $u_v(x) = 2d_v(x)$  für alle  $x$  ist. Überlegen Sie dazu, wie sich der Seequarkanteil im Vergleich zum Valenzquarkanteil für  $x \rightarrow 1$  verhält. (1 Punkt)
- Zeigen Sie, dass das beobachtete Verhalten für  $x \rightarrow 1$  (siehe Abb. 2) darauf hindeutet, dass in diesem  $x$ -Bereich  $u_v(x) \gg d_v(x)$  ist. (1 Punkt)

### Aufgabe 3: Interpretation von LHC-Event Displays

Hier interpretieren Sie mit dem “Minerva”-Interface Event-Displays von  $p$ - $p$ -Kollisionsergebnisse, die mit dem ATLAS-Detektor am LHC aufgenommen wurden:

<http://atlas-minerva.web.cern.ch/atlas-minerva/> öffnen und “Enter Website” drücken.

“Start Minerva” führt durch ein Tutorial, das das Event-Display erklärt und einige Prozesse vorstellt, die man mit Hilfe des Event-Displays rekonstruieren kann. Dabei handelt es sich z. B. um die Produktion von  $Z$ -Bosonen, die u. a. in  $e^+e^-$  oder  $\mu^+\mu^-$  zerfallen, von  $W^\pm$ -Bosonen, die u. a. in  $e^+\nu_e/e^-\bar{\nu}_e$  oder  $\mu^+\nu_\mu/\mu^-\bar{\nu}_\mu$  zerfallen, oder von Hadronjets aus der Produktion (Anti-)Quarks oder Gluonen.

Am Ende des Tutorials ( $\rightarrow$ Vorwärtspfeiltaste): “Download MINERVA”, um Kollisionsergebnisse zu betrachten. Die ersten 5 Ereignisse sind zur Übung da. “Submit Answers”, um Ihre Antworten für die ersten 5 Ereignisse zu überprüfen. Füllen Sie das Formular aus und drücken Sie auf “Check”. Analysieren Sie die nächsten 20 Ereignisse (im Atlantis GUI jeweils “Next” drücken). Füllen Sie das zweite Formular aus, das sie nach Beantworten des ersten Formulars öffnen können. Der Ausdruck stellt die Lösung der Aufgabe dar. (5 Punkte)

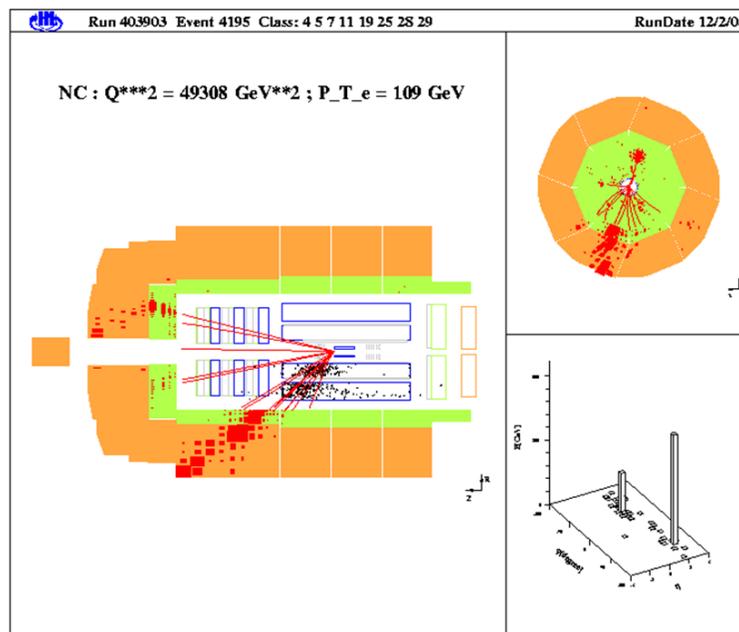


Abbildung 1: Erzeugung eines Hadronjets in tiefinelastischer Positron-Protonstreuung.

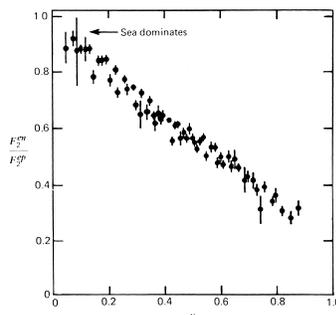


Abbildung 2: Messung von  $F_2^{en}/F_2^{ep}$  als Funktion von  $x$  in tiefinelastischer Streuung.

Abgabe: 07.01.2019 bis 13:00 vor Raum NEW 15 1'413/414