

Monte Carlo Ereignisgeneratoren

PD Dr. S. Gieseke

Übungsblatt 2

Besprechung: Fr., 24.5.2019

Aufgabe 2: W Boson Erzeugung am LHC

Simulieren Sie die Erzeugung von W Bosonen am LHC (z.B. $\sqrt{S} = 2, 8, 14$ TeV) mit dem folgenden Spielzeugmodell. Wir beschränken uns auf einen einzigen partonischen Subprozess, $u\bar{d} \rightarrow e^-\bar{\nu}$, dessen spingemitteltes Matrixelement in niedrigster Ordnung in der elektroschwachen Kopplung durch

$$\overline{\sum} |M(u\bar{d} \rightarrow e^-\bar{\nu})|^2 = \frac{2G_F M_W^8 (1 + \cos\theta^*)^2}{(\hat{s} - M_W^2)^2 + M_W^2 \Gamma_W^2}$$

gegeben ist, wobei wir die CKM Matrix als diagonal angenommen haben. Darin sind die kinematischen Variablen $\sqrt{\hat{s}}$ die Gesamtenergie im partonischen Schwerpunktsystem und θ^* der Polarwinkel des Elektrons bezüglich der Achse der einlaufenden Quarks. $M_W \approx 80$ GeV und $\Gamma_W \approx 2$ GeV sind die Masse und Breite des W Bosons. $G_F \approx 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}$ ist die Fermikonstante.

Als Partonverteilung für die u und \bar{d} Quarks nehmen wir das einfache Modell

$$f(x, \hat{s}) = x^{0.2-0.3\ln(\hat{s}/\text{GeV}^2)} (1-x)^{0.1}.$$

- (a) Bestimmen Sie zunächst den partonischen differentiellen Wirkungsquerschnitt.
- (b) Für den hadronischen Wirkungsquerschnitt empfiehlt sich die Variablentransformation $(x_1, x_2) \rightarrow (y, \tau)$, wobei

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{x_1}{x_2}, \quad \tau = x_1 x_2.$$

y ist dann die Rapidität des partonischen Schwerpunktsystems im Laborsystem des Colliders, $\tau = \hat{s}/S$ die skalierte Schwerpunktsenergie.

- (c) Erzeugen Sie Ereignisse im Laborsystem des Colliders. Ein Ereignis besteht hier aus den Viererimpulsen $p(e^-)$, $p(\bar{\nu})$ des Endzustandes. Versuchen Sie es zunächst auch ohne zu sehr auf die Effizienz zu achten und überlegen Sie, warum das problematisch ist.
- (d) Optimieren Sie den Generator mit den Methoden aus der Vorlesung.
- (e) Untersuchen Sie Observablen mit Ihrem Generator. Interessante Observablen sind z.B. der totale Wirkungsquerschnitt für Elektronen im 'fiducial volume' $|y| < 5$ als Funktion der hadronischen Schwerpunktsenergie, sowie die Verteilung des Transversalimpulses der Elektronen. Des weiteren könnten Sie die invariante Masse der Leptonen im Bereich der W Resonanz sowie die Verteilung der fehlenden Energie untersuchen.