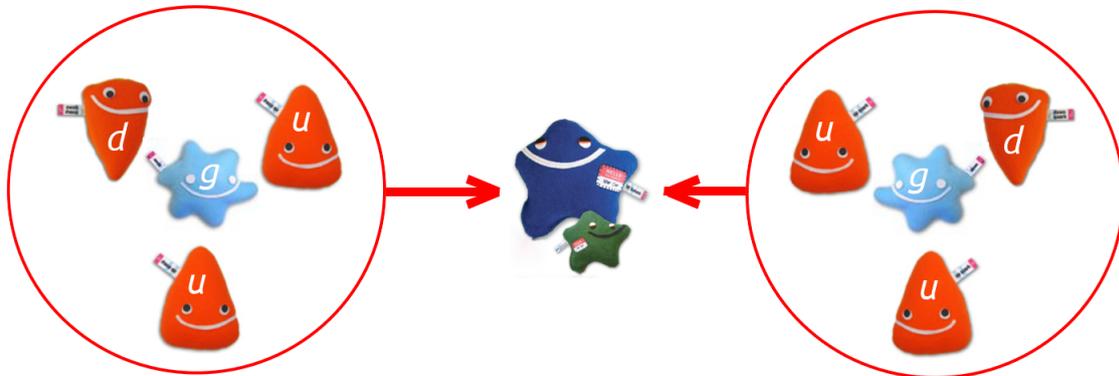


# Das Verhältnis von $W^+$ zu $W^-$ bei Proton-Proton-Kollisionen



Bei der Datenauswertung heute zählen wir, wie viele Proton-Proton-Kollisionen am LHC ein  $W^+$  Boson und wie viele ein  $W^-$  Boson erzeugt haben. Insbesondere geht es um das Verhältnis:

$$r = \frac{\text{Ereignisse mit } W^+ \text{ Bosonen}}{\text{Ereignisse mit } W^- \text{ Bosonen}}$$

Mit der Messung können wir überprüfen, ob die Beobachtung mit der Vorhersage aus dem Standardmodell übereinstimmt. Für die Vorhersage müssen wir zuerst aus dem, was wir gelernt haben, das Verhältnis theoretisch bestimmen. Dazu gehen wir langsam und schrittweise vor.

Nehmen wir einmal an, wir würden 1000 Protonenpaare im LHC kollidieren lassen.

## Aufgabe a)

Aus Messungen früherer Experimente weiß man, dass durchschnittlich bei solchen Kollisionen in 40% der Fälle zwei Gluonen und in 60% der Fälle ein Gluon und ein Quark miteinander wechselwirken. Das heißt in unserem Fall von 1000 Kollisionen erwarten wir

$$N_{gg} = \boxed{\phantom{000}} \text{ Kollisionen von 2 Gluonen und}$$
$$N_{gq} = \boxed{\phantom{000}} \text{ Kollisionen mit 1 Gluon und 1 Quark.}$$

*Hinweis: Die beiden Zahlen müssen addiert 1000 ergeben!*

*Anmerkung: Kollisionen mit 2 Quarks wären zwar möglich, können aber keine W-Bosonen erzeugen, deswegen ignorieren wir sie hier*

## Aufgabe b)

Wie wir gelernt haben, gibt es im Proton zwei Arten von Quarks, nämlich das Up-Quark (u) und das Down-Quark (d). Da es mehr Up-Quarks als Down-Quarks im Proton gibt, wird man in den Kollisionen häufiger Wechselwirkungen mit der einen Art als mit der anderen Art finden.

Schau dir nochmal die Protonen auf dem Bild an. Von der Gesamtzahl  $N_{gg}$  an Ereignissen mit einem Quark und einem Gluon, die du oben ausgerechnet hast, würde man erwarten, dass davon

$$N_{gu} = \boxed{\phantom{000}} \text{ Kollisionen mit 1 Gluon und 1 Up-Quark und}$$

$$N_{gd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ Kollisionen mit 1 Gluon und 1 Down-Quark sind.}$$

*Hinweis: Die beiden Zahlen müssen addiert das  $N_{gg}$  aus Aufgabe a ergeben!*

### Aufgabe c)

Wir haben es also mit drei möglichen so genannten "Produktionskanälen" zu tun: Entweder wechselwirken zwei Gluonen oder ein Gluon mit einem Up-Quark oder ein Gluon mit einem Down-Quark. Die drei Kanäle unterscheiden sich jedoch dadurch, welche  $W$  Bosonen sie produzieren. Es gibt dabei folgende Möglichkeiten:

1. Ein Kanal kann *nur* positiv geladene  $W^+$  erzeugen.
2. Ein Kanal kann *nur* negativ geladene  $W^-$  erzeugen.
3. Ein Kanal kann *beides*, d.h. es werden in 50%  $W^+$  und in 50%  $W^-$  erzeugt.

Welche der drei Möglichkeiten die richtige ist sagt uns die Ladung der Teilchen, die miteinander wechselwirken (da Ladung stets erhalten sein muss). Überlege dir dies für jeden der drei Kanäle und fülle damit die folgende Tabelle aus:

Von den  $N_{gg}$  Kollisionen mit zwei Gluonen entstehen  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^+$  und  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^-$ .

Von den  $N_{gu}$  Kollisionen mit 1 Gluon + 1 Up-Quark entstehen  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^+$  und  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^-$ .

Von den  $N_{gd}$  Kollisionen mit 1 Gluon + 1 Down-Quark entstehen  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^+$  und  $\boxed{\phantom{000}}$   $W^-$ .

*Hinweis: In jeder Reihe muss entweder eine der beiden Antworten 0 lauten oder es muss in beiden Kästchen die selbe Zahl stehen. Außerdem müssen auch hier sich alle Kästchen insgesamt wieder zu 1000 addieren!*

### Aufgabe d)

Addieren wir nun alle Fälle mit  $W^+$  und alle Fälle mit  $W^-$  für sich, kommen wir auf das Verhältnis:

Wir erwarten  $N_{W^+} = \boxed{\phantom{000}}$  Kollisionen mit  $W^+$ .

Wir erwarten  $N_{W^-} = \boxed{\phantom{000}}$  Kollisionen mit  $W^-$ .

Daraus ergibt sich das Verhältnis  $r = \frac{N_{W^+}}{N_{W^-}} = \boxed{\phantom{000}}$ .

### Aufgabe e)

Überlege dir kurz eine Antwort zu den folgenden Fragen:

1. Ändert sich der theoretische Wert von  $r$ , wenn wir statt 1000 eine andere Startzahl an Ereignissen (zB 40000) gewählt hätten?
2. Ändert sich der theoretische Wert von  $r$ , wenn das Proton anders zusammengesetzt wäre (zB aus 3 Up- und 2 Down-Quarks)?