

CASE-STUDY 2: $t\bar{t}$ -FACTORY

Ansprechpartner: Patrick Schreiber (patrick.schreiber@kit.edu, Forum: PL0997), Sebastian Maier (sebastian.maier@kit.edu, FORUM: RZ9546), Bastian Härer (bastian.haerer@kit.edu, FORUM: MX0920)

Allgemeine Hinweise: Die Bearbeitung der semesterbegleitenden Fallstudie sollte in Kleingruppen von 3–5 Studierenden erfolgen. Sie dient als Leistungsnachweis und ist daher erforderlich für den Übungsschein. Die Ergebnisse werden am Ende der Vorlesung im Rahmen eines kurzen Vortrags präsentiert. Ziel dieser Fallstudie ist es, die Inhalte der Vorlesung zu reflektieren, Zusammenhänge zu erkennen und auf einen gegebenen Fall anzuwenden. Neben dem Entwurf eines möglichst realistischen Teilchenbeschleunigers sollten bei der Präsentation besonders die Herleitungen und Begründungen der Designkriterien herausgearbeitet werden. Die Betreuer der Vorlesung stehen für Diskussionen zur Verfügung. Es wird ausdrücklich empfohlen davon Gebrauch zu machen. Die Entwicklung der Beschleunigerparameter wird ein iterativer Prozess sein. Die Spezifikationen müssen im Laufe der Case Study vermutlich angepasst werden, daher wird empfohlen die Rechnungen am Computer zu machen.

Physics Case:

Die Produktion des Top-Quark erfordert auf Grund der großen Masse von $m = 172,50 \text{ GeV}/c^2$ hohe Teilchenenergien der kollidierenden Strahlen. Daher wurde es bisher nur in wenigen Experimenten vermessen. Für präzise Tests des Standardmodells ist eine höhere Messgenauigkeit notwendig, die durch eine bessere Statistik entsteht. Daher soll ein neuer Beschleuniger zur Erzeugung von $t\bar{t}$ -Paaren in Kollisionsexperimenten entworfen werden.

Rahmenbedingungen:

- Die Kollegen aus der Teilchenphysik brauchen mindestens 10^6 Events pro Jahr unter der Annahme 75% Verfügbarkeit der Maschine. Pro Kollision sollen dabei nicht mehr als fünf $t\bar{t}$ -Paare erzeugt werden.
- Der Wirkungsquerschnitt von pp oder $p\bar{p}$ -Kollisionen als Funktion von \sqrt{s} ist in Abb. 1 abgebildet.
- Der Umfang des Teilchenbeschleunigers darf aus Kostengründen eine Länge von 6km nicht übersteigen.
- Die im Strahl gespeicherte Energie soll 50MJ nicht übersteigen, der Strahlstrom soll maximal 1A erreichen.

Orientierungshilfen:

- Grundlegende Überlegungen: Teilchenart, Strahlenergie, Geometrie (1 oder 2 Strahlrohre), was sind die jeweiligen Konsequenzen?

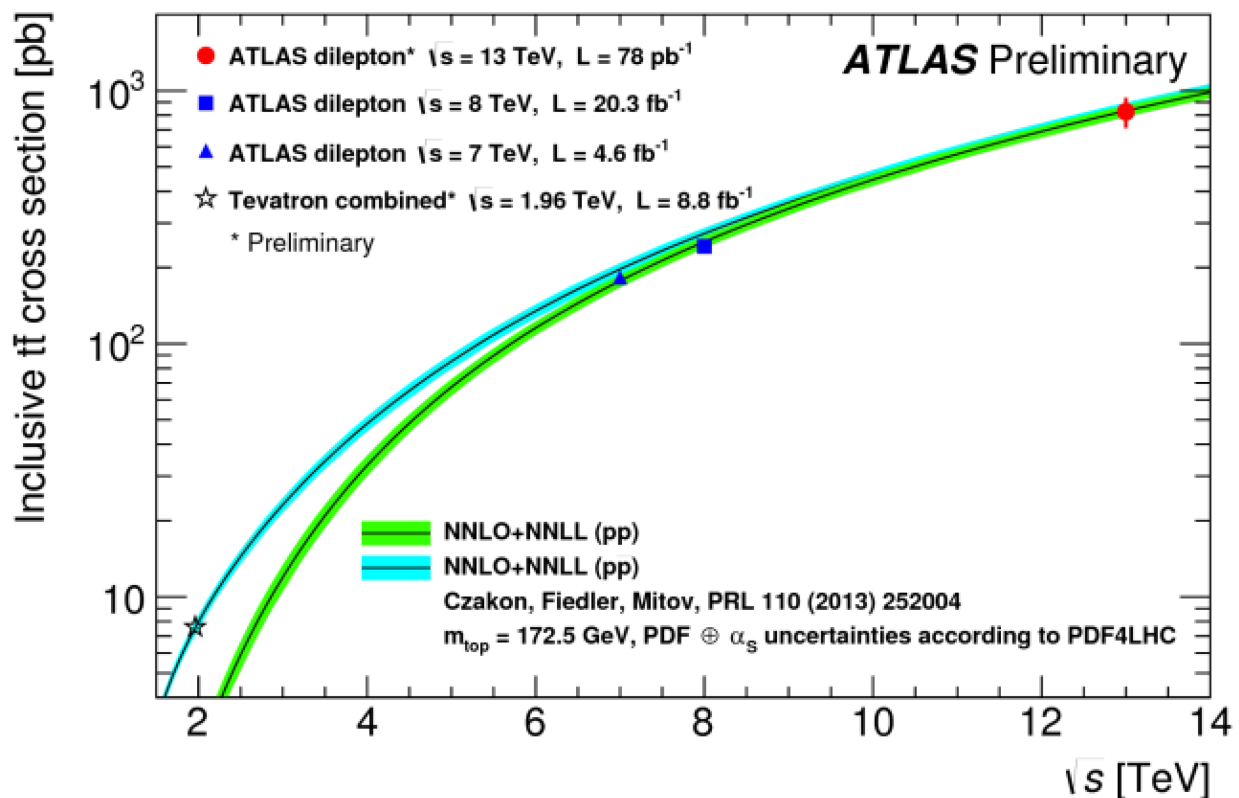


Abbildung 1: Wirkungsquerschnitt zur Produktion von $t\bar{t}$ -Paaren aus Proton-Proton Kollisionen (grün) und Proton-Antiproton Kollisionen (blau) [1]

- Was für eine Luminosität wird benötigt? Strahlintensität, Anzahl der Bunche, Emittanz? Die Luminosität wird für diese Rechnungen während der Laufzeit als konstant angenommen.
- Was für eine Magnetstruktur wählt ihr für die Basiszelle? Wie sieht ein realistisches Design aus? Welche Sektoren muss die Magnetstruktur generell aufweisen?
- Wie groß sind die Synchrotronstrahlungsleistung und der Energieverlust pro Umlauf?
- Kollektive Effekte: wie groß ist der beam-beam parameter?
- RF-Frequenz, Abschätzung des momentum compaction factors, r.m.s. Bunchlänge, transition energy, ramping time
- Wie müsste die Vorbeschleuniger aussehen?
- Welche Strahldiagnostik sollte berücksichtigt werden?

Literatur

- [1] ATLAS Collaboration, "Top quarks in Run 2 are spot on", <http://atlas.cern/updates/physics-briefing/top-quarks-run-2-are-spot>, Jul. 2015