



NETZWERK  
TEILCHENWELT

# Simulation und Analyse der Strahlentwicklung im LHC während Proton-Proton Kollisionen in 2015

Stephanie Wagner

Betreuer:

Michaela Schaumann (CERN)

Wolfgang Hillert (Uni Bonn)

Anette Zander (Gymnasium am Wirteltor, Düren)

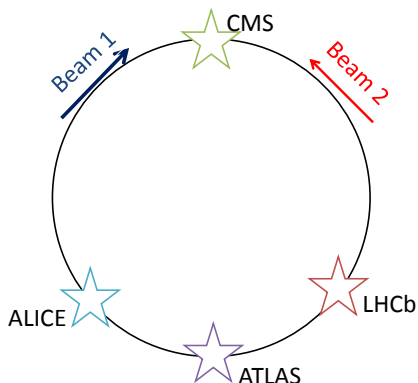
November 6, 2015

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Erlernte und verwendete Programme
- 3 Simulationsprogramm
  - Anwendung
- 4 Ergebnisse
- 5 Fazit

# Einführung

- Eigenschaften der Strahlen
  - Intensität,  $N$
  - Strahlgröße,  $\sigma_{x,y}$
  - Bunch Länge,  $\sigma_s$
- Luminosität:  $L = \frac{N_b^2 f_{rev} k_b}{4\pi\sigma_x\sigma_y}$
- Kollisionsrate:  $\frac{dR}{dt} = L\sigma_c$



# Erlernte und verwendete Programme

- **TIMBER** → Interface zur Extraktion von LHC-Daten aus der Datenbank
- **Mathematica** → mathematisches Analyse Programm
- **Collider Time Evolution Program (CTE)** → Programm zur Simulation der Entwicklung kollidierender Teilchenstrahlen
  - **Linux**
  - **Lxbatch** → Computer Cluster zum Ausführen der Simulation
  - **Daten Transfer** : Windows ↔ Linux
- **LaTeX**

# CTE - Simulation



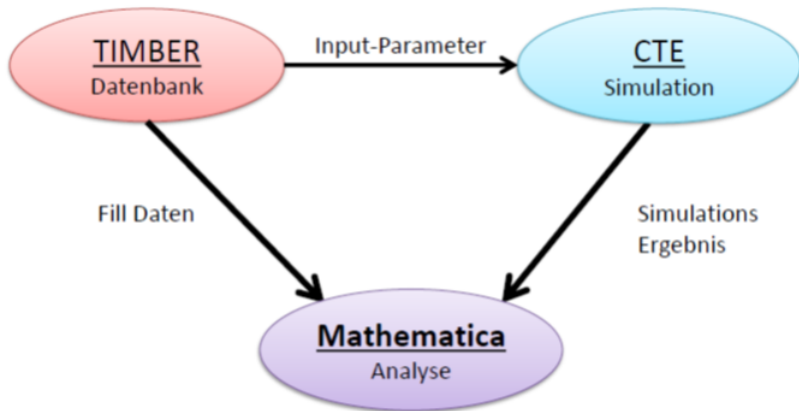
Mehrere Algorithmen beschreiben strahlphysikalische Prozesse, die auf die Teilchenpakete (Bunche) im LHC einwirken.

⇒ **Simulation der Entwicklung zwei kollidierender Bunche**

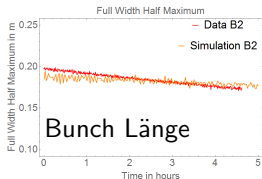
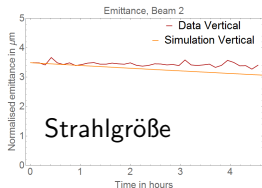
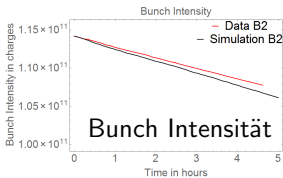
Benötigte Input-Parameter

- Intensität
- Strahlgröße
- Bunch Länge
- Parameter für Maschineneinstellungen und Kollision

# Analyseweg

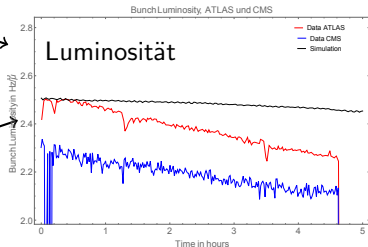


## Ergebnisse



Beispiel: Fill 4530 mit Bunch 109

$$L = \frac{N_{b1}(t)N_{b2}(t)f_{rev}k_b}{2\pi\sqrt{\sigma_{x1}^2(t) + \sigma_{x2}^2(t)}\sqrt{\sigma_{y1}^2(t) + \sigma_{y2}^2(t)}} F(\sigma_s(t), \theta_c)$$



# Fazit

- Simulationen in guter Übereinstimmung mit Beamdaten
  - Ungenauigkeiten durch große Messunsicherheit der Strahlgröße
  - Simulation vereinfacht Realität → einige wichtige Effekte werden nicht berücksichtigt
- Ausblick/Ziel
  - Simulationen für Bunche mit unterschiedlichen Kollisionsschemata
  - Simulation von Mittelwertparametern
  - Quantitative Analyse



# Danksagung

Ein großes Danke geht an die TU Dresden und das Netzwerk Teilchenwelt für die Möglichkeit an einem solchen Projekt als Schüler teilnehmen und arbeiten zu können. Auch den Betreuern, des Netzwerkes Teilchenwelt, vor Ort danke ich für ihre Hilfe bei jeglichen Fragen und Problemen. Zudem möchte ich Herr Wolfgang Hillert und Frau Anette Zander danken dafür, dass sie mich nach diesen Projektwochen weiter unterstützen um die Arbeit adäquat zu beenden. Einen besonderen Dank möchte ich jedoch meiner Betreuerin Michaela Schaumann widmen, die mich während der Projektwochen sehr gut unterstützt hat und mir trotz aller Misserfolge und Fehlversuchen im Laufe meines Projektes neuen Mut machte einfach weiter zu arbeiten und erneut es zu versuchen.

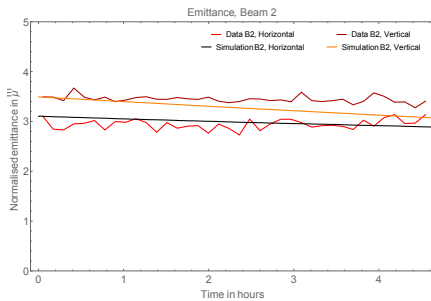
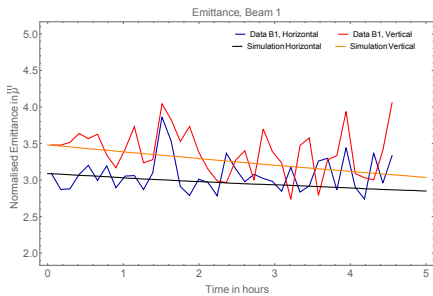
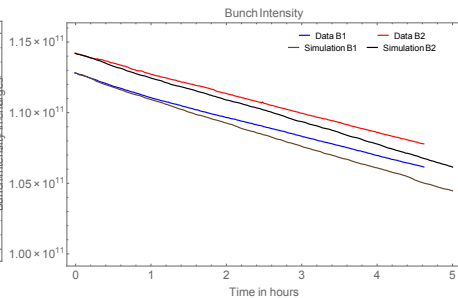
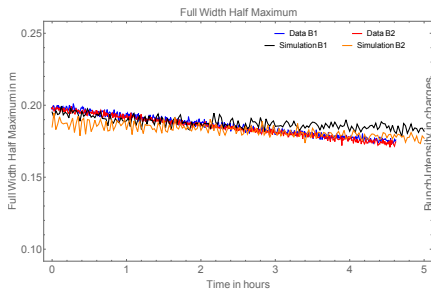
# Ergebnisse

- Luminosität lässt sich aus den Strahleigenschaften errechnen und gibt an wie viele Kollisionen der LHC den Experimenten zur Verfügung stellen kann → siehe Kollisionsrate
- Kollisionsrate:  $\frac{dR}{dt} = L\sigma_c$
- Kollisionsrate=Luminosität mal cross-section (Wirkungsquerschnitt)
- cross-section: Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Teilchen in einer Kollision treffen
- Luminosität: "Strahldichte" erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Kollision

- $$F = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\theta_c \sigma_s}{\frac{\epsilon_n \beta^*}{\gamma}}\right)^2}}$$

## Formeln

- $\frac{dR}{dt} = L\sigma_c$
- $L = \frac{N_b^2 f_{rev} k_b}{4\pi\sigma_x\sigma_y}$
- $L = \frac{N_{b1}(t)N_{b2}(t)f_{rev}k_b}{2\pi\sqrt{\sigma_{x1}^2(t)+\sigma_{x2}^2(t)}\sqrt{\sigma_{y1}^2(t)+\sigma_{y2}^2(t)}} F(\sigma_s(t), \theta_c)$
- $F = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\theta_c \sigma_s}{\sqrt{\frac{\epsilon_n \beta^*}{\gamma}}}\right)^2}}$
- $L = \frac{N_{b1}(t)N_{b2}(t)f_{rev}k_b}{2\pi\sqrt{\sigma_{x1}^2(t)+\sigma_{x2}^2(t)}\sqrt{\sigma_{y1}^2(t)+\sigma_{y2}^2(t)}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\theta_c \sigma_s}{\sqrt{\frac{\epsilon_n \beta^*}{\gamma}}}\right)^2}}$



# Back-up

- Luminosität lässt sich aus den Strahleigenschaften errechnen und gibt an wie viele Kollisionen der LHC den Experimenten zur Verfügung stellen kann → siehe Kollisionsrate
- Kollisionsrate=Luminosität mal cross-section (Wirkungsquerschnitt)
- cross-section: Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Teilchen in einer Kollision treffen
- Luminosität: "Strahldichte" erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Kollision
- TIMBER Über die Variablenliste kann man die benötigten Parameter auswählen und anschließend extrahieren
- Diagramme: dargestellt Intensität, Bunch Größe und Länge in der Formel lässt sich erkennen wie sich daraus die Luminosität ergibt. Deutlich wird der Stellenwert der Intensität (quadratisch) und der Strahlgröße und der im Vergleich dazu geringeren Stellenwert der Bunch-Länge → siehe auch Formel komplett ausgeschrieben