



# FASZINATION TEILCHENPHYSIK

## Der Teilchenbeschleuniger COSY

7. Januar 2021 | Tim Wagner | IKP-2

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

**RWTH**AACHEN  
UNIVERSITY



**JÜLICH**  
Forschungszentrum

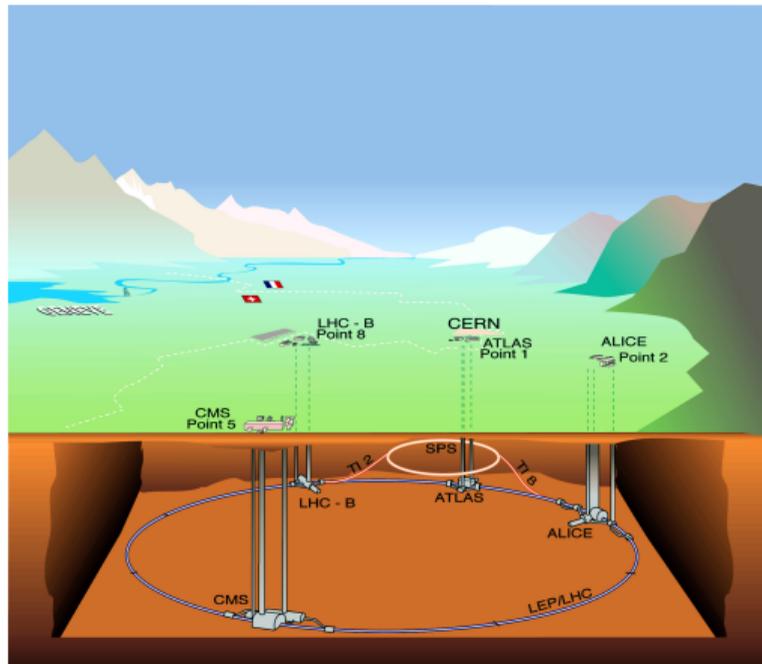
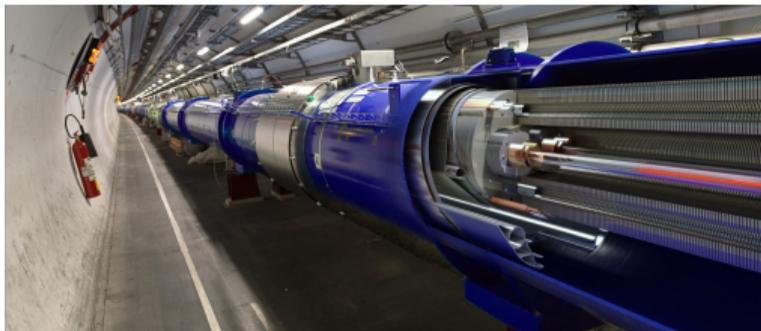
# Übersicht

- Was ist ein Teilchenbeschleuniger?
- Wie funktioniert ein Teilchenbeschleuniger?
- Der Teilchenbeschleuniger COSY
- Wie funktionieren Messungen an COSY?
- Strahlbasierte Ausrichtung (beam-based alignment)
- Zusammenfassung

# Was ist ein Teilchenbeschleuniger?

## Teilchenbeschleuniger

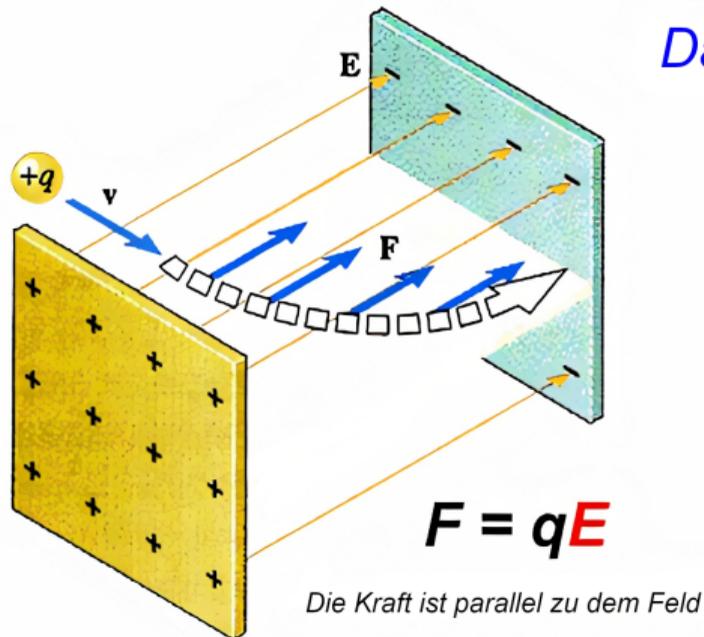
Teilchenbeschleuniger: Geräte und Anlagen zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen auf hohe Energien. - Brockhaus<sup>1</sup>



<sup>1</sup><https://brockhaus.de/ecs/julex/article/teilchenbeschleuniger>

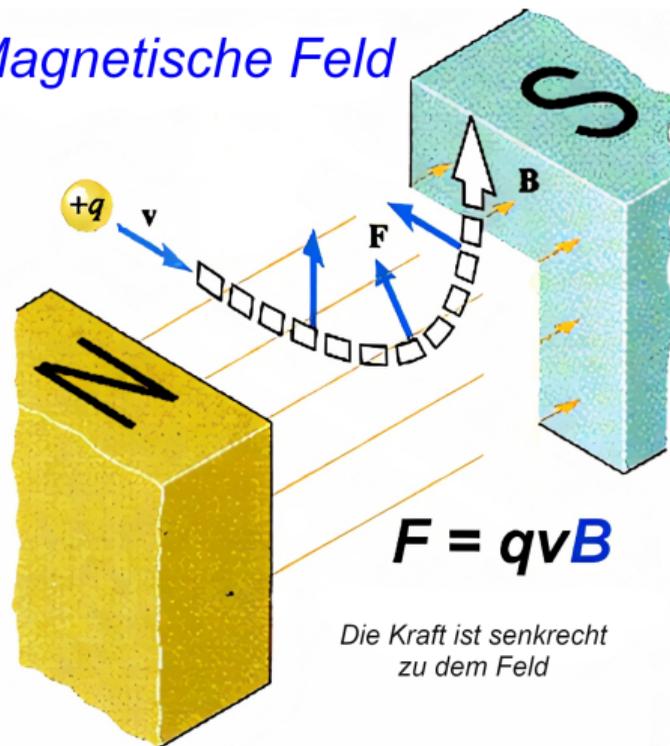
Bildquellen: CERN <https://cds.cern.ch/>

# Wie beeinflusst man Teilchen?



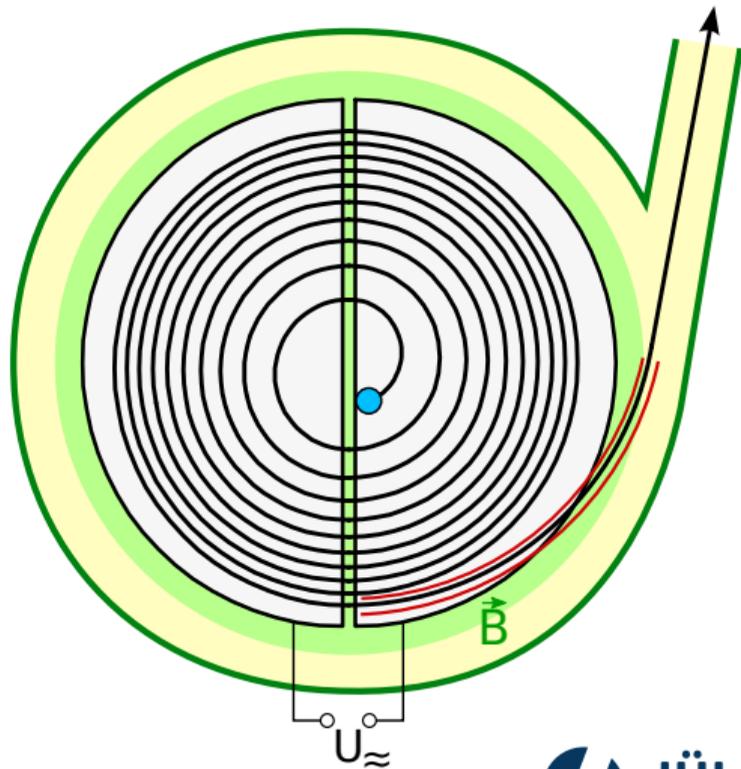
Das Elektrische Feld

Das Magnetische Feld



# Einfacher Beschleuniger: Das Zyklotron

- Teilchen starten in der Mitte
- Senkrechtetes Magnetfeld lenkt Teilchen auf Kreisbahn
- Teilchen werden im Spalt zwischen den Halbkreisen mittels elektrischem Feld beschleunigt
- Schnellere Teilchen = Größere Kreise



# Einfacher Beschleuniger: Das Zyklotron



Bildquelle: H.P. May, M. Bai, O. Felden, and R. Gebel, "Status of the COSY/Jülich Injector Cyclotron JULIC", in Proc. 21st Int. Conf. on Cyclotrons and Their Applications (Cyclotrons'16), Zurich, Switzerland, Sep. 2016, doi:10.18429/JACoW-Cyclotrons2016-THP04

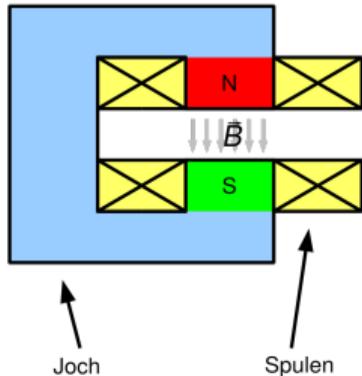
# Magnete für einen Beschleuniger



# Magnete für einen Beschleuniger

## Dipol

- Hohe elektrische Ströme durch die Spulen
- Starke Felder zur Ablenkung des Teilchenstrahls

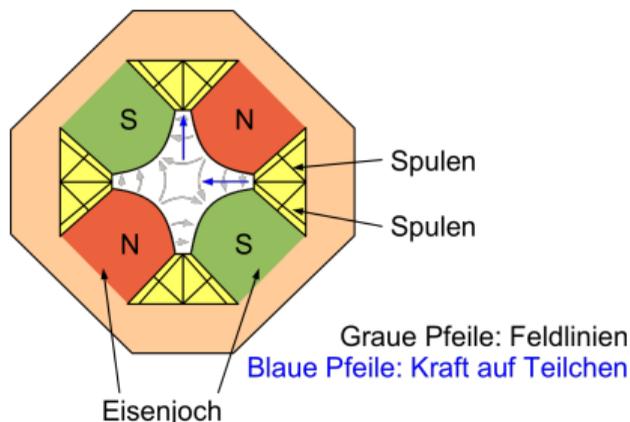


[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dipole\\_de.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dipole_de.png)

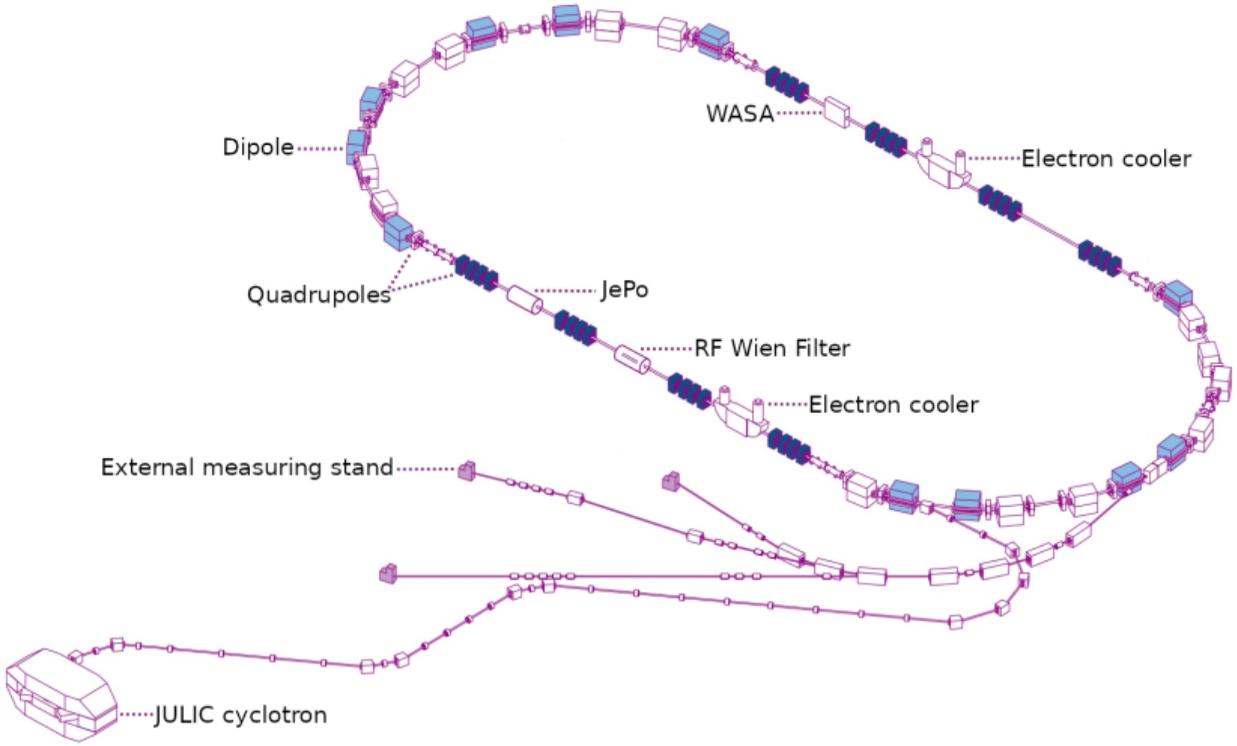
# Magnete für einen Beschleuniger

## Quadrupol

- Fokussierung des Strahls
- Teilchen werden abhängig von ihrer Position abgelenkt
- Kombination von mehreren Quadrupolmagneten nötig



# Der Teilchenbeschleuniger COSY

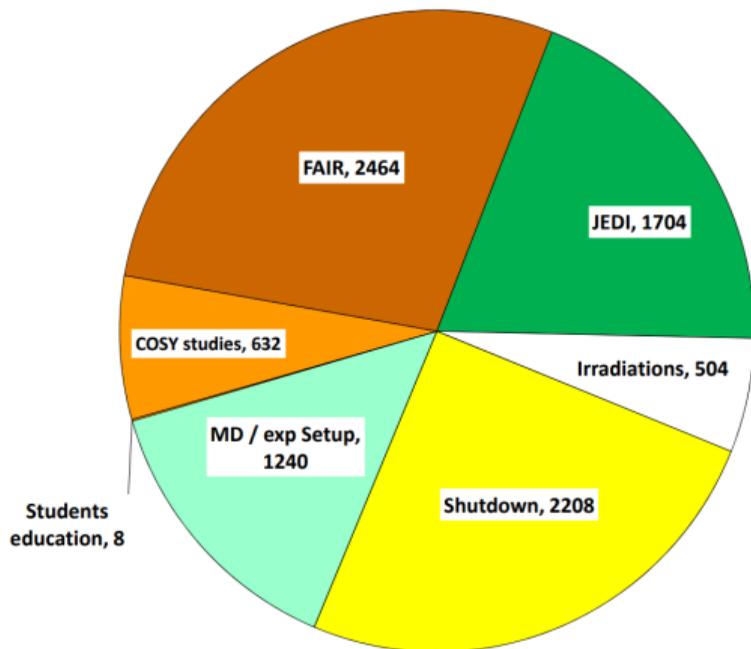


# Video von COSY



# Wie funktionieren Messungen an COSY?

Distribution of beam time in 2019 in Hours



IKP Annual Report 2019

- Beantragung der Messzeit
- Evaluierung durch (externes) CBAC Komitee
  - Beispiel Ende 2020 / Anfang 2021
  - 22 Wochen Messzeit beantragt
  - 13 Wochen Messzeit verfügbar
- Planung der Messzeit
  - Strahl-Entwicklung
  - Benötigte Geräte
  - Personen auf Schicht

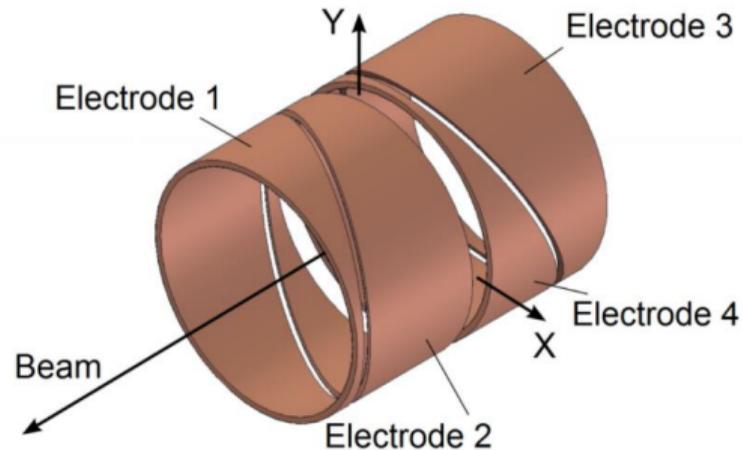
# JEDI Experiment

- Warum existieren wir / existiert Materie?
- Big Bang erzeugt Materie und Antimaterie gleichermaßen
- Asymmetrie entsteht unter anderem durch  $CP$  Verletzung
- Messung des Elektrischen Dipolmoments von Deuteronen
- Sehr präziser Beschleuniger erforderlich



# Wie misst man die Strahlposition?

- Teilchenstrahl induziert Spiegel-Ladung auf Elektroden
- Intelligente Teilung und Berechnung lässt auf Position zurück schließen
- Beispiel: Verhältnis der Spannungen auf Elektrode 1 und 2 lassen Rechts und Links messen
- Benötigt sehr genaue Positionierung der Strahlpositionsmontore im Strahlrohr
- Was passiert, wenn es nicht exakt ausgerichtet ist?  
→ fehlerhafte Messung



# Strahlbasierte Ausrichtung

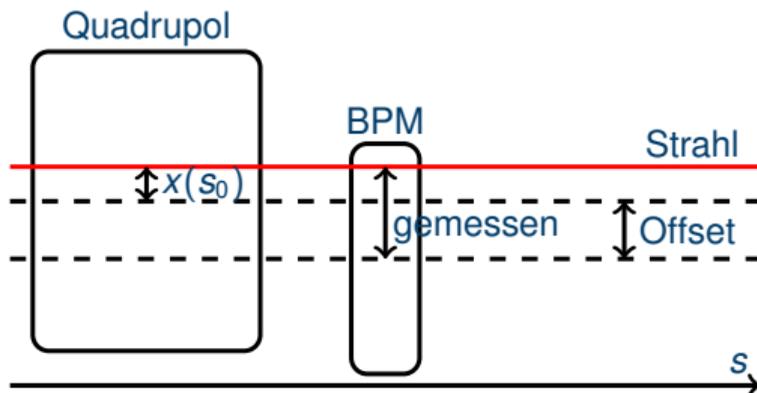
## Was ist das?

- Ausrichtung der Strahlpositionsmonitore anhand anderer Beschleuniger Komponenten
  - Magnete sind sehr exakt positioniert (besser als 0.2 mm)
  - Zentrum der Quadrupole definiert optimalen Weg des Teilchenstrahls
  - Null Messung der Strahlpositionsmonitore soll optimalem Weg entsprechen
- Kalibration der Strahlpositionsmonitore anhand der Quadrupole
- 3 Wochen Messzeit September/Oktober 2019
  - Mehrere Monate Vorbereitung und danach Analyse

# Strahlbasierte Ausrichtung

## Erklärung des Messprinzips

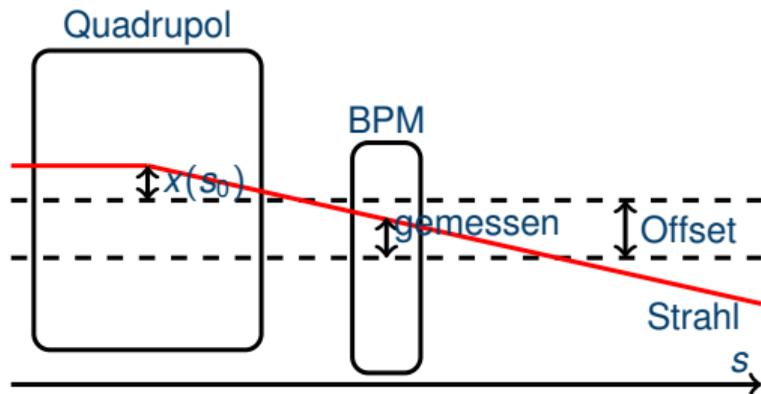
- Strahl geht nicht zentriert durch Quadrupol
- Strahlpositionsmonitor (BPM) nicht perfekt ausgerichtet



# Strahlbasierte Ausrichtung

## Erklärung des Messprinzips

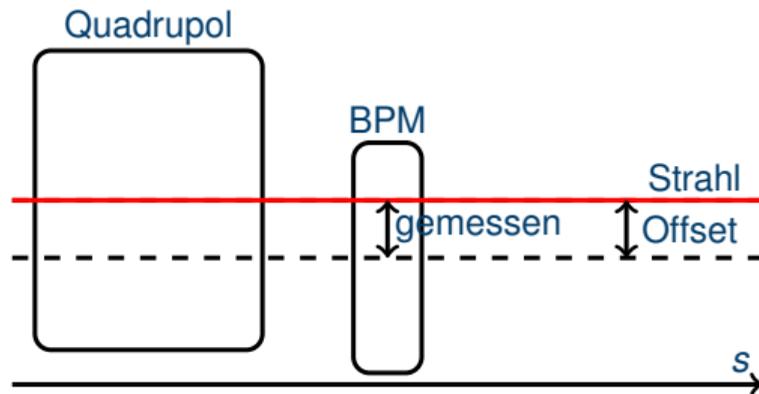
- Strahl geht nicht zentriert durch Quadrupol
- Strahlpositionsmonitor (BPM) nicht perfekt ausgerichtet
- Stärke des Quadrupols wird variiert und führt zu Ablenkung des Strahls
- Ablenkung kann gemessen und minimiert werden



# Strahlbasierte Ausrichtung

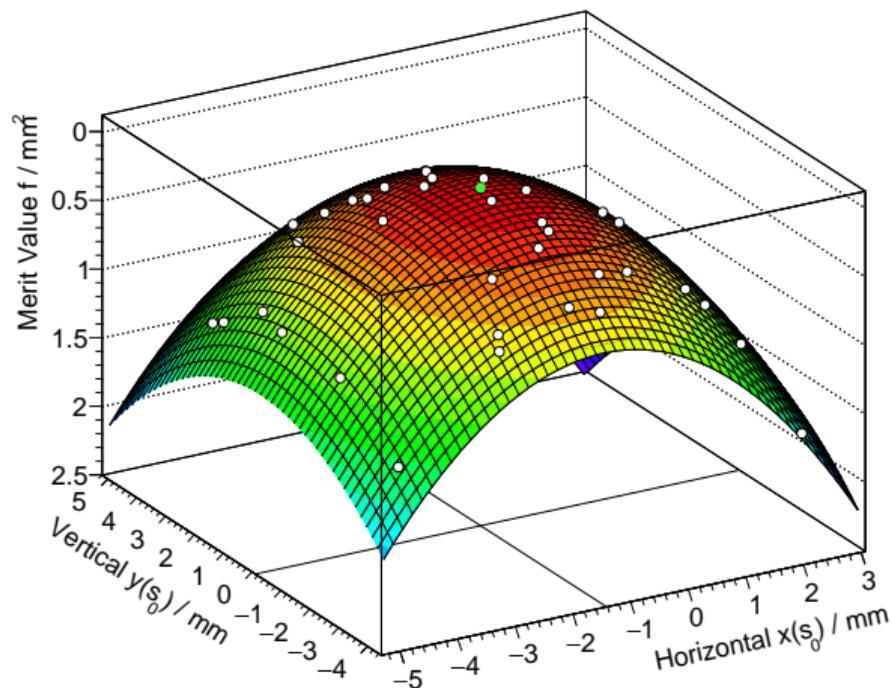
## Erklärung des Messprinzips

- Strahl geht nicht zentriert durch Quadrupol
- Strahlpositionsmonitor (BPM) nicht perfekt ausgerichtet
- Stärke des Quadrupols wird variiert und führt zu Ablenkung des Strahls
- Ablenkung kann gemessen und minimiert werden
- Optimale Position, wenn keine Ablenkung vorhanden
- Strahlpositionsmonitor kann entsprechend kalibriert werden



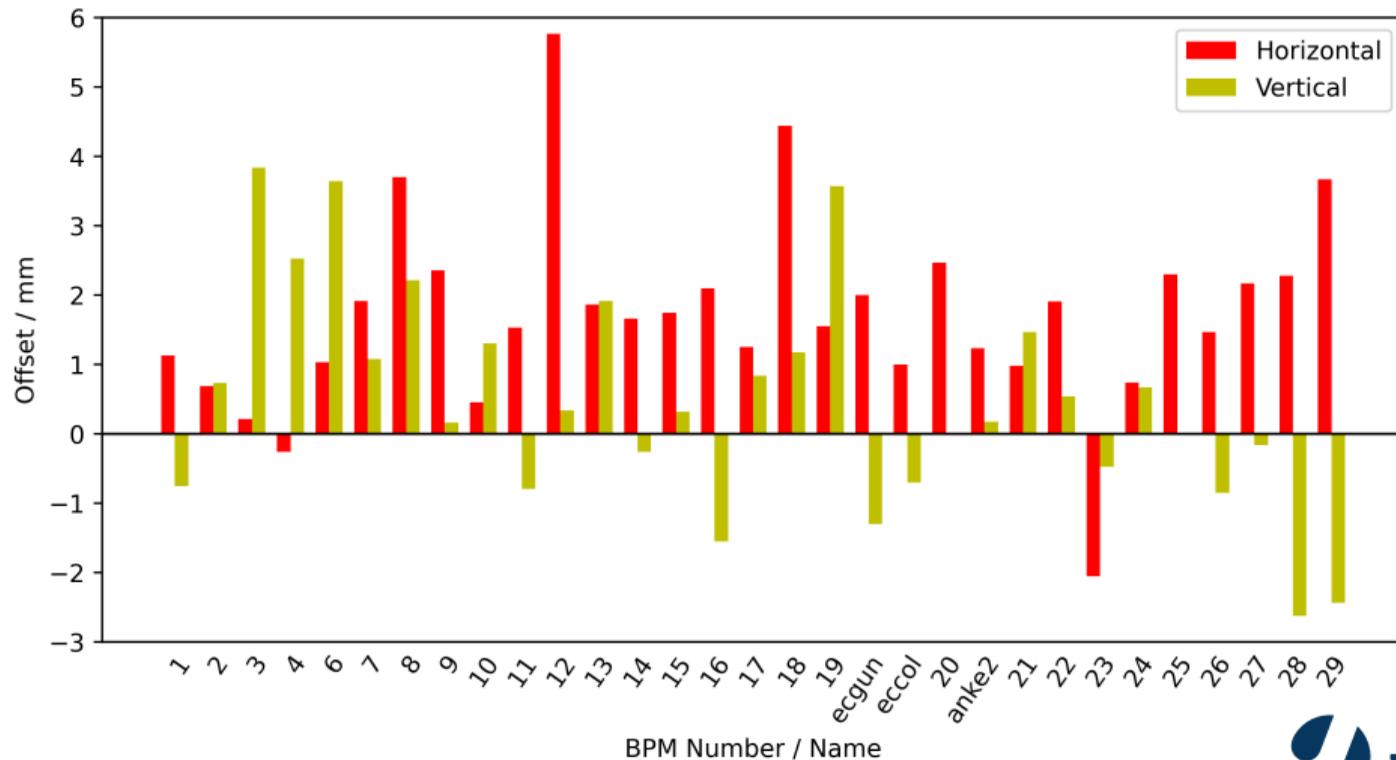
# Strahlbasierte Ausrichtung

## Ergebnisse und Verbesserungen



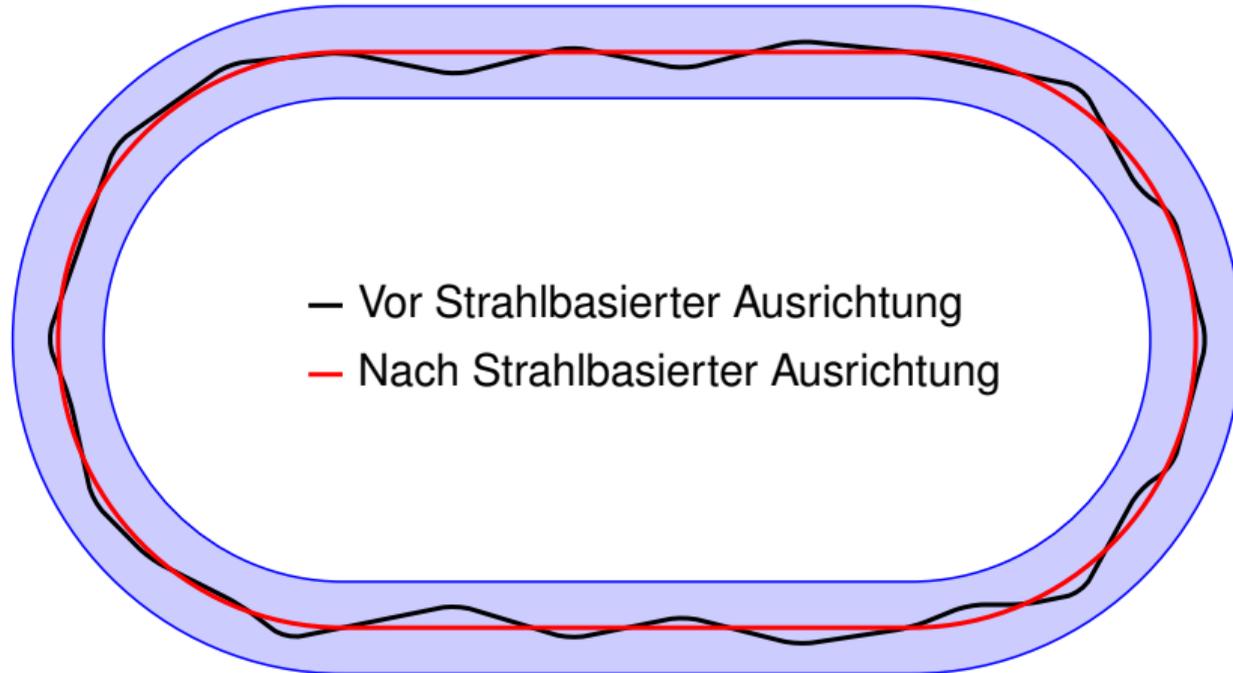
# Strahlbasierte Ausrichtung

## Ergebnisse und Verbesserungen



# Strahlbasierte Ausrichtung

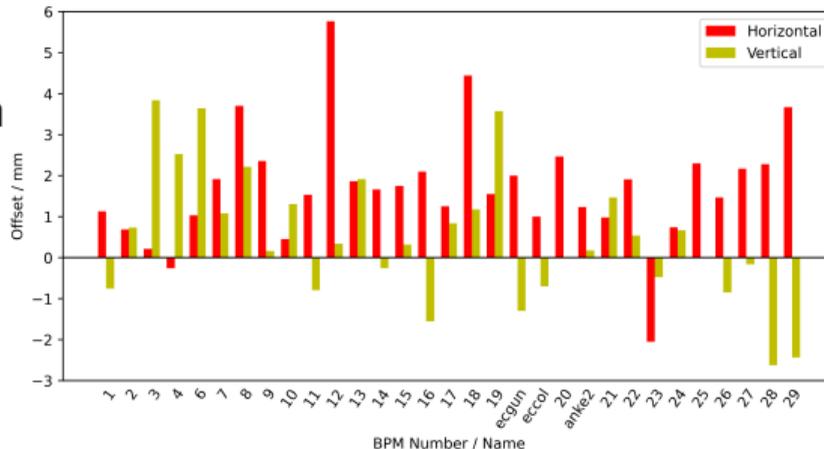
## Ergebnisse und Verbesserungen



# Strahlbasierte Ausrichtung

## Ergebnisse und Verbesserungen

- Verbesserung des korrigierten Orbits in COSY
- 80% weniger Korrekturen nötig um optimalen Orbit zu erhalten
- Kein gegensteuern gegen Quadrupole



# Zusammenfassung

- Erklärung: Was ist ein Teilchenbeschleuniger?
- Funktionsweise von COSY
- Wie funktionieren Messungen an COSY?
- Erklärung der Strahlbasierten Ausrichtung (beam-based alignment)

# Danke für die Aufmerksamkeit



Fragen?