

## Justierung von Beschleunigerkomponenten

### Allgemeines

Die Justierung von Beschleunigerkomponenten wie Magnete, Cavities etc. ist eine der Kernaufgaben der DESY Vermessungsgruppe.

Die räumliche Position der einzelnen Komponenten wird durch 6 Parameter (3 Translationen und 3 Rotationen) festgelegt. Sie müssen mit einer von der Maschinenphysik festgelegten Genauigkeit eingestellt werden. Dabei kommt es besonders auf die relative Aufstellgenauigkeit benachbarter Komponenten an.

Zum Beispiel sind die strahlführenden Magnete bei HERA innerhalb eines Bereichs von 100 m radial und in der Höhe auf 0,2mm zu justieren und der Rollwinkel auf wenige 0,1mm/m einzustellen. Außerdem ist der Sollumfang des Beschleunigers auf 3 mm/km einzuhalten.

### Erstjustierung

Die Grundjustierung der Komponenten erfolgt ausgehend von einem 3D-Referenzsystem mit Hilfe polarer Messverfahren. Dazu trägt jeder Magnet mindestens zwei ebenfalls räumliche Messmarken (Taylor-Hobson oder PLX).

Zusätzlich wird der Rollwinkel mit einem auf zwei Kugelschrauben aufgesetzten Neigungssensor eingestellt.



Messmarken für Taylor-Hobson Kugeln

Die Sollkoordinaten ergeben sich aus der von der Physik vorgegebenen Maschinengeometrie und der durch eine vorherige Transfermessung ermittelten Lage der Messmarken in Bezug zur Magnetachse.

Mit Hilfe geeigneter Justiervorrichtungen zur Einstellung von Neigung, Höhe und Lage werden die Komponenten in ihre Sollposition gebracht. Dies ist Voraussetzung für die weitere Montage des Teilchenbeschleunigers wie zum Beispiel Einbau des Strahlrohrs und der Versorgungsanschlüsse.

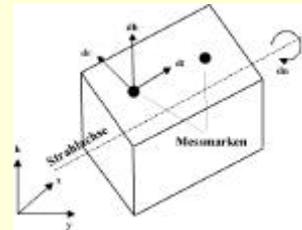


Typische Justiereinrichtungen eines Magneten

### Feinjustierung

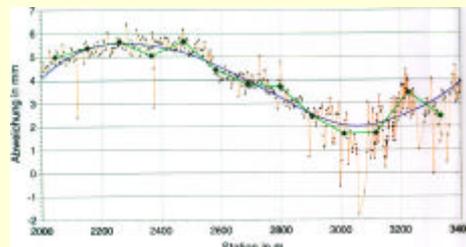
Nachdem sämtliche Komponenten installiert wurden, wird der gesamte Beschleuniger aufgemessen.

Hierdurch erhält man für jede Marke Abweichungen der Koordinaten im übergeordneten System, die für jede Komponente in ihre radialen, tangentialen und Höhenkomponenten aufgespalten werden.



Globales und lokales Koordinatensystem

Weil die Nachbargenauigkeit im Vergleich zur absoluten Geometrie ein größeres Gewicht hat, können langwellige Anteile der Ablagen mit Hilfe einer stetig differenzierbaren, bestanpassenden Kurve (z. B. Spline) abgespalten werden.



Teil eines Komplettaufmaßes der HERA Protonenmaschine mit Spline-Funktion

Die Residuen zu dieser Kurve werden dann relativ zur aktuellen Position justiert. Im Ergebnis erhält man einen glatten Verlauf des Beschleunigers.



Justierarbeiten im PETRA Tunnel

Durch eine Schlussvermessung wird das Ergebnis der Justierung für den Maschinenbetrieb dokumentiert.

