

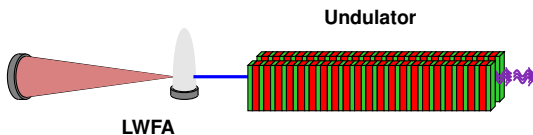
Design und Optimierung der Elektronenstrahlführung für den Laser-Wakefield-Beschleuniger in Jena

Bastian Härer | 5. März 2013

LABORATORIUM FÜR APPLIKATIONEN DER SYNCHROTRONSTRAHLUNG, KIT

Veronica Afonso Rodriguez, Tilo Baumbach, Axel Bernhard, Peter Peiffer,
Robert Rossmanith, Walter Werner, Christina Widmann
Laboratorium für Applikationen der Synchrotronstrahlung, KIT

- 1 Eine kompakte Strahlungsquelle
 - Idee des Projekts
 - Die Schikane
- 2 Chromatische Korrektur
- 3 Optimierungsverfahren
 - Magnetstärken gekoppelt
 - Magnetstärken separat
- 4 Zusammenfassung



- Kurze Bunche
- Kurze Beschleunigungsstrecke

- Große Energiebandbreite, Energievariationen von Bunch zu Bunch
- Undulatorgleichung:

$$\lambda = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} \right) \quad \text{mit} \quad K = \frac{e}{2\pi m_0 c} \lambda_u B_0$$

→ Keine schmalbandige Undulatorstrahlung!

Idee: Anpassung des Magnetfelds an Energie der Elektronen

$$B_0 \rightarrow B_0(x)$$

$$\gamma \rightarrow \gamma(x)$$

Undulatorgleichung:

$$\lambda = \frac{\lambda_u}{2\gamma(x)^2} \left(1 + \frac{K(x)^2}{2} \right)$$

mit $K = \frac{e}{2\pi m_0 c} \lambda_u B_0(x)$

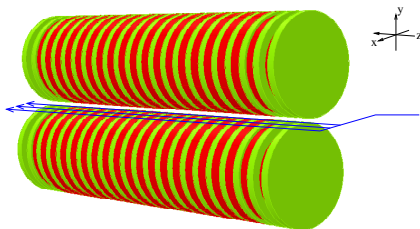
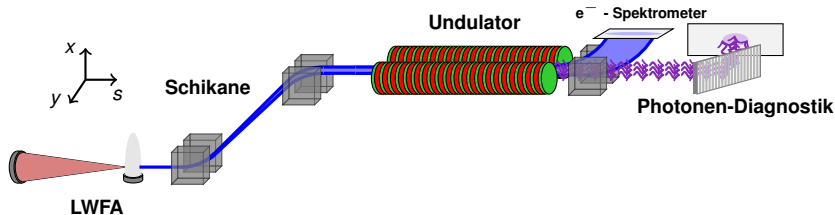
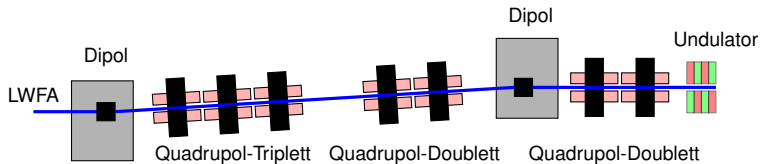


Abbildung von P. Peiffer



Parameter des Beschleunigers

Energie:	120 MeV
Energiebandbreite:	$\pm 10\%$
Quellgröße:	$10 \mu\text{m}$
Divergenz:	1 mrad

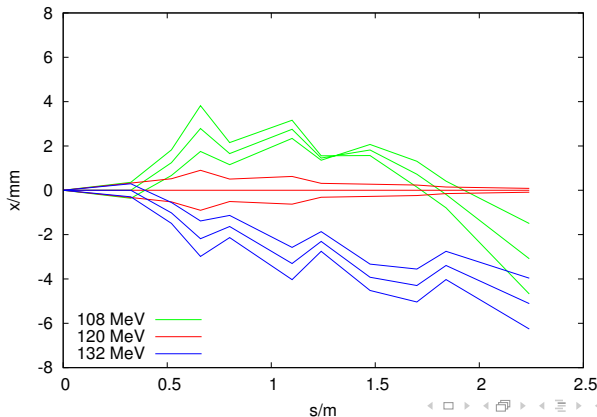


Was muss die Schikane leisten?

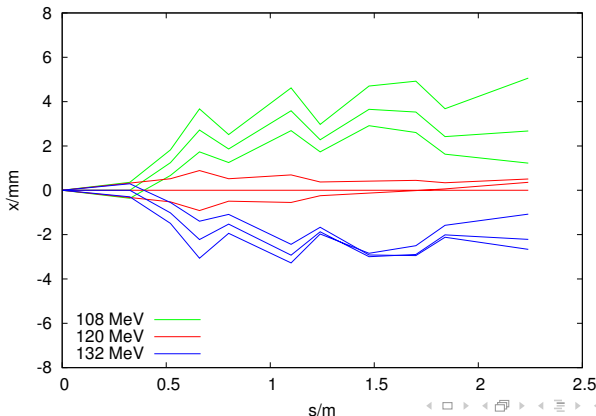
- Energieabhängige Aufspaltung
- Bereitstellung der Strahlparameter am Eingang des Undulators
- Korrektur der großen chromatischen Fehler

- Korrektur der Fehler am Ursprungsort
→ Nutzung von *Combined-Function*-Magneten
- Chromatische Korrektur in Näherung gegeben bei $s = \frac{2g}{D}$
$$\left(s = \frac{\partial^2 B_y}{\partial x^2}, \quad g = \frac{\partial B_y}{\partial x} \right)$$
- Implementierung der Strahlführung in MAD-X

- Korrektur der Fehler am Ursprungsort
→ Nutzung von *Combined-Function*-Magneten
- Chromatische Korrektur in Näherung gegeben bei $s = \frac{2g}{D}$



- Korrektur der Fehler am Ursprungsort
→ Nutzung von *Combined-Function-Magneten*
- Chromatische Korrektur in Näherung gegeben bei $s = \frac{2g}{D}$



- Charakterisierung der Lösungen durch eine Minimierungsfunktion:

$$\begin{aligned} \min = & (\beta_x - 1.05 \text{ m})^2 + (\alpha_x - 1.05)^2 \\ & + (\beta_y - 0.6 \text{ m})^2 + (\alpha_y)^2 \\ & + (d - 0.004 \text{ m})^2 + D'^2 \end{aligned}$$

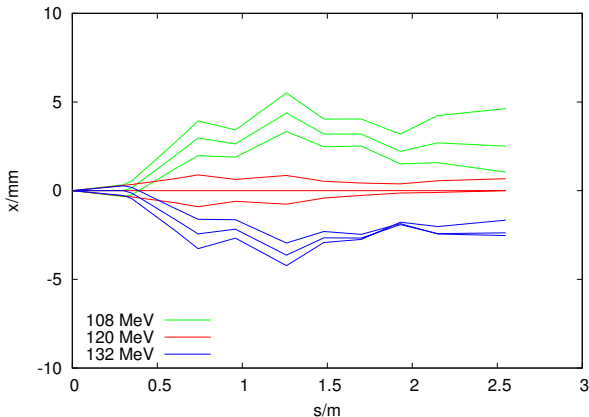
- Tracking einer Teilchenverteilung zur Berechnung der Strahlparameter

Magnetstärken gekoppelt

- Downhill-Simplex-Algorithmus
- Quadrupol- und Sextupolstärken gekoppelt über $s = \frac{2g}{D}$

Magnetstärken gekoppelt

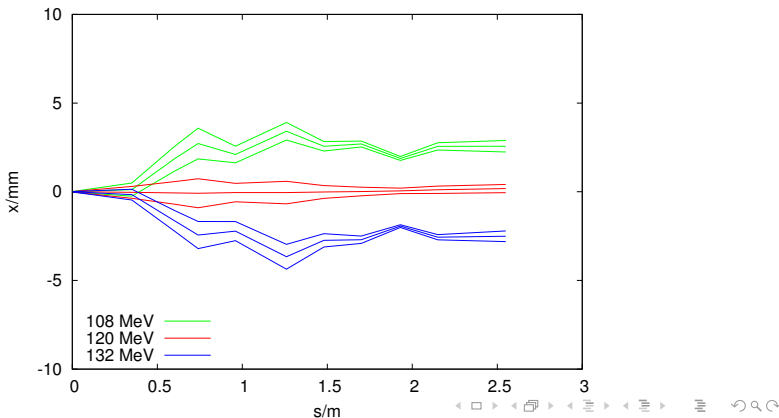
- Downhill-Simplex-Algorithmus
- Quadrupol- und Sextupolstärken gekoppelt über $s = \frac{2g}{D}$



- Suche nach Lösung in der Umgebung
- Abwechselnde separate Optimierung von Quadrupolen und Sextupolen ohne Kopplung nach Monte-Carlo-Methode

Magnetstärken separat

- Suche nach Lösung in der Umgebung
- Abwechselnde separate Optimierung von Quadrupolen und Sextupolen ohne Kopplung nach Monte-Carlo-Methode



- Implementierung der chromatischen Korrektur in MAD-X
 - Optimierung mit Simplex- und Monte-Carlo-Methode
- Deutliche Verbesserung der Strahlparameter der Randenergien am Undulator
- ⇒ Wie können die Magnete realisiert werden?

- Transversal verschobene Sextupolen
- Mit der Verschiebung des Sextupols um die Strecke x_v ergibt sich das Feld

$$\begin{aligned} B_y \rightarrow B_{yv} &= \frac{1}{2} s (x + x_v)^2 \\ &= \underbrace{\frac{1}{2} s x^2}_{\text{Sextupol}} + \underbrace{s x_v x}_{\text{Quadrupol}} + \underbrace{\frac{1}{2} s x_v^2}_{\text{Dipol}} \end{aligned}$$

→ Zusätzliche Dipolkomponente

→ Nächster Schritt: Optimierung mit verschobenen Sextupolen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

