

# Spektrale Messungen kohärenter Synchrotronstrahlung bei FLASH

**Christopher Behrens, Stephan Wesch und Bernhard Schmidt**

Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Uni Hamburg (UHH)

DPG Frühjahrstagung München, 2009



# Überblick

## 1 Motivation

- Kohärente Strahlung
- Strahlungsdiagnostik mit kohärenter Strahlung

## 2 Experimenteller Aufbau

- Aufbau am 2. Bunch-Kompressor (BC3)
- Spektrometer

## 3 Messungen

- Wellenlängenkalibration
- CSR-Spektren unterschiedlicher Maschinen-Konfigurationen
- Mögliche Anwendung

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

## Kohärente Abstrahlung vieler Teilchen

Der Effekt der kohärenten Abstrahlung elektromagnetischer Strahlung beruht auf eine gewisse räumliche Struktur innerhalb eines Ensembles von vielen Teilchen (Elektronenpaket, Bunch).

### Typische Konfigurationen für kohärente Abstrahlung

- Bunch-Länge ist kleiner als die Wellenlänge der emittierten Strahlung
- Bunch enthält longitudinale Dichtemodulationen in der Größenordnung der Wellenlänge (microbunching)

### Mathematische Beschreibung

$$\left(\frac{dU}{d\lambda}\right)_{ensemble} = \left(\frac{dU}{d\lambda}\right)_{single} \cdot \left(N + N(N-1) \cdot |F_{3D}(\vec{k})|^2\right) \quad (1)$$

$$F_{3D}(\vec{k}) = \int_{-\infty}^{\infty} d\vec{r} \cdot \rho_{3D}(\vec{r}) \cdot e^{-i\vec{k} \cdot \vec{r}} \quad (2)$$

# Strahlungsdiagnostik mit kohärenter Strahlung

Im Formfaktor steht die Ladungsverteilung

⇒ kohärente Strahlung enthält Informationen über die räumliche Struktur eines Elektronenpakets.

Longitudinaler Formfaktor

$$F(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} dz \cdot \rho(z) \cdot e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}z} \quad (3)$$

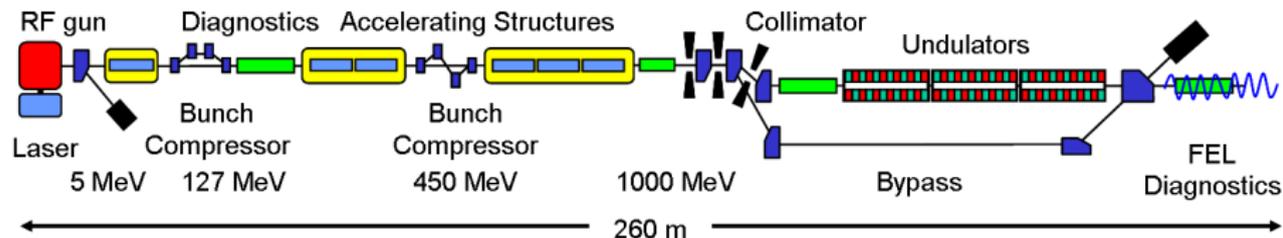
Kohärente Strahlungsquellen in Beschleunigeranlagen

- Diffraktionsstrahlung (CDR): Unterdrückung kurzer Wellenlängen
- Übergangsstrahlung (CTR): nicht parasitär nutzbar
- Synchrotronstrahlung (CSR): parasitär, voller Spektralbereich

# Strahlungsdiagnostik mit kohärenter Strahlung bei FLASH

## Free-Electron-Laser in Hamburg (FLASH)

Der FLASH Linac bei DESY in Hamburg

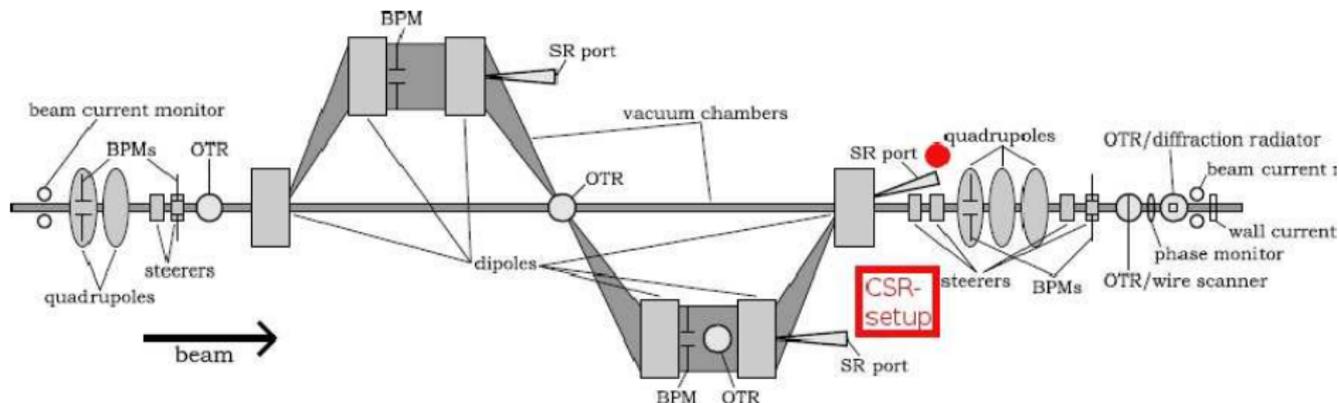


- BC2, BC3 und Kollimator: CSR
- Driftstrecke hinter den BC's: CDR
- Spezial-Port: CTR (Vortrag von Stephan Wesch)

## Kohärenter Strahlung am 2. Bunch-Kompressor (BC3)

Orte der Bunch-Kompression bieten sich für Diagnostik mit CSR an

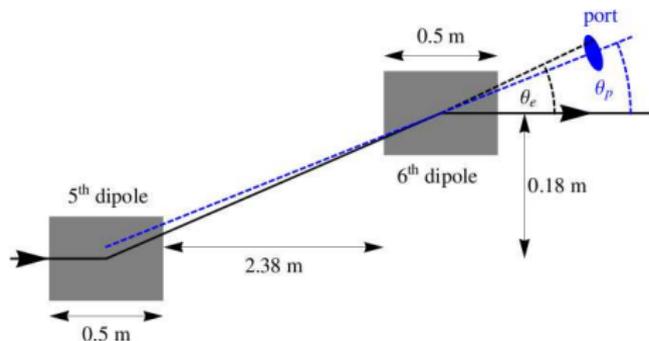
- die Dipole produzieren ohnehin Synchrotronstrahlung
- die Information ist direkt nach der Kompression zugänglich



# Strahlungsauskopplung

## Synchrotronstrahlungs-Port bei BC3

- befindet sich hinter dem letzten Dipol (Höhe: 8 mm, Breite: 26 mm)
- besitzt ein Diamantfenster (gute Transmission)
- besitzt zwei ferngesteuerte Fokussierspiegel (Parabolspiegel)

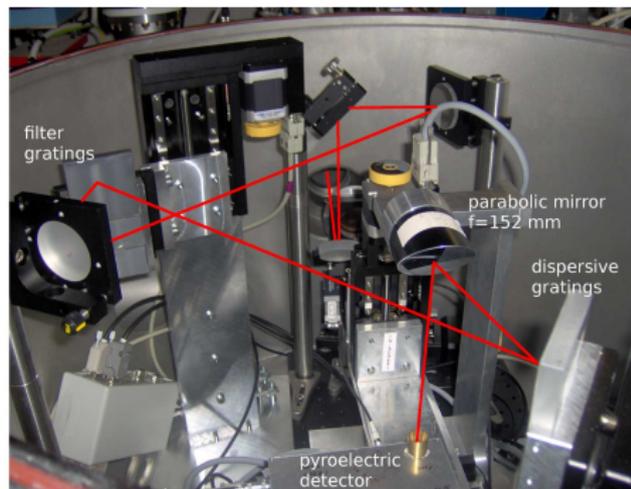
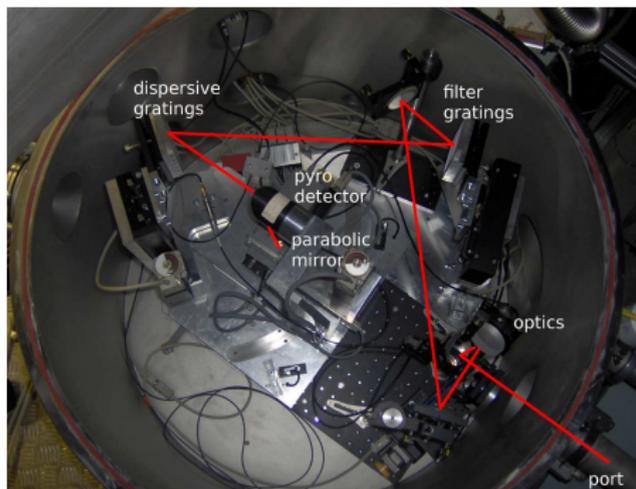


- Auskoppelwinkel:  $\Theta_p = 3.8^\circ$
- Ablenkwinkel:  $2.1^\circ < \Theta_e < 5.4^\circ$

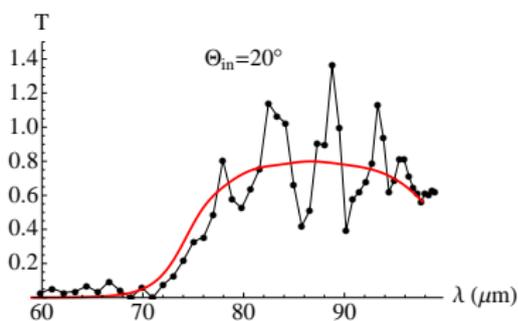
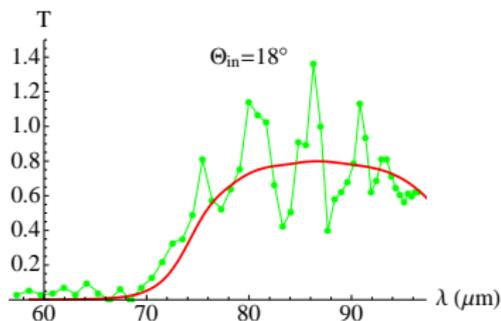
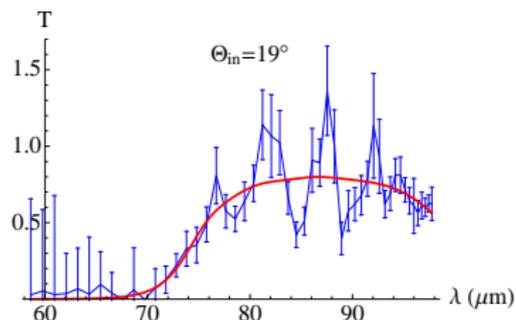
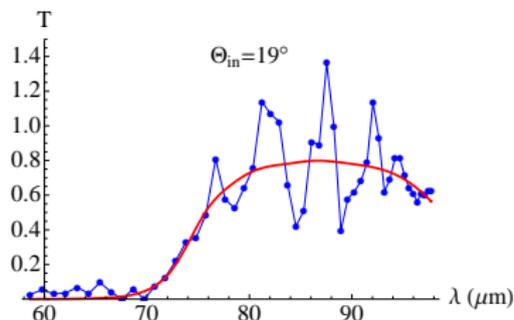
# Drehspiegel-Spektrometer

## Spektrometer

- Filtergitter und "Hauptgitter"
- Pyroelektrischer Detektor
- drehender Fokussierspiegel
- Optik



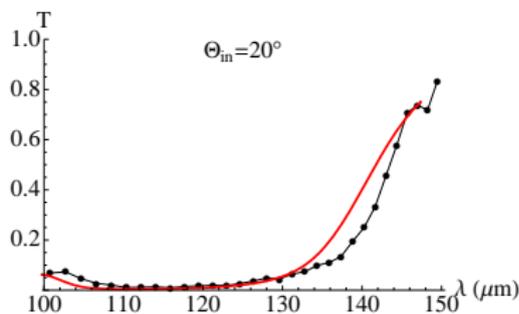
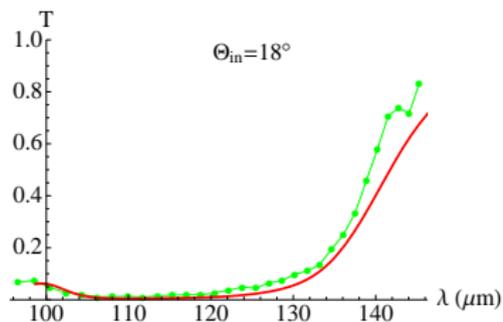
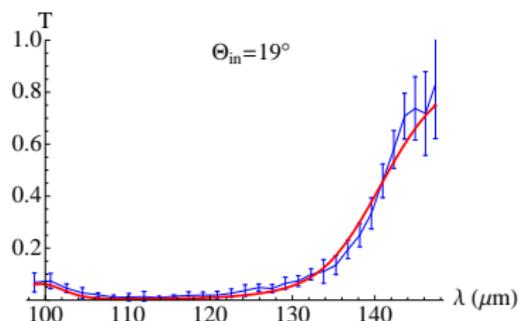
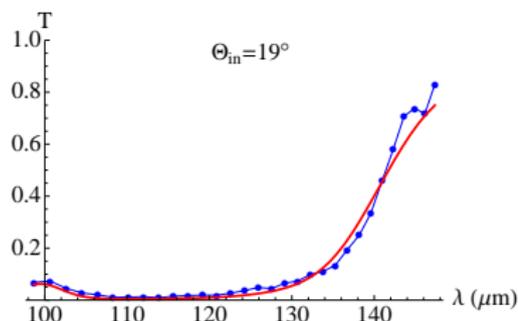
# 83 $\mu\text{m}$ Bandpass-Filter



## Wellenlängenkalibration

Gute Übereinstimmung für den "Design"-Einfallswinkel von  $\Theta_{in} = 19^\circ$

# 155 $\mu\text{m}$ Bandpass-Filter



## Wellenlängenkalibration

Gute Übereinstimmung für den "Design"-Einfallswinkel von  $\Theta_{in} = 19^\circ$

# Parameter der Messung

## Gittersätze und Wellenlängenbereich

- 6 Sätze (G90, G50, G30, G20, G13.3 und G7.9)
- Wellenlängenbereich von  $160\mu\text{m}$  bis hinunter zu  $10\mu\text{m}$

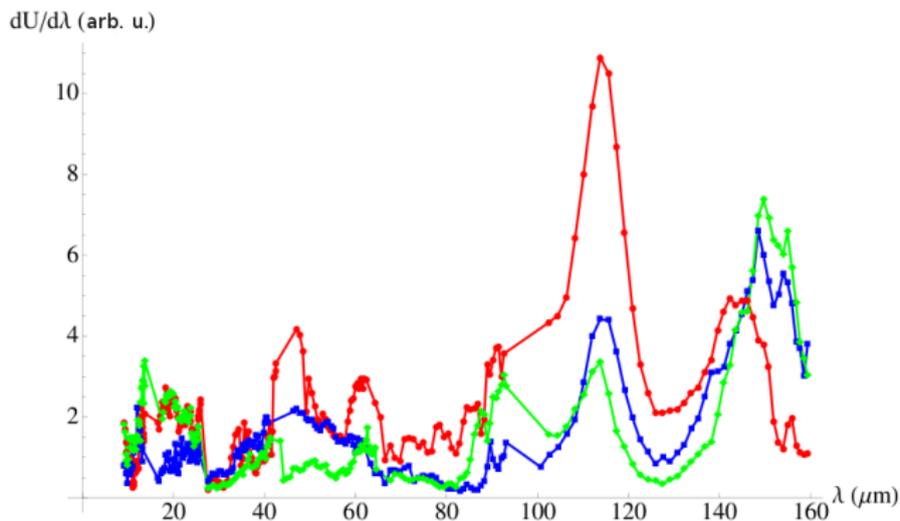
## Strahlparameter

- 20 Mikropulse (Bunches) pro Makropuls (Bunch-Train)
- Bunch-Repetitionsrate 1MHz
- möglichst alles stabil (Orbit, Kompression, Ladung, ...)

## Durchführung der Messung

- Summation über den gesamten Makropuls
- Mittelung über 50 Makropulse

# CSR Spektren (unterschiedliche Ladung und Kompression)

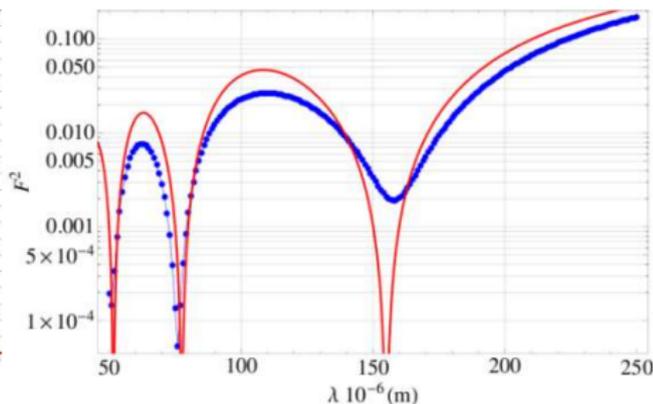
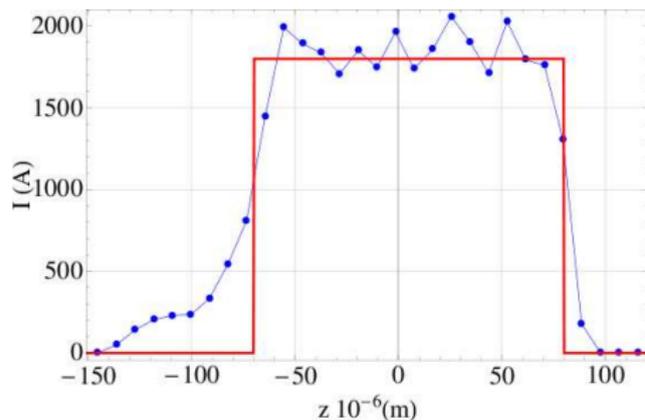


●  $\Phi_{ACC1} = -9^\circ$  und  $Q = 0.8\text{nC}$

●  $\Phi_{ACC1} = -9^\circ$  und  $Q = 0.5\text{nC}$

●  $\Phi_{ACC1} = -6^\circ$  und  $Q = 0.8\text{nC}$

# Bunch-Längen-Monitor



## Start-to-End Simulation (courtesy I. Zagorodnov)

- lineare Kompression (3<sup>rd</sup> harmonic cavity)
- lange Pulse ohne scharfen "spike"

Die Bunch-Länge lässt sich aus den Minima im Spektrum bestimmen.

# Zusammenfassung

## Strahldiagnostik mit kohärenter Strahlung

- intensive Quellen verschiedenster Art (CSR, CTR, CDR, ...)
- Spektrum enthält Information über die Form des Elektronenpakets (Formfaktor)

## Spektrale Messungen kohärenter Synchrotronstrahlung

- erste Messungen wurden durchgeführt (fast vollständige Kompression)
- großer Spektralbereich von  $160\mu\text{m}$  bis hinunter zu  $10\mu\text{m}$
- komplexe Struktur, erkennbar bis ins Kurzwellige

## Mögliche Anwendungen

- Feedback-Systeme (Kompression, RF-Phase)
- Bunch-Längen-Monitor
- Nachweis von interessanten Effekten (Vortrag von Stephan Wesch)

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

