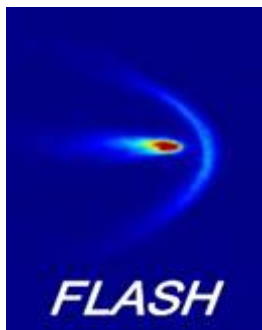




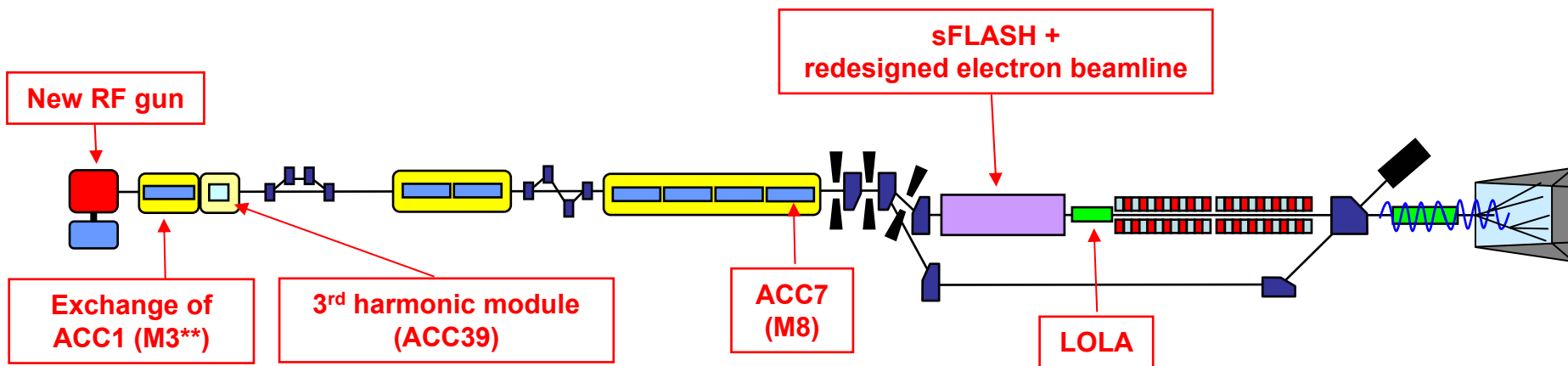
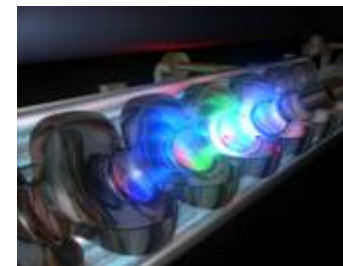
Beschleuniger-Betriebsseminar
Grömitz, November 17-20, 2008

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg



FLASH Upgrade 2009

Katja Honkavaara





Ausbau 2009

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Neu

- 3.9 GHz (dritte Harmonische) Beschleunigungsmodul (ACC39)
- Siebtes Beschleunigungsmodul (ACC7)
 - Umzug LOLA (transverse deflecting cavity)
- sFLASH (seeding Experiment)
 - Umbau der kompletten Strecke zwischen Kollimator und SASE-Undulatoren (~40 m)

- Umbau

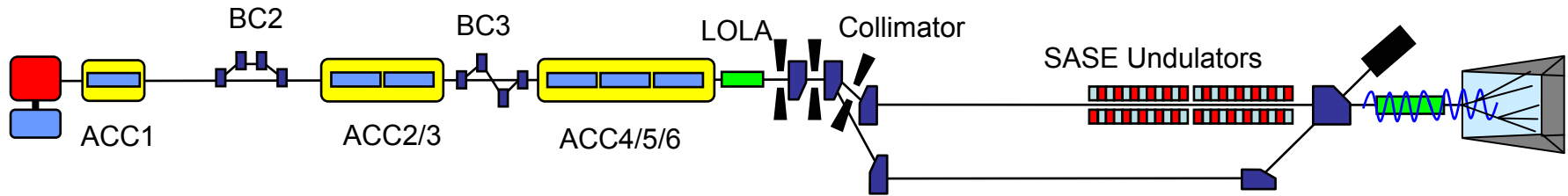
- Austausch erstes Beschleunigungsmodul (ACC1)
- Austausch RF-Gun
- RF-Stationen 2 und 3
 - neue Modulatoren
- RF-Wellenleiterverteilung



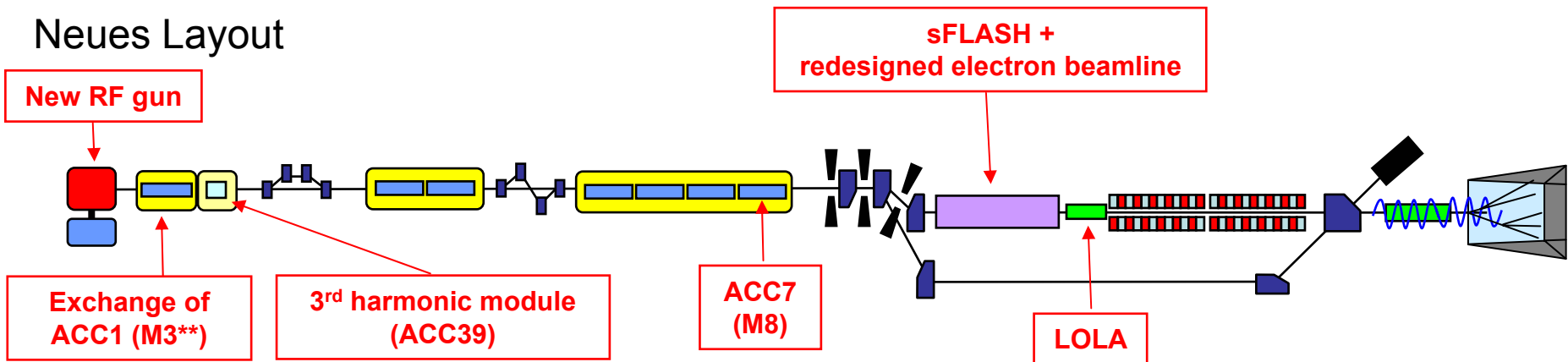
Linac Layout

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

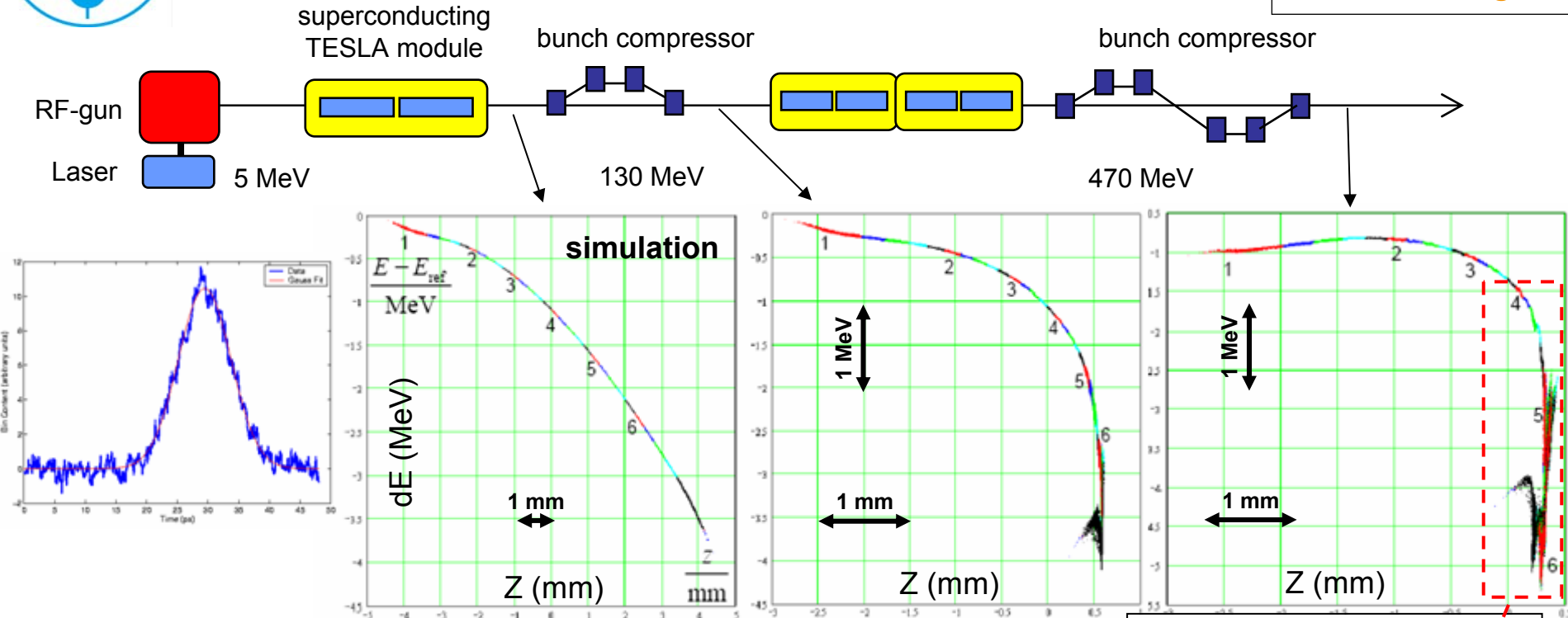
Aktuelles Layout



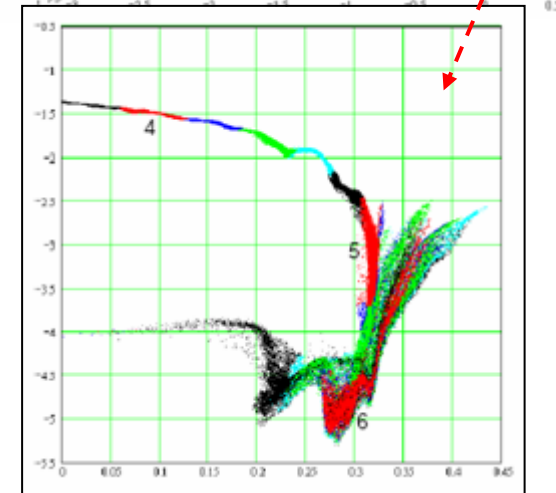
Neues Layout



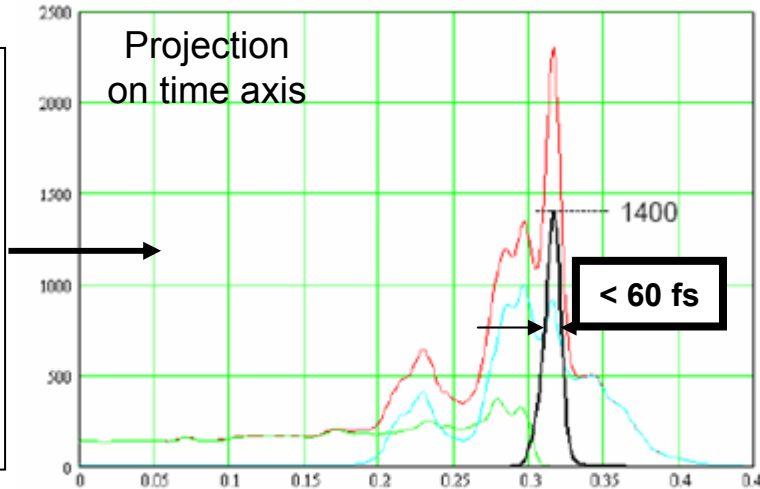
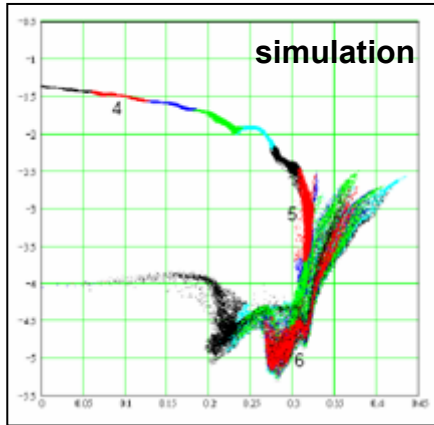
Longitudinaler Phasenraum



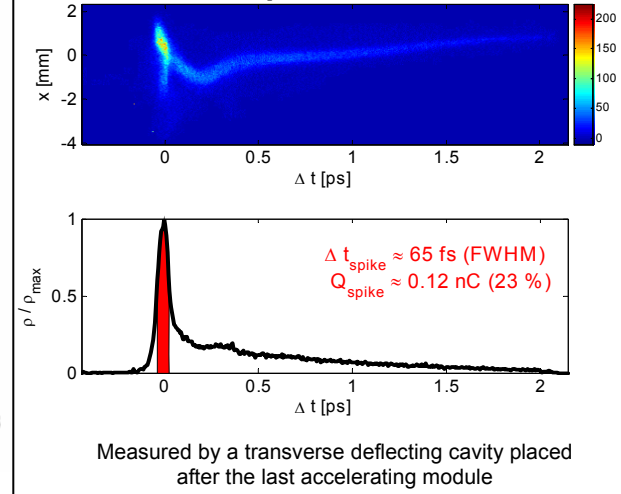
- durch den anfangs langen Elektronenbunch (~ 2 mm) und die zur Kompression nötige Off-crest-Beschleunigung im ersten Beschleunigungsmodul entsteht eine
- Krümmung des longitudinalen Phasenraums
- nichtlineare longitudinale Bunchkompression



Longitudinal phase space



Measured longitudinal shape of a compressed bunch



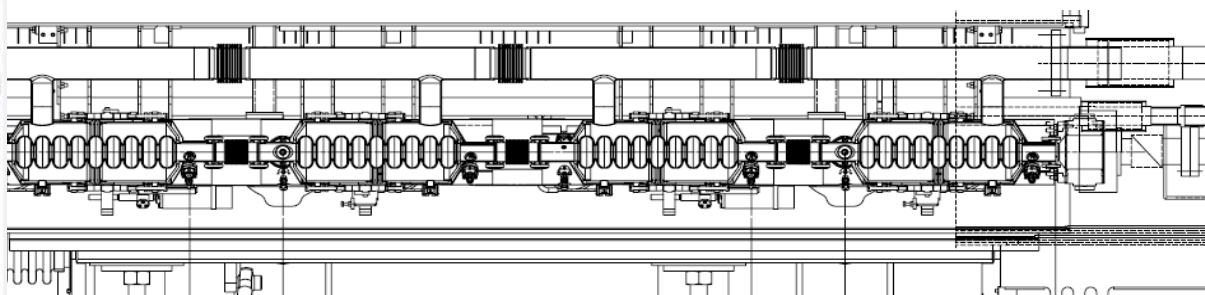
- erzeugt werden ultra-kurze Spitzen mit hoher Ladungsdichte ($< 60 \text{ fs fwhm}$ bzw. etwa 2 kA Spitzenstrom)
→ Femtosekunden-Modus
- es ist schwierig die relevanten Strahlparametern zu messen
→ die Standard-Strahldiagnose misst die projizierten Parameter
→ empirisches Tuning ist erforderlich um eine gute SASE Qualität zu erreichen



3.9 GHz Modul – ACC39

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Vier supraleitende Resonatoren mit je neun Zellen
- Dritte Harmonische: 3.9 GHz
- wird nach dem ersten Beschleunigungsmodul eingebaut
- beinhaltet: RF-Systeme (Klystron, Modulator), Wellenleiter und LLRF-Steuerung
- Kollaboration FNAL / DESY
- → Vortrag von Elmar Vogel



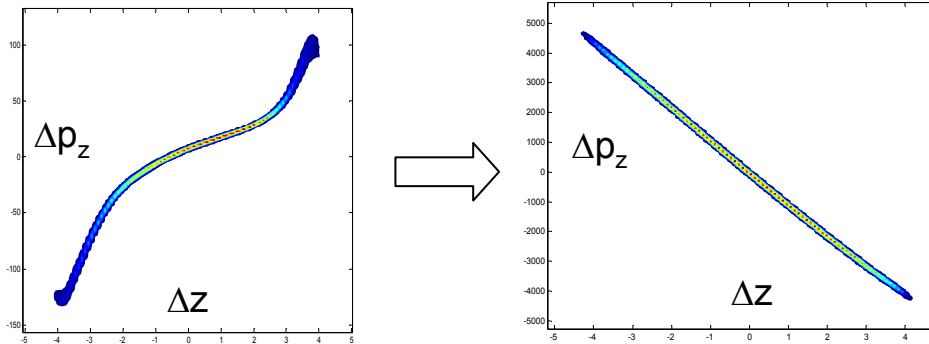
Katja Honkavaara, Grömitz, Nov-2008



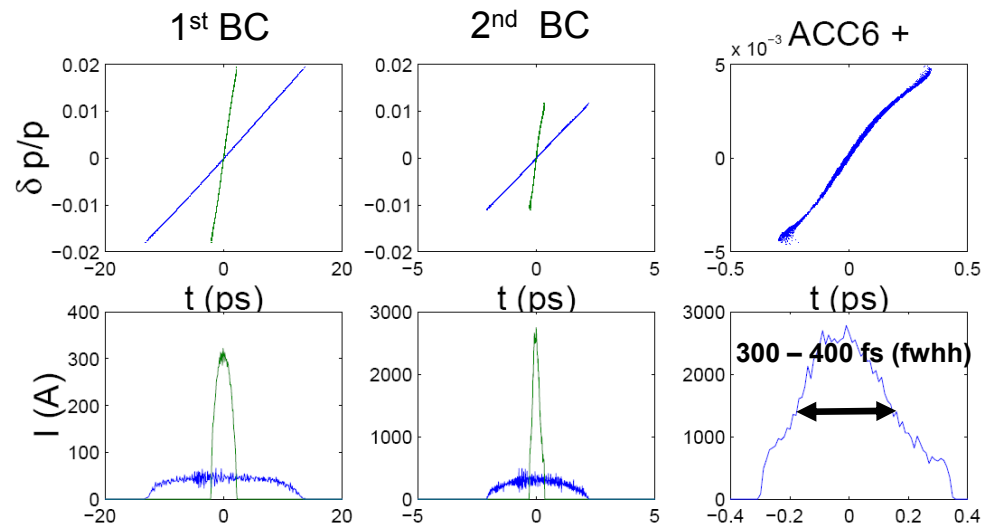
Erwartete Bunchform

- Linearisierung des longitudinalen Phasenraums
→ mehr regelmäßig Form des komprimierten Bunches

Longitudinal phase space without and with 3.9 GHz Module



- Elektronenbunchlänge:
50 μm (170 fs) sigma



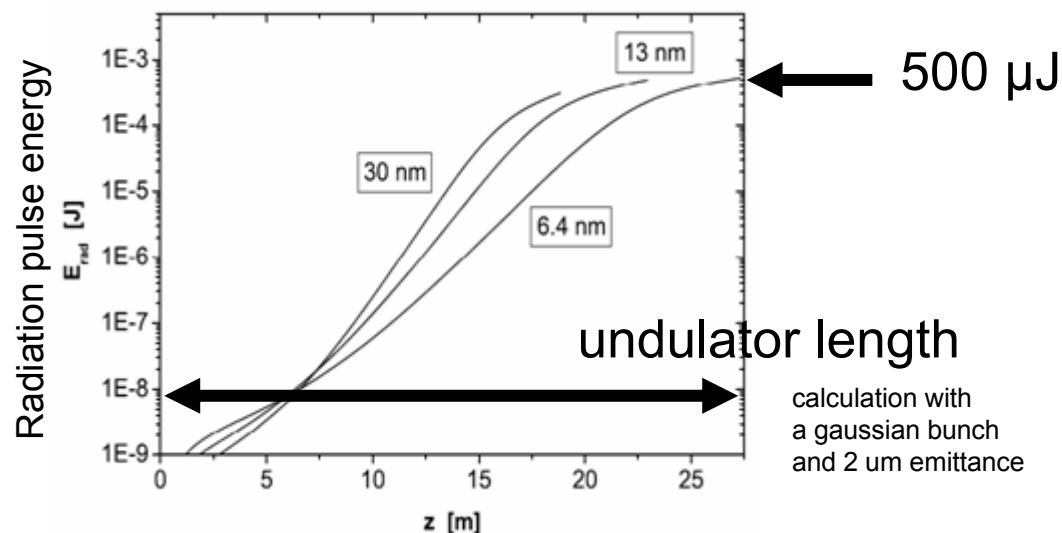
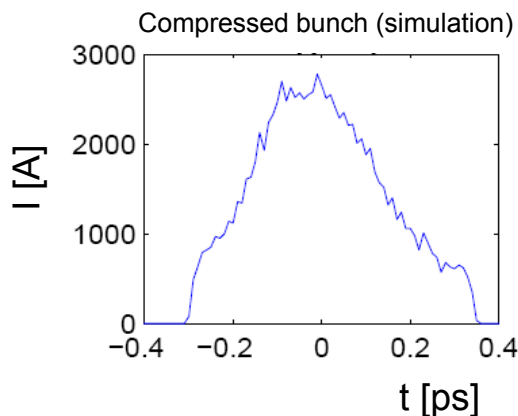
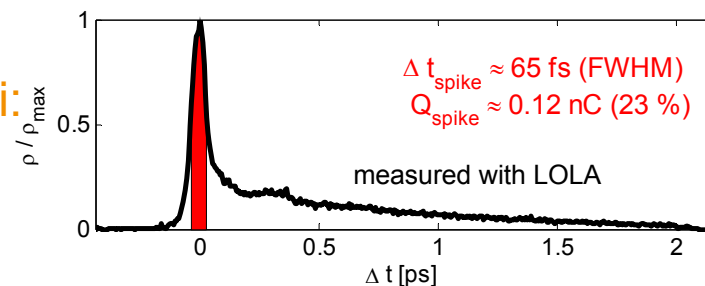
simulation from "SASE FEL at the TESLA Facility,
Phase 2, June 2002, TESLA FEL 2002-01"



Erwartete SASE Pulsenergie

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- derzeit: Femtosekunden-Modus
 - nur ein Teil des Bunches trägt zum Lasen bei:
der Anteil mit hohem Spitzenstrom und kleiner Emittanz
- mit ACC39: regelmäßige Bunchform
 - der gesamte Bunch (1 nC)
trägt zum Lasen bei



from "SASE FEL at the TESLA Facility, Phase 2,
June 2002, TESLA FEL 2002-01"



Laufende Studien

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Phasenstabilität
- Koppler-Kicks und die Auswirkung auf die Emittanz
- Betriebsmoden:
 - Lang-Puls-Modus (~ 200 fs) mit ACC39
 - Lasen des gesamten Bunches (~ 1 nC)
 - Femtosekunden-Modus
 - ACC39 aus: wie bisher
 - mit ACC39: Erzeugung des hohen Spitzenstroms mit niedriger Ladung
 - denkbar sind auch Moden zwischen den beiden Extremen
- muss experimentell untersucht werden
 - wir erwarten eine lange Inbetriebnahmezeit

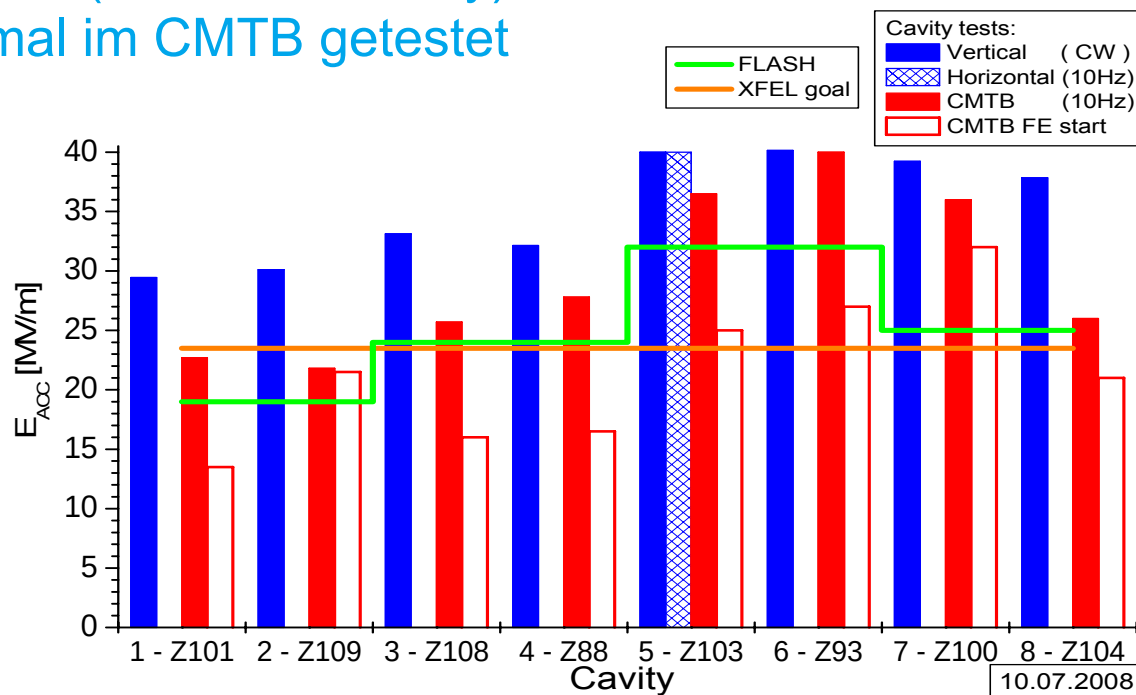


Strahlenergie-Erhöhung

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Einbau siebtes Beschleunigungsmodul (ACC7): Modul 8
 - Ziel: Erhöhung der Energie des Elektronenstrahls bis zu ~ 1.2 GeV
- Modul 8 ist im CMTB (Cryo-Module Test Bench) getestet worden
- durchschnittlicher Betriebs-Gradient ~ 25 MV/m
 - mit optimierter Wellenleiterverteilung
- Nach dem Transport-Test (DESY $\leftrightarrow$ Saclay) wird Modul 8 noch einmal im CMTB getestet

→ Vortrag von Denis Kostin

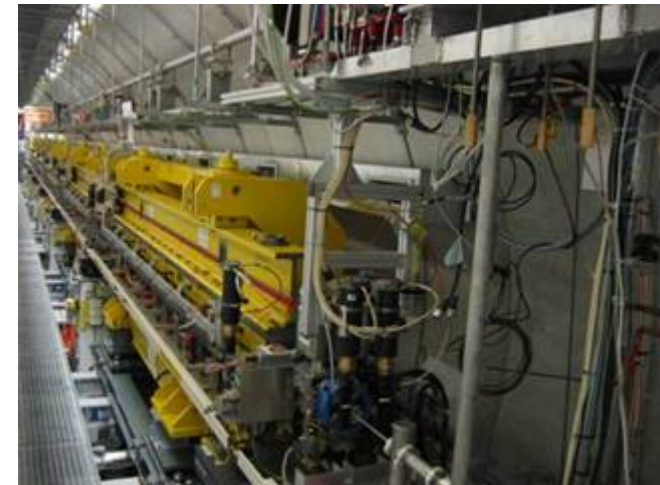
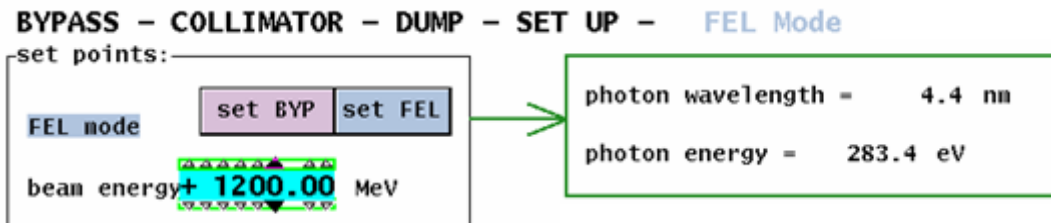




Erwartete SASE Parameter

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Erwartete Wellenlänge für die Energie von 1.2 GeV: 4.4 nm
- SASE-Pulsenergie hängt von den erreichten Elektronstrahl-Parametern ab
 - Sättigung mit Wellenlängen unter 6 nm ist mit der jetzigen Undulatorlänge nicht garantiert
 - Wenn nötig, kann später ein siebtes Undulatormodul installiert werden

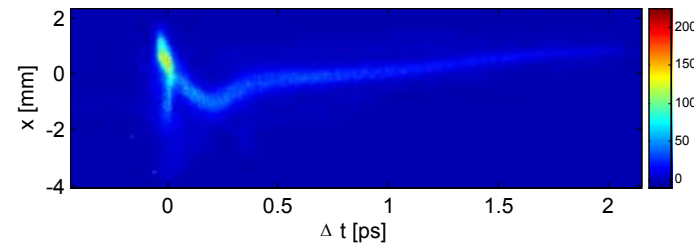




LOLA

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- LOLA (transverse deflecting cavity = transversal ablenkender Resonator) ist ein wichtiges Instrument um die longitudinale Bunchstruktur zu vermessen
→ insbesondere wichtig für die Inbetriebnahme des 3.9 GHz Moduls (ACC39)
- Zurzeit an der Stelle von Modul ACC7
→ Umzug nötig
→ neuer Ort: vor den SASE-Undulatoren
- mit LOLA zieht um:
Wellenleiter (Verlängerung), Verkabelung, Diagnose (Schirm + Kamera), Kicker
- Ein kleiner Dump ist nötig um die SASE-Undulatoren zu schützen





Austausch ACC1

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Erstes Beschleunigungsmodul (ACC1) wird mit Modul 3** (Kryo-Modul 3* mit neue Resonatoren) ausgetauscht
- Motivation:
 - erhöhter Gradient der vier letzten Resonatoren (~ 25 MV/m)
 - um den Energieverlust durch ACC39 zu kompensieren
 - reduzierter Dunkelstrom
 - zurzeit hat Resonator 7 eine hohe Feldemission und ist deswegen abgeschwächt
 - Piezo-Tuner für jeden Resonator
 - besser Qualität langer Bunchzüge

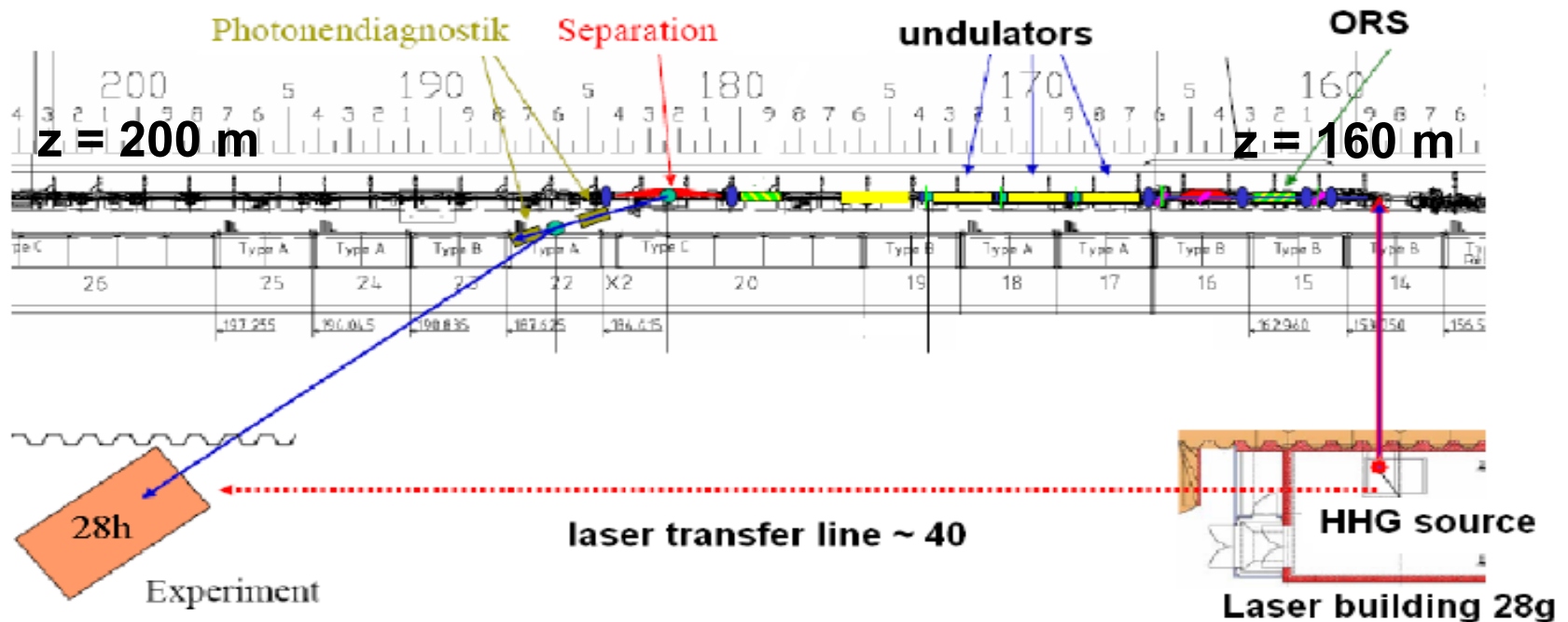




sFLASH

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- Experiment für induzierte SASE-FEL Strahlung („seeding“)
→ Vortrag von Velizar Miltchev
- sFLASH-Undulatoren und andere Komponenten werden zwischen dem Kollimator und den SASE-Undulatoren installiert → völlig neue Elektronenstrahlstrecke ~ 40 m

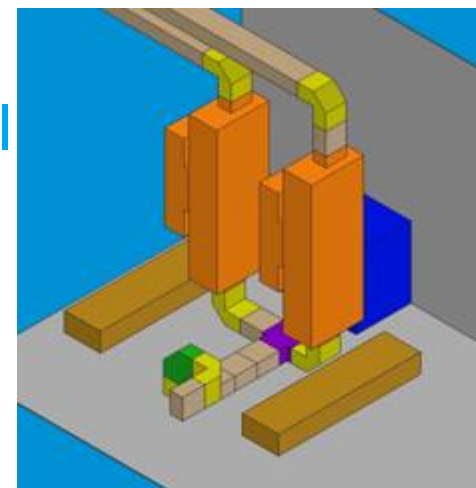




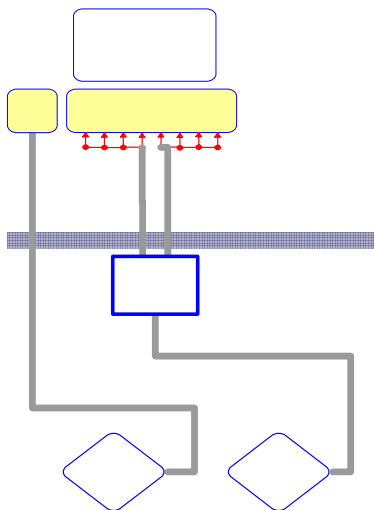
Austausch RF-Gun

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

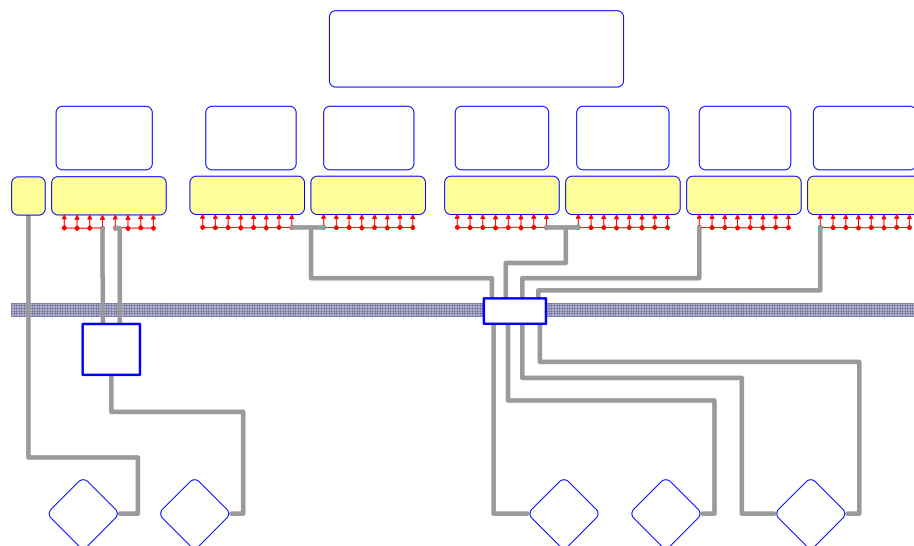
- Motivation:
 - RF-Gun im Dauerbetrieb die letzten 5 Jahre
→ Alterungseffekte, hoher Dunkelstrom
 - 10 MW Betrieb
- neue CO₂-gereinigte RF-Gun
 - getestet bei PITZ
- zwei Wellenleiterarme und zwei Zirkulatoren sowie direktionale Koppler werden im Tunnel installiert
 - Voraussetzung für einen 10 MW Betrieb
- Feedback mit zwei Wellenleiterarmen wird bei PITZ entwickelt



- RF-Stationen 2 and 3 (ACC1 and RF-Gun)
 - alte Fermilab-Modulatoren (in Betrieb seit 10 Jahren) werden durch neue Modulatoren ersetzt
 - bessere Zuverlässigkeit, einfacherer Betrieb und Wartung
 - Vorbereitung des Betriebs mit einem 10 MW Klystron für die RF-Gun



- eine zusätzliche RF-Station ist für den Betrieb mit ACC7 nötig
 - Modulator 6 wird zurzeit für Wellenleitertests benutzt
- optimierte Wellenleiterverteilung für ACC7 um die höchst mögliche Strahlenergie zu erreichen
 - RF-Leistung für jeden Resonator individuell angepasst
 - XFEL-Typ wie ACC6





Weitere Umbauten

FLASH
Free-Electron Laser
in Hamburg

- XFEL BPM Teststand
 - wird zwischen SASE-Undulatoren und Infrarot-Undulator installiert
- THz- Experimente
 - Mögliches Upgrade des BC3 Experiments
 - Umbau des Experiment um $z=140$ m wegen des Einbaus von ACC7
 - Möglicherweise ein neues Interferometer an der neuen LOLA Position
- Modifikationen der IR- und der FEL-Photon-Strahlführung sowie der Photonendiagnose
 - noch nicht bestätigt



Zeitplan und Organisation

- Umbau beginnt am 7. September 2009
- Länge: etwa 5 Monate
 - detaillierte Planung in Arbeit
- Inbetriebnahme: etwa 2 – 3 Monate
- Beginn der 3. FEL-Nutzerperiode: Frühsommer 2010
- Koordination:
 - Gesamtleitung: Katja Honkavaara
 - technische Koordination: Karsten Klose, Ben Polzin, Peter Hopf
 - Zeitpläne: Armin Brand
- Besprechung: montags 10:30 h, 24/200
- Webpage: flash.desy.de/upgrade_2009
- Mailing-list: flash-upgrade09@desy.de