

Laser-basierte Synchronisation mit Femtosekundenpräzision auf den Master-Laser-Oszillator von FLASH mittels balancierter optischer Kreuzkorrelation.

Sven Schefer^{1,2}, Sebastian Schulz²

¹Universität Hamburg
Institut für Experimentalphysik

²DESY - Hamburg
Deutsches Elektronen-Synchrotron

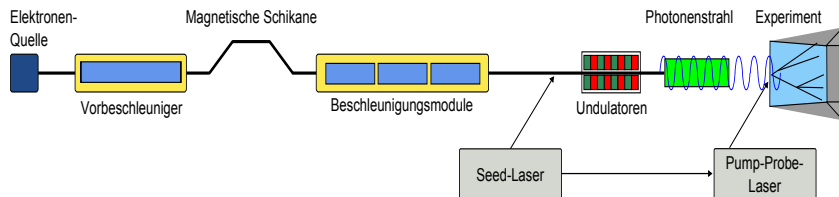
DPG - Frühjahrstagung Göttingen 2012
T85.3



Inhaltsverzeichnis

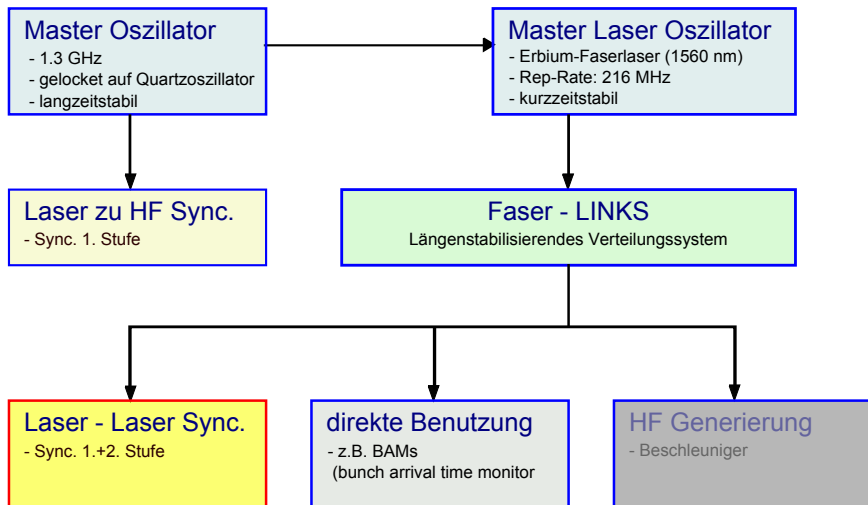
- 1 Motivation
- 2 Synchronisationssystem bei FLASH
- 3 Nichtlineare Optik
- 4 Optischer Kreuzkorrelator
- 5 Fazit

Motivation

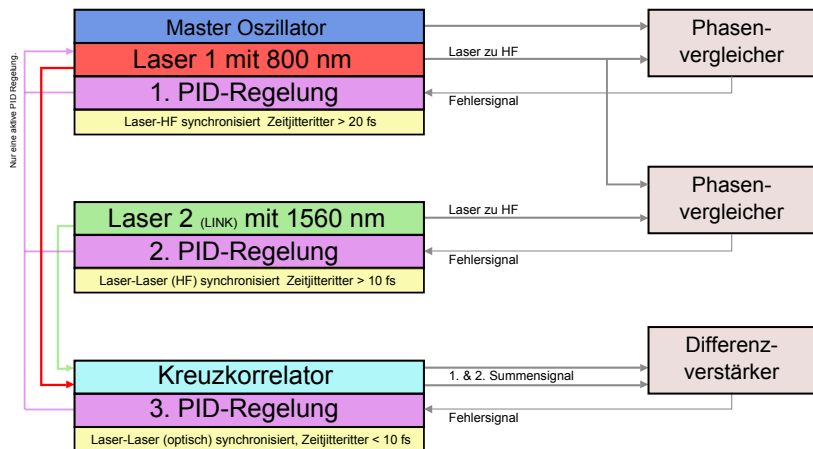


- Hohe Synchronisationsanforderungen bei FLASH
 - ▶ Pump-Probe-Experimente
 - ▶ FEL-Pulse (seeding)
 - ▶ Experimente (z.B. THz-Pulse)
- Hardwaregrenzen der HF-Technik
- Erfahrungswerte und Prototypentwicklung für den europäischen XFEL

FLASH - Synchronisationssystem

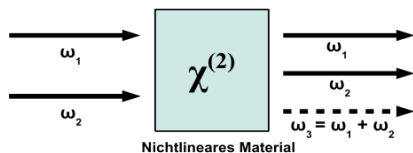


Laser - Synchronisationsstufen

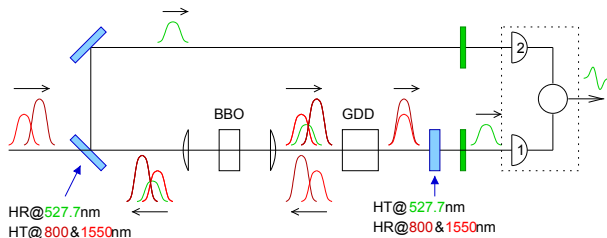


Nichtlineare Optik

- Zusammenhang zwischen Feld und Polarisation ist nicht linear
- $\mathbf{P} = \epsilon_0\chi^{(1)}\mathbf{E} + \epsilon_0\chi^{(2)}\mathbf{E}^2 + \epsilon_0\chi^{(3)}\mathbf{E}^3 + \dots$
- NLO nur in Medien mit höherer Ordnung der Suszeptibilität
- NLO-Effekte:
 - Frequenzverdopplung (SHG): $\omega \rightarrow \omega + 2\omega$
 - Summenfrequenz (SFG): $\omega_1 + \omega_2 \rightarrow \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$
- NLO-Medium zweiter Ordnung:
 - Kristalle: z.B. BBO - Beta-Bariumborat
 - BBO: $800 \text{ nm} + 1560 \text{ nm} = 528 \text{ nm}$

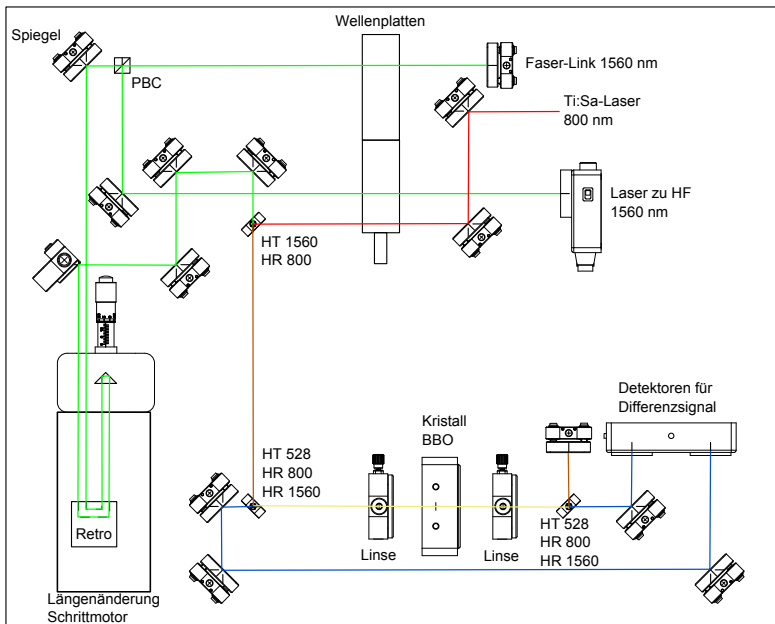


OXC - Funktionsprinzip

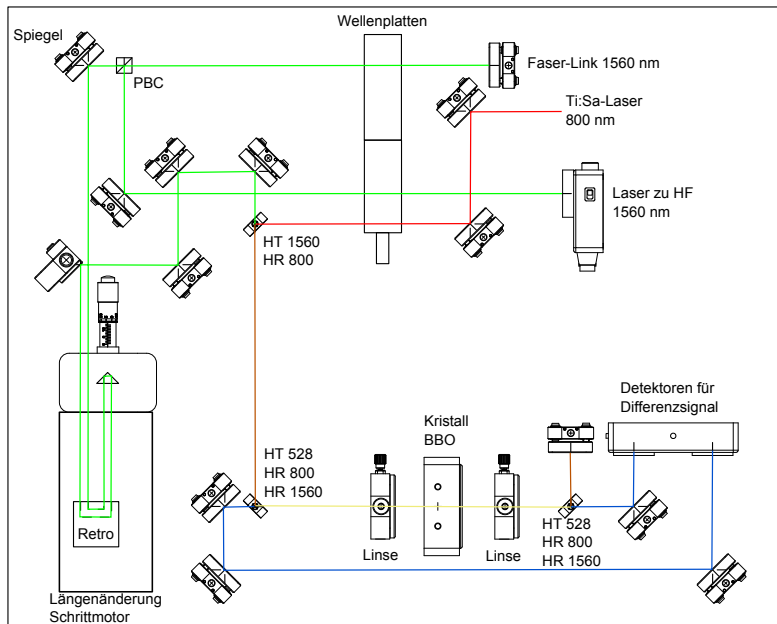


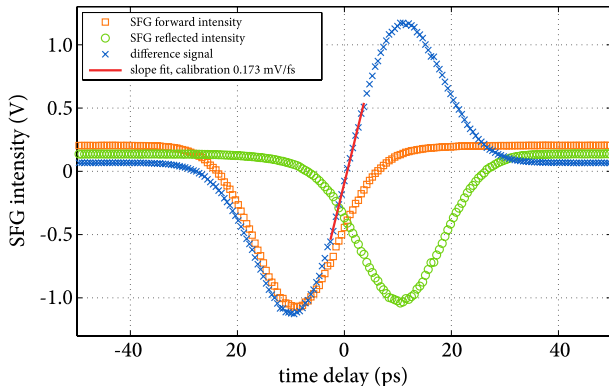
- Ti:Sa und LINK auf gleicher optischer Ebene
- SFG-Erzeugung im BBO-Kristall
- Rückreflektion ist verzögert
- Differenzbildung: $SFG1 - SFG2 = \text{Fehlersignal}$
- Sehr empfindlich auf Zeitänderungen
- Amplitudenschwankungen tragen nicht bei, da Laser balanciert
- Differenzsignal \rightarrow Eingang Regelung

OXC - Aufbau (aktuell)



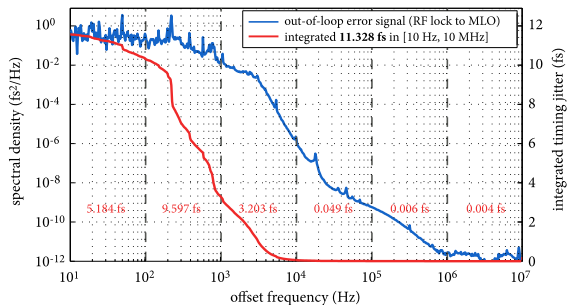
OXC - Aufbau (geplant)



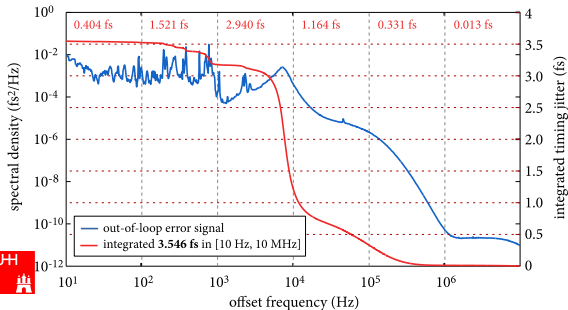


- Zeitliche Änderung vom Laser → Phasenunterschied
- Phasenunterschied erzeugt eine Änderung des Differenzsignals
- Kalibrationskonstante aus dem Anstieg des Differenzsignals

OXC - Ergebnisse

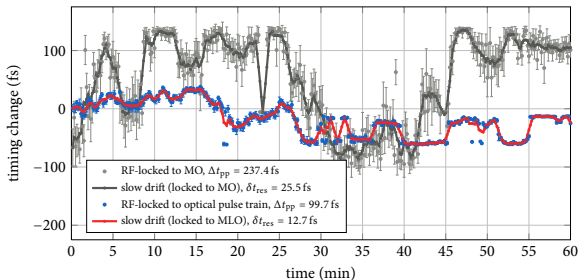


- Ti:Sa-Laser gelockt auf LINK
- Jitter vom Fehlersignal: 11.3 fs

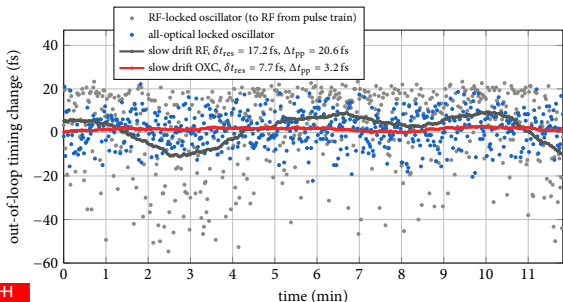


- Ti:Sa-Laser gelockt auf OXC
- Jitter vom Fehlersignal: 3.5 fs

OXC - Ergebnisse



- Ti:Sa-Laser gelockt auf HF bzw. LINK
- Drift über 60 Minuten:
HF: 237.4 fs
LINK: 99.7 fs



- Ti:Sa-Laser gelockt auf LINK bzw. OXC
- Drift über 12 Minuten:
LINK: 20.6 fs
OXC: 3.2 fs

Fazit

- optische Synchronisation muss stabil sein
- OXC muss sich weiter in Langzeittest beweisen
- Untersuchungen mit anderen Kristallen (PPLN)
- Baukastenprinzip
- Automatisierung

Vielen Dank!

Literatur

- Sebastian Schulz, Disputation: „Implementation of the Femtosecond Precision Laser-Based Synchronisation System at FLASH“
- Vladimir Arsov, Handout: „A balanced optical cross-correlator for a laser-laser synchronization with a BOO crystal“
- V.G.Dimitriev, „Handbook of Nonlinear Optical Crystals“, Third Revised Edition

Abbildungen

Seite 3,8 und 9: Sven Schefer

Seite 7,10,11 und 12: Sebastian Schulz

Seite 6: Wikipedia.org/Nichtlineare-Optik