

# Stabilisierung einer Delayline für Femtosekunden-Laserpulse

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik | Vertiefung: Optik - Photonik  
Betreuer: Prof. Christoph Meier  
Experte: Vladimir Arsov (Paul Scherrer Institut)  
Industriepartner: Paul Scherrer Institut, Villigen

Um mit dem SwissFEL, der neusten Grossforschungsanlage des Paul Scherrer Instituts, Experimente machen zu können, braucht es ein stabiles zeitliches Referenzsignal. Das mit einem Femtosekunden-Laser erzeugte Signal, wird an die Klienten entlang der 740 Meter langen Maschine verteilt. Dabei müssen die kurzen Laserpulse zeitlich stabil gehalten werden. Diese Arbeit zeigt, wie es möglich ist, eine zeitliche Verschiebung von Femtosekunden-Laserpulsen zu messen und zu regeln.

## Was ist SwissFEL?

SwissFEL (das FEL im Namen steht für Free Electron Laser) ist ein linearer Elektronen-Beschleuniger. Er erzeugt extrem kurze und intensive Blitze aus Röntgenlicht in Laserqualität. Die Röntgenstrahlen mit Pulslängen von nur 10 Femtosekunden (1 Femtosekunde = 1 Billionstel Sekunde) erlauben neuartige Einblicke in Strukturen, die so klein wie ein Atom sind, und in Phänomene, die so schnell wie die Schwingungen molekularer Bindungen sind. Somit können Forschende extrem schnelle, wenige Femtosekunden dauernde Vorgänge in Experimenten sichtbar machen. Die neu gewonnenen Erkenntnisse finden sich in praktischen Anwendungen, wie etwa in neuen Medikamenten oder neuen Materialien in der Elektronik wieder.

## Phasendetektion

Es gibt die Möglichkeit, ein Phasenverhältnis von zwei Laserpulsen mit optischen Verfahren zu messen. Diese Systeme sind jedoch technisch sehr aufwändig und sensibel zu betreiben. Eine Alternative ist, die optischen Pulse in elektrische Signale umzuwandeln und mit einer Elektronik den Phasenvergleich durchzuführen. In nachfolgender Abbildung ist gezeigt, wie eine solche Phasendetektion aufgebaut werden kann.

den-Laserpulse haben dabei eine Repetitionsrate von 142.8 MHz. Aus den optischen Signalen werden mittels Fotodioden entsprechende elektrische Signale erzeugt. Der Erbium-Ytterbium Laser erzeugt zudem zahlreiche harmonische Oberschwingungen des 142.8 MHz Signals. Mit einem Bandpassfilter wird die 21. harmonische Oberschwingung herausgefiltert. Das heisst, alle Schwingungen bis auf das 21-fache der 142.8 MHz Frequenz werden unterdrückt. Somit lässt sich ein hochfrequentes Signal von ca. 3 GHz erzeugen. In diesem Signal ist die Phaseninformation des Laserpulses vorhanden. Das bedeutet, verändert sich die Phase des optischen Signals, ist dies in der Phase des elektrischen Signals ersichtlich. Der Phasenvergleich kann somit mit einem elektrischen Phasendetektor durchgeführt werden.



Florian Lukas Büchi

## Stabilisierte Delayline

Die Idee ist nun, mit dem oben erwähnten System eine variable Delayline zu stabilisieren. Durch Messen der Phasen an Ein- und Ausgang der Delayline und einer aktiven Regelung kann der Zeitdrift unterdrückt werden. Dieser wird durch Temperatur-, Luftfeuchte- und Luftdruckänderung verursacht. Um zu zeigen, dass ein solches System funktionieren kann, wird ein erster Versuchsaufbau einer solchen phasenstabilisierten Delayline am PSI in einem Labor aufgebaut. Später soll die Delayline am SwissFEL zur Verzögerung des Referenzsignals eingesetzt werden.

Das zu vergleichende Lasersignal wird mit einem Erbium-Ytterbium Laser generiert. Die Femtosekun-

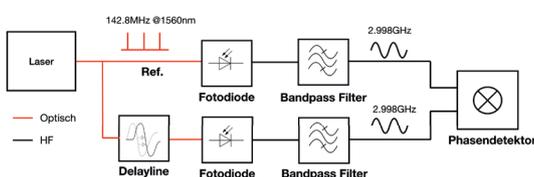


Abbildung: Phasendetektion von optischen Pulsen mittels HF-Signalen