

Stable Fiber Laser

Plattform for Ultra-stable Low-noise Seed lasers (PULSE)

Programm / Ausschreibung	FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienaehe Dissertationen 2026	Status	laufend
Projektstart	01.09.2026	Projektende	31.08.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Projektförderung	€ 97.221		
Keywords	low-noise, seed laser, fiber laser		

Projektbeschreibung

Das geplante Dissertationsprojekt zielt auf die Entwicklung einer kompakten, rauscharmen und energieeffizienten Faserlaser-Plattform ab, die als Saatquelle für die nächste Generation von Ultrakurzpuls-Verstärkern und Frequenzkämmen dient. Das Projekt wird gemeinsam vom Wolfgang-Pauli-Institut (WPI) als wissenschaftlicher Gastgeber und AMPLIGHT GmbH als industriellem Umsetzungspartner durchgeführt und verbindet führende Expertise in Lasertechnologie, Präzisionsmetrologie und Systemengineering.

Ausgangssituation und Motivation:

Derzeit basieren Femtosekunden-Verstärker auf Hochwiederholraten-Festkörperlasern, die zur Isolation einzelner Pulse Pulspicker benötigen – ein zusätzlicher Aufwand, der Kosten, Komplexität und Energieverbrauch erhöht. Der von AMPLIGHT entwickelte AMPNOVA-Verstärker besitzt eine Umlaufzeit von 43 ns; eine Laserquelle mit weniger als 23 MHz Wiederholrate würde Pulspicker vollständig überflüssig machen. Kommerzielle Alternativen sind entweder teure Hochfrequenzsysteme (z. B. Menlo Systems, Amplitude), medizinische Plattformen ohne Frequenzkontrolle oder günstige Faserlaser unzureichender Qualität. Ein kompaktes, niederfrequentes und zugleich rauscharmes Fasersystem nach Industriestandards existiert derzeit nicht.

Ziele und Innovationsgehalt:

Ziel ist die Realisierung eines flexiblen, rauscharmen Figure-of-Nine-Oszillators mit 20 MHz Wiederholrate und 1030 nm Wellenlänge, der sowohl als Seed-Laser für regenerative Verstärker als auch als Basis für Frequenzkämme und Dual-Kämme dient. Zentrale Innovationen sind:

- Rauschunterdrückung durch optimierte Resonatorparameter und Betrieb im idealen Arbeitspunkt (Mayer et al., OE 2021; Pecile et al., OE 2023),
- vollständig polarisationserhaltendes Faserdesign für Umgebungsstabilität,
- Feed-Forward-Stabilisierung des Träger-Hüllfrequenz-Offsets mittels kompakter f-2f-Interferometrie,
- einstellbare Wiederholrate (20-130 MHz) für Verstärker- und Metrologie-Anwendungen,
- Single-Cavity-Dual-Comb-Betrieb im Telekom-Bereich (Aldia et al., J. Phys. Photonics 2024) für kompakte Treibhausgas-Sensoren.

Quantitativ werden RIN $\leq 0,03\%$, eine Wandlereffizienz >math>\geq 15\%</math> und ein „Schuhkarton-Format“ erreicht – bei über 40 % Kostenersparnis und bis zu 50 % geringerem Energieverbrauch gegenüber heutigen Seed-Lasern.

Erwartete Ergebnisse und Wirkung:

Innerhalb von 18 Monaten wird der erste 20 MHz-Oszillator realisiert und in AMPLIGHT-Verstärker integriert. Nach weiteren 12 Monaten folgt die frequenzstabilisierte Plattform, und nach rund 36 Monaten das Telekom-Dual-Comb-System. Das Resultat ist eine vollständig europäische Laserplattform, die AMPLIGHTs vertikale Integration stärkt und Importabhängigkeiten reduziert.

Wirtschaftlich wird ein Marktanteil von 0,1-0,3 % des europäischen Ultrakurzpuls-Marktes ($\approx 2-6$ Mio. € Jahresumsatz) erwartet, verbunden mit der Schaffung von 3-5 High-Tech-Arbeitsplätzen in Wien. Ökologisch senkt das System den Energiebedarf und ermöglicht direkte Treibhausgas-Detektion, während es sozial durch die Ausbildung hochqualifizierter Fachkräfte die österreichische Photonik stärkt.

Damit schließt das Projekt die Lücke zwischen grundlagenorientierter Lasertechnik und industrieller Anwendung und übersetzt Österreichs wissenschaftliche Exzellenz in nachhaltige, wettbewerbsfähige Produkte – ein wesentlicher Beitrag zur Position Wiens als europäisches Zentrum für präzise und klimaneutrale Photonik.

Abstract

The proposed PhD project aims to develop a compact, low-noise, and energy-efficient fiber-laser seed platform that will enable the next generation of ultrafast amplifier and frequency-comb systems. The project is jointly carried out by the Wolfgang Pauli Institute (WPI) as the academic host and AMPLIGHT GmbH as the industrial implementation partner, combining leading expertise in laser science, precision metrology, and system engineering.

Initial situation and motivation:

Current femtosecond amplifiers rely on high-repetition-rate solid-state seed lasers that require pulse pickers to isolate single pulses—adding cost, complexity, and energy waste. AMPLIGHT’s AMPNOVA amplifier operates with a 43 ns round-trip time; therefore, a laser operating below 23 MHz repetition rate would eliminate the need for pulse picking entirely. Commercial alternatives are either expensive high-rep-rate systems (e.g., Menlo Systems, Amplitude), medical-grade devices without frequency control, or low-cost fiber sources of insufficient quality. No compact, low-rep-rate, low-noise fiber laser currently exists to meet industrial standards.

Goals and innovation content:

The project’s goal is to create a flexible, low-noise figure-of-nine oscillator operating at 20 MHz and 1030 nm that can serve both as a seed for regenerative amplifiers and as the basis for optical-frequency-comb and dual-comb systems. Key innovations include:

- Noise suppression by optimizing cavity parameters and locking to ideal operating points, following Mayer et al. (OE 2021) and Pecile et al. (OE 2023).
- All-polarization-maintaining fiber design for environmental stability.
- Feed-forward carrier-envelope-offset stabilization using a compact f-2f interferometer.
- Tunable repetition rate (20–130 MHz) enabling one laser design to serve amplifier-seeding and metrology markets.
- Single-cavity dual-comb operation in the telecom band, following Aldia et al. (J. Phys. Photonics 2024), for compact greenhouse-gas-sensing systems.

Quantitatively, the oscillator will achieve RIN $\leq 0.03\%$, >math>\geq 15\%</math> wall-plug efficiency, and a shoebox-sized footprint, offering >math>\geq 40\%</math> cost reduction and up to 50 % lower energy consumption compared to existing seed lasers.

Desired results and expected impact:

Within 18 months, the first 20 MHz oscillator will be realized and integrated into AMPLIGHT's amplifiers. A frequency-stabilized platform will follow within another 12 months, and a telecom-band single-cavity dual-comb system targeted at month 36. The outcome will be a complete, European-sourced laser platform supporting AMPLIGHT's vertical integration and reducing reliance on non-EU components.

Economically, the technology is expected to capture 0.1-0.3 % of the European ultrafast-laser market (~€2-6 M annual turnover) and create 3-5 high-tech jobs in Vienna. Environmentally, the platform reduces energy demand and enables direct greenhouse-gas detection; socially, it trains a highly qualified researcher, advancing Austria's photonics workforce.

The project thereby bridges the gap between fundamental laser science and industrial application, translating Austria's academic excellence into sustainable, competitive products and consolidating Vienna's position as a European hub for precision photonics and climate-neutral innovation.

Projektpartner

- Wolfgang Pauli Institut (abgekürzt "WPI")