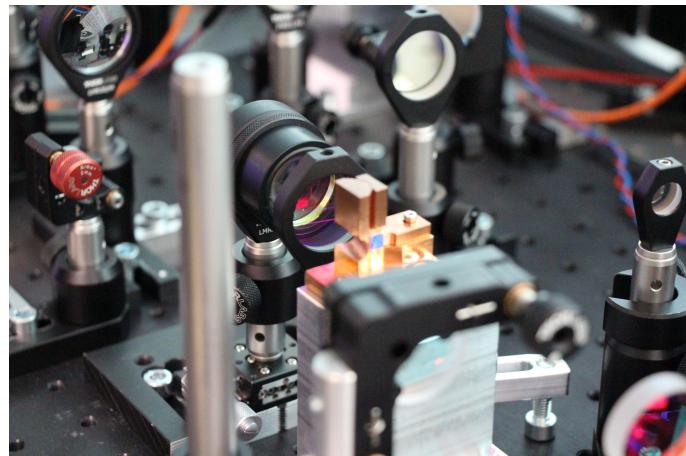


## Studiengang Maschinenbau

# Projektbeschreibung

## Entwicklung der Steuerung für einen Alexandrit-Femtosekunden Lasers



Projektarbeit von:

**Leroy Harreh**

leroy.harrehruwa@students.fhnw.ch

Betreuer:

Prof. Dr. Bojan Resan

bojan.resan@fhnw.ch

Ansprechpartner:

**Tobias Grätzer**

tobias.graetzer@fhnw.ch

Windisch, 16. November 2023

## 1 Grundlagen

Laser werden in der Wissenschaft oft zum Beispiel für die Messung und Untersuchung verschiedenster Proben im Mikrometerbereich, in der Medizin für Behandlungen und in der Industrie für die Bearbeitung von Materialien eingesetzt.

Um Laser für diese Anwendungen nutzen zu können, wird Licht in der Richtigen Wellenlänge bzw. deren Einstellbarkeit, Modi (CW oder gepulst) und Energiedichte benötigt. Zur Zeit werden oft unter anderen Titan-Saphir Laser eingesetzt, welche diese Eigenschaften gut vereinen, jedoch der Wirkungsgrad relativ niedrig ist.

Die Motivation einen mit roten Laserdioden gepumpten Alexandrit-Laser zu erforschen, liegt in der Leistungsausbeute dieser Laser. Die Leistungsausbeute ist mit dieser Kombination tendenziell höher, was die breite Anwendung in der Industrie und Wissenschaft attraktiv macht. Jedoch gibt es noch keinen im Femtosekunden-Bereich gepulster Alexandrit-Laser dieses Typs, die eine effiziente Applikation erlauben. Trotzdem haben sie das Potenzial die oben genannten Eigenschaften zu vereinen und noch zu übertreffen. Dazu kann der Alexandrit-Laser kompakter gebaut werden.

Damit ein Laser effizient betrieben werden kann, müssen die Bedingungen um den Laser gut sein. Dabei kommen unter Anderem der Temperatur des Kristalls und der Pumpdiode eine bedeutende Rolle zu. Daneben ist die Ausrichtung und die Polarisierung des Laserstrahls der Pumpdiode von grosser Wichtigkeit. Diese Parameter müssen eingestellt, geregelt und gesteuert werden, um einen gewünschten Arbeitspunkt zu erreichen.

## 2 Aufgabenstellung

Die Aufgabe in diesem Projekt (Pro6M) ist es, die Steuerung für die Regelung der Temperatur des Kristalls und der Pumpdiode zu regeln. Für beide Komponenten werden TECs<sup>1</sup> eingesetzt (Abbildung 1). Die TECs werden über einen TEC-Kontroller (auch TEC-Treiber) geregelt. Dieser ist bereits in der Lage die Parameter des PID-Reglers für die Temperaturen automatisch zu finden und einzustellen. Dies ermöglicht die Regelung der Temperaturen über Strom und Spannung. Die Diode sollte optimal bei 18°C gehalten werden, der Kristall bei 20°C. Die Leistung der Pumpdiode soll separat mit einem Laserdioden-Treiber<sup>2</sup> gesteuert werden können, dargestellt in Abbildung 3. Dazu wird ein LDD mit in die Steuerung eingebaut. Dessen Stromstärke soll über einen analogen Eingang gesteuert werden indem manuell ein Wert der Steuerung übergeben wird.

Die Befehle für den TEC-Kontroller als auch für den Laserdioden-Treiber werden über einen Computer an die entsprechenden Komponente gesendet. Entsprechende Antworten der Komponenten werden wiederum in diesem Computer empfangen und verarbeitet. Dafür soll ein Raspberry PI Einplatinencomputer eingesetzt werden, gezeigt in Abbildung 4.

Die gesamte Steuerung soll in einem Gehäuse untergebracht werden. Im Gehäuse sollen die Komponenten (Raspberry PI, TEC-Kontroller, Laserdioden-Treiber, Digitalanzeige) intern mit Strom versorgt werden können. Dazu werden geeignete Netzteile für den Raspberry PI und ein Netzteil für den TEC-Kontroller bzw. dessen TECs und für den LDD mit in das Gehäuse eingebaut.

Die Funktionalität der gesamten Steuerung soll auf einem Testaufbau geprüft werden. Der Testaufbau soll für das Projekt mit den entsprechenden Komponenten aufgebaut werden.

Das übergeordnete Ziel der FHNW ist es, einen effizienten in Femtosekunden gepulsten Laser zu kreieren, der in der Industrie und der Wissenschaft und Forschung eingesetzt werden kann.

Ein entsprechender Aufbau eines Alexandrit-Lasers ist im Laserlabor der FHNW bereits vorhanden.

<sup>1</sup>en Thermo electric cooler, dt. Thermoelektrischer Kühler, auch Peltierelemente genannt.

<sup>2</sup>LDD EN. Laser Diode Driver, dt. Laserdioden-Treiber



Abbildung 1: Abgebildet ist ein TEC der Marke Quick-Cool. Mit diesen elektrischen Bauteilen können bei Einspeisung von elektrischer Energie Kälte auf der Oberseite und Wärme auf der anderen Unterseite erzeugt werden. Wird die Richtung des Stromflusses geändert, vertauschen sich auch die warme und die kalte Seite.

## 2.1 Regelung der TECs und des Laserdioden-Treibers

Optimal sollen beide TECs mit einem einzigen Treiber mit zwei Kanälen geregelt werden können. Den Verlauf der Temperaturen soll bei Möglichkeit auf einer Digitalanzeige als Graphen abgebildet werden.



Abbildung 2: Beispiel eines TEC-Treibers der Marke Meerstetter Engineering für die Steuerung der TECs. Die TECs werden direkt auf der Platine an den entsprechenden Ein- / Ausgängen angeschlossen. Abhängig vom Treibertyp, kann der Arbeitspunkt auch über die Potentiometer (P, I und D) auf der Platine manuell eingestellt werden.

Der Laserdioden-Treiber steuert die Stromzufuhr zur Pumpdiode. Dieser soll die Höhe des Stromflusses über die Steuerung erhalten. Der Stromfluss soll auf der Digitalanzeige manuell eingestellt werden können. Dafür muss eine Aus- und Eingangserweiternde Platine zum Raspberry PI angeschlossen werden, um auch analoge Signale verarbeiten zu können. So kann der Laser ideal eingestellt werden. Die Leistung des Oszillators kann so gesteigert und durch die Steuerung die Handhabung des Lasers massiv vereinfacht werden.

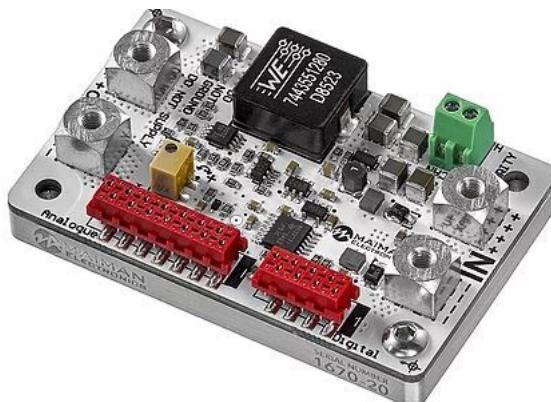


Abbildung 3: Beispiel eines Laserdioden-Treibers vom Hersteller Maiman. Dieser weist die Funktion auf den Stromfluss des Ausgangs über einen analogen Eingang steuern zu können.



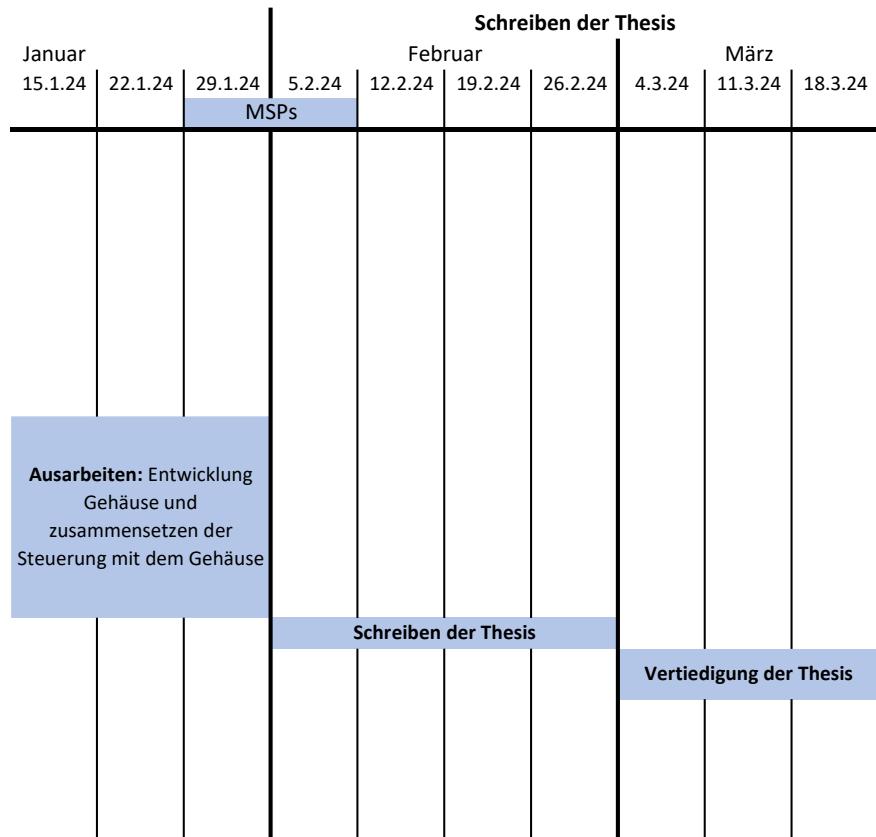
Abbildung 4: Beispiel eines Raspberry PI Einplatinencomputers vom Typ Raspberry PI 3B+ mit einer Arbeitsspannung von 5V. Dieser ist die Hauptkomponente und Steuert sowohl die TECs als auch den LDD und steuert die Digitalanzeige. Auf diesen wird die Platine mit den zusätzlichen Anschlüssen angeschlossen. Somit können alle weiteren Komponenten angeschlossen und gesteuert werden.

## 3 Zeitplan

### 3.1 Zeitplan

Treiber																		
September	20.9.23	25.9.23	2.10.23	9.10.23	Oktober	16.10.23	23.10.23	30.10.23	6.11.23	13.11.23	20.11.23	27.11.23	4.12.23	11.12.23	18.12.23	25.12.23	1.1.24	8.1.24
												Proj.Wo						
	<b>Planen:</b> Schreiben der Disposition; Probleme beschreiben; Probleme abgrenzen; Ziele festlegen; Informationen sammeln (Software)				<b>Konzipieren:</b> Konzept der elektronischen Schaltung und Aufbau des Programmcodes				<b>Entwerfen:</b> Realisierung der Elektronischen Schaltung und des Programmcodes				<b>Ausarbeiten:</b> Implementierung der Steuerung und des Programmcodes					

### 3.2 Zeitplan



### 3.3 Zeitplan detailliert

Phasen	Datum	Tätigkeit	Zeitaufwand in h
Konzipieren	30.10.2023	Planen des neuen erweiterten Steuerung mit dem LDD	10
	12.11.2023	Neuer Zeitplan & detaillierte Beschreibung des neuen Zeitplans	5
	13.11.2023	- Erstellung der Elektroschemas - Organisieren des zusätzlichen Diodentreibers - Bestellung der zusätzlichen Steuerung - Bestellung des Displays - Bestellung der Benötigten Kabel - Realisierung der Verkabelung der erweiterten Steuerung	12
	20.11.2023	Kennenlernen der neuen Steuerung und teils programmieren (Programmiersprache und Software)	4
	04.12.2023	- Testaufbau Steuerung - Erweiterung des Programmes der Steuerung - Korrekturen und Anpassen der Steuerung	32
Entwerfen	01.01.2024	- Anpassen des Gehäuses konzeptionell - Anpassungsauftrag für Werkstatt erstellen	64
	15.01.2024	Zusammenbauen der Gesamten Steuerung in das Gehäuse	32
Ausarbeiten	05.02.2024	Schreiben der Thesis	80
	03.03.2024	Ende Projekt & Schlusspräsentation	-
	22.03.2024	Puffer	-
	-	<b>Summe</b>	<b>303</b>

## 4 Ehrlichkeitserklärung

Ich (wir) erkläre(n) hiermit, dass ich (wir) den vorliegenden Leistungsnachweis selber und selbständig verfasst habe(n),

- dass ich (wir) sämtliche nicht von mir (uns) selber stammenden Textstellen und anderen Quellen wie Bilder etc. gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln<sup>3</sup> korrekt zitiert und die verwendeten Quellen klar sichtbar ausgewiesen habe(n);
- dass ich (wir) in einer Fussnote oder einem Hilfsmittelverzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots<sup>4</sup>, Übersetzungs-<sup>5</sup> Paraphrasier-<sup>6</sup> oder Programmierapplikationen<sup>7</sup>) deklariert und ihre Verwendung bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe(n);
- dass ich (wir) sämtliche immateriellen Rechte an von mir (uns) allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe(n) oder dass diese Materialien von mir (uns) selbst erstellt wurde(n);
- dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass meine (unsere) Arbeit auf Plagiate und auf Dritttautorschafft menschlichen oder technischen Ursprungs (Künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass die Hochschule für Technik FHNW einen Verstoss gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Technik verfolgt und dass daraus disziplinarische Folgen (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) resultieren können.

Basel, den 16. November 2023

Leroy Harreh



---

Unterschrift

Bojan Resan

---

Unterschrift

<sup>3</sup>z.B. APA oder IEEE

<sup>4</sup>z.B. ChatGPT

<sup>5</sup>z.B. DeepL

<sup>6</sup>z.B. Quillbot

<sup>7</sup>z.B. Github Copilot