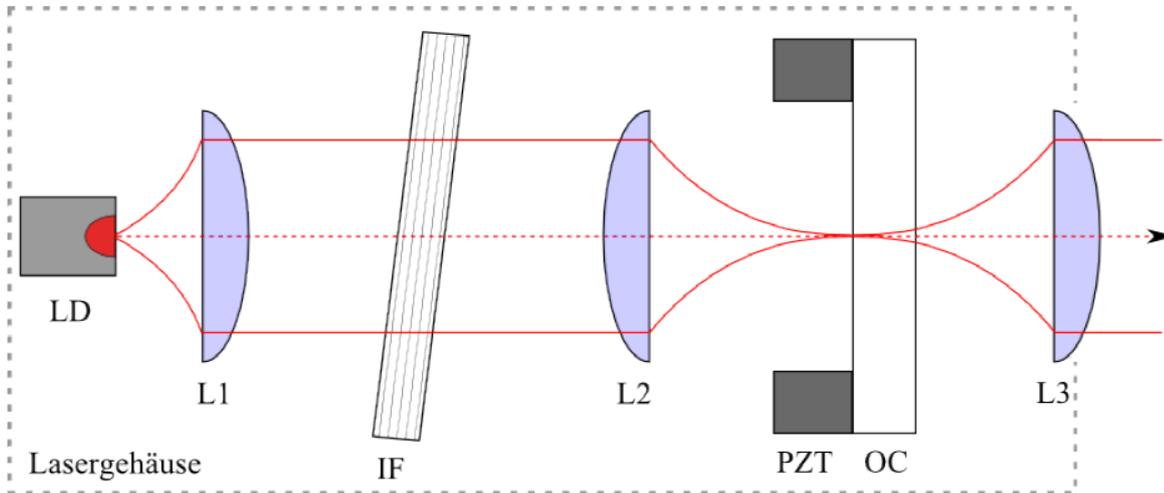


## ECDL Bau für Dummies

Dieser Artikel soll den Aufbau und die Charakterisierung einer "External Cavity Diode Laser" (ECDL) beschreiben.

### Grober Überblick eines ECDLs



Schematischer Aufbau des Referenzlasers: Der von der Laserdiode (LD) emittierte Laserstrahl wird mit einer Linse (L1) kollimiert und mit einer weiteren Linse (L2) auf den Auskoppelspiegel (OC) fokussiert, der an einen Röhrenpiezo (PZT) geklebt ist. Der Interferenzfilter (IF) dient zur groben Wellenlängenselektion, unabhängig von der Resonatorlänge. Mit einer Linse (L3) wird der ausgekoppelte Strahl wieder kollimiert.

### Übersicht der einzelnen Arbeitsschritte

- Vorbereitung
- Temperatur-Stabilisierung des Gehäuses und der Laserdiode
- Einbau der Laserdiode
- Die erste kollimierte Linse

Vor jedem Arbeitsschritt gibt es eine kurze Erklärung um darzustellen warum er wichtig ist und was man beachten muss. Anschließend wird Stichpunktartig die Vorgehensweise erklärt.

### Vorbereitung

Was dieser Arbeitsabschnitt beinhaltet:

- Zusammensuchen der Teile
- Vorbereitung des Arbeitsuntergrunds
- Reinigung des Gehäuses

### Zusammensuchen der Teile

- Es ist extrem wichtig, vor dem Laserbau alle benötigten Teile zusammenzusuchen. Wenn alles bereit liegt geht das Bauen wesentlich schneller und es kommt zu keinen zeitraubenden Unterbrechungen. Hier eine Material Liste mit allen wichtigen Teilen und wo sie im IQ zu finden sind:

Material	Menge	Bestellnummer	Standort
Lasergehäuse	1	1000000000	1000000000
Laserdiode	1	1000000000	1000000000
Linse L1	1	1000000000	1000000000
Interferenzfilter	1	1000000000	1000000000
Linse L2	1	1000000000	1000000000
Piezo	1	1000000000	1000000000
Auskoppelspiegel	1	1000000000	1000000000
Linse L3	1	1000000000	1000000000
...	...	...	...

CAD Zeichnungen finden sich auf dem AFS. Zu einem Gehäuse gehören ein Körper, ein Deckel, ein eckiger und ein runder Laserdioden Halter (eine Spange), eine Kabeldurchführung, und ein Interferenzfilter-Halter. Die Dimensionen der Laser Diode die verwendet wird sind relevant für die Größen auf den Zeichnungen - zur Zeit (Stand 19.05.16) sind Größen für "kleine" Laser Dioden eingespeichert. Kleiner als benötigt ist kein Problem, nur wenn die Löcher zu groß sind wird es später schwierig beim Einbau der Diode (!!!!mit Kleber ausfüllen ist keine Alternative!!!!).

Alle Metall Schrauben die verwendet werden sind aus offensichtlichen Gründen A4 Stahl Schrauben. Bei Kai-Martin lässt sich auch einiges an Schrauben finden. Es darf keinen metallischen Kontakt zwischen Gehäuse Körper und Laser Dioden Halterung geben.

## Vorbereitung des Arbeitsuntergrunds

Es wird benötigt:

- ein Untergrund auf den der Laser geschraubt wird
- ein XYZ Verschiebetisch

Bevor angefangen wird zu bauen sollte überlegt werden, wofür der Laser später gebraucht wird. Einen fertigen Laser zu bewegen bringt ein unnötiges Risiko mit sich. Wurde das geklärt, sollte der Laser-Bau Prozess damit begonnen werden, einen geeigneten Untergrund für den Laser bereitzustellen (BRAGG BOARD??)- dieser Untergrund sollte fest verankert irgendwo angebracht sein. Zum Befestigen werden am besten Pratzen verwendet, welche mit zwei Schrauben von oben auf die Verankerung drücken sollten.

---

BEVOR man anfängt alles zusammensetzen, sollte überprüft werden, ob das Gehäuse, die Laser Diode und der Laser Dioden-Stecker zusammenpassen - warum das extrem wichtig und was zu beachten ist steht unter **Einbau der Laserdiode**.

---

## Reinigung des Gehäuses

Prinzipiell sollten Bauteile, besonders wenn sie aus der Werkstatt kommen, vor dem Einbau gereinigt werden. Dazu benutzt man am besten das Ultraschallbad welches sich bei Kai-Martin Knaak (unter dem Abzug) befinden sollte. Alternativ schnappt man sich eine Flasche Azeton, ein Papiertuch und etwas Druckluft und reinigt alles manuell.



→ Ultraschallbad

- ausreichend Wasser ins Ultraschallbad geben
- etwas Reinigungsmittel dazu geben (was geeignet ist hängt vom Material ab)
- Bauteil rein
- Strom anschließen und den Timer auf 5 Minuten stellen
- nach 5 Minuten Bauteile rausnehmen und irgendwo sauber ablegen
- Wasser weggippen und anschließend das Ultraschallbad selber kurz reinigen (auswischen)

## Temperatur-Stabilisierung des Gehäuses und der Laserdiode

### Hinweise und Elektronik für die Temperaturstabilisierung

Das Gehäuse und die Laserdiode müssen temperaturstabilisiert werden, da die Temperatur einen großen Einfluss auf die spektralen Eigenschaften des Lasers hat. Dabei sollte man ein Temperaturgefälle bezüglich zur Raumtemperatur wählen, da es für eine Temperaturstabilisierung deutlich leichter ist, nur zu kühlen (oder nur zu heizen), anstatt zwischen Kühlen und Heizen zu wechseln. Theoretisch kann die Laserdiode also auch geheizt werden, aber die Effizienz der Diode nimmt mit steigender Temperatur ab. Eine gute thermische Isolierung der Laserdiode erhält man, wenn das Gehäuse unter Raumtemperatur und die Diode selbst unter die Temperatur des Gehäuses gekühlt wird.

Zum Temperatur Stabilisieren werden Negative Temperature Coefficient Thermistors (NTCs = Thermistoren) und Peltier Elemente verwendet.

Das Gehäuse wird mit 2 Peltierelementen am Boden gekühlt. Diese werden in Reihe geschaltet. Bei kommerziellen Temperature Controller können die Peltiers mit den NTCs gemäß der Abbildung hinten auf dem Gerät auf einen Stecker gelötet werden. Es gibt unterschiedliche Meinungen, ob ein  $10\text{ k}\Omega$  NTC oder ob zwei  $5\text{ k}\Omega$  NTCs in Reihe geschaltet verwendet werden sollten. Im QUANTUS Team ist es gängig 2  $5\text{ k}\Omega$  NTCs an zwei Positionen im Gehäuse zu verwenden.

Die Laserdiode wird mit einem Lochpeltierelement gekühlt. (Dieses wird erst später mit dem Einbau der Diode angebracht) Bei kommerziellen Temperatur Controller wird auch dieses mit dem entsprechenden NTC ( $10\text{ k}\Omega$ ) auf einen Stecker gelötet.

Die Seite der Peltiers, an der die Kabel befestigt sind, ist die warme Seite!

Die Schrauben, die das Gehäuse am Boden und die Laserdiode am Gehäuse festhalten, dürfen keinen elektrischen Kontakt zum Boden bzw Gehäuse haben (dazu später mehr). Methoden und Hinweise:

- die Schrauben mit Folie umwickeln und so isolieren (alternativ zur Folie: Kapton Klebeband)
- kleine Kappen (Isolierbuchsen) in die Löcher kleben welche in der Werkstatt von Kai-Martin Knaak zu finden sind (diese Kappen sollten an der Seite abgekloppt werden, damit das Lochpeltierelement gut Platz findet)
- Plastik-Schrauben sollten nicht verwendet werden, da diese nicht stabil genug sind

UPDATE ISOLATION SCHRAUBEN: halb halb; Isolierbuchse von außen (damit Lochpeltier nicht gestört wird), innen Kapton reingeklebt. Scheint zu funktionieren.

### Arbeitsschritte

- die beiden Peltierelemente mit ein wenig (!!!!) Wärmeleitpaste am Boden des Gehäuses befestigen (hierbei unbedingt darauf achten, dass die richtige Seite zum Gehäuse zeigt - siehe oben)

Hinweis: Wärmeleitpaste ist ein nur gering besserer Leiter als Luft - sie ist dafür da, mögliche Unebenheiten im Material zu schließen um dort einen etwas besseren Kontakt herzustellen. Wird sie in großen Mengen verwendet führt das eher zum Gegenteil.

- zwei  $5\text{ k}\Omega$  NTCs mit Wärmeleitkleber (Artic Silver, 2 Komponenten Kleber, Mischverhältnis 1:1) in die korrekten Löcher im Gehäuse einkleben
- gleich im Anschluss kann der  $10\text{ k}\Omega$  NTC in den rechteckigen Halter für die Laser Diode eingeklebt werden (dadurch muss nur einmal der Wärmeleitkleber angerührt werden)
- optional kann das Piezoelement schon eingeklebt werden (Kleber HBM x60)

Tipp: Das Gehäuse senkrecht kippen, damit die Schwerkraft dafür sorgt, dass alles schön gerade wird. Es werden noch keine weiteren Kabel an das Piezo gelötet, da diese bei den folgenden Schritten stören können. Der Piezo wird ganz zum Schluss verlötet, da die Kabel im folgenden erheblich stören würden.

- die beiden Peltierelemente in Reihe und dann auf den SUBD Stecker für den Temperature Controller löten
- die beiden  $5\text{ k}\Omega$  NTCs in Reihe und dann auch auf den SUBD Stecker für den Temperature Controller löten
- (optional diesen Schritt nach dem "ankleben" der Peltierelemente machen) Schrauben, beziehungsweise Löcher, isolieren
- Kabel des Lochpeltierelementes an einen 2. SUBD Stecker für einen 2. Temperature Controller löten

Tipp: Es ist drauf zu achten, dass die Kabel der NTCs für das Gehäuse am besten durch die Kabel des Lochpeltiers geführt werden - nur so schließt ganz am Ende der Deckel für das Gehäuse optimal

Neu: Die Kontaktstellen der Peltierelement und der Kabel sollten zusätzlich noch verklebt werden, da diese Stellen sehr empfindlich sind.

### Einbau der Laserdiode

Dieser Arbeitsschritt ist der kritischste von allen, da hier die Wahrscheinlichkeit, die Laserdiode zu beschädigen, am größten ist. Die Laserdiode ist sehr teuer und deswegen muss der Einbau der Laserdiode gut geplant sein. Es gibt auch alte Dioden, mit denen man den Einbau üben kann. Vorbereitung ist alles. Man möchte nicht während man die Laserdiode halb eingebaut hat, nochmal in ein anderes Labor laufen müssen um fehlende Teile zu holen. Alle benötigten Schrauben und Werkzeuge sollten griffbereit auf dem Tisch liegen. Man sollte unbedingt darauf achten geerdet zu sein sobald man die Laserdiode berührt; eine kleine elektrostatische Entladung kann die Diode zerstören.

Benötigte Schrauben:

- 4x M2 4mm Schrauben
- 4x M3 12mm Schrauben (mit aufgesetzten Isolierbuchsen)

Die Beinchenlänge der Laserdioden ist von Bedeutung. Die optimale Länge entspricht ca. 11mm. Je nach Modell und Hersteller sind die Beinchen länger oder kürzer.

Für den Fall, dass die Beinchen zu **lang** sind, müssen sie gekürzt werden, da sonst ein Einbau in das Gehäuse nicht möglich ist.

Für den Fall, dass die Beinchen zu **kurz** sind, muss die Steckerfassung für die Laserdiode verlängert werden.



Zur Visualisierung der Situation: Die Beinchen der Laserdiode schauen auf der einen Seite des Gehäuses durch ein Loch heraus. Dort wird eine Steckerfassung aufgesetzt an welcher die Diode über eine SMA auf SUBD Verbindung an einen Temperature Controller angeschlossen wird. Sind die Beinchen zu kurz und das Loch für die Steckerfassung zu klein, reicht die Steckerfassung nicht an die Diode heran und es gibt keine Verbindung. Es bietet sich an das Loch des Gehäuses zu vergrößern so dass eine größere / längere Steckerfassung reinpasst und näher an die Beinchen kommt. Das Loch im Gehäuse sollte mindestens einen Durchmesser von 5.1mm haben damit die kleine Steckerfassung (weiß oben) hineinpasst. Wird eine große Fassung (schwarz oben) auf eine kleine gesteckt dienen diese somit als Verlängerung der Beinchen.

### Arbeitsschritte

- erden!!
- ggfs. die LD Beinchen kürzen
- sichergehen, dass in das rechteckigen LD Halter-Plättchen der NTC eingeklebt ist
- Laserdiode vorsichtig in das rechteckigen LD Halter-Plättchen einsetzen
  - optional: etwas Wärmeleitpaste zwischen LD und Halter-Plättchen - allerdings könnte die Laserdiode dann eventuell nicht mehr perfekt auf dem Plättchen sitzen.
- anschließend das runde Halter-Plättchen (die Spange) auf die Laserdiode legen und mit 4x M2 4mm Schrauben festmachen (die Laserdiode wird in die Halterung gepresst)
- das Lochpeltierelement mit etwas Wärmeleitpaste auf der anderen Seite des rechteckigen Halter-Plättchens befestigen (kühle Seite zur Laserdiode!)
- ggfs. falls die LD Beinchen zu kurz sind schon die kleine Steckerfassung aufstecken (dafür ggfs das Loch im Gehäuse vergrößern)
- Halter-Plättchen ins Gehäuse einsetzen; die Pins der LD sollten auf der Außenseite des Gehäuses herausragen
- mit den isolierten 4x M3 12mm Schrauben das Ganze am Gehäuse befestigen (hier darauf achten das Lochpeltier nicht zu zerstören)

### Elektronik für die Laserdiode

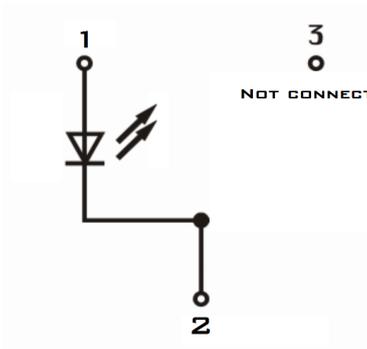
Hier werden verschiedene Laser Dioden und ihr technischen Daten beschrieben.

**Wichtig:** Die Laserdiode sollte vor falscher Beschaltung geschützt sein. Man bringt deswegen Parallel zur Laserdiode eine Schottky-Diode an, durch die ein falsch-gepoltter Strom fließen kann. Die Diode wird am besten gleich an die Pins des Steckers gelötet. (Vorsicht - das Plastik der Steckerfassungen schmilzt leicht!)

### Modell Sharp GH07P28A1C

Dieses Modell kann zur Übung benutzt werden (günstiger Dioden). Es befinden sich gerade 98 dieser Dioden im IQ (Stand 20.05.16). Diese Dioden werden eigentlich nicht mehr hergestellt, daher gibt es nicht viele Informationen über sie im Internet. Sie ähneln dem Modell GH0781JA2C, dessen Datenblatt sich hier findet: <https://www.thorlabs.de/thorcat/11800/GH0781JA2C-SpecSheet.pdf> Eines der wenigen anderen Datenblättern, in welchen sie aufgeführt werden, findet sich hier: [http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/forum/files/20\\_laser200510\\_e.pdf](http://robot.ee.hacettepe.edu.tr/forum/files/20_laser200510_e.pdf)

Die Beschaltung der Diode ist wie folgt:

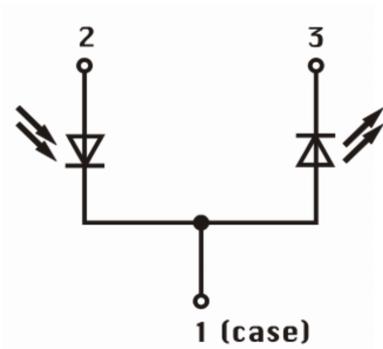


Pin 2 ist dabei der Ground.

**Modell EYP-RWE-0780**

**Betrieb mit Thorlabs-Stromtreiber**

Diese Laserdiode ist deutlich schwieriger zu betreiben als das 0790-Modell. Das liegt daran, dass die Stromtreiber von Thijs kein negatives Potential erzeugen können. An der folgenden Abbildung erkennt man aber, dass für die Durchlassrichtung der Laserdiode Pin 3 auf einem negativen Potential gegenüber dem Ground (Pin 1) sein müsste.

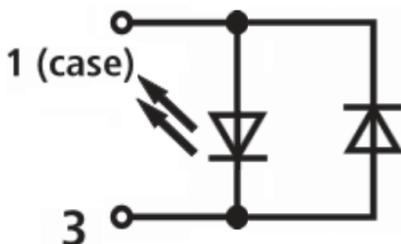


Die Photodiode wird in unserem Fall nicht benötigt und kann ignoriert werden.

Kommerzielle Stromtreiber, wie z.B. von Thorlabs, können ein negatives Potential liefern. Folgende Überlegungen müssten mit solchen Geräten eigentlich nicht angestellt werden. Da man aber jeden Laser mit den Stromtreibern von Thijs betreiben können soll, tut man so, als ob die kommerziellen Stromtreiber auch kein negatives Potential erzeugen könnten. So ist einzige Möglichkeit einer Beschaltung die Kathode der Laserdiode (Pin 3) auf Ground zu legen und die Anode (Pin 1) auf einem positiven Potential. Hier liegt auch der Grund, warum die Schrauben keinen Kontakt mit dem Gehäuse des ganzen Lasers haben dürfen. Da das Gehäuse der Laserdiode mit Pin 1 auf einem positiven Potential liegt, liegt jedes Bauteil mit elektrischen Kontakt zur Diode auch auf einem positiven Potential. Hätten nun die Schrauben Kontakt zum Gehäuse des gesamten Aufbaus, so läge jedes Bauteil auf einem Potential, was bei der kleinsten Berührung zu einem elektrischen Schlag führen würde.

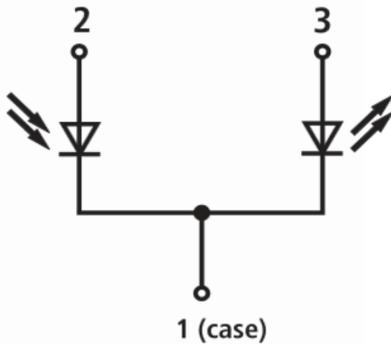
Die Kathode liegt also auf Ground, weswegen man die Einstellung "Cathode-Grounded" (CG) wählt. Die Laserdiode wird mit einem SMA-Kabel betrieben. Bei dieser Schaltung muss also (unüblicherweise) der Mantel des Kabels auf Ground gelegt werden (Pin 3) und die Seele auf Pin 1.

**Wichtig:** Die Laserdiode sollte vor falscher Beschaltung geschützt sein. Man bringt deswegen Parallel zur Laserdiode einen Schottky-Diode an, durch die ein falsch-gepoltter Strom fließen kann. Die Diode wird am besten gleich an die Pins des Steckers gelötet. In diesem Fall liegt die Anode an Pin 3 und die Kathode (markiert durch einen schwarzen Strich) an Pin 1.



**Modell EYP-RWE-0790**

Dieses Laserdiodenmodell ist deutlich besser (zumindest für Kalium) - die Beschaltung ist einfacher und die Diode liefert deutlich mehr Leistung (siehe <https://quantus.zarm.uni-bremen.de/trac/wiki/mb/Doc/BodenLasersystem/Vergleich>).



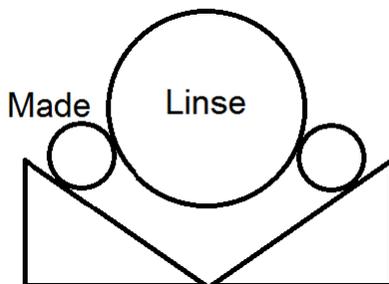
Die Durchlassrichtung der Laserdiode entspricht also genau dem Potentialgefälle, das die Stromtreiber produzieren können. Die kommerziellen Stromtreiber können also im Modus Cathode Grounded (CG) und die Kabelanschlüsse müssen nicht wie beim anderen LD-Modell vertauscht werden (d.h. Mantel an Pin 1 und Seele an Pin 3). Auch hier **muss unbedingt** eine Schottky-Diode zum Schutz der Laserdiode eingelötet werden. Die Dioden sind aber im Vergleich zum Modell 0780 alle umgedreht!

### Die erste kollimierende Linse L1

Wenn die Temperatur stabilisiert ist, kann der Laser in Betrieb genommen werden. Das Licht der Laserdiode ist zwar intensiv, aber stark divergent. Man benutzt eine Linse mit hoher Numerischer Aperatur ( $NA=0.68$ ,  $f=3.1\text{mm}$ ). Diese wird an einen Halter (meistens eine längliche Pratte mit aufgeklebter Schraube) mit etwas Kleber befestigt und der Halter wird an einen XYZ-Verschiebetisch geschraubt. Mit dieser Methode kann die Linse sehr genau vor der Laserdiode platziert werden und auch die Verkippungen können eingestellt werden. Man macht sich das Leben deutlich einfacher, wenn man alles sehr gerade klebt, festschraubt und aufstellt. So sind alle Achsen entkoppelt und man verstellt zum Beispiel nicht die y-Richtung, wenn man die Linse in z-Richtung verkippt.

Es muss nun ein sehr symmetrisches Strahlprofil erzeugt werden. Das Profil ist aber aufgrund des Aufbaus der Laserdiode nicht Gauß-förmig. Es ist wichtig, dass das Strahlprofil nicht nur in einem Punkt im Raum gut aussieht. Daher muss die Linse in z-Richtung (also durch den Fokus) gefahren und beobachtet werden, ob das Strahlprofil symmetrisch auf und zu geht. Wichtig ist, dass man sich dieser Verhalten so weit weg wie möglich im Fernfeld anguckt, da man so eine genauere Justierung erreichen kann.

Wenn alles genau eingestellt ist, werden zwei kleine Madenschrauben an den beiden Seiten der Linse gelegt (einfach von oben mit einer Pinzette runter rollen).



So kann der Kleber zwischen Made und Linse und Made und Gehäuse laufen und man muss nicht die gesamte Fläche unter der Linse vollkleben. Für gewöhnlich zieht der Kleber sich beim Aushärten zusammen und damit die Linse ein Stück weit nach unten. Dieses Ziehen muss man dadurch kompensieren, dass man nach perfekter Einstellung die Linse ein Stück nach oben zieht. Wie weit nach oben? Das ist der Problem! Je nachdem welchen Kleber man benutzt, fällt das Ziehen an der Linse unterschiedlich aus. Wahrscheinlich wird man mit dem ersten Kleben nicht zufrieden sein und die Linse rausbrechen wollen. Man sollte dann aber ein Gefühl für den Kleber entwickelt haben und das zweite Kleben sollte sitzen. Wenn man mit dem Klebeergebnis zufrieden ist, muss man die Linse vom Halter befreien. Am besten kann man den Halter zu erst vom Verschiebetisch lösen und dann in Richtung der Maden wackeln, da in dieser Richtung die Linse besonders stabil sitzt.

**Idee: Faser nach dem ECDL aufbauen und Linse auf maximale Faserkopplung justieren. AUSPROBIEREN!**

### Flashen

*Flash mich nochmal, als wär's das erste mal. Yeah.*

Mark Forster

Als nächstes wird der Spiegel vor den Piezo justiert. Der Sinn bei dieser Justage ist, den sogenannten "Flashpunkt" zu niedrigen Strömen zu bringen. Dazu dreht man den Strom erst einmal weit auf (ca. 100mA oder weniger) und sucht den Flashpunkt mittels der deutlich sichtbaren Reflektionen im Laser. Wenn der Flashpunkt gefunden wurde, erkennt man deutlich, dass der Laserstrahl viel mehr Intensität hat. Dann dreht man den Strom weiter nach unten, bis der Flashpunkt gerade verschwindet und justiert den Spiegel nach, bis er wieder auftaucht. Mit dieser Methode kann der Flashpunkt sehr weit runter getrieben werden. Es sollte noch darauf geachtet werden, dass der Spiegel sehr nah am Piezo ist. Jetzt kann man 2 Möglichkeiten verfolgen: Man treibt den Flashpunkt mit dem Spiegel so weit runter wie es geht und klebt den Spiegel fest. Anschließend wendet man sich den Linsen L2 und L3 zu. Der Flashpunkt sollte beim Modell EYP-RWE-0780 bei ca. 24 bis 25 mA liegen und beim Modell EYP-RWE-0790 deutlich geringer beim ca. 14 bis 15 mA. Der Spiegel wird mit kleinen Tropfen Kleber weit links und rechts an den Piezo geklebt. Aufpassen dass kein Kleber auf den Spiegel läuft. Wenn man den Halter vom Spiegel abbrechen möchte, kann man kleine Schrauben seitlich in das Gehäuse reinschrauben, die den Piezo stützen.

Linse L2 muss mit einem Verschiebetisch eingestellt werden, da diese Linse wichtig für den Flashpunkt ist. Linse L3 wird nur in das Gehäuse geschraubt und soll das fokussierte Licht wieder kollimieren. Also Strahlprofil wieder im Fernfeld angucken. Die Linse L2 wird dann wie Linse L1 geklebt und Linse L3 einfach mit einem Tropfen Kleber am Gehäuse befestigt. Anschließend sollte nun einen Leistungs-Strom-Kennlinie mittels einer Photodiode aufgenommen werden. Für die Messdaten kann das Python-Skript im Anhang verwendet werden.

## Interferenzfilter IF

Das Spektrum der Laserdiode ist sehr breit. Mit einem Interferenzfilter in der Cavity kann eine Wellenlänge eingestellt werden. Dazu wird der IF auf den Halter geklebt und in das Gehäuse platziert. Man achte auf die Kabel, die durch die kleinen Nischen unter dem Halter geführt werden müssen (Kabel vom NTC für das Gehäuse und vom Piezo). Sehr feines Drehen ändert die Wellenlänge, was mittels einem Wavemeter beobachtet werden kann. Der Laserdiodenstrom und die Temperatur der Laserdiode und des Gehäuses ändern die Wellenlänge des Lasers. Bei welcher Temperatur und bei welchem Strom man nun den IF justiert, hängt von den Anforderungen an den Laser ab. Man hat also sehr viele Parameter um die gewünschte Wellenlänge bei gewünschter Leistung zu erhalten. Der Arbeitspunkt sollte möglichst in der Mitte des freien Spektralbereichs sein, damit beim späteren Durchstimmen mit dem Piezo kein Modensprung auftritt.

Wenn man meint, eine geeignete Einstellung gefunden zu haben, wird der IF festgeschraubt. Das Festschrauben kann den IF nochmal verschieben! Also genau das Wavemeter beobachten und eventuell nachkorrigieren.

Anschließend muss nochmal eine Leistungs-Strom-Kennlinie und eine Wellenlänge-Strom-Kennlinie aufgenommen werden. Beide Messungen können wieder in das Skript eingetragen werden.

Als letztes muss der Piezo verlötet werden. Dieser wird wieder an ein SMA-Kabel angeschlossen. Theoretisch ist es egal, wo Plus und Minus angelötet werden, aber wir verwenden die Konvention: Plus (rotes Kabel) an die Seele, Minus (schwarzes Kabel) an den Mantel.

**Ein guter Laserbauer trägt dann die Eigenschaften des Lasers in die folgende Wikiseite sein:**

<https://quantus.zarm.uni-bremen.de/trac/wiki/mb/Doc/BodenLasersystem/Lasers>