

Digitaler Lasertreiber mit Kommunikation via USB oder RS-232

Für ausgewählte Lasermodul-Serien bietet LASER COMPONENTS digitale Lasertreiber mit Mikrocontroller an. Das Modul wird über RS-232 oder USB angebunden und kann über die digitale Kommunikation überwacht und gesteuert werden. Auch wichtige Betriebseinstellungen wie Ausgangsleistung und Dimmen, Trigger, Pulsieren und Modulieren können vom Kunden selbst programmiert werden.

Die Überwachungsfunktionen umfassen die Betriebszeit des Systems, die Temperatur im Modul, den Laserdiodenstrom und vieles mehr. Diese Parameter helfen dem Kunden, die Alterung des Lasermoduls zu erkennen. So kann er durch proaktive Wartung Ausfallzeiten seiner Produktionslinie vermeiden.

Der Einsatz eines Mikrocontrollers garantiert außerdem eine stabile Ausgangsleistung sowie eine außergewöhnliche Linearität zwischen der Steuerspannung und der Anpassung der analogen Ausgangsleistung.



1. RS-232-Schnittstelle

1.1. Anschluss digitaler Laser: Als Standardschnittstelle dient ein 8-poliges Kabel

Bezeichnung	Erläuterung (incl. Maximum Rating)	Farben Leitungen
V_{IN}	Betriebsspannung: $4,5\text{ V} (-10\%) \leq V_{IN} \leq 30\text{ V} (+10\%)$	Rot
V_{Dimm}	Dimmspannung: $0\text{ V} (-0,5\text{ V}) \leq V_{Dimm} \leq 5\text{ V} (+0,5\text{ V})$	Weiss
$V_{Modulation}$	Modulationsanschluss (Trigger): $V_{Modulation}$ ist TTL Logik: 1 (high) $\triangleq +2\text{ V}$ bis $+5,3\text{ V}$ 0 (low) $\triangleq -0,3\text{ V}$ bis $0,8\text{ V}$ Der Modulationsanschluss kann bei der digitalen Modulation mit interner Triggerquelle als deren Output zur Synchronisationszwecken genutzt werden.	Grün
RxD	RS-232	Gelb
TxD		Orange
C2CK	Nur für internen Gebrauch	Blau
C2D		Braun
GND	Erde	Schwarz

Tabelle 1: Kabelbelegung / Anschluss Laser mit RS-232

1.2. Einstellung der seriellen Schnittstelle im Terminalprogramm:

Es muss für die RS-232-Schnittstelle kein Treiber installiert werden.

Einstellung serieller Port

Port	COM
Baud rate	115200
Data	8 bit
Parity	none
Stop	1 bit
Flow Control	none

Tabelle 2: Serieller Port

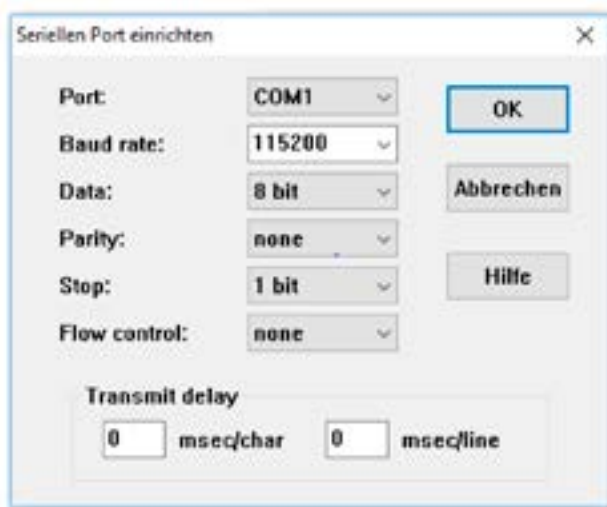


Abbildung 1: Beispiel Tera Term



Abbildung 2: Beispiel HTerm

1.3. Einstellungen für Empfang und Senden der Daten:

Terminal Setup	
Receive	CR
Transmit	CR

Tabelle 3: Einstellung für CR-Übertragung



Abbildung 3: Beispiel Tera Term

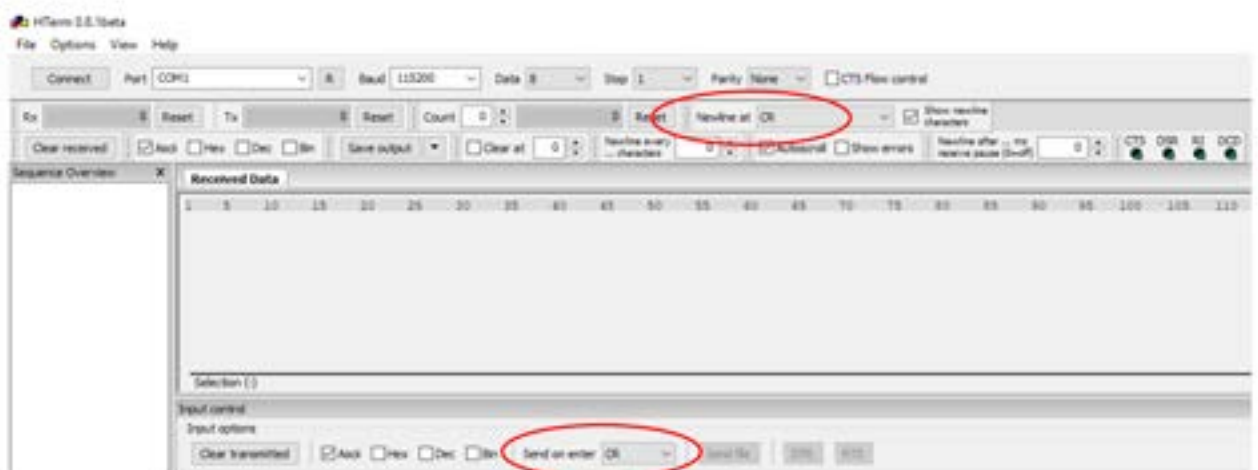
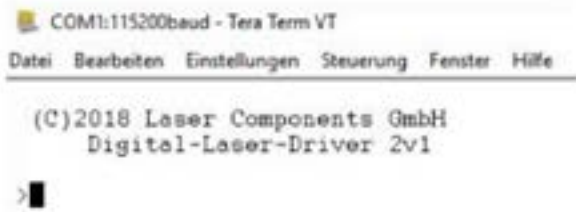


Abbildung 4: Beispiel HTerm

Bei erfolgreicher Initialisierung der seriellen Schnittstelle meldet sich das Modul, sobald es durch Anlegen der Betriebsspannung V_{IN} gestartet wird, über den COM-Port wie folgt:



1.4. Datenübertragung via RS-232:

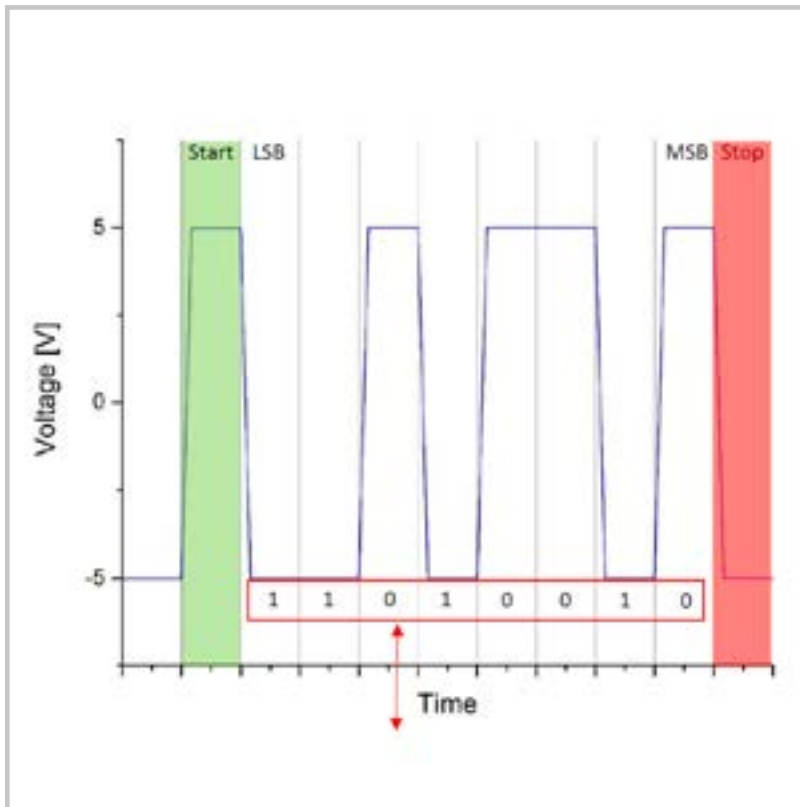


Abbildung 5: Übertragenes Byte: 0100 1011 (0x4B entspricht ASCII: K)

1.5. Kommandos

Befehl	Parameter	Beschreibung						
trig	x	<p>Digitale Modulation Mit diesem Befehl wird festgelegt bei welcher Modulationsspannung der Laser aktiv ist.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>Zustand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>low active</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>high active</td> </tr> </tbody> </table>	x	Zustand	1	low active	2	high active
		x	Zustand					
1	low active							
2	high active							
		<p>Wichtig ist hierbei:</p> <ol style="list-style-type: none"> Der Modulationseingang ist über Pull-Down-Widerstand auf GND gesetzt, so dass bei nicht angeschlossener Modulationsspannung der Eingang „low“ ist, was zur Folge hat, dass bei „low active“ der Laser aktiv und bei „high aktive“ inaktiv ist. Die Einstellung hat Einfluss auf den Betrieb der digitalen Modulation mit interner Triggerquelle (Siehe Befehl „duty“). <p>In Kapitel 2.6 wird eingehender auf die digitale Modulation mit externen Triggern eingegangen.</p>						
dima	x y z	<p>Analoges Dimmen Mit diesem Befehl wird der Spannungsbereich für das Dimmen mit einer externen analogen Spannung V_{Dimm} festgelegt. Die Parameter x und y definieren die obere und untere Spannung des Regelbereichs. Die Werte der Parameter sind in 1/10 V anzugeben, woraus sich z.B. ergibt, dass $10 \triangleq 1,0$ V. Es gilt für x und y:</p> $x, y \in \mathbb{Z}, \{x, y \mid [0, 50]\}$ <p>Der Parameter z für die Einstellung des aktiven Bereichs. Es gilt:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>z</th> <th>Zustand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>low active</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>high active</td> </tr> </tbody> </table>	z	Zustand	1	low active	2	high active
		z	Zustand					
1	low active							
2	high active							
		<p>Beispiel: „dima 50 0 1“ Der Laser ist dimmbar mit externer Spannung (V_{Dimm}) im Bereich von 0,0 V bis 5,0 V. Die Dimmung ist „low active“, d.h. bei $V_{Dimm} \geq 5,0$ V ist der Laser aus, bei $U_{Dimm} \leq 0,0$ V leuchtet der Laser mit maximaler Leistung. Im Bereich $5,0$ V > U_{Dimm} > 0,0 V wird die Leistung linear gedimmt. (Siehe auch Kapitel 2.7)</p>						

Befehl	Parameter	Beschreibung								
dimp	x	<p>Digitales Dimmen Die Ausgangsleistung des Lasers berechnet sich nach:</p> $P_{\text{Opt}} = P_{\text{Opt_max}} \cdot \left(\frac{x}{1000}\right)$ <p>$x \in \mathbb{Z}, \{x \mid [0, 1000]\}$</p> <p>Die Dimmung erfolgt durch Reduzierung des Stroms, der durch die Laserdiode fließt. Es handelt sich hierbei nicht um eine Reduzierung der Laserleistung mit Hilfe von einer Pulsweitenmodulation (PWM). Der Wert der digitalen Dimmung wird auf dem EEPROM gespeichert.</p> <hr/> <p>Beispiel: „dimp 500“ ergibt eine optische Ausgangsleistung, welche die Hälfte der maximal möglichen Laserleistung ist (Siehe auch Kapitel 2.8 und 1.)</p>								
duty	x y	<p>Digitale Modulation mit internem Trigger: Mit dem Befehl „duty“ lässt sich der Duty Cycle für autonomes Pulsen und die Triggerfrequenz festlegen. Diese besondere Form der digitalen Modulation ist eine PWM. Der Duty Cycle wird durch den Parameter x bestimmt. $x \in \mathbb{Z}, \{x \mid [0, 100]\}$</p> <p>Die Frequenz lässt sich durch den Parameter y, wie folgt einstellen:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>y</th> <th>Frequenz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>382,8 kHz</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>95,7 kHz</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>31,9 kHz</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mit dem Befehl „duty 0“ wird die interne Triggerfunktion deaktiviert.</p> <hr/> <p>Beispiel: „duty 50 1“ erzeugt bei einer Frequenz von 382,8 kHz einen Duty Cycle von 50%. $t_{\text{ON}} = t_{\text{OFF}} = 1,3 \mu\text{s}$. (Siehe auch Kapitel 1.6)</p>	y	Frequenz	1	382,8 kHz	2	95,7 kHz	4	31,9 kHz
y	Frequenz									
1	382,8 kHz									
2	95,7 kHz									
4	31,9 kHz									
powl	-	Gibt den aktuellen Wert der Laserleistung [mW] aus.								
mon l	-	<p>Gibt den aktuellen Status des Lasers anhand folgender Parameter wider:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Versorgungsspannung V_B [V] - Interne Spannung V_{CC} [V] - Monitorstrom [μA] - Strom der Laserdiode [mA] <p>Die Ausgabe der Werte ist kontinuierlich und kann durch ‚ESC‘ beendet werden.</p>								
temp	-	Gibt den aktuellen Wert der Temperatur im Lasermodul [°C] aus.								
time	-	Gibt die aktuelle Laufzeit des Lasers aus in Tagen, Stunden und Minuten.								

Befehl	Parameter	Beschreibung
lasc	-	Gibt den aktuellen Wert des Stromes, der über die Laserdiode läuft, aus [mA].
gmax	-	Gibt die im Betrieb aufgetretenen Extremwerte des Lasermoduls wieder. Die Ausgabe enthält: <ul style="list-style-type: none"> - Temperaturmaximum im Lasermodul [°C] - Temperaturminimum im Lasermodul [°C] - Maximum des Laserstroms [mA] - Maximum der internen Betriebsspannung [V] - Maximum der externen Versorgungsspannung [V] - Maximum des Monitordiodenstroms [uA]
IDLa	-	Gibt die Seriennummer und die Teilenummer des Lasermoduls aus.

Tabelle 4: RS-232 Befehle

1.6. Digitale Modulation mit externem Trigger

Mit dem Befehl „trig x“ lässt sich die Betriebsart (Mode) der digitalen Modulation einstellen. Es gibt zwei Betriebsarten:

x	Zustand
1	low active
2	high active

Tabelle 5: Betriebsarten der digitalen Modulation

Bei der digitalen Modulation mit externer Triggerquelle $V_{\text{Modulation}}$ ist die TTL-Logik wie folgt:

$V_{\text{Modulation}}$	Zustand
-0,3 V bis +0,8 V	low
2,0 bis 5,3 V	high

Tabelle 6: Zustandsdefinition der Logik

Der Output des Lasers ist entsprechend:

$V_{\text{Modulation}}$	Zustand	Laser	
		low active	high active
-0,3 V bis +0,8 V	low	on	off
2,0 bis 5,3 V	high	off	on

Tabelle 7: Zustandsdefinition des Lasers

Für Spannungen $0,8 \text{ V} < V_{\text{Modulation}} < 2,0 \text{ V}$ ist der Zustand des Lasers nicht definiert. Die Frequenz und der Duty Cycle werden durch die externe Modulationsspannung $V_{\text{Modulation}}$ bestimmt.

Um vernünftige Pulse zu erhalten, sollten folgende Werte berücksichtigt werden:

- die maximale Frequenz $f_{\text{Max}} = 3 \text{ MHz}$
- die minimale Pulsbreite $t_{\text{ON,min}} = 200 \text{ ns}$

1.7. Analoge Dimmung mit externer Dimmspannung

Mit dem Befehl „dima x y z“ wird die Funktionsweise der analogen Dimmung definiert. Mit den Parametern x und y werden die obere und untere Spannungsgrenzen definiert, innerhalb von denen die Ausgangsleistung des Lasers linear verändert wird. Der Parameter z definiert, bei welcher der beiden Grenzen der Laser nicht mehr oder mit voller Leistung leuchtet.

Die Funktionsweise soll an Hand von 4 Beispielen gezeigt werden:

- Beispiele 1 und 2:
 - Beispiel 1: dima 50 0 1
 - „dima“ steht für „Dimmen analog“
 - „50“ steht für die obere definierte Spannungsgrenze $50/10\text{ V} = 5,0\text{ V}$, bei der der Laser aus sein soll.
 - „0“ steht für die untere Spannungsgrenze $0/10\text{ V} = 0,0\text{ V}$, bei der der Laser volle Leistung hat.
 - „1“ steht für den Dimm-Modus „1“ \triangleq „low active“

$V_{\text{Dimm}} [\text{V}]$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$P_{\text{Opt}} [\text{mW}]$	20,0	18,1	16,1	14	12	9,9	7,8	5,7	3,6	1,4	0,0

Tabelle 8: Messwerte Analoges Dimmen „low active“

- Beispiel 2: dima 50 0 2
 - „dima“ steht für „Dimmen analog“
 - „50“ steht für die obere definierte Spannungsgrenze $50/10\text{ V} = 5,0\text{ V}$, bei der der Laser volle Leistung haben soll.
 - „0“ steht für die untere Spannungsgrenze $0/10\text{ V} = 0,0\text{ V}$, bei der der Laser aus sein soll.
 - „2“ steht für den Dimm-Modus „2“ \triangleq „high active“

$V_{\text{Dimm}} [\text{V}]$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$P_{\text{Opt}} [\text{mW}]$	0,0	1,5	3,7	5,8	8,0	9,9	12,2	14,2	16,2	18,0	20,0

Tabelle 9: Analoges Dimmen „high active“

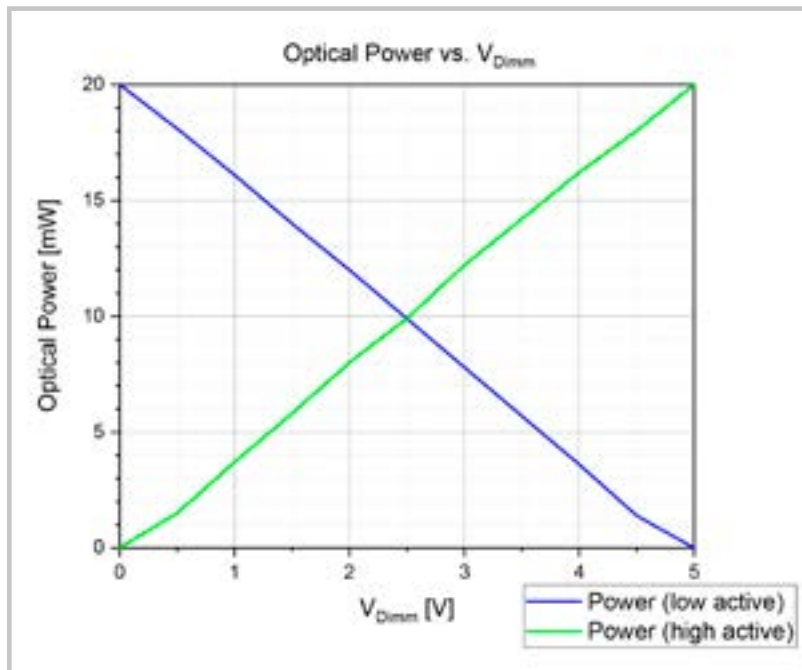


Abbildung 6: Analoge Dimmung

▪ Beispiele 3 und 4:

▪ Beispiel 3: dima 40 20 1

- „dima“ steht für „Dimmen analog“
- „40“ steht für die obere definierte Spannungsgrenze $40/10\text{ V} = 4,0\text{ V}$, bei der der Laser aus sein soll
- „20“ steht für die untere Spannungsgrenze $20/10\text{ V} = 2,0\text{ V}$, bei der der Laser volle Leistung hat.
- „1“ steht für den Dimm-Modus „1“ \triangleq „low active“

V_{Dimm} [V]	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
P_{Opt} [mW]	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	15,3	10,2	4,7	0,0	0,0	0,0

Tabelle 10: Messwerte Analoges Dimmen „low active“

▪ Beispiel 4: dima 40 20 2

- „dima“ steht für „Dimmen analog“
- „40“ steht für die obere definierte Spannungsgrenze $40/10\text{ V} = 4,0\text{ V}$, bei der der Laser volle Leistung haben soll.
- „20“ steht für die untere Spannungsgrenze $20/10\text{ V} = 2,0\text{ V}$, bei der der Laser aus sein soll.
- „2“ steht für den Dimm-Modus „2“ \triangleq „high active“

V_{Dimm} [V]	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
P_{Opt} [mW]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	10,1	15,3	20,0	20,0	20,0

Tabelle 11: Analoges Dimmen „high active“

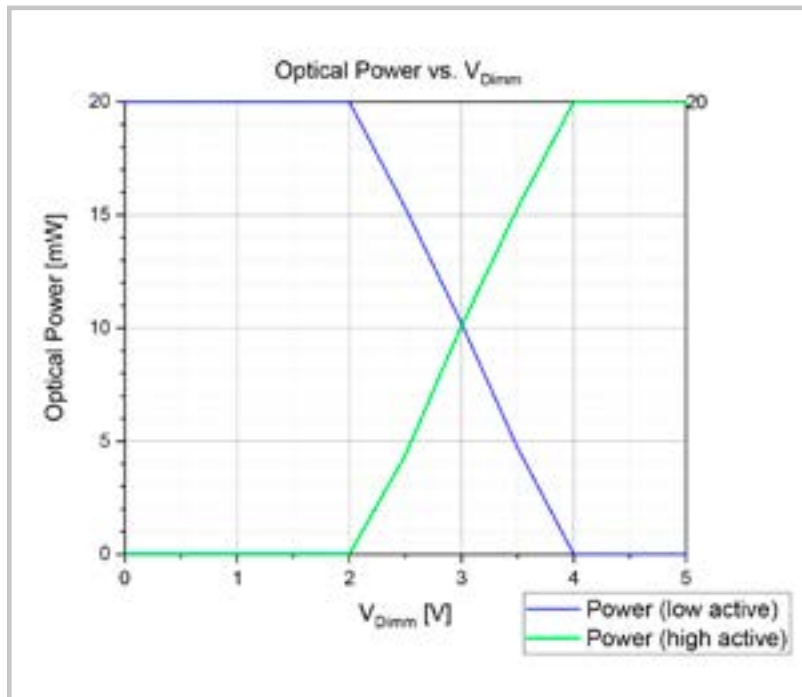


Abbildung 7: Analoge Dimmung

1.8. Digitale Dimmung

Die digitale Dimmung mit dem Befehl „dimp x“ funktioniert genauso, wie beim Laser mit USB-Schnittstelle. Es wird daher auf Kapitel 2.5 verwiesen.

1.9. Digitale Modulation mit interner Triggerquelle:

Die digitale Modulation mit interner Triggerquelle mit dem Befehl „duty x y“ entspricht der digitalen Modulation des Lasers mit USB-Schnittstelle. Daher soll hier bzgl. des Betriebs und der Einstellmöglichkeiten auf Kapitel 2.6 verwiesen werden.

Zusätzlich besteht beim Laser mit RS-232 aufgrund des Anschlusses $V_{Modulation}$ die Möglichkeit, das interne Triggersignal zu Synchronisationszwecken abzugreifen.

Wichtig:

Der Abgriff der Triggerspannung sollte über einen hochohmigen Abschluss z.B. 1 M Ω erfolgen. Bei Abschluss mit 1 M Ω ist die Amplitude des Triggersignals ca. 4,7 V.

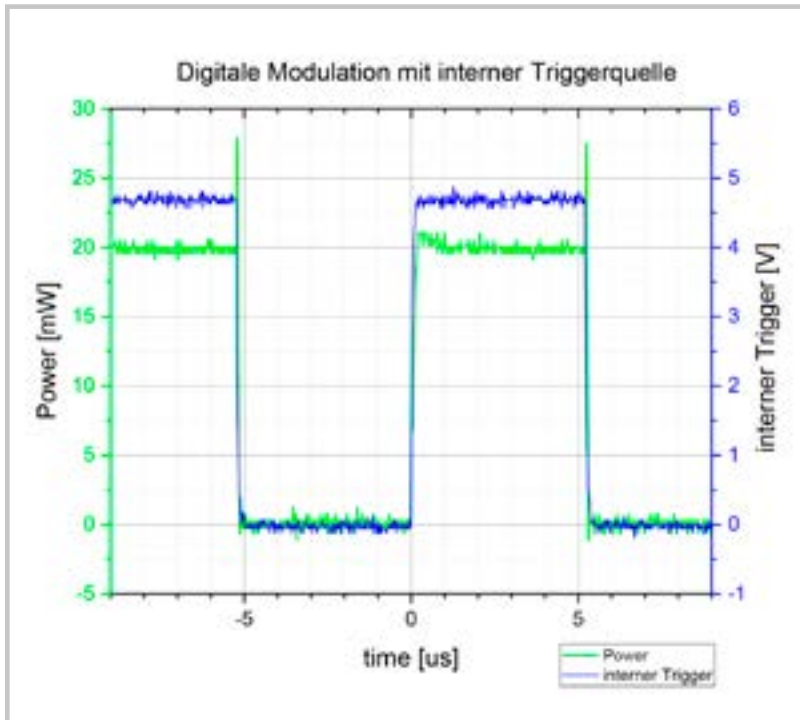


Abbildung 8: Digitale Modulation „duty 50 2“: $f = 95,7 \text{ kHz}$; $\text{duty} = 50\%$; $t_{\text{Delay}} = 20 \text{ ns}$

1.10. Kombinationsmöglichkeiten

Die Möglichkeiten der Kombination von Modulation mit Dimmung sind folgend dargestellt:

Modulation mit	Dimmung
externer Quelle	analog (dima)
	digital (dimp)
interne Triggerquelle (duty)	analog (dima)
	digital (dimp)

Tabelle 12: Analoges Dimmen „high active“

Wichtig:

Es kann immer nur eine Art der Modulation und immer nur eine Art der Dimmung aktiv sein.

2. USB-Schnittstelle

2.1. Beschreibung der Schnittstelle

Im Gegensatz zum Laser mit RS-232-Schnittstelle besitzt der Laser mit USB-Schnittstelle nur einen USB-Typ A Stecker mit 4 Pins.

PIN	Signal	Beschreibung
1	V_{BUS}	+5 V Versorgungsspannung
2	D-	Daten USB 2.0, differentielles Paar -/+
3	D+	
4	GND	Masse

Tabelle 13: PIN-Belegung USB 2.0 Typ A Stecker

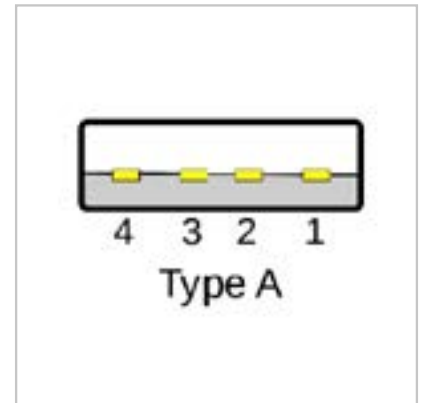


Abbildung 9:
USB 2.0 Typ A Stecker

Der Treiber für die USB-Schnittstelle wird automatisch vom Betriebssystem (z.B. Windows) gesucht und anschließend installiert. Dies geschieht sobald man das Modul mit der USB-Schnittstelle des Rechners oder einen am Rechner angeschlossenen Hub verbindet. Sollte dies nicht der Fall sein, so kann der Treiber unter folgendem Link heruntergeladen und manuell installiert werden:

Treibersoftware: <http://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT231X.html>

Nach erfolgreicher Installation ist im Gerätemanager ein neuer COM-Port gelistet. Über diese serielle Schnittstelle kann die Kommunikation mit dem Laser erfolgen.

2.2. Einstellung der seriellen Schnittstelle im Terminalprogramm:

Einstellung serieller Port	
Port	COM
Baud rate	115200
Data	8 bit
Parity	none
Stop	1 bit
Flow Control	none

Tabelle 14: Serieller Port

2.2.1. Beispiel Tera Term:



Abbildung 10: Beispiel Tera Term

2.2.2. Beispiel HTerm:



Abbildung 11: Beispiel HTerm

2.3. Einstellungen für Empfang und Senden der Daten:

Terminal Setup	
Receive	CR
Transmit	CR

Tabelle 15: Einstellung für CR-Übertragung

2.3.1. Beispiel Tera Term:

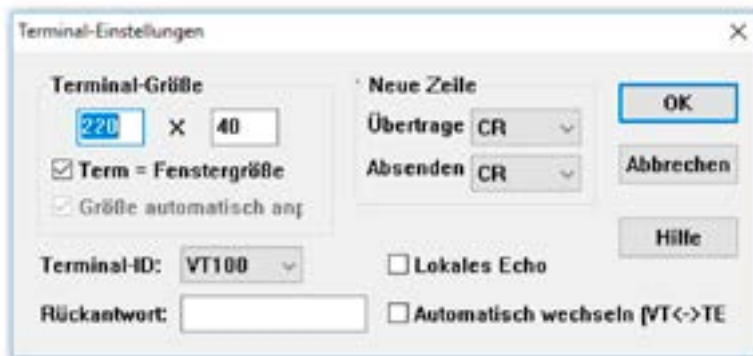


Abbildung 12: Beispiel Tera Term

2.3.2. Beispiel HTerm:



Abbildung 13: Beispiel HTerm

2.4. Kommandos:

Befehl	Parameter	Beschreibung
dimp	x	<p>Digitales Dimmen Die Ausgangsleistung des Lasers berechnet sich nach:</p> $P_{\text{Opt}} = P_{\text{Opt,max}} \cdot \left(\frac{x}{1000}\right)$ $x \in \mathbb{Z}, \{x \mid [0, 1000]\}$ <p>Die Dimmung erfolgt durch Reduzierung des Stroms, der durch die Laserdiode fließt. Es handelt sich hierbei nicht um eine Reduzierung der Laserleistung mit Hilfe von einer Pulsweitenmodulation (PWM). Der Wert der digitalen Dimmung wird auf dem EEPROM gespeichert.</p> <p>Beispiel: „dimp 500“ ergibt eine optische Ausgangsleistung, welche die Hälfte der maximal möglichen Laserleistung ist (Siehe auch Kapitel 1.5)</p>

Befehl	Parameter	Beschreibung								
duty	x y	<p>Autonomes Pulsen: Mit dem Befehl „duty“ lässt sich der Duty Cycle für autonomes Pulsen und die Triggerfrequenz festlegen. Diese besondere Form der digitalen Modulation ist eine PWM. Der Duty Cycle wird durch den Parameter x bestimmt. $x \in \mathbb{Z}, \{x \mid [0, 100]\}$ Die Frequenz lässt sich durch den Parameter y, wie folgt einstellen:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>y</th> <th>Frequenz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>382,8 kHz</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>95,7 kHz</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>31,9 kHz</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mit dem Befehl „duty 0“ wird die interne Triggerfunktion deaktiviert.</p> <p>Beispiel: „duty 50 1“ erzeugt bei einer Frequenz von 382,8 kHz einen Duty Cycle von 50%. $t_{ON} = t_{OFF} = 1,3 \mu s$. (Siehe auch Kapitel 2.6)</p>	y	Frequenz	1	382,8 kHz	2	95,7 kHz	4	31,9 kHz
y	Frequenz									
1	382,8 kHz									
2	95,7 kHz									
4	31,9 kHz									
powl	-	Gibt den aktuellen Wert der Laserleistung [mW] aus.								
mon l	-	Gibt den aktuellen Status des Lasers anhand folgender Parameter wieder: - Versorgungsspannung V_B [V] - Interne Spannung V_{CC} [V] - Monitorstrom [μA] - Strom der Laserdiode [mA] Die Ausgabe der Werte ist kontinuierlich und kann durch ‚ESC‘ beendet werden.								
temp	-	Gibt den aktuellen Wert der Temperatur im Lasermodul [°C] aus.								
time	-	Gibt die aktuelle Laufzeit des Lasers aus in Tagen, Stunden und Minuten.								
lasc	-	Gibt den aktuellen Wert des Stromes, der über die Laserdiode läuft, aus [mA].								
gmax	-	Gibt die im Betrieb aufgetretenen Extremwerte des Lasermoduls wieder. Die Ausgabe enthält: - Temperaturmaximum im Lasermodul [°C] - Temperaturminimum im Lasermodul [°C] - Maximum des Laserstroms [mA] - Maximum der internen Betriebsspannung [V] - Maximum der externen Versorgungsspannung [V] - Maximum des Monitorstroms [μA]								
IDLa	-	Gibt die Seriennummer und die Teilenummer des Lasermoduls aus.								

Tabelle 16: USB-Kommandos

2.5. Digitale Dimmung:

Mit Hilfe des Befehls „dimp x“ lässt sich die Laserleistung des Lasermoduls einstellen. Hierbei kommt keine PWM zum Einsatz, sondern die Leistung wird über den Strom der Laserdiode geregelt.

Die Ausgangsleistung des Lasers berechnet sich nach:

$$P_{\text{Opt}} = P_{\text{Opt,max}} \cdot \left(\frac{x}{1000}\right)$$

Beispiel:

Ein Laser mit $P_{\text{Opt,max}} = 20 \text{ mW}$ erhält den Befehl „dimp 500“, so ergibt sich die reduzierte Ausgangsleistung P_{Opt} wie folgt:

$$P_{\text{Opt}} = P_{\text{Opt,max}} \cdot \left(\frac{x}{1000}\right) = 20 \text{ mW} \cdot \left(\frac{500}{1000}\right) = 10 \text{ mW}$$

Für einen Laser mit $P_{\text{Opt,max}} = 20 \text{ mW}$ wurde zu jedem Steuerbefehl „dimp x“ die gemessene Leistung in einer Tabelle (Siehe Tabelle 17) zugeordnet und anschließend der Verlauf der Leistung über x graphisch dargestellt (Siehe Abbildung 14).

x	P_{Opt} [mW]	x	P_{Opt} [mW]	x	P_{Opt} [mW]	x	P_{Opt} [mW]
0	0,0	300	5,9	600	12,0	900	18,0
20	0,1	320	6,3	620	12,4	920	18,4
40	0,3	340	6,7	640	12,8	940	18,8
60	0,7	360	7,1	660	13,2	960	19,2
80	1,2	380	7,5	680	13,6	980	19,6
100	1,6	400	7,9	700	14,0	1000	20,0
120	2,0	420	8,4	720	14,4		
140	2,4	440	8,8	740	14,8		
160	2,8	460	9,2	760	15,2		
180	3,3	480	9,6	780	15,6		
200	3,7	500	10,0	800	16,0		
220	4,2	520	10,4	820	16,4		
240	4,6	540	10,8	840	16,8		
260	5,0	560	11,2	860	17,2		
280	5,4	580	11,6	880	17,6		

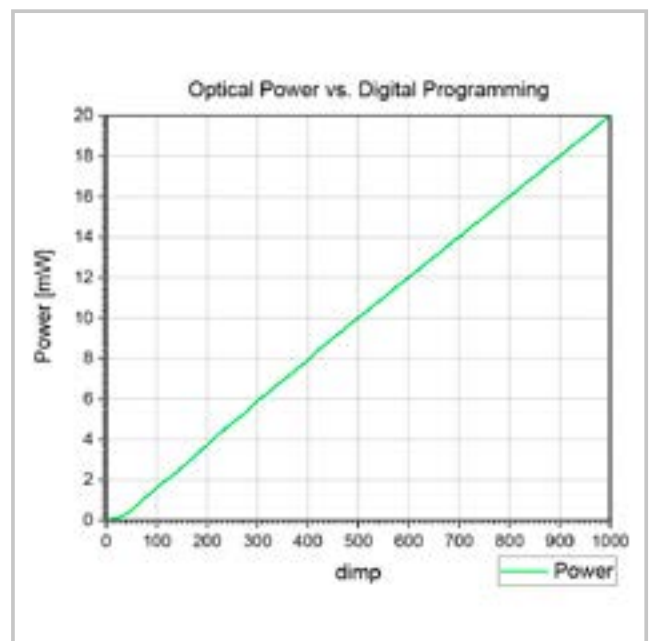


Abbildung 14: Linearität des digitalen Dimmens

Tabelle 17: Digitales Dimmen

2.6. Digitale Modulation:

Die digitale Modulation des USB-Lasers ist eine PWM mit eigener Triggerquelle.

Mit dem Befehl „duty x y“ wird sowohl der Duty Cycle als auch die Frequenz festgelegt. Der Parameter x steht für den Wert des Duty Cycles [%]. Der Parameter y für die Frequenz. Es gibt drei Frequenzen, die mit y ausgewählt werden können.

y	Frequenz
1	382,8 kHz
2	95,7 kHz
4	31,9 kHz

Tabelle 18: Frequenzen der internen Triggerquelle

Beispiel: duty 50 2

Der Duty Cycle wird auf 50% und die Triggerfrequenz auf 95,7 kHz gestellt. Mit Hilfe einer schnellen PIN-Diode wird die emittierte Laserleistung in Form von Spannung auf dem Oszilloskop angezeigt (Siehe Abbildung 15).

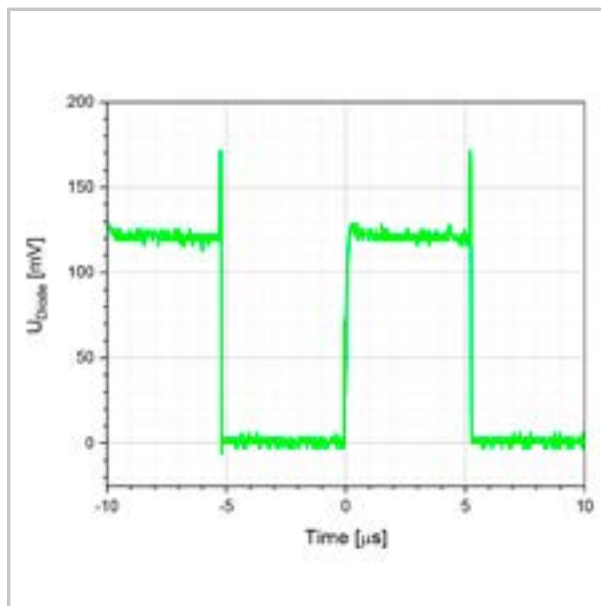


Abbildung 15: Duty Cycle 50% bei $f = 95,7$ kHz

Wichtig:

Mit dem Befehl „duty 0“ wird die digitale Modulation mit interner Triggerquelle deaktiviert. Dies ist auch der Einschaltzustand des Lasers, d.h. wenn die Versorgungsspannung unterbrochen und wieder angelegt wird, ist die digitale Modulation mit interner Triggerquelle deaktiviert.

2.7. Kombination aus digitaler Dimmung und Modulation:

Die beiden Möglichkeiten der Leistungseinstellung (1.6 und 1.7) lassen sich auch kombinieren. Durch den Befehl „dimp“ lässt sich bei der PWM die Pulsleistung anpassen. Damit ist nicht nur der Duty Cycle und Frequenz sondern auch die Pulsleistung variabel einstellbar.

3. Beispiel für Bedienung des Lasers via USB:

Abrufen des aktuellen Zustands des Lasers mit „mon1“:

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
(C)2018 Laser Components GmbH
Digital-Laser-Driver 2v1
>mon1
```

Eingabe wird mit „Enter“ quittiert. Es folgt als Antwort die kontinuierliche Ausgabe:

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
(C)2018 Laser Components GmbH
Digital-Laser-Driver 2v1
> Supply Voltage: 11.934V, Internal Voltage: 7.91V, Monitor Current: 0 uA, Laser Current: 184 mA
>
```

Mit „ESC“ wird diese Ausgabe unterbrochen und weitere Befehle können eingegeben werden. Es kann z.B. die Art der Modulation von „low active“ auf „high active“ mit dem Befehl „trig 2“ umgestellt werden.

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
(C)2018 Laser Components GmbH
Digital-Laser-Driver 2v1
> Supply Voltage: 11.934V, Internal Voltage: 7.91V, Monitor Current: 0 uA, Laser Current: 184 mA
> trig2
```

Eingabe wird wieder mit „Enter“ abgeschlossen. Es folgt die Antwort:

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
(C)2018 Laser Components GmbH
Digital-Laser-Driver 2v1
> Supply Voltage: 11.934V, Internal Voltage: 7.91V, Monitor Current: 0 uA, Laser Current: 184 mA
> Trigger high aktiv!
>
```

Die Laufzeit des Lasers kann ebenfalls abgerufen werden. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um die Zeit, in der der Laser leuchtet, sondern es geht um die Zeit, in der der Laser an der Versorgungsspannung angeschlossen ist.

Zur Zeitabfrage muss lediglich der Befehl „time“ eingegeben werden.

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
time
```

Nach Abschluss mit „Enter“ erhält man als Antwort:

```
COM1:115200baud - Tera Term VT
Datei Bearbeiten Einstellungen Steuerung Fenster Hilfe
> 0 d 0 h 39 min
>
```

4. Verhalten des Lasers beim Ein- und Ausschalten der Versorgungsspannung VB

Das Ein- und Ausschaltverhalten wurde mit einem Laser der Wellenlänge $\lambda = 520 \text{ nm}$ und der optischen Ausgangsleistung $P_{\text{OUT}} = 20 \text{ mW}$ untersucht.

4.1. Einschaltverhalten:

Der Laser benötigt eine gewisse Zeit beim Anschließen an die Versorgungsspannung, bis der Laser die gewünschte Leistung emittiert. Für $V_B = +12 \text{ V}$ ist dies in Abbildung 16 dargestellt:

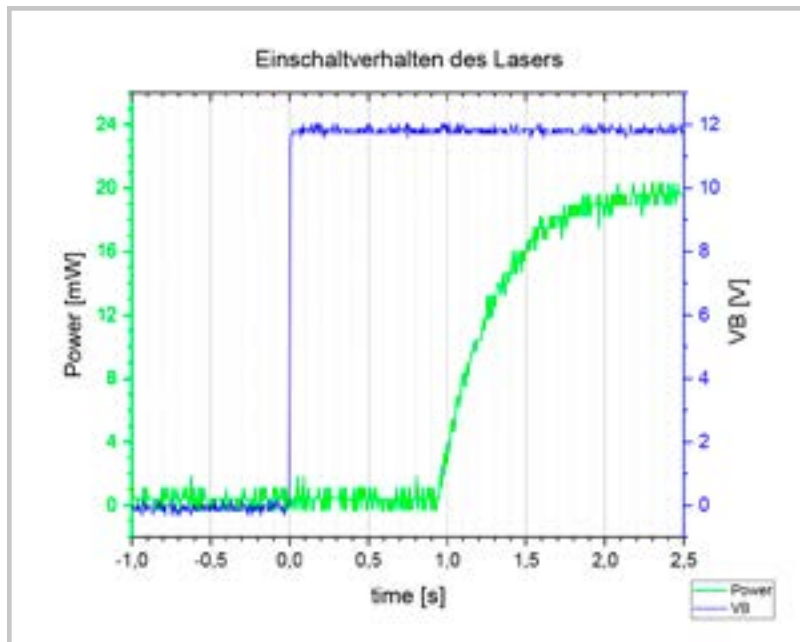


Abbildung 16: Einschaltverhalten bei +12 V

Die ersten 900 ms (t_{start}) benötigen die Firmware und die Elektronik, um in den Zustand der Betriebsbereitschaft zu kommen. Anschließend wird die Laserleistung eingestellt, wobei sich hier im Gegensatz zur digitalen Modulation noch weitere Kapazitäten aufladen, so dass die Anstiegszeit mit 530 ms relativ groß ist.

Insgesamt kommt es zu einer Verzögerungszeit $t_{\text{Delay}} = 1,175 \text{ s}$. Delay ist hier die Zeitspanne zwischen 50% VB und 50% Laserleistung.

Weitere Untersuchungen mit anderen Spannungswerten für VB ergeben, dass sowohl t_{start} als auch t_{delay} konstant und damit unabhängig von VB sind. Einzige die Anstiegszeit von VB kann hier t_{delay} beeinflussen.

4.2. Ausschaltverhalten:

Beim Ausschaltverhalten müssen zwei Situationen unterschieden werden.

4.2.1. Umschalten von VB auf GND

Beim Umschalten der Spannung VB auf GND zeigt sich folgendes Verhalten (Abbildung 17):

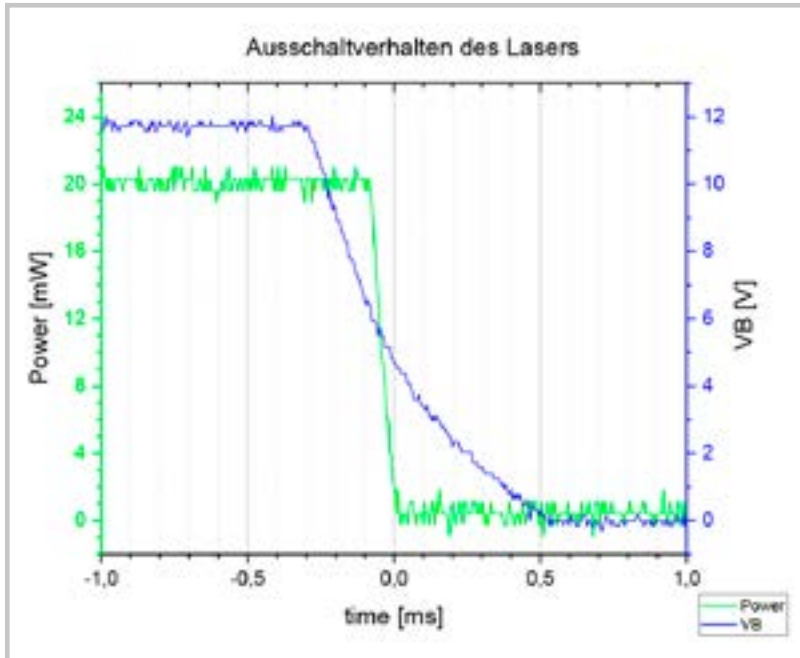


Abbildung 17:
Zeit vom Beginn des Umschaltens von VB bis zum Erreichen des Zustands
„Laser ist aus“ (Abschaltzeit)

Die Abschaltzeit ist abhängig von dem ursprünglichen Wert der Spannung VB, wobei dieser Zusammenhang nicht linear ist.

VB	Abschaltzeit
+12 V	310 μ s
+20 V	590 μ s
+30 V	590 μ s

Tabelle 19: Abschaltzeit des Lasers, wenn VB auf 0 V geht

4.2.2. Unterbrechung von VB

Beim Unterbrechen der Versorgungsspannung verändert sich das Ausschaltverhalten. Da sich nun die großen Kapazitäten des Eingangsfilters nicht mehr über $V_B = 0\text{ V}$ entladen können, leuchtet der Laser nach (Abbildung 18).

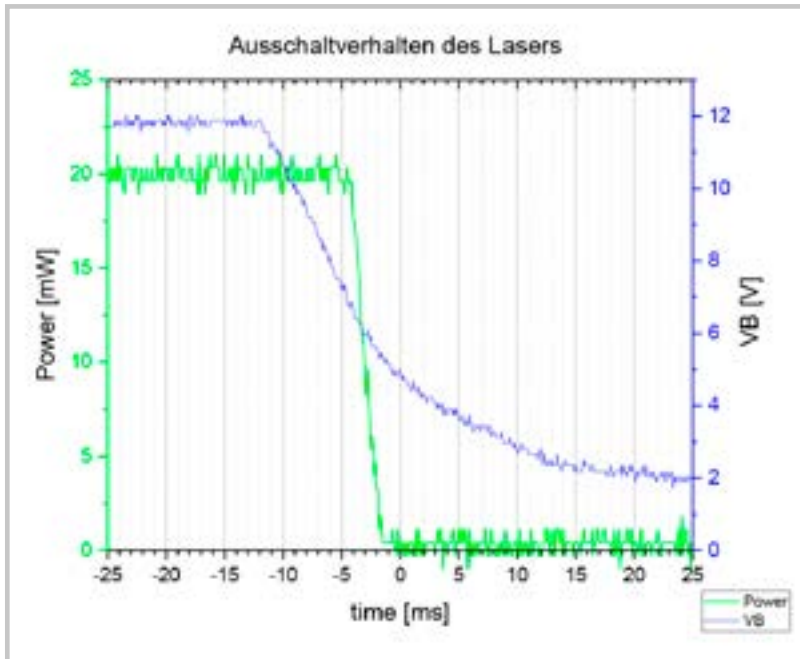


Abbildung 18: Abschaltzeit bei Unterbrechung von $V_B = +12\text{ V}$

Die Abschaltzeit ist hier ebenfalls abhängig von dem ursprünglichen Wert der Spannung V_B .

V_B	Abschaltzeit
+9 V	5,8 ms
+12V	10,4 ms
+15 V	15,4 ms
+24 V	33,6 ms
+30 V	46 ms

Tabelle 20: Abschaltzeit des Lasers, wenn V_B unterbrochen wird

5. Leistungsstabilität bei konstanter Umgebungstemperatur

Die Leistungsstabilität des digitalen Lasers bei Raumtemperatur ($\vartheta = +25 \pm 3 \text{ °C}$) ist besser als $\pm 0,5\%$ Abweichung (Abbildung 19).

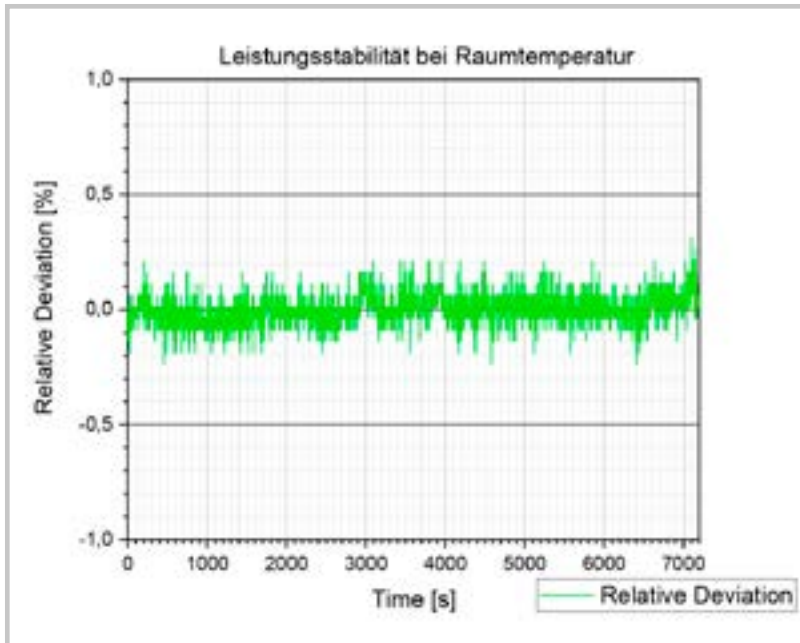


Abbildung 19: Stabilität bei $\vartheta = 25 \text{ °C}$

Sollwert	Mittelwert $P_{\text{Opt_Mittel}}$	Minimum von e_{rel}	Maximum von e_{rel}
20 mW	19,9675 mW	-0,24%	+0,31%

Tabelle 21: Daten zur Stabilität

6. Gehäuseabmessungen

Beim Einsatz eines digitalen Lasertreibers können sich die Gehäuseabmessungen der FLEXPOINT® Lasermodule wie in der Tabelle dargestellt ändern.

FP-DOT / FP-DOE Laser

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	67 mm x 11.5 mm
USB	67 mm x 11.5 mm

FP-DOT / FP-DOE Laser 19 mm robustes Gehäuse

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	77 mm x 19 mm
USB	68 mm x 19 mm

FP-Line Laser

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	67 mm x 11.5 mm
USB	67 mm x 11.5 mm

FP-Line Laser 19 mm robustes Gehäuse

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	86 mm x 19 mm
USB	77 mm x 19 mm

FP-MVmicro

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	98.6 mm x 19 mm
USB	98.6 mm x 19 mm

ILM12F

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	68 mm x M12
USB	68 mm x M12

FP-HD Laser

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	98.6 mm x 19 mm
USB	98.6 mm x 19 mm

FP-MVstereo

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	98.6 mm x 19 mm
USB	98.6 mm x 19 mm

FP-MVfiber (FP-FCL)

Schnittstelle	Gehäuseabmessungen (Länge x Durchmesser)
RS-232	74 mm x 19 mm
USB	74 mm x 19 mm

7. Kennzeichnung im Produktnamen

FLEXPOINT® mit digitalen Treibereinheiten werden im Produktnamen mit "DIG" gekennzeichnet.

Zum Beispiel: FP-MVmicro-DIG-660-10-30-F-RS-232

oder

FP-MVmicro-DIG-660-10-30-F-USB