Betriebsanleitung Laseransteuerung mit FOL-FCSE01-7-808-3 (Laser2000)

1. Stecker mit Aufschrift *DC* in Buchse *DC*

2. Überprüfung Wasserkühlung ($3\,\mathrm{l\,min^{-1}}$, 18°)

3. Netzschalter an - Falls die Ethernet LEDs des Arduinos nicht aufleuchten, muss er zusätzlich über USB oder 9V mit Strom versorgt werden.

4. IP-Adresse des Arduinos über serielle Schnittstelle ermitteln (Programm Arduino → serieller Monitor → ip?)

5. Über Telnet mit Arduino verbinden

6. Alle Wertübergaben werden nun in der Form durchgeführt: *Wert* (1-65535) → *Variable* (z.B. "a" um Amplitude einzustellen) → *Modus* (z.B. "dc" für Gleichstrom). Das heißt, möchte man beispielsweise einen Einzelschuss der Länge 100 µs und der Amplitude 30000 durchführen (die daraus resultierende Laserleistung kann mit der Kennlinie in Abbildung 1 ermittelt werden), gilt folgender Kommandozeilenverlauf:

   cmd: **on** (Netzteil wird eingeschaltet)

   cmd: **100** (Wert für Pulslänge [µs]; zu beachten ist hierbei eine konstante zusätzliche Pulslänge durch die Pulsflanken und die Schaltgeschwidigkeit des Mikrocontrollers)

   cmd: **p** (Setzen der Pulslänge)

   cmd: **30000** (Amplitude des Pulses)

   cmd: **a** (Setzen der Amplitude)

   cmd: **sh** Auslösen des Einzelschusses

   Da die Werte bereits gesetzt sind, kann der Schuss beliebig oft erneut durch *cmd: s* ausgelöst werden.

7. Beispiel 2 für konstante Laserleistung:

   cmd: **on** → cmd: **40000** → cmd: **a** → cmd: **dc**

8. Beispiel 3 für Multischuss:

   cmd: **on** → cmd: **40000** → cmd: **a** → cmd: **200** → cmd: **p** → cmd: **400** → cmd: **t** → cmd: **10000** → cmd: **n** → cmd: **mu**

9. Die eingestellten Werte sind zunächst nur auf dem Arduino zwischengespeichert, sodass eine Änderung der Amplitude über cmd: **"Wert"** → cmd: **a** noch keine Änderung der Laserleistung hervorruft. Erst der Start eines Modus über cmd: **dc** (Gleichstrom), cmd: **sh** (Einzelschuss) oder cmd: **mu** (Multischuss) übergibt die Laserleistung und alle weiteren geänderten Parameter.

10. Die auf dem Arduino gespeicherten Werte können mit cmd: **list** abgerufen werden.

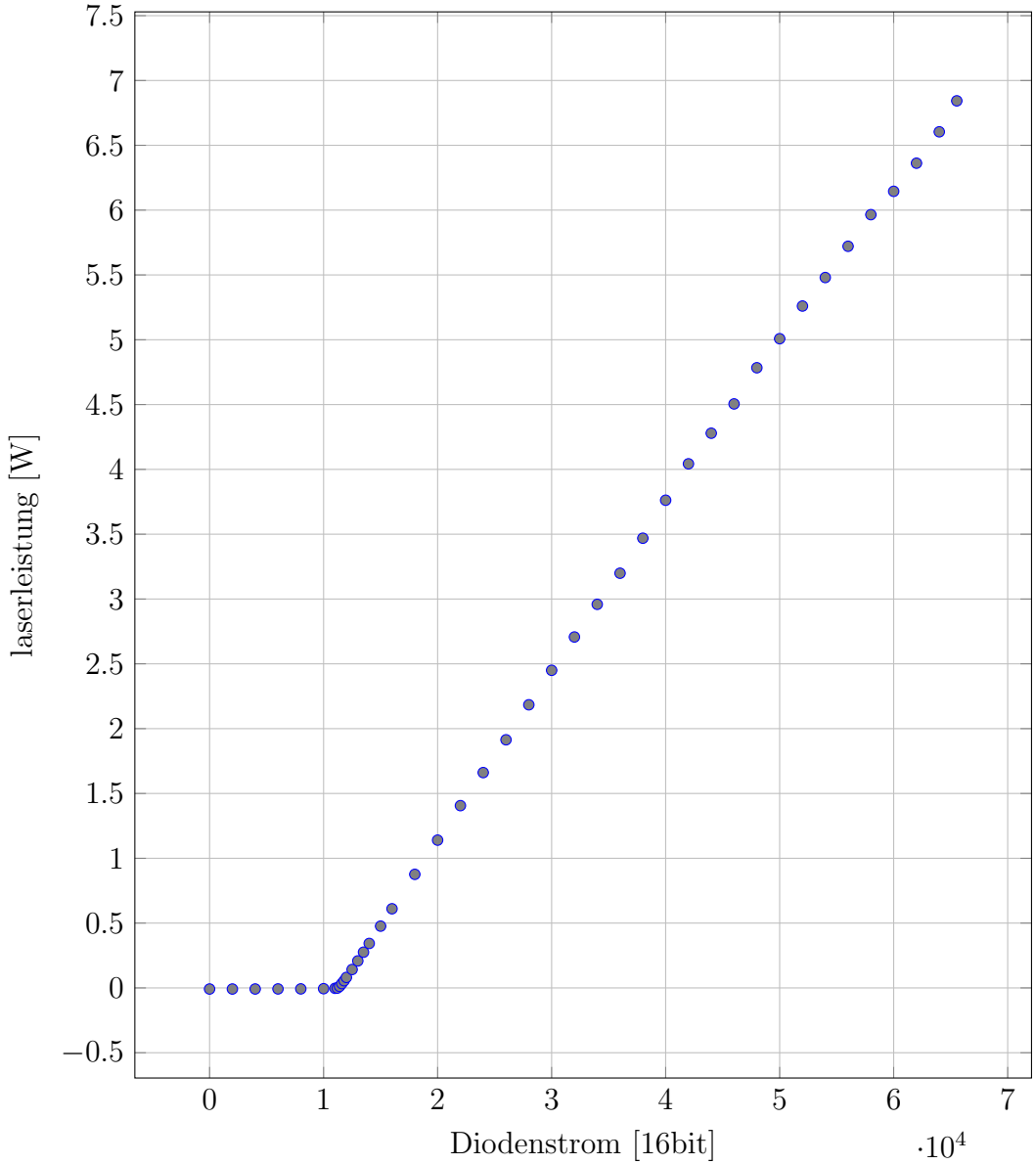

Figure 1: Mit Pyrometer aufgenommene Kennlinie der Laserleistung ($P = 0.000\,127\,3\,\mathrm{W} \times I_{\mathrm{diode}} - 1.4091\,\mathrm{W}$).

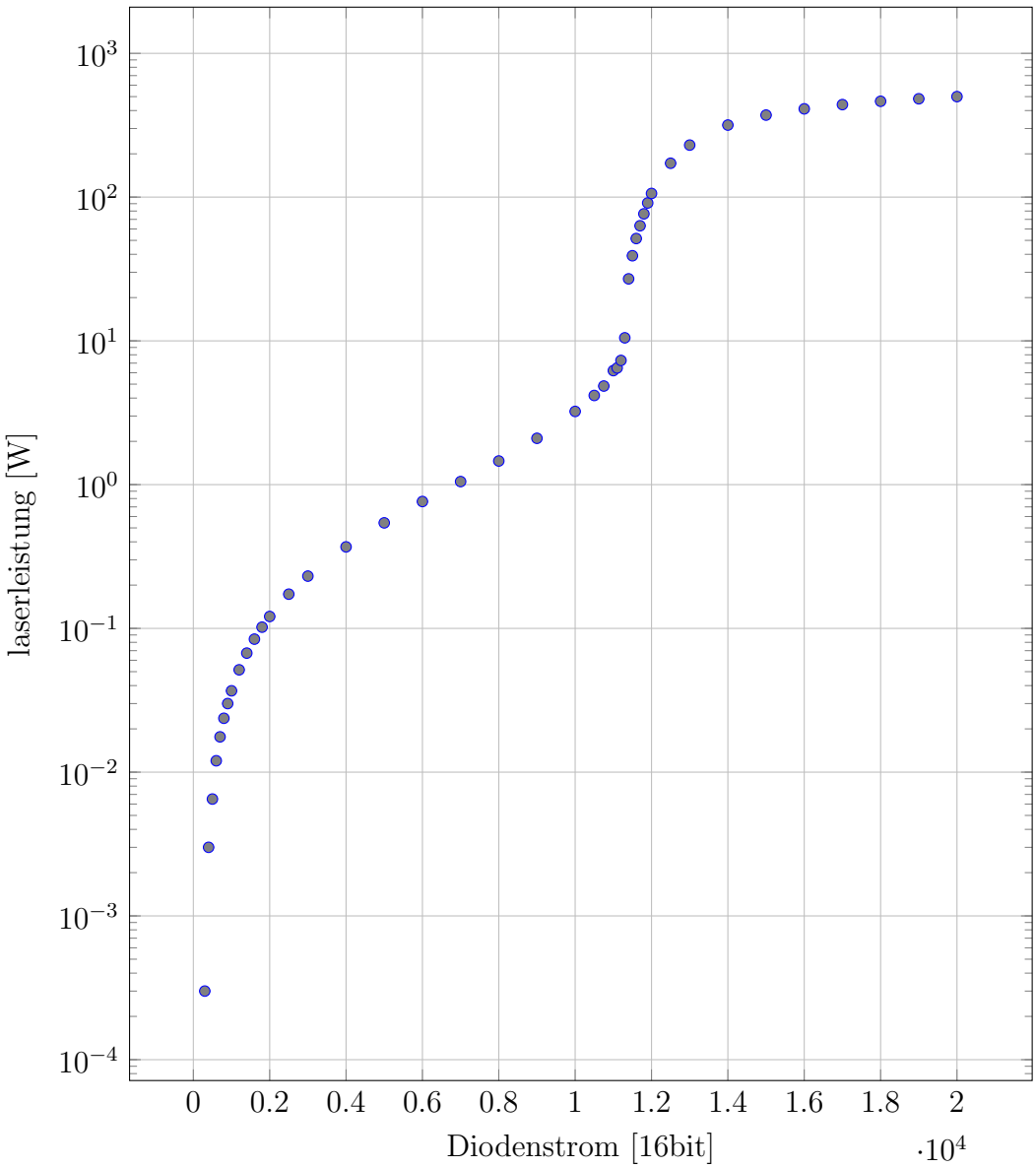

Figure 2: Mit Photosensor aufgenommene Kennlinie der Laserleistung.

Table 1: Pinbelegung und farbliche Zuordnung Arduino Mega: Die mit (b) gekennzeichneten Farben treten doppelt auf und sind dem 8-adrigen Kabel zuzuordnen.

Funktion	μC-Pin	Farbe	Steckerpin
On	7	blau	31
Off	5	schwarz	13
Handshake in	22	pink-grau	10
Handshake out	2 (Interrupt Pin)	gelb (b)	30
Enable	5V	weiß	12
5V	5V	rot (b)	11
GND	GND	braun (b)	9
bit1 (MSB)	23	grün	1
bit2	55	braun	20
bit3	27	grau-braun	2
bit4	29	weiß-pink	21
bit5	31	grau	3
bit6	33	weiß-grün	22
bit7	35	gelb	4
bit8	37	rot-blau	23
bit9	39	weiß-gelb	5
bit10	41	braun-pink	24
bit11	43	grün-braun	6
bit12	45	lila	25
bit13	47	pink	7
bit14	49	rot	26
bit15	51	weiß-grau	8
bit16	53	gelb-braun	27

Table 2: Pinbelegung und farbliche Zuordnung Arduino Leonardo Ethernet (SR=Schieberegister).

Funktion	μC-Pin	Farbe	Steckerpin
On	5	pink-braun	31
Off	6	weiß-rot	13
Handshake in	13	weiß-schwarz	10
Handshake out	2 (Interrupt Pin)	grau-braun	30
Enable	5V	braun-grün	12
5V	5V	braun-blau	11
GND	GND	braun-rot	9
bit1 (MSB)	7 (SR1-A)	weiß	1
bit2	7 (SR1-B)	gelb	20
bit3	7 (SR1-C)	grün	2
bit4	7 (SR1-D)	pink	21
bit5	7 (SR1-E)	gelb-weiß	3
bit6	7 (SR1-F)	blau	22
bit7	7 (SR1-G)	grün-weiß	4
bit8	7 (SR1-H)	rot	23
bit9	7 (SR2-A)	pink-weiß	5
bit10	7 (SR2-B)	braun	24
bit11	7 (SR2-C)	pink-grau	6
bit12	7 (SR2-D)	grau	25
bit13	7 (SR2-E)	rot-blau	7
bit14	7 (SR2-F)	lila	26
bit15	7 (SR2-G)	weiß-blau	8
bit16	7 (SR2-H)	schwarz	27
SR1-SHCP	8	-	-
SR1-STCP	9	-	-

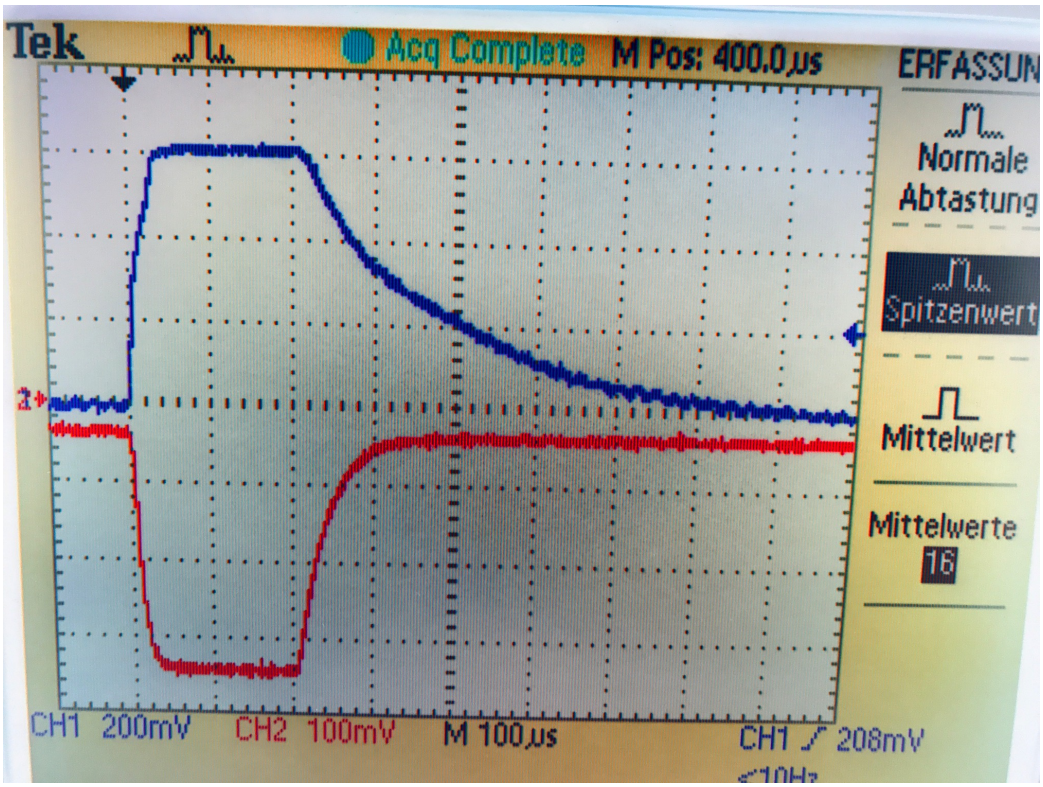

Figure 3: Gemessene Spannung an Laserdiode (rot) und an Photodiode (blau) für Einzelschuss mit eingestellter Pulslänge von 150 µs.

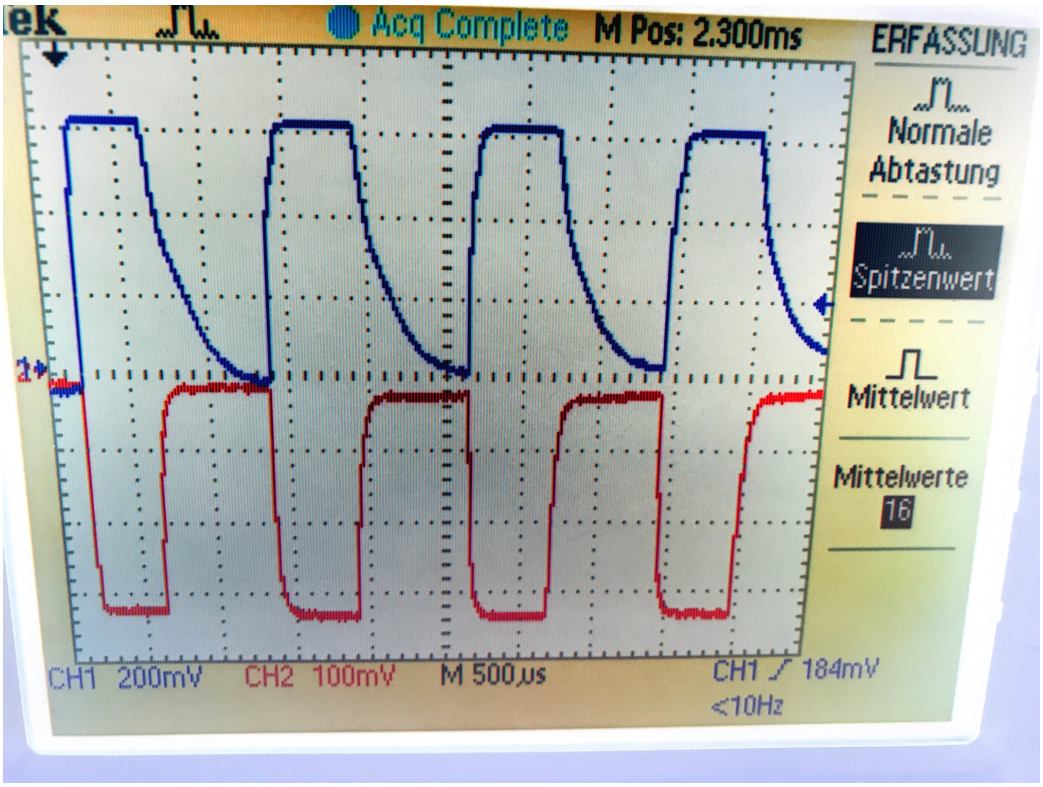

Figure 4: Gemessene Spannung an Laserdiode (rot) und an Photodiode (blau) für Multischuss mit eingestellter Pulslänge von 400 µs und Pulsabstand 400 µs (hinzu kommen konstant 300 µs Schaltgeschwindigkeit).

P3				
(CON1)				
	Pin	Name	Typ	
DC	1	D15	IN	
Wert	20	D14	IN	
16 Bit	2	D13	IN	
	21	D12	IN	
	3	D11	IN	
	22	D10	IN	
	4	D9	IN	
	23	D8	IN	
	5	D7	IN	
	24	D6	IN	
	6	D5	IN	
	25	D4	IN	
	7	D3	IN	
	26	D2	IN	
	8	D1	IN	
	27	D0	IN	
	10	HSPRP3	IN	
	30	HSACP3	OUT	
Power Trafo				
Ein	31	Ein P2	IN über OK	
	(32)			
Aus	13	Aus P2	IN über OK	
	(12)			
		Status		
	33	Ein	OUT über OK	
	15	Phase	OUT über OK	
	34	Wasser	OUT über OK	
	16	Temperatur	OUT über OK	
	(14)			

Figure 5: Steckerzuordnung DC

P1				
(CON3)				
	Pin	Name	Typ	
Impuls	1	D7	IN	
Amplitude	20	D6	IN	
8 Bit	2	D5	IN	
	21	D4	IN	
	3	D3	IN	
	22	D2	IN	
	4	D1	IN	
	23	D0	IN	
	31	Ein	IN über OK	
	(32)			
	13	Aus	IN über OK	
	(12)			
	10	HSPRP1	IN	
	30	HSACP1	OUT	
	33	Ein Impuls	OUT über OK	
	15	-	OUT über OK	
	34	Tür	OUT über OK	
	16	Reserve	OUT über OK	
	(14)			

Figure 6: Steckerzuordnung Pulsamplitude

P2				
(CON2)				
	Pin	Name	Typ	
Impuls	1	D15	IN	
Länge	20	D14	IN	
16 Bit	2	D13	IN	
	21	D12	IN	
	3	D11	IN	
	22	D10	IN	
	4	D9	IN	
	23	D8	IN	
	5	D7	IN	
	24	D6	IN	
	6	D5	IN	
	25	D4	IN	
	7	D3	IN	
	26	D2	IN	
	8	D1	IN	
	27	D0	IN	
	10	HSPRP2	IN	
	30	HSACP2	OUT	
	31	Ein P2	IN über OK	
	(32)			
	13	Aus P2	IN über OK	
	(12)			
		Status		
	33	-	OUT über OK	
	15	Anstieg schnell	OUT über OK	
	34	Clock direkt	OUT über OK	
	16	-	OUT über OK	
	(14)			

Figure 7: Steckerzuordnung Pulslänge

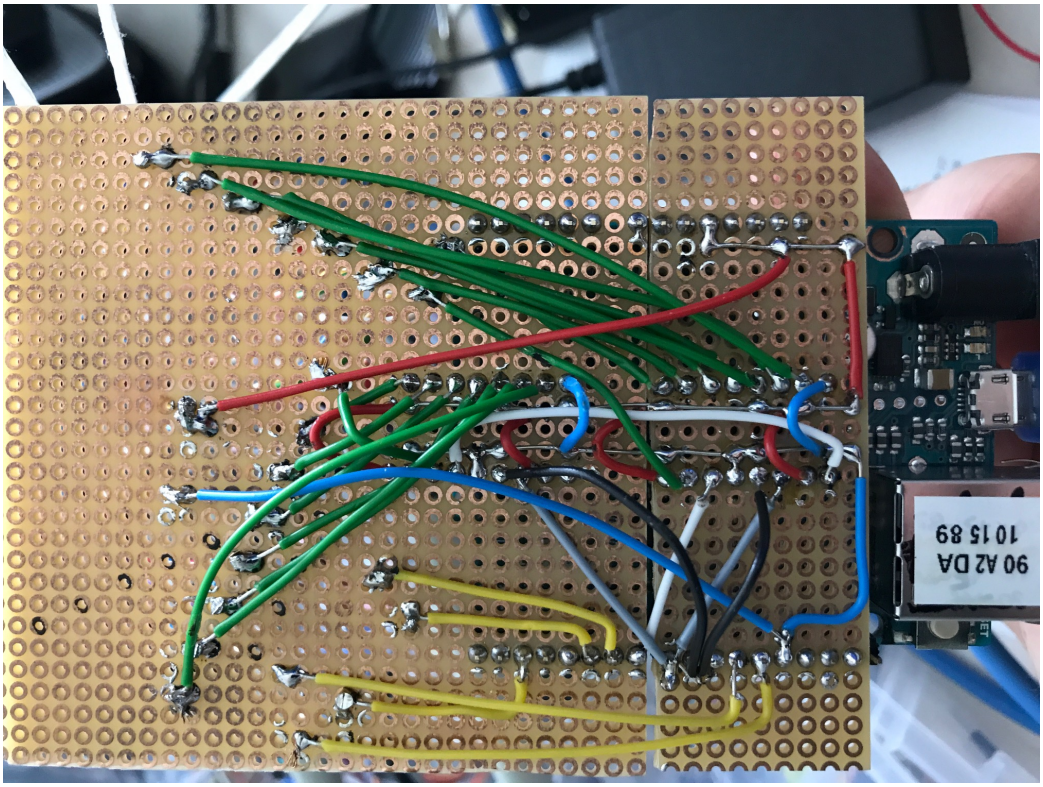

Figure 8: Aufbau Platine.

Kennlinie Pyrometer

x	y [W]	ey [W]
0	-0.0085	0.001
2000	-0.0085	0.001
4000	-0.0083	0.001
6000	-0.0078	0.001
8000	-0.0075	0.001
10000	-0.006	0.001
11000	-0.003	0.001
11200	-0.0015	0.001
11400	0.012	0.001
11600	0.0335	0.001
11800	0.0555	0.001
12000	0.081	0.001
12500	0.142	0.001
13000	0.2083	0.001
13500	0.2755	0.001
14000	0.343	0.001
15000	0.4765	0.001
16000	0.6105	0.001
18000	0.876	0.001
20000	1.14	0.001
22000	1.406	0.001
24000	1.661	0.001
26000	1.914	0.001
28000	2.184	0.001
30000	2.45	0.001
32000	2.707	0.001
34000	2.959	0.001
36000	3.199	0.001
38000	3.469	0.001
40000	3.762	0.001
42000	4.043	0.001
44000	4.279	0.001
46000	4.505	0.001
48000	4.784	0.001
50000	5.008	0.001
52000	5.26	0.001

54000 5.48 0.001
56000 5.721 0.001
58000 5.965 0.001
60000 6.145 0.001
62000 6.362 0.001
64000 6.604 0.001
65535 6.843 0.001

Kennlinie Photodiode
x y [mW] yerror [mW]
0 0 0
300 0.0003 0.0001
400 0.003 0.0001
500 0.0065 0.0001
600 0.0120 0.0001
700 0.0176 0.0001
800 0.0237 0.0001
900 0.03 0.0001
1000 0.0368 0.0001
1200 0.0515 0.0001
1400 0.0673 0.0001
1600 0.0842 0.0001
1800 0.102 0.001
2000 0.121 0.001
2500 0.173 0.001
3000 0.231 0.001
4000 0.369 0.001
5000 0.542 0.001
6000 0.763 0.001
7000 1.05 0.01
8000 1.46 0.01
9000 2.1 0.01
10000 3.23 0.01
10500 4.17 0.01
10750 4.85 0.01
11000 6.21 0.01
11100 6.48 0.01

```
11200 7.31 0.01
11300 10.5 0.01
11400 27 0.01
11500 39.1 0.01
11600 51.5 0.01
11700 63.2 0.01
11800 76.5 0.01
11900 91 0.01
12000 106 0.01
12500 172 0.01
13000 230 0.01
14000 317 0.01
15000 372 0.01
16000 411 0.01
17000 440 0.01
18000 464 0.01
19000 483 0.01
20000 500 0.01
```