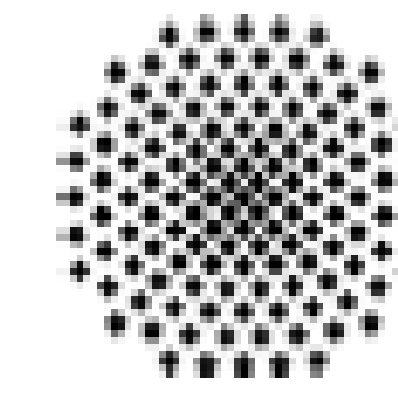


Nichtlineare Optik

von Juliane Ratzsch & Gentian Rrafshi



Universität Stuttgart Fakultät
Mathematik und Physik
www.physik.uni-stuttgart.de

Ziel des Versuchs

An einem Nd:YAG-Laser wird untersucht:

- die Ausgangsleistung als Funktion verschiedener Parameter
- Frequenzverdopplung
- Pulsbetrieb mit Güteschaltung

Grundlagen

Ein Laser besteht aus einer Energiepumpe, einem aktivem Medium und einem optischen Resonator. In diesem Versuch behandeln wir ein Vier-Niveau-System-Laser. Das Termschema hierfür:

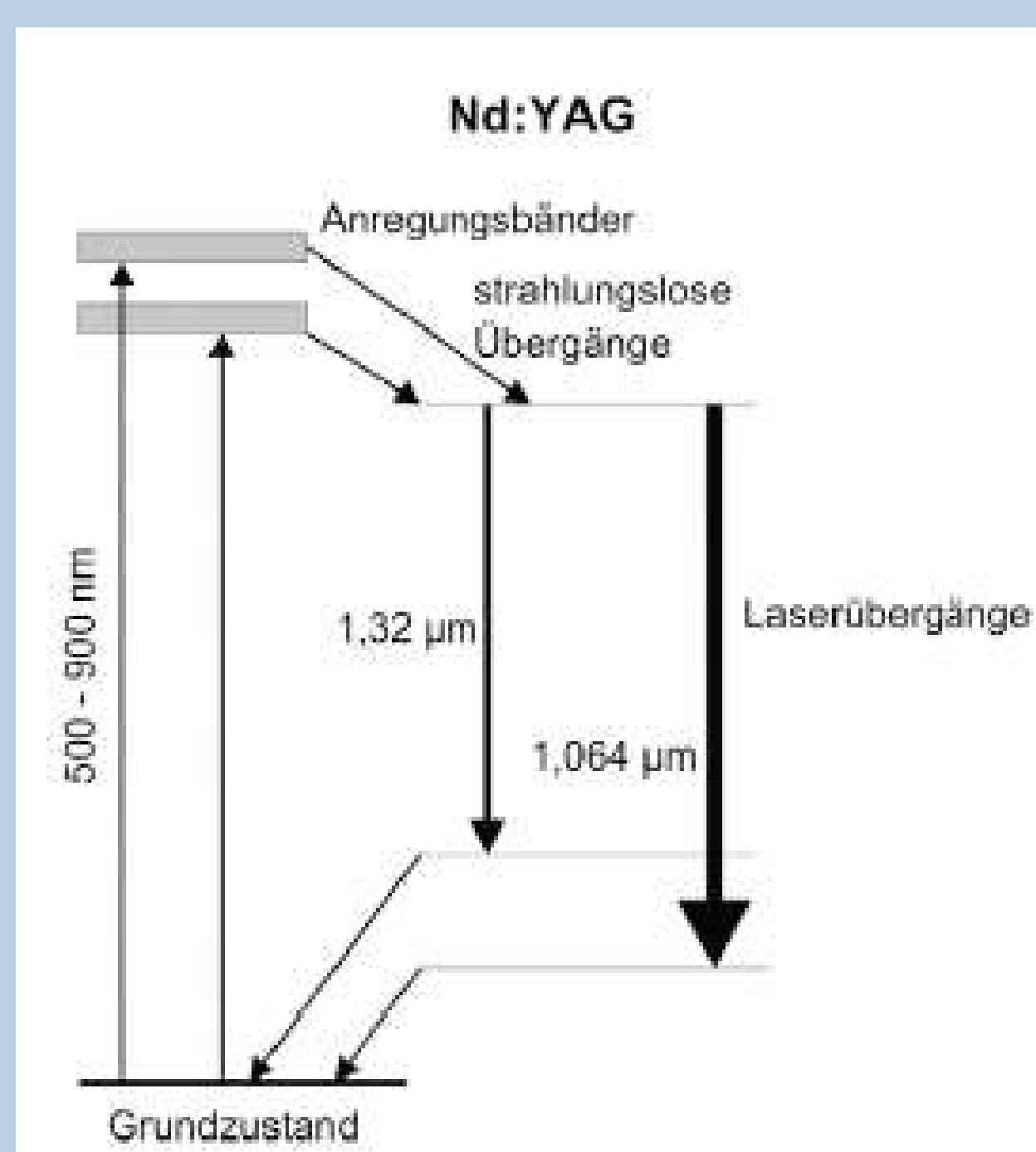


Abbildung 1: Termschema Nd:YAG-Laser

Die Polarisation im aktiven Medium wird beschrieben durch:

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \cdot \sum_{n \in \mathbb{N}_0} \chi^{(n)} \mathbf{E}^n.$$

Die Entwicklungskoeffizienten sind ab der 2. Ordnung sehr klein. Für große Intensitäten sind diese Terme aber relevant. Aus dem quadratischen Term ergibt sich die Frequenzverdopplung. Um die Sekundärstrahlung abzustrahlen, muss eine Phasenanpassung durchgeführt werden

$$n(\omega) = n(2 \cdot \omega).$$

z.B. mit einem doppelbrechenden Kristall

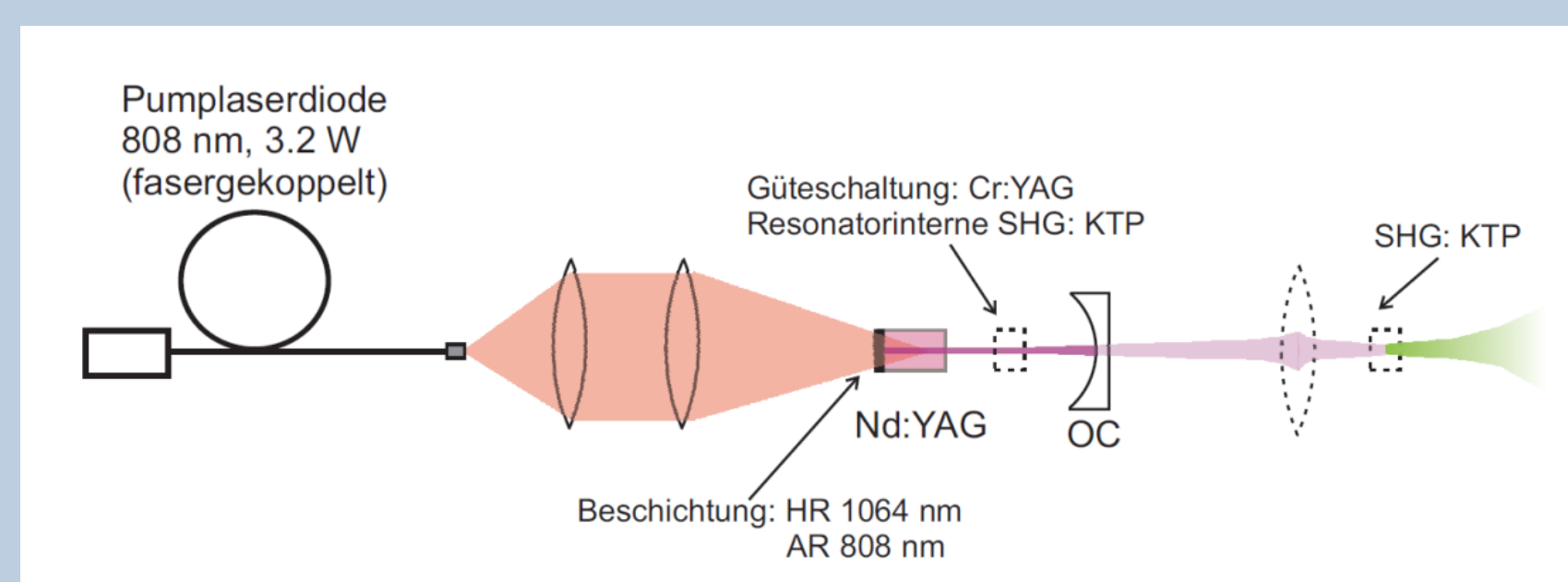


Abbildung 2: schematische Darstellung der Frequenzverdopplung

Zusammenfassung

1. Die Pumpratschwelle (1,8 A) muss überschritten werden. Darüber steigt die Ausgangsleistung linear an. Das frequenzverdoppelte Licht hat eine geringe Ausgangsleistung.
2. Die Ausgangsleistung hängt stark vom Auskoppelungsgrad des Resonators ab.
3. Die theoretische Stabilitätsbedingung wurde experimentell bestätigt.
4. Im Pulsbetrieb steigt die Repetitionsrate mit dem Diodenstrom.

Auswertung

Ausgangsleistung als Funktion des Diodenstroms

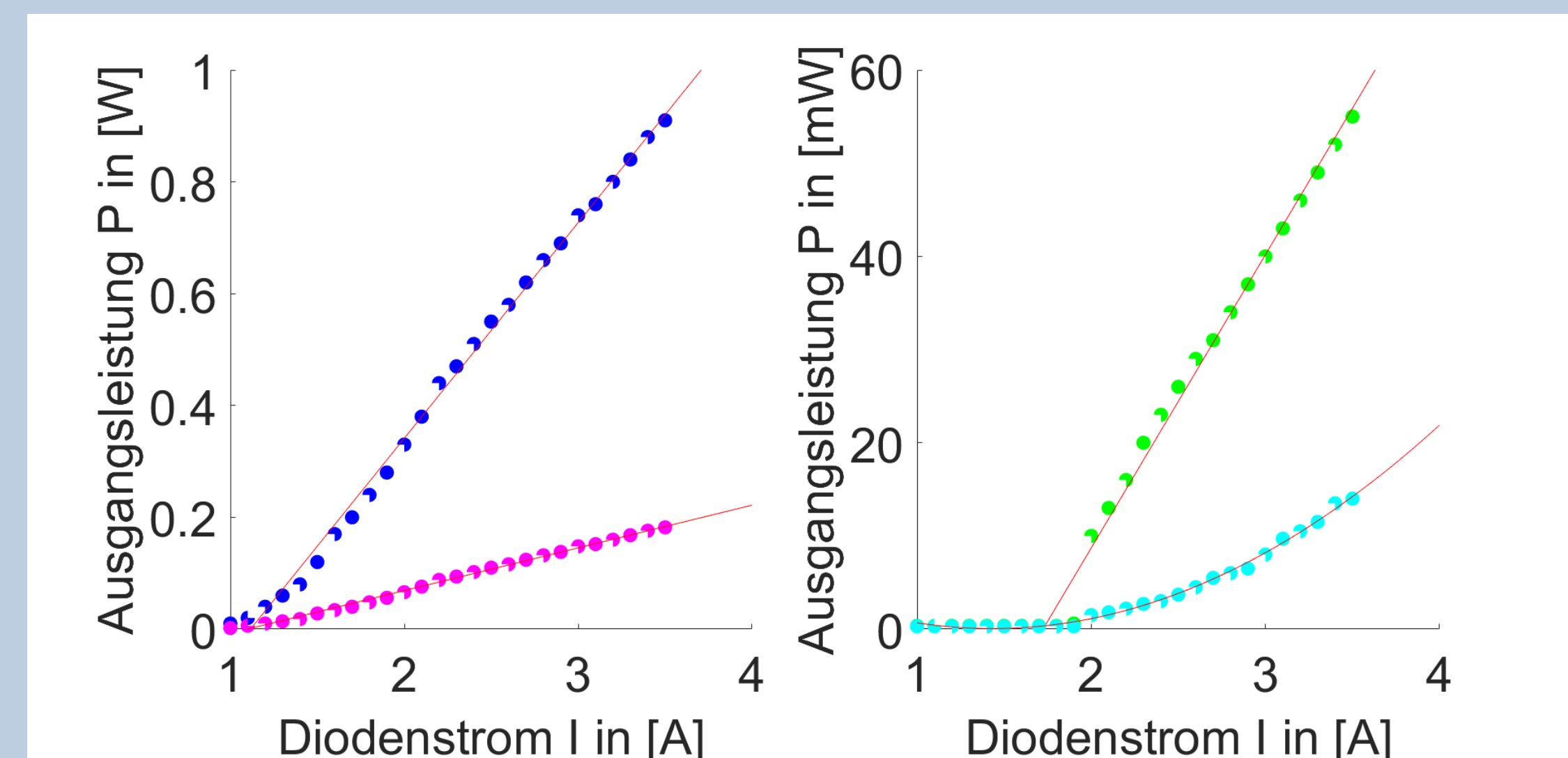


Abbildung 3: Ausgangsleistung als Funktion des Diodenstroms für den cw- Laser (blau), den gepulsten Laser (magenta), für die resonatorexterne Frequenzverdopplung (grün) und für die resonatorinterne Frequenzverdopplung (Cyan).

Außer bei der resonatorinternen Frequenzverdopplung ist der Anstieg der Ausgangsleistung linear. Bei der resonatorinternen Frequenzverdopplung quadratisch.

Die Ausgangsleistung bei verschiedenen Auskoppelungsgraden

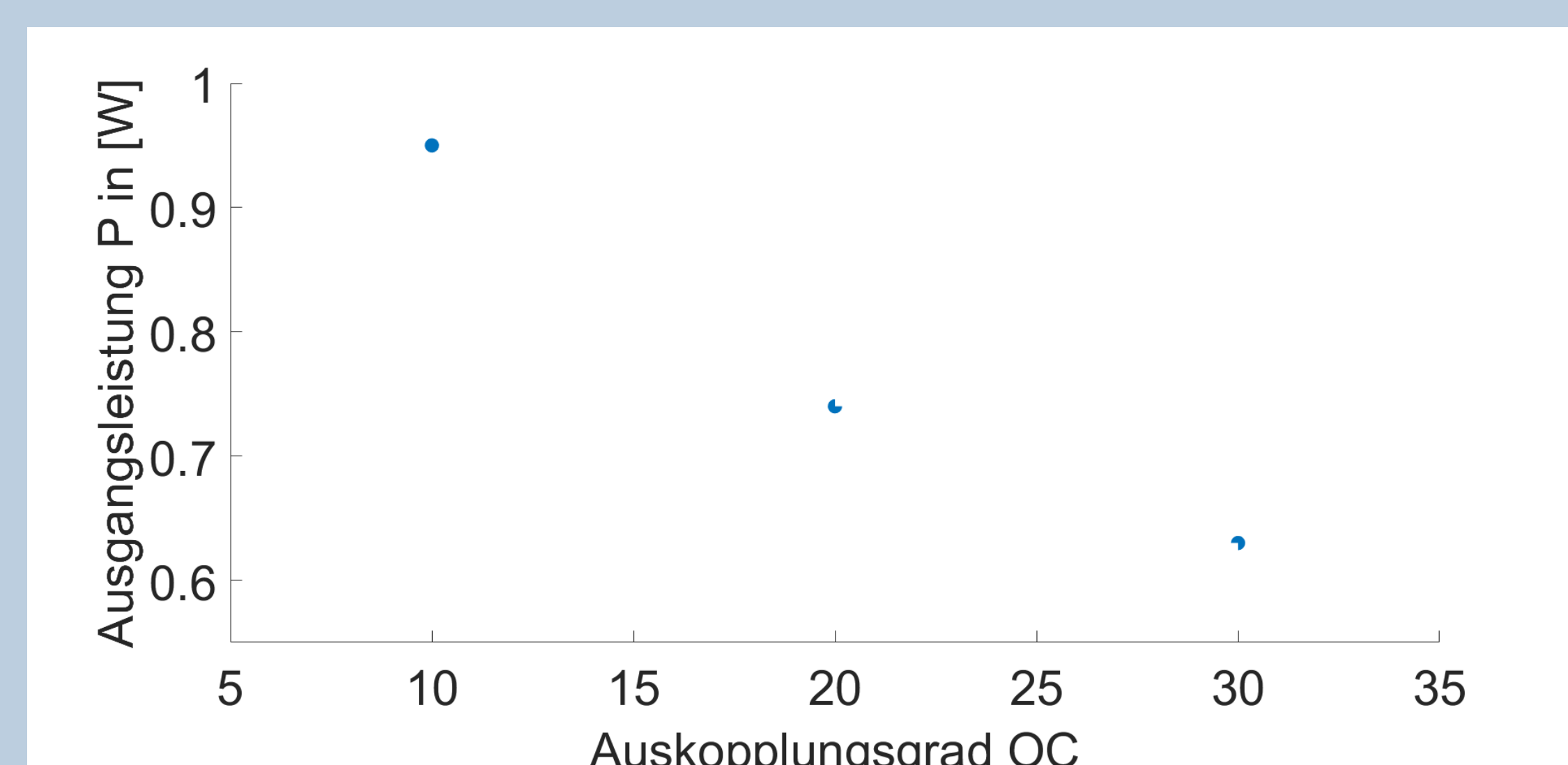


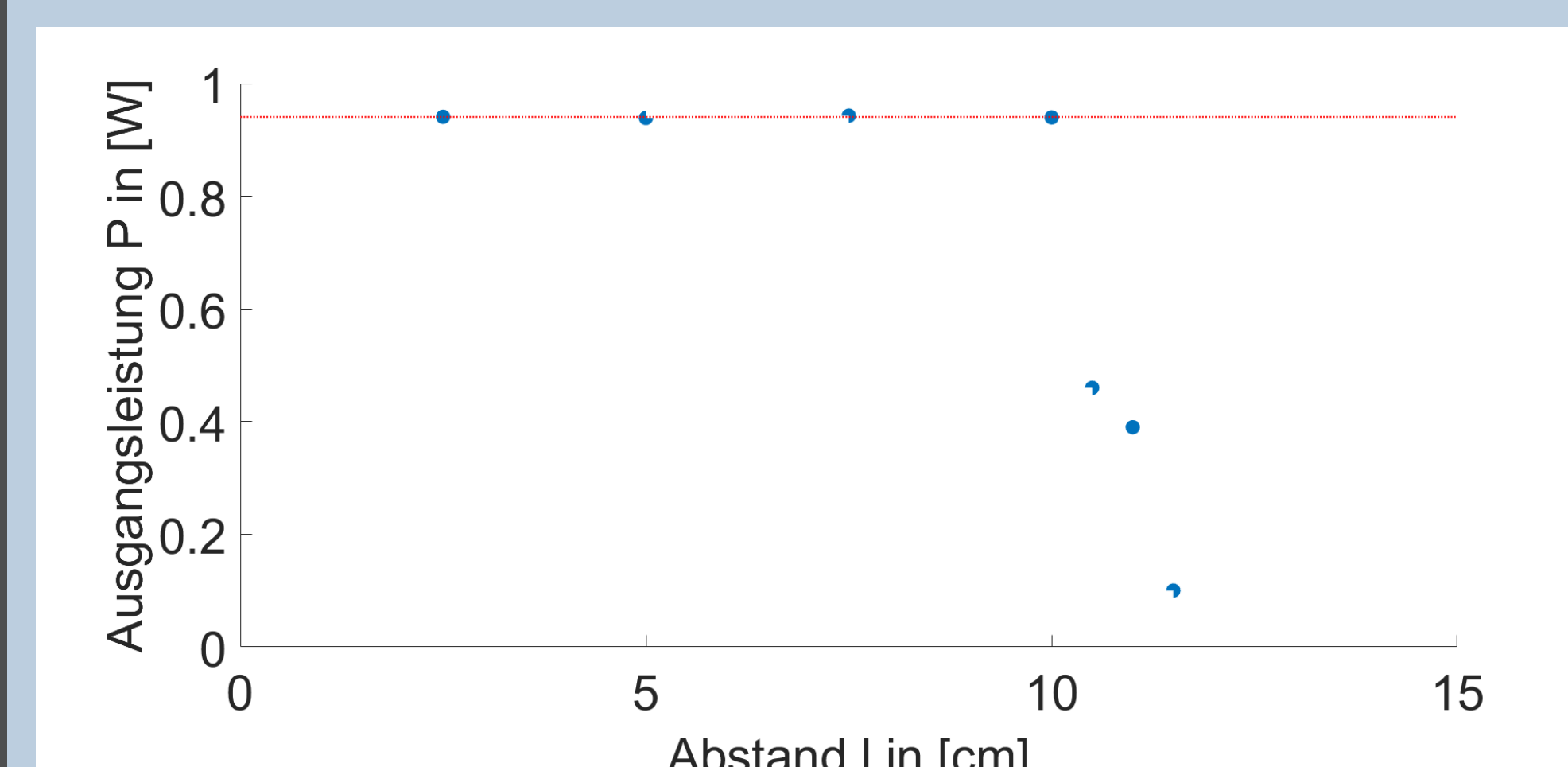
Abbildung 4: Die Ausgangsleistung bei verschiedenen Auskoppelungsgraden

Die beste Leistung wird bei einem Auskoppelungsgrad von 10% erreicht. Das stimmt mit der Theorie überein:

$$P(OC) = -\frac{E_{\text{sat}} \cdot OC}{\tau_L} \cdot \left[\frac{2g_0}{\ln(1 - OC) + \ln(1 - s)} + 1 \right]$$

Für $s \in \{0.01, 0.02\}$ ist das optimale $OC_{\text{max}} \approx 0.11$, was einem Auskoppelungsgrad von 11% entspricht.

Die Ausgangsleistung als Funktion der Resonatorlänge

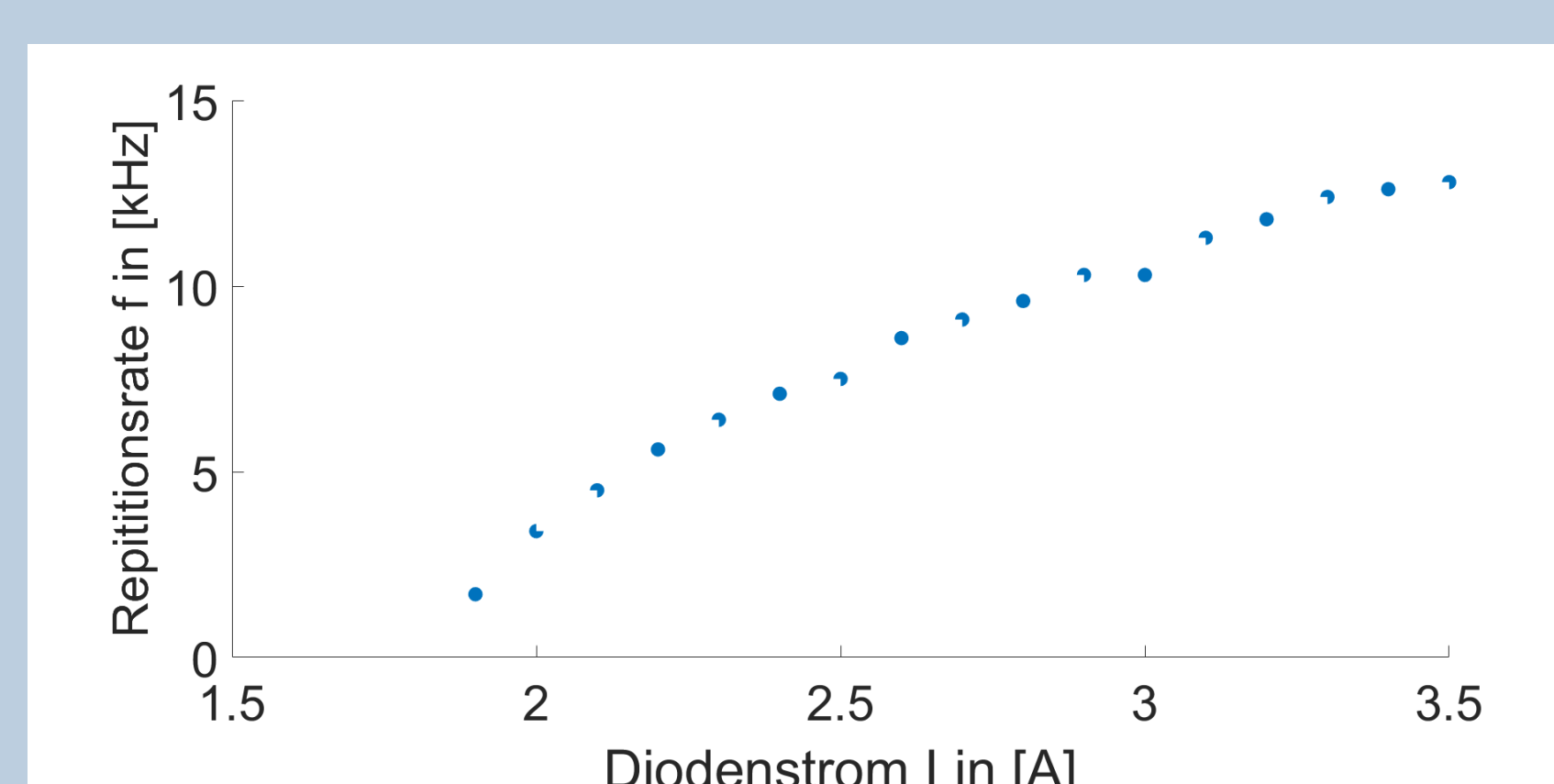


Das Stabilitätskriterium, mit den Spiegelparametern $R_1 = \infty$ und $R_2 = 100 \text{ mm}$ lautet:

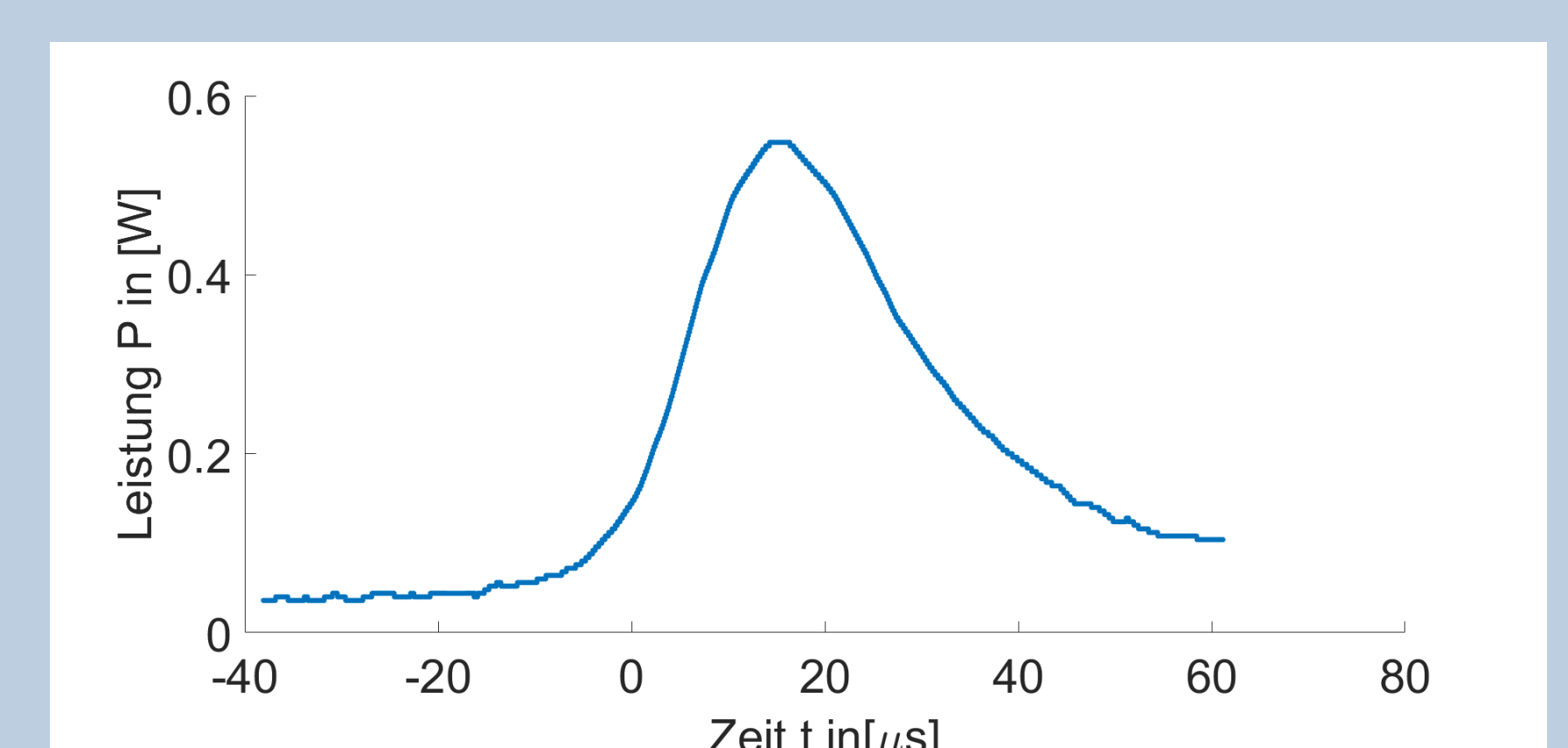
$$0 \leq \left(1 - \frac{l}{100 \text{ mm}} \right) \leq 1.$$

Für stabilen Betrieb muss die Resonatorlänge $l \in [0 \text{ cm}, 10 \text{ cm}]$ sein. Die Messung bestätigt das.

Die Repetitionsrate der Laserpulse in Abhängigkeit vom Diodenstrom



(a) Repetitionsrate der Laserpulse in Abhängigkeit vom Diodenstrom



(b) Ein einzelner Laserpuls. Die Leistung eines güte-geschalteten Lasers über die Zeit.

Die Repetitionsrate liegt im kHz-Bereich. Sie steigt mit steigendem Diodenstrom näherungsweise linear an, da bei größerer Pumpleistung die zur Besetzungsinversion benötigte Zeit sinkt. Die Repetitionsrate strebt außerdem gegen eine maximale Frequenz, da der Q-Switch nicht beliebig schnell schalten kann.