

Nd₂O₃-Nanopartikel-Dispersionslaser im sichtbaren Spektralbereich

S. Spelthann*, N. Tinne**, D. Kracht**, J. Neumann**, D. Ristau* **

*Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover; **Laser Zentrum Hannover e.V.
spelthann@iqo.uni-hannover.de

Motivation

Seltenerd-Nanopartikel können in gasförmige, flüssige und feste Umgebungsmedien eingebracht werden und so als neuartiges und flexibles Lasermedium Grundlage für innovative Laserkonzepte wie sein. Während Glasfaserlaser nach wie vor einen großen Bereich innerhalb der Lasertechnik einnehmen, wird derzeit auch an polymerbasierten Alternativen zur Glasfaser gearbeitet.

Diese bringen andere Randbedingungen für die Optik mit sich. So liegt beispielsweise das Dämpfungsminimum von klassischen Polymerfasern im sichtbaren Spektralbereich, während es bei Glasfasern im Infraroten liegt. Da Polymere bei hohen Leistungsdichten im infraroten Spektralbereich schmelzen, kommen die prominenten Laserübergänge klassischer Lasermedien für Polymerfaserlaser nicht infrage.

Folglich müssen Seltenerd-Nanopartikel auf ihr Lasing-Potential im sichtbaren Spektralbereich hin analysiert werden. In der hier vorgestellten Arbeit wurde das kommerziell erhältliche Nanopartikelsystem Neodymoxid dahingehend genauer untersucht.

Nd₂O₃-Nanopartikel-Dispersion

- 5 wt% Nanopartikel in Dimethyl-Sulfoxid (DMSO)
- Mittlerer Durchmesser $\varnothing_{NP} = 13$ nm
- Absorptionsbanden bei 525 nm und 583 nm liegen im Dämpfungsminimum von PMMA
- Geringe Fluoreszenzlebensdauern [1], daher für Laseraktivität benötigt:
Millijoule-Impulse
Nanosekunden-Pulsdauer
1 Hertz Wiederholrate
→ gütegeschalteter SHG-Nd:YAG-Laser

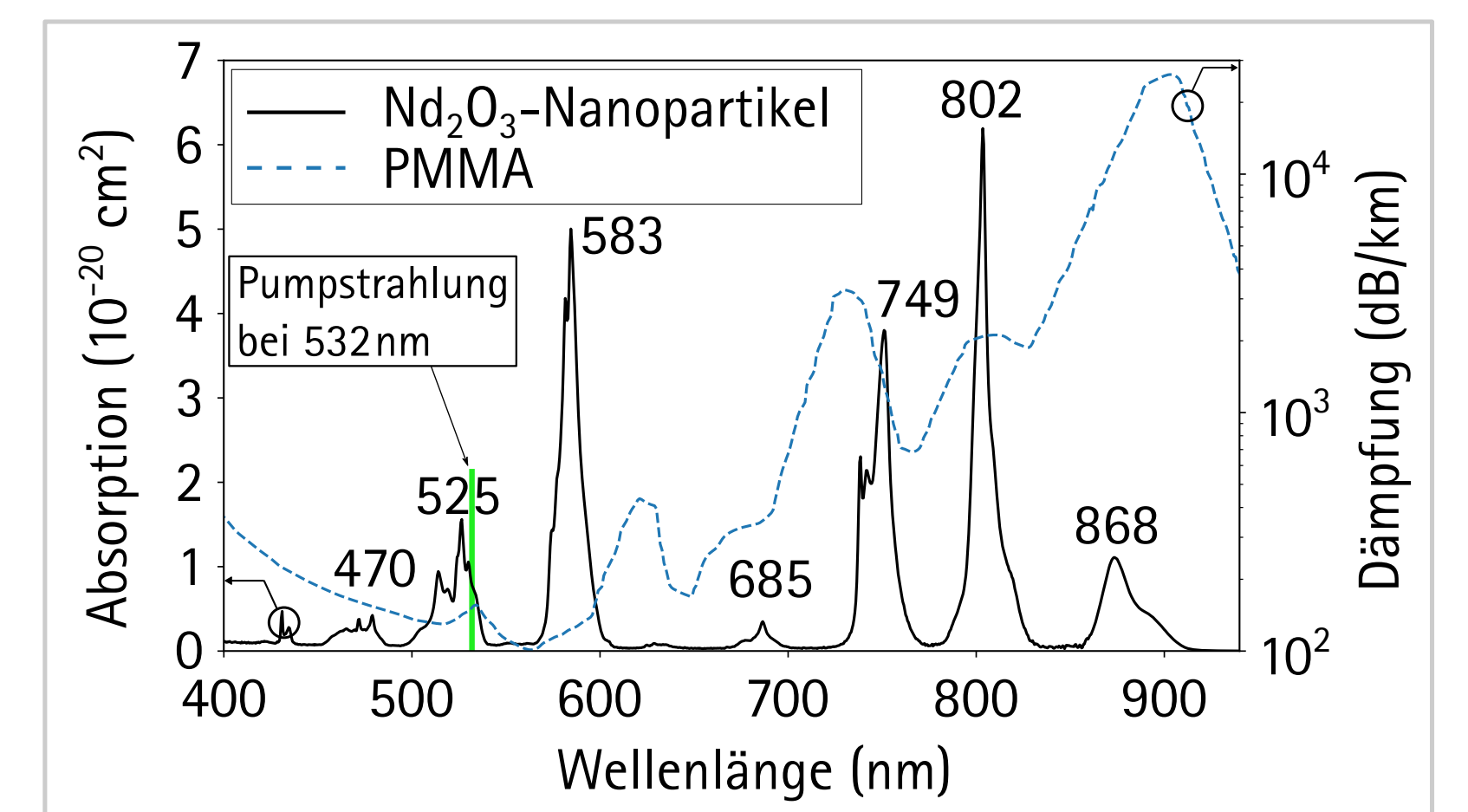


Abb. 1: Aus Transmissionsdaten berechnetes Absorptionsspektrum der Nd₂O₃-Nanopartikel und spektrale Dämpfung von PMMA [2].

Laseremission bei 629 nm

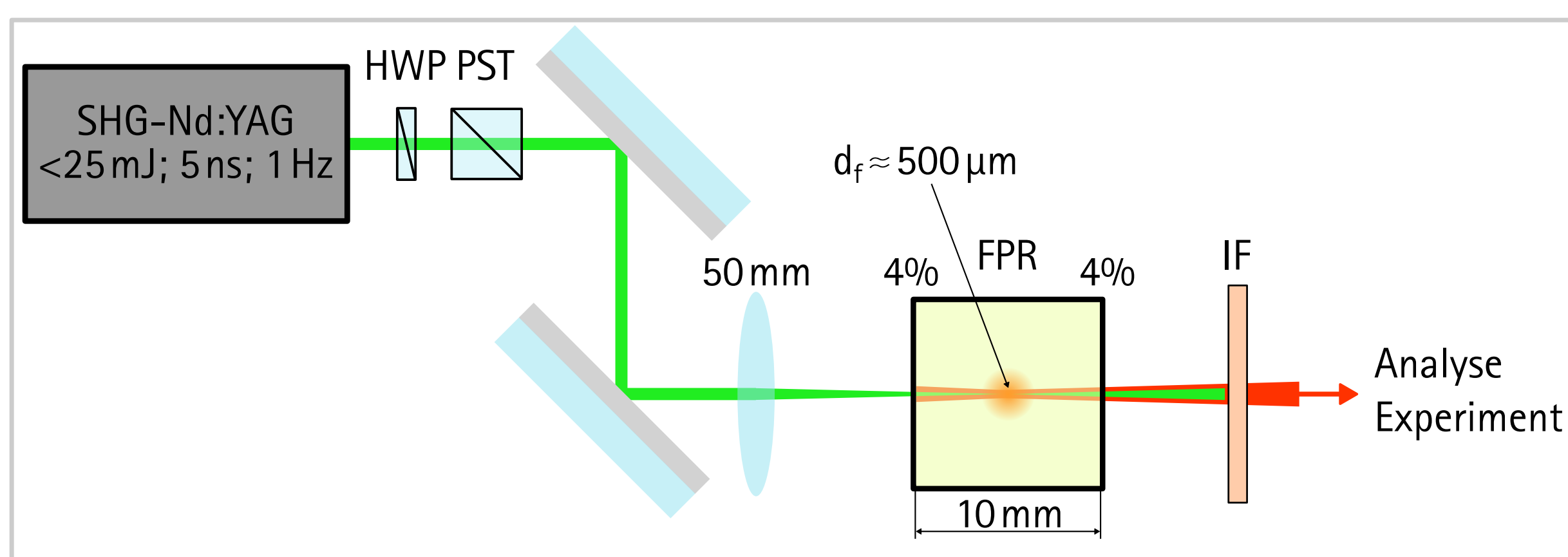


Abb. 2: Aufbau des Nanopartikel-Dispersionslasers. Per Halbwellenplatte (HWP) und Polarisationsstrahlteiler (PST) lässt sich die in den Fabry-Perot-Resonator (FPR) eingestrahlte Pumpenergie regulieren. Mittels Interferenzfilter (IF) kann das verbleibende Pumplicht bei der weiteren Analyse unterdrückt werden.

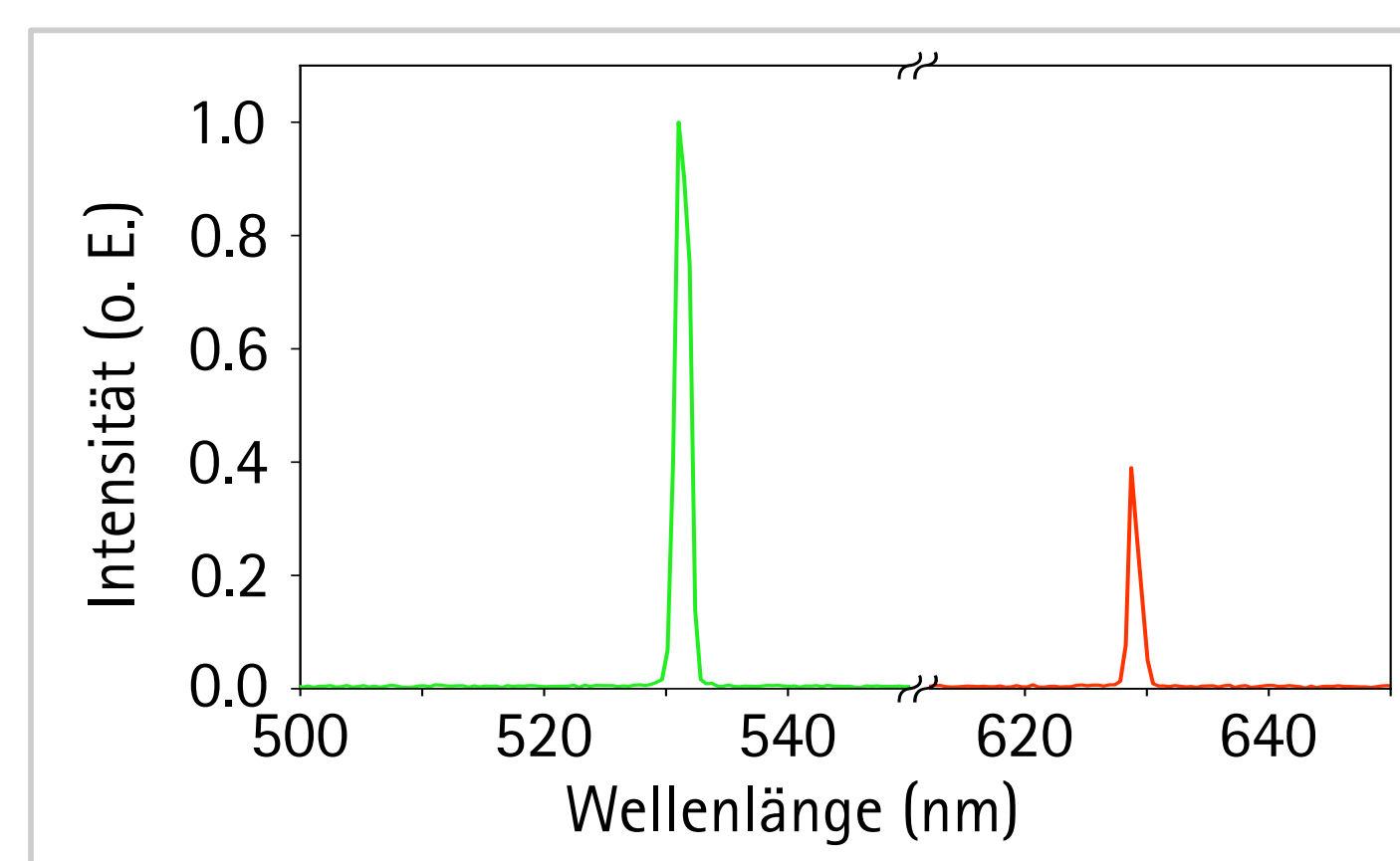


Abb. 3: Pumpstrahlung (grün) und Laseremission (rot).

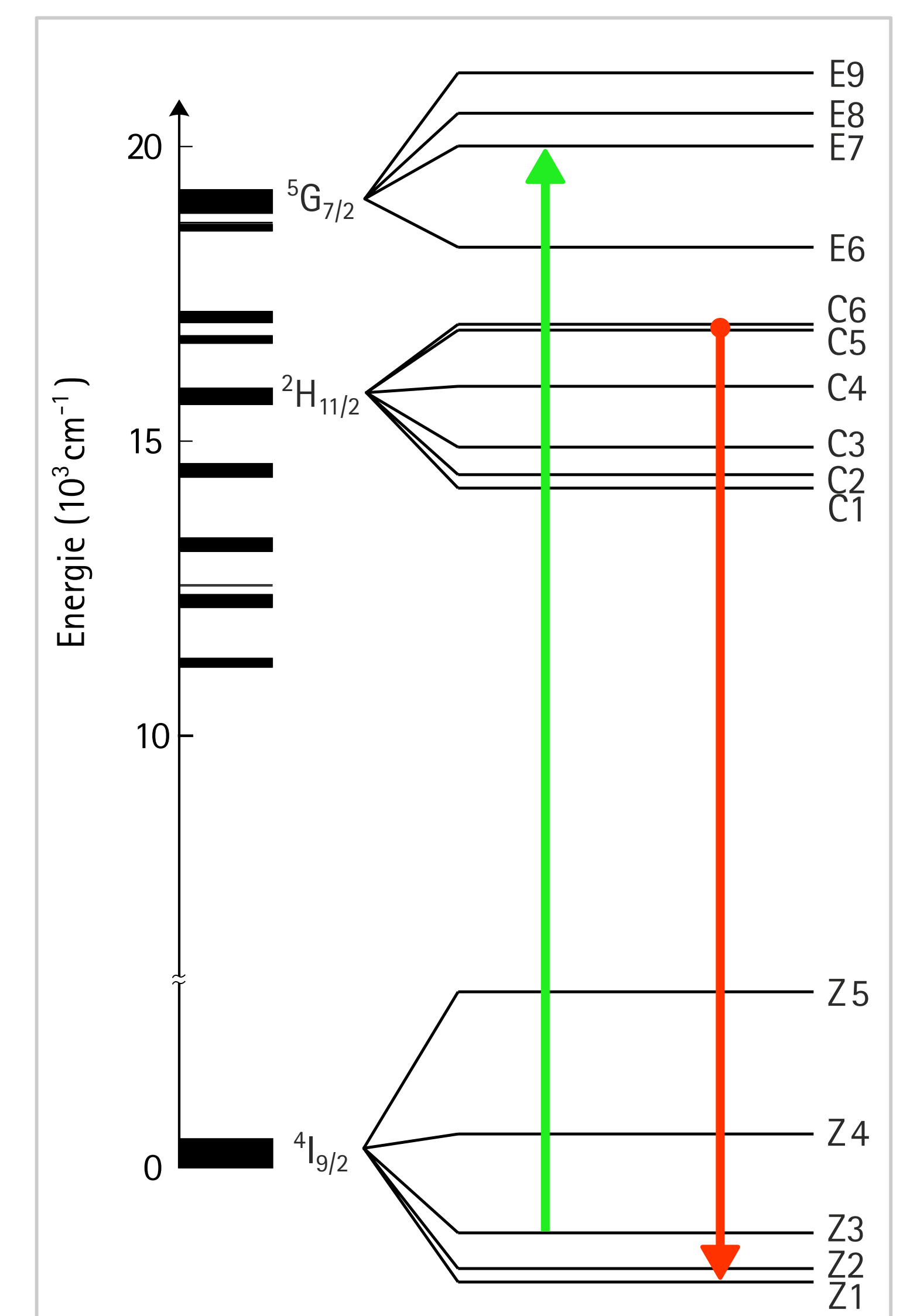


Abb. 5: Termschema von Nd₂O₃ mit eingezeichnetem Pumpübergang (grün) und Laserübergang (rot) nach [3].

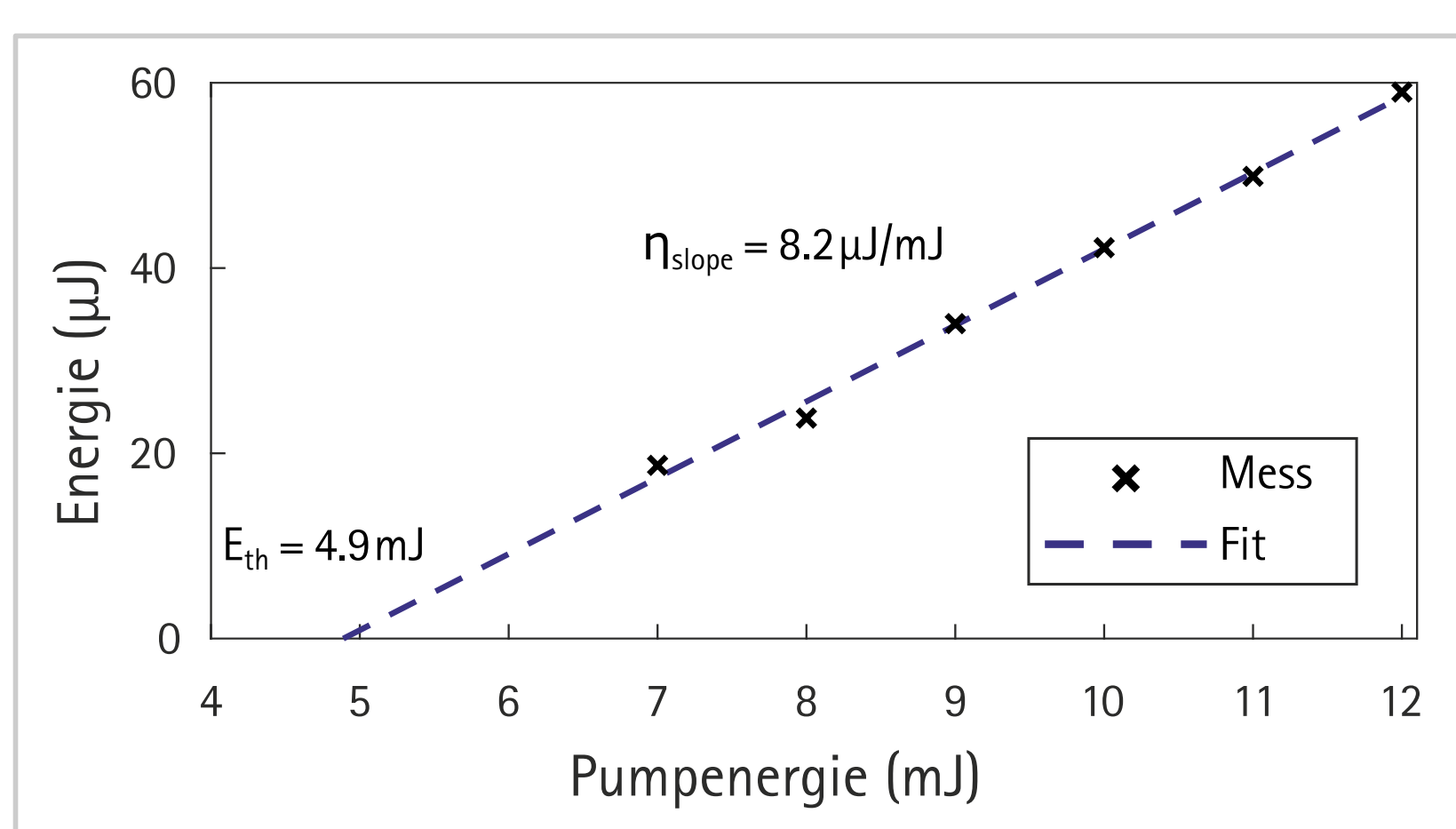


Abb. 4: Energie-Kennlinie des Nanopartikel-Dispersionslasers.

- Die Nanopartikel-Dispersion wurde in eine Küvette gegeben, die als Fabry-Perot Resonator geringer Güte diente.
- Die Nanopartikel-Dispersion wurde mit Pulsen eines SHG-Nd:YAG-Lasers bei einer Wellenlänge von 532 nm gepumpt.
- Der Laserresonator geringer Güte emittierte Strahlung bei einer Wellenlänge von 629 nm.
- Der gemessene differentielle Wirkungsgrad liegt bei 8.2 μJ/mJ. Die Schwelle zum Laserbetrieb liegt bei einer eingestrahlten Pumpenergie von 4.9 mJ.
- Pump- und Laserübergang wurden im Termschema identifiziert:

Pumpübergang bei 532 nm: $4I_{9/2} Z3 \rightarrow 5G_{7/2} E7$
Laserübergang bei 629 nm: $2H_{11/2} C5, C6 \rightarrow 4I_{9/2} Z1, Z2$

Optimierung und weitere Schritte

- Kann der differentielle Wirkungsgrad verbessert werden?
Mehr Pumpenergie durch Mehrfachdurchgang im Medium deponieren und höhere Resonatorgüte verwenden.
- Funktioniert der Laser auch nach der Einbettung der Nanopartikel in das Polymer?
- Gibt es weitere Übergänge im sichtbaren Spektralbereich?
Weitere Absorptionsbanden in Nd₂O₃-Nanopartikeln adressieren. Mit Intracavity-Filter verschiedene Emissionsbanden ansprechen.
- Nanopartikel aus klassischen Laserkristallen versprechen höhere Fluoreszenzlebensdauern.
- Praseodym ist ein prominentes Lanthanid für im sichtbaren Spektralbereich emittierende Laser.
Emissions- und Absorptionsübergänge liegen im Bereich minimaler Dämpfung von PMMA.

Danksagung

Das Verbundprojekt LAPOF (Teilprojekt DEHERA) wird mit Mitteln vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung gefördert (Fördernummer ZW 685003502).

Referenzen

- [1] Y. Tzuk, C. Goren, D. Raanan, G. Strum, Opt. Lett. **37**, 5 (2012)
- [2] H. P. A. van den Boom, W. Li, P. K. van Bennekom, I. Tafur Monroy, Giok-Djan Khoe, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **7**, 3 (2001)
- [3] J. R. Henderson, M. Muramoto, J. Chem. Phys. **46**, 7 (1967)