

Dentale Lasersysteme

Teil IV: Der Neodymium:YAG-Laser

René Franzen, Andrea Strobl und Jörg Meister

Schlüsselwörter

Festkörper-Laser, Neodymium, Nd:YAG-Laser, Nomenklatur

Zusammenfassung

Seit nunmehr fast 20 Jahren werden Neodymium-Laser sowohl in der dentalen Praxis als auch in der Zahntechnik eingesetzt. In diesem Artikel werden die technisch-physikalischen Aspekte dieser Geräteklasse vorgestellt. Unter anderem werden die chemischen Eigenschaften des Laserkristalles und das allgemeine Funktionsprinzip beschrieben. Des Weiteren werden Lichtübertragungssysteme wie z. B. Fasern oder Spiegelgelenkarme sowie die zugehörigen Handstückausführungen erörtert.

Seit den späten 1980er Jahren sind die Neodymium-Laser^{1,2}, für die Endodontie³, Parodontologie⁴, Chirurgie und neben einigen anderen Indikationen^{5,6}, gerne angewandte Lasersysteme in der Zahnheilkunde. Ihre Emissionswellenlänge liegt im nahen Infrarot (NIR) bei 1,064 μm und ist für das Auge nicht wahrnehmbar. Diese Wellenlänge besitzt eine gute Absorption in Melanin⁷, einem Bestandteil zahlreicher Zellkerne pathologischer Keime in der Mundhöhle. In der Zahnheilkunde kommt in der Regel der Neodymium³⁺: Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Nd:YAG) zum Einsatz.

Das Element Neodymium (Ordnungszahl 60) gehört zu den Elementen der Seltenen Erden oder auch Lanthaniden. Es wurde 1841 von C. G. Mosander als rosafarbene Oxidverbindung entdeckt, welche er als neues Element Didymium benannte. Zu dieser Zeit galt es als „unzertrennbares Zwillingselement“ (didymos; griechisch für Zwilling) zum Lanthanum, was zu dieser Namensgebung beitrug. Im Jahre 1885 gelang es Welsbach, dieses „Zwillingselement“ weiter in zwei neue Elemente zu separieren, in Neodymium (Nd) und Praseodymium (Pr). Neodymium stellt sich als helles, silberweißes Metall dar. Das laseraktive Element Neodymium wird als Ion (Nd^{3+}) in eine synthetische, für die Laserwellenlänge transparente Trägermatrix eingebettet (dotiert). Dabei werden Ionen aus der Trägermatrix durch Ionen des laseraktiven Elements ausgetauscht. Je nach Zusam-

ensetzung der Trägermatrix variiert die Emissionswellenlänge des Lasers, wobei diese für Neodymium im Spektralbereich zwischen 1–1,4 μm liegt. Typischerweise wird Neodymium in eine YAG-Matrix eingebettet. Diese Buchstaben beschreiben die chemische Zusammensetzung dieser Kristalle aus den Elementen

Y: Yttrium
Al: Aluminium
G: Granat.

Die chemische Formel lautet: $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Daraus ergibt sich die Namensgebung des Lasersystems: Nd:YAG-Laser. Meist wird dieser Lasertyp mittels Blitzlampe angeregt, es sind jedoch auch diodengepumpte Systeme für den dentalen Einsatz erhältlich. Im Pulsbetrieb können die Nd:YAG-Laser bis zu einer Pulswiederholrate von 100 Hz und Durchschnittsleistungen von 15 W bei Pulsenergien von 1 J betrieben werden. Für den Einsatz in der Zahntechnik werden Nd:YAG-Lasersysteme konfiguriert, die mit Pulsenergien von 60 J, einer Pulswiederholrate von 20 Hz und Pulsdauern von 50000 μs in einem Leistungsbereich liegen, die weit über die Leistungsparameter der dentalen Lasersysteme hinausgeht. Zudem werden die Neodymium dotierten Lasersysteme als Basislaser für die Frequenzver-

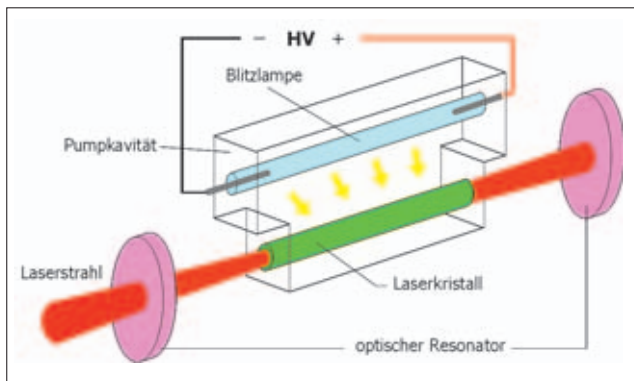
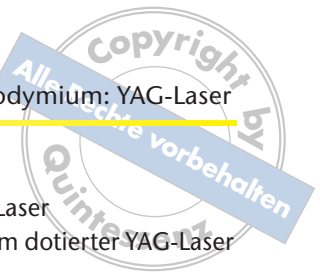


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Festkörper-Lasersystems¹⁰. Als aktives Medium kommt ein neodymdotierter Laserkristall zum Einsatz, der mittels Optischem Pumpen mit einer Blitzlampe angeregt wird.

dopplung (z. B. 2Ω Nd:YAG mit einer Wellenlänge von 532 nm) herangezogen, welche ebenfalls in der Zahnheilkunde eingesetzt werden^{8,9}.

Die Neodymium-Laser gehören zur Familie der Festkörperlaser. Die geometrischen Abmessungen der Laserstäbe, wie sie typischerweise in den Dentallasern eingesetzt werden, liegen bei Durchmessern zwischen 3–6 mm und Längen von 80–100 mm. Dies hängt von der Geometrie der Pumpkavität, des Resonators und der gewünschten Ausgangsenergie/-leistung des Systems ab. Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen Festkörper-Lasersystems. Die derzeit am Markt erhältlichen Geräte bieten eine große Variationsbandbreite der physikalischen Parameter an. Pulswiederholrate, Durchschnittsleistung, Pulsenergie und Pulsdauer lassen sich in verschiedenster Weise einstellen. Zu den oben bereits erwähnten Betriebsdaten kommen noch Einstellwerte von Pulsdauern im Bereich zwischen 50 und 25000 μ s hinzu. Je nach Hersteller sind die Nd:YAG-Laser in verschiedenen Varianten erhältlich. Es gibt sowohl die klassischen Einzellasergeräte als auch Kombinationslasergeräte, in denen mehrere Laser integriert sind, so z. B. Nd:YAG- und Er:YAG-Laser. Auch bei der Lichtübertragung vom Laser zum Patienten gibt es verschiedene Ausführungen. Die Neodymium Laserstrahlung kann über einen Spiegelgelenkarm, was in der Zahnheilkunde aufgrund der vergleichsweise geringen Pulsleistungen nicht kommerziell anzutreffen ist, oder über eine Lichtleitfaser vom Gerät zum Handstück geleitet werden. Meist findet im Handstück eine direkte Auskopplung aus der Faser statt für die Quasi-Kontakt-Nutzung am dentalen Gewebe.

Zum Abschluss sei hier noch auf die richtige Schreibweise hingewiesen. Bei den Neodymium-Lasern handelt es sich um neodymium dotierte Kristallstrukturen. Dieser Dotierungsprozess wird in der richtigen Schreibweise mit einem Doppelpunkt gekennzeichnet. Somit gilt:

Nomenklatur: Neodymium:YAG-Laser
oder voll ausgeschrieben Neodymium dotierter YAG-Laser
Abkürzung: Nd:YAG-Laser

Literaturverzeichnis

1. Geusic JE, Marcos HM, Van Uitert LG, „Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminium, yttrium gallium and gadolinium garnets,“ *Appl Phys Lett* 1964;4(10):182–184.
2. Geusic JE, „The continuous Nd:YAG laser,“ *IEEE J Quant Electron* 1966;2(4):105.
3. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K, „Lasers in endodontics: a review,“ *International Endodontic Journal* 2000;33:173–185.
4. Aoki A, Sasaki KM, Watanabe H, Ishikawa I, „Lasers in nonsurgical periodontal therapy,“ *Periodontol* 2000 2004;36:59–97.
5. Gold SI, Vilaridi, MA, „Pulsed laser beam effects on gingiva,“ *J Clin Periodontol* 1994;21(6):391–396.
6. Thomas D, Rapley JW, Cobb CM, Spencer P, Killoy WJ, „Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on in vitro fibroblasts attachment to root surfaces,“ *J Clin Periodontol*1994;21(1):38–44.
7. Jacques SL, „Optical Absorption of Melanin,“ Oregon Medical Laser Center. <http://omlc.ogi.edu/spectra/melanin/index.html> 2006.
8. Machida T, Wilder-Smith P, Arrastia AM, Liaw LHL, Berns MW, „Root canal preparation using the second harmonic KTP:YAG laser: Athermographic and scanning electron microscopic study,“ *J Endodon* 1995;21(2):88–91.
9. Nammour S, Rocca JP, Keiani K, Balestra C, Snoeck T, Powell L, Van Reck J, „Pulpal and periodontal temperature rise during KTP laser use as a root planning complement in vitro,“ *Photomed Laser Surg* 2005;23(1):10–14.
10. Franzen R, Meister J, Apel C, „Grundlagen der Laserzahnheilkunde Teil II: Das Prinzip des Lasers,“ *LaserZahnheilkunde* 2004;1(2):115–118.

Korrespondenzadresse

René Franzen und Jörg Meister
Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und
Präventive Zahnheilkunde,
Universitätsklinikum RWTH Aachen
Pauwelsstr. 30, 52074 Aachen
E-Mail: jmeister@ukaachen.de

Dental Laser Systems – Part IV: The Neodymium:YAG Laser

Key words: Solid-state laser, Neodymium, Nd:YAG laser, Nomenclature

Summary

For almost 20 years neodymium lasers are being used as well as in the dental offices and in the dental labs around the world. In this article the technical and physical aspects of this group of laser systems are introduced. The chemical property of the laser crystal and the general laser principle in this solid-state laser is outlined. Light transmission systems like fibers or articulated mirror arms as well as the corresponding handpieces are described.