Hautarzt
2000 · 51:152–158 © Springer-Verlag 2000

Übersicht

Bärbel Greve · **Christian Raulin** · Praxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie Dr. C. Raulin und Laserklinik Karlsruhe

Der Nd:YAG-Laser im Wandel der (Impuls-) Zeiten – Einsatzgebiete in der Dermatologie

Zusammenfassung

Der Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat-(Nd:YAG-)Laser gehört zu den vielseitigsten und interessantesten Lasern in der dermatologischen Lasermedizin. Kaum ein anderer Laser hat im Laufe der Jahre ein derart breites Anwendungsspektrum erreicht. Je nach Wellenlänge (1064 nm, frequenzverdoppelt 532 nm) und Betriebsart (kontinuierlich, gütegeschaltet, langgepulst) umfaßt er die Behandlung von benignen pigmentierten (Schmuck- und Schmutztätowierungen, Naevus Ota, Café-au-lait-Fleck, Lentiginines) und vaskulären (Hämangiome, Naevus flammeus, essentielle Teleangiektasien, Angiome) Hautveränderungen. Daneben wird er auch vereinzelt zur Entfernung von Kaposi-Sarkomen und epithelialen Tumoren eingesetzt.

Schlüsselwörter

Nd:YAG-Laser · Gütegeschalteter Nd:YAG-Laser · Interstitielle Nd:YAG-Laser-Therapie · Langgepulster Nd:YAG-Laser · Tätowierungen · Hämangiome · Naevi flammei · Teleangiektasien

Der Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat- (Nd:YAG-)Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm und 532 nm (frequenzverdoppelt) ist neben dem Kohlendioxidlaser der vielseitigste Laser in der dermatologischen Lasertherapie. Seit seiner Einführung konnte durch ständige Erweiterung des Betriebsmodus (continuous-wave, langgepulst, gütegeschaltet) sein Indikationsspektrum erweitert werden. Da bisher kein Nd:YAG-Laser kommerziell erhältlich ist, der über alle drei Betriebsweisen verfügt, ist für jede einzelne ein separates Gerät notwendig.

Die koagulierende Wirkung der Laserstrahlen im continuous-wave-(cw-)Modus machen den Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 1064 nm zu einer geeigneten Methode für die Behandlung von tiefliegenden (subkutanen) Gefäßveränderungen wie Hämangiomen und Malformationen [6, 11, 20, 29–30, 36, 40–42]. Je nach Beschaffenheit der vaskulären Veränderungen werden dabei die Laserstrahlen entweder durch einen Eiswürfel direkt auf die Haut appliziert (perkutane Nd:YAG-Lasertherapie) oder transkutan über eine dünne Laserfaser tief in das Gefäßgewebe eingeführt (interstitielle Nd:YAG-Lasertherapie).

Der langgepulste Nd:YAG-Laser (VersaPulse®) im frequenzverdoppelten Modus mit einer Impulszeit von bis zu 50 ms ist die neueste Variante und steht, an der Impulszeit gemessen, zwischen dem continuous-wave und gütegeschalteten Nd:YAG-Laser. Da das Licht der Wellenlänge 532 nm nahe eines der Absorptionsmaxima des oxygenierten Hämoglobins liegt, zerstört es, in Kombination mit einer ausreichend langen Impulszeit, kleine dermale Gefäße. Aus diesem Grund eignet sich dieser Laser besonders für die Behandlung oberflächlicher vaskulärer Hautveränderungen (Naevi flammei, essentielle Teleangiektasien, oberflächliche dünne Besenreiservarizen, Spider-Naevi, senile Angiome) [2, 3, 8, 15, 22, 24]. Ein speziell entwickeltes Kühlhandstück (sog. “chilled tip”), welches während des Laservorganges über die Haut geführt wird, schützt, ähnlich wie bei der perkutanen Nd:YAG-Lasertherapie, die Epidermis weitgehend vor thermischen Schädigungen.

Die kürzeste Impulszeit hat der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 1064 und 532 nm) mit einer Impulszeit von 5–10 ns. Seit Ende der 80er Jahre wird dieser mit einer Wellenlänge von 1064 nm neben dem gütegeschalteten Rubinlaser für die Entfernung von schwarzen Tätowierungen eingesetzt [4, 9, 16, 17, 26, 27, 43, 44]. Im frequenzverdoppelten Modus ist er die effektivste Methode zur Behandlung roter Tätowierungsfarben [16, 17, 26, 27, 44]. Neben Tätowierungen eignet sich der frequenzverdoppelte gütegeschaltete Nd:YAG-Laser allerdings auch für die Therapie gut-

Dr. C. Raulin
Praxis für Dermatologie,
Phlebologie und Allergologie, Kaiserstraße 104,
76133 Karlsruhe

Hautarzt
2000 · 51:152–158 © Springer-Verlag 2000

B. Greve · C. Raulin

The neodymium:YAG Laser: its applications in dermatology

Abstract

The neodymium:yttrium-aluminium-garnet-(Nd:YAG) laser is one of the most versatile and interesting lasers in dermatological laser medicine. Almost no other laser has such a wide spectrum of applications. Depending on wave length (1064 nm, frequency-doubled 532 nm) and mode (continuous, Q-switched, longpulsed), benign pigmented lesions (tattoos, traumatic tattoos, naevus of Ota, cafe-aut-lait-macules, lentigines) and vascular lesions (hemangiomas, portwine stains, essential teleangiectasias, angiomas) can be treated. Additionally this laser has been occasionally used to remove Kaposi sarcomas and epithelial skin tumors.

Keywords

Nd:YAG laser · Q-switched Nd:YAG laser · Interstitial Nd:YAG laser therapy · Long pulse Nd:YAG laser · Tattoos · Hemangiomas · Portwine stains · Teleangiectasias

artiger pigmentierter Hautveränderungen wie Lentigines, Café-au-lait-Flecken, Naevus Ota und postinflammatorischer Hyperpigmentierungen [28, 38].

Continuous-wave- (cw-)Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 1064 nm)

Das Licht des continuous-wave-(cw-)-Nd:YAG-Lasers wird im Gegensatz zum Kohlendioxidlaser nicht vom Gewebewasser, sondern vorwiegend von Gewebspigmenten absorbiert. Aus diesem Grunde passiert der Nd:YAG-Laserstrahl ohne wesentlichen Energieverlust die Gewebsoberfläche und dringt bis zu 1 cm tief ins Gewebe ein [36]. Die hohe Eindringtiefe und die damit verbundene Streuung schwächen den Laserstrahl so weit ab, daß das bestrahlte Gewebe nicht verdampft, sondern in erster Linie koaguliert wird. Histologisch findet sich eine unspezifische Koagulation mit epidermalen und dermalen Nekrosen sowie zerstörten Gefäßen mit koagulierten Erythrozyten [29, 30]. Aufgrund der hohen Eindringtiefe und unspezifischen Wirkung ist das Risiko von Nebenwirkungen, insbesondere von Narbenbildung, erhöht [29, 30].

Der kontinuierlich arbeitende Nd:YAG-Laser wird vornehmlich für vaskuläre Hautveränderungen wie Feuermale mit nodulärer Oberfläche, sehr dunkel-livide Naevi flammei und voluminöse, tiefliegende (subkutane) Hämangiome und venöse Malformationen eingesetzt [11, 20, 29, 30, 36, 40–42]. Das wichtigste Einsatzgebiet ist dabei die Behandlung von subkutanen Hämangiomen. Daneben ist vereinzelt auch über die Entfernung von Warzen, Kaposi-Sarkomen und epithelialenTumoren berichtet worden [30].

Hämangiome treten zunächst in den ersten Lebenstagen und -wochen als kleine rötliche Maculae in Erscheinung und können dann innerhalb weniger Monate dramatisch wachsen und erhebliche Komplikationen (Ulzerationen, Blutung, Infektion, mechanische Kompression wichtiger Nachbarstrukturen, funktionelle Störungen) mit sich bringen [7, 12]. Ca. 80% der Hämangiome gehen zwar in eine langsame totale (50%) oder partielle (30%) Regressionphase über, 20% jedoch zeigen keine Rückbildung. Nach abgeschlossener Regression ab dem 6.–10. Lebensjahr bleiben oft Narben und atrophische Hautbezirke mit Teleangiektasien zurück [21]. Eine abwartende Haltung ist aufgrund der möglichen Komplikationen nur in Einzelfällen gerechtfertigt, zumal es keine Parameter gibt, die eine Spontaninvolution des Hämagioms sicher voraussagen. Einzelfälle umfassen bspw. Kinder mit Hämangiomen an wenig exponierten Körperstellen wie dem Rücken und "ältere" Kinder, d.h. Kinder nach den ersten 12 Lebensmonaten, bei denen die Wachstumstendenz der Hämangiome erfahrungsgemäß nachläßt.

Idealer Behandlungszeitpunkt für Hämangiome ist deshalb die frühe Proliferationsphase, also möglichst kleine, kapilläre Hämagiome. Diese können effektiv und nebenwirkungsarm mit dem gepulsten Farbstofflaser oder der Kontaktkryotherapie behandelt werden [12, 25, 34]. Die Wirksamkeit dieser Methoden wird durch ihre begrenzte Eindringtiefe limitiert. Ist der richtige Behandlungszeitpunkt verpaßt oder kommt es trotz Farbstofflaser- bzw. Kryotherapie zum unkontrollierten Wachstum des Hämangioms, sollte eine Therapie mit dem (cw)-Nd:YAG-Laser erwogen werden. Vorrangiges Behandlungsziel einer cw-Nd:YAG-Lasertherapie ist es dann, einen Wachstumsstillstand zu erreichen und die Rückbildungsphase einzuleiten [20, 29, 30, 40–42].

Bei Lokalisation des Hämangioms an der äußeren Haut und gut zugänglichen Bereichen wie z.B. der Mundhöhle wird das Licht des (cw-) Nd:YAG im kontaktlosen Betrieb auf die Haut appliziert (perkutane Nd:YAG-Lasertherapie) [20, 41, 42]. Um umfangreiche unkontrollierte Hitzeschädigungen der Epidermis während des Laservorganges zu verhindern, muß das dem Laserlicht exponierte Gewebe grundsätzlich gekühlt werden. Dies erfolgt unter Anwendung von luftblasenarmen Eiswürfeln, Eispackungen oder Spülungen mit Eiswasser. Die Gewebeeindringtiefe kann durch Kompression der Hautveränderungen mit einem Eiswürfel zusätzlich erhöht werden.

Sind die Hämangiome so tief gelegen, daß das Licht des Nd:YAG-Lasers trotz Kompressiontechnik nicht die gewünschte Eindringtiefe erreicht, muß eine transmuköse bzw. transkutane Bestrahlung erfolgen (interstitielle Nd:YAG-Lasertherapie, Abb. 1) [11, 20, 40–42]. Mit-

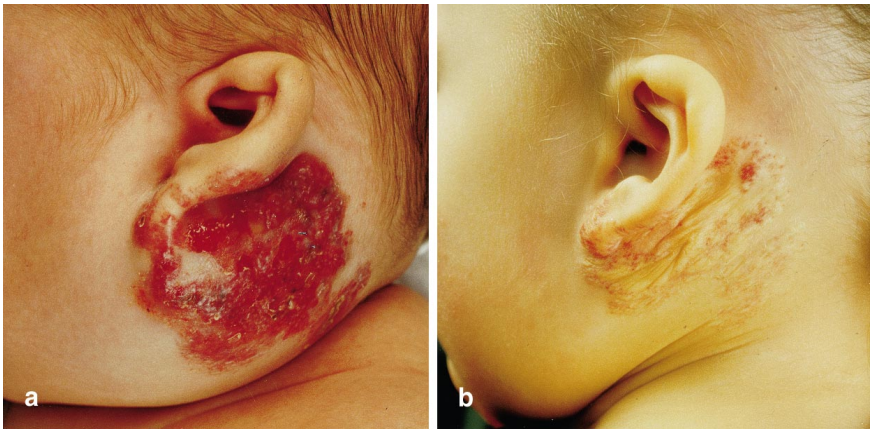


Abb. 1 ▲ a **4 Monate alter weiblicher Säugling mit intra- und subkutanem Hämangiom retroauriculär links. Kleine Exulzeration erkennbar. (Prof. Dr. R . Grantzow, München).** b **Kind von Abb. 1a im Alter von 18 Monaten nach 2maliger Nd:YAG-Lasertherapie. Typische Veränderungen nach Hämangiomregression mit Pigmentveränderungen, intrakutanen Teleangiektasien und überschüssiger Haut. (Prof. Dr. R. Grantzow, München)**

tels einer dünnen Laserfaser, die über einen Punktionskatheter manuell bzw. sonographisch gesteuert im Hämangiom bzw. der venösen Malformation plaziert wird, wird die Laserstrahlung unter gleichzeitiger Kühlung und unter ständigem Rückzug des gesamten Katheters direkt in das Hämangiomgewebe appliziert.

Unmittelbar nach einer (cw)-Nd:YAG-Lasertherapie sind die Hämangiome wärmebedingt für 7 bis 10 Tage angeschwollen. Die Häufigkeit der Anwendungen ist von der Ausgangsgröße der Hämangiome abhängig. Die Rückbildungsphase der Hämangiome kann bis zu einem Jahr nach der Laserbehandlung andauern [20].

Weitere Anwendungsbegiete des (cw)-Nd:YAG-Lasers sind wie oben erwähnt Kaposi-Sarkome, Warzen und epitheliale Tumoren wie Spinaliome, Morbus Bowen und Basaliome [30]. Im Falle von epithelialen Tumoren ist eine (cw) Nd:YAG-Lasertherapie allerdings nur speziellen Ausnahmefällen vorbehalten und in jedem Fall erst nach histologischer Sicherung durchzuführen. Geeignet sind nur Tumoren, die sehr oberflächlich, maximal bis zu 5 mm tief ins Gewebe reichen [20]. Nachteile einer Nd-YAG-Lasertherapie von epithelialen Tumoren sind die begrenzte Eindringtiefe des Laser sowie das Fehlen von histologischen Untersuchungen und Langzeitergebnissen.

Langgepulster Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 532 nm)

Seit Anfang 1997 steht ein langgepulster frequenzverdoppelter Nd-YAG-Laser (VersaPulse®, Wellenlänge 532 nm, Firma Coherent, Palo Alto, CA) mit Impulslängen bis zu 50 ms und Impulsenergien bis zu 40 J/cm² zur Verfügung. Gemessen an seiner Impulszeit steht er zwischen dem continuous-wave und gütegeschalteten Nd:YAG-Laser. Mit seiner Wellenlänge von 532 nm liegt der VersaPulse nahe eines der Absorptionsmaxima des oxygenierten Hämoglobins und zielt deshalb, wie der Farbstofflaser, nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse auf kleine dermale Gefäße.

Die Entwicklung des langgepulsten Nd:YAG-Laser basiert auf zwei z.T. theoretisch, z.T. klinisch begründeten Überlegungen. Obwohl der blitzlampengepumpte, gepulste Farbstofflaser (Wellenlänge 585 nm, Impulslänge 0,45 ms) der am häufigsten angewandte und bisher effektivste Laser in der Behandlung von vaskulären Hautveränderungen ist [24], lassen therapierefraktäre Feuermale oder die unbefriedigenden Ergebnisse in der Therapie der Besenreiservarikosis nach weiteren Therapiemöglichkeiten und den Ursachen für den ausbleibenden Therapieerfolg suchen. Gemert et al. [19] und Fiskerstrand et al. [18] sehen den mangelnden Erfolg einer Farbstofflasertherapie zum großen Teil in der ungenügend großen Impulslänge. Bestätigt wird dies durch Untersuchungen von Dierickx et al. [13, 14], die feststellten, daß bspw. Gefäße ei-



Abb. 2 ▲ a **35jähriger Patient mit einem linksseitigen Feuermal im Bereich der Schläfe, des Auges, der Oberlippe und der Wange 3/98.** b **Vollständige Entfernung des Feuermals nach 6 Behandlungen mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser (VersaPulse®) 11/98**

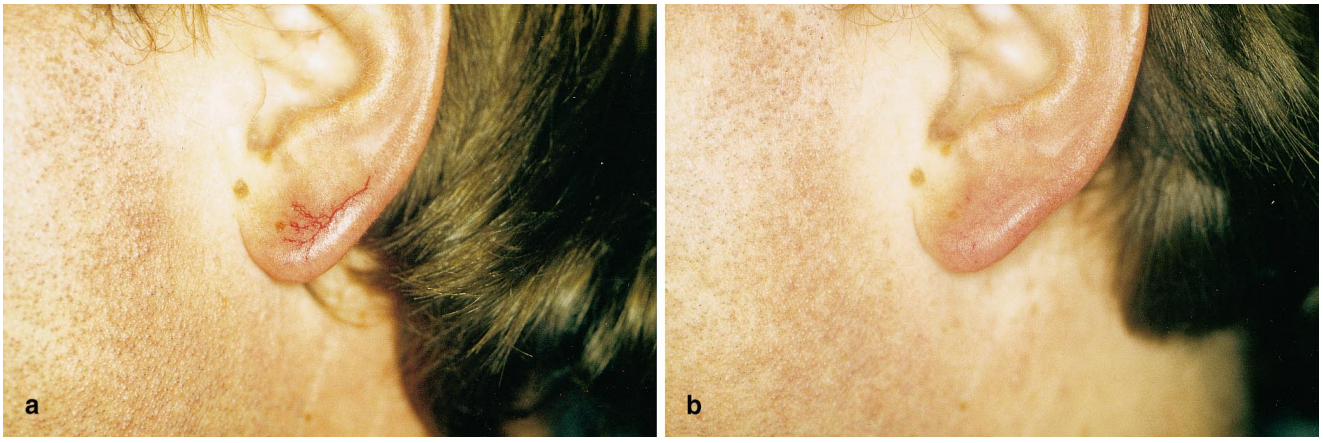


Abb. 3 ▲ a **35jähriger Patient mit essentiellen Teleangiektasien des linken Ohrläppchens 9/98.** b **Vollständige Entfernung der Telangiektasien nach einer Behandlung mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser (VersaPulse®) 11/98**

ner Größe von 30–150 µm, wie sie histologisch bei Feuermalen gemessen wurden, eine Impulslänge von 1–10 ms benötigen. Die zweite Überlegung, die zur Entwicklung eines kühlenden Handstückes (sog. "chilled tip") führte, war die Erkenntnis, daß eine Kühlung der Epidermis während des Laservorganges zum einen zu einer Verminderung thermisch bedingter Schäden der Epidermis führt und damit Nebenwirkungen wie Pigmentverschiebungen reduziert und zum anderen die Anwendung höherer Energien und längerer Impulszeiten ermöglicht [1, 10, 31, 39]. Die Wirksamkeit der Laserstrahlen wird dabei nicht gemindert. Theoretisch besitzt der VersaPulse® also aufgrund seiner variablen Impulsdauer von 1–50 ms, der kontinuierlichen Oberflächenkühlung und hoher Impulsenergien die Möglichkeit zur thermischen Zerstörung von Gefäßen mit unterschiedlichen Gefäßdurchmessern in unterschiedlichen Tiefen.

Histologische Studien von Adrian [2] und Bethge et al. [8] konnten eine Gefäßschädigung, aber keine Gefäßruptur nach einer Behandlung mit dem VersaPulse® nachweisen. Dies ist auch der Grund für die Reduzierung purpurischer Maculae nach dem Laservorgang, eine Nebenwirkung, wie sie für den gepulsten Farbstofflaser typisch ist. Trotz ihres transienten Charakters war diese Nebenwirkung für die Patienten kosmetisch äußerst störend.

Die ersten klinischen Ergebnisse mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser sind ermutigend. Gute Ergebnisse konnten bisher in der Behandlung von Naevi flammei (Abb. 2) [15, 21], fazialen essentiellen Teleangiektasien (Abb. 3) [3] und der Besenreiservarikosis [2, 8] erreicht werden. Das Auftreten von Nebenwirkungen ist insgesamt sehr niedrig. Vermehrte transiente Hyperpigmentierungen konnten Adrian et al. nur nach Behandlung von Besenreisern der Beine beobachten. Narbenbildungen traten in keinem Fall auf. Schwellung und Rötungen sind haüfige postoperative Begleiterscheinungen, die bis zu 48 h andauern können [2, 3, 8, 22]. Bei Verlust des Kontaktes zwischen Haut und kühlendem Aufsatz sowie bei sehr hohen Impulslängen und Energien kann es zu Blasen-, Krusten- und Narbenbildung kommen [2, 3, 8, 22]. Bemerkenswert ist, daß die Laserimpulse als wenig schmerzhaft empfunden werden: 87% der Probandinnen gaben bspw. in einer Studie von Bethge et al. [8] die Schmerzempfindung als gering an.

In Vorbereitung befindet sich von uns eine Studie, die die Therapie von initialen Säuglingshämangiomen mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser untersucht. Desweiteren sind direkte Vergleichsstudien sowie Langzeitstudien nötig, die die Effektivität und das Indikationsspektrum diese interessanten Lasers belegen und erweitern.

Gütegeschalteter Nd:YAG-Laser (Wellenlänge 1064 nm und 532 nm)

Der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 1064 nm und 532 nm mit einer Impulszeit von 5–10 ns arbeitet nach dem von Anderson u. Parrish [5] beschriebene Prinzip der selektiven Photothermolyse. Dieses Prinzip beschreibt die selektive, hochspezifische Zerstörung der jeweiligen Zielstruktur ohne wesentliche Beeinträchtigung des umliegenden Gewebes. Wichtig dabei ist, daß die Impulszeit gleich bzw. unter der thermischen Relaxationszeit (Zeit, die eine Struktur benötigt, um sich auf 50% ihrer maximal erreichten Temperatur abzukühlen) der Zielstruktur und der Epidermiszellen liegt. Primäre Zielstrukturen des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers sind pigmententhaltende Zellen (Melanosomen, melanintragende Zellen) bzw. Farb- und Schmutzpartikel in der Epidermis und Dermis [4].

Die Wirkmechanismen, durch die die Pigmente in der Haut entfernt werden, sind noch nicht vollständig geklärt. Diskutiert wird, daß die kurzen hochenergetischen Impulse des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers zu einer schnellen Aufheizung (>1000°C) der absorbierenden Zielstrukturen führen und diese im folgenden aufgrund von sog. "shock waves" bei schneller thermischer Expansion ihre Integrität verlieren [16, 35, 44]. Histologische Studien nach Laserexposition weisen vermehrt freigesetzte, z.T. fragmentierte Pigmente in der Epidermis und Dermis nach, die im Rahmen einer Entzündungsreaktion wahrscheinlich besser phagozytiert und über Lymphbahnen abtransportiert werden können [16, 35, 44]. Ferguson et al. [16] vermuten zusätzlich, daß die oberflächlichsten Pigmente, die auch der höchsten Energie ausgesetzt sind, durch die entstehende Hitze vollständig in den Gaszustand überführt und in das extrazelluläre Gewebe flüchtig werden. Erklärbar ist dadurch auch

die weißliche Verfärbung der behandelten Areale nach Nd:YAG-Lasertherapie, da eine Anreicherung von Gas im Gewebe zu einer Änderung des Brechungsindexes der Haut führt. Tiefer gelegenen Pigmente können dann aufgrund der geringeren Energie "nur noch" nach oben beschriebenem Prinzip fragmentiert und phagozytiert werden. In diesem Zusammenhang wird auch diskutiert, inwieweit fragmentierte Partikel bzw. durch Lasertherapie chemisch alterierte Fremdpigment ihren Brechungsindex ändern und somit weniger sichtbar werden bzw. zu einer Aufhellung der Tätowierung/Läsion führen [16, 35].

Haupteinsatzgebiete des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers sind Laien- und Profitätowierungen sowie Schmutztätowierungen [17, 25, 26, 31, 43]. Mit z.T. guten Ergebnissen können daneben auch gutartige pigmentierte Läsionen wie Lentigines, hyperpigmentierte Narben, Epheliden, Café-aut-lait-Flecken, seborrhoische Keratosen, der Naevus Ota und der Becker-Nävus behandelt werden [28, 38].

Im Falle von Laien- und Profitätowierungen wird der gütegeschaltete Nd-YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm zur Entfernung von schwarzen und schwarzblauen, im frequenzverdoppelten Bereich (Wellenlänge 532 nm) von roten Tätowierungsfarben eingesetzt (Abb. 4) [9, 17, 26, 27, 31, 43]. Die Anzahl der Sitzungen ist davon abhängig, ob es sich um Laien- oder Profitätowierungen handelt. Die oftmals nur mit schwarzer Tusche gestochenen Laientätowierungen können in der Regel in wenigen (ca. 1–6) Sitzungen narbenfrei behandelt werden [26, 31, 43]. Bei Profitätowierungen sind aufgrund der höheren Pigmentdichte und stabileren/vielfältigeren Farbverbindungen im Durchschnitt zwischen 4–8 Sitzungen, in Einzelfällen auch mehr Sitzungen notwendig [26, 31, 43]. Mehrfarbige Tätowierungen erfordern ebenfalls erheblich mehr Sitzungen (bis zu 20 Sitzungen) und den parallelen Einsatz verschiedener Lasersysteme [26, 43]. Wir setzten nebeneinander den gütegeschalteten Nd:YAG-, Rubin- und Alexandritlaser ein.

Eine aktuelle Studie von Ross et al. [35] untersuchte im Vergleich die Wirksamkeit von eines gütegeschalteten Picosekunden- und Nanosekunden-Nd:YAG-Lasers in der Behandlung von Tätowierungen. Hintergrund dieser Studie ist die theoretische Annahme, daß Pigmentpartikel von 40 nm Größe eine thermische Relaxationszeit von gerade einer Nanosekunde besitzen. Die Tendenz zeigte tatsächlich ein besseres Ansprechen der Tätowierungen auf Picosekunden-Impulse. Bisher fehlen jedoch die technischen Möglichkeiten, um Nd:YAG-Laser im Picosekundenbereich serienmäßig herzustellen.

Für akzidentelle Schmutzeinsprengungen und Schmutztätowierungen stellt der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser ebenso wie der gütegeschaltete Rubinlaser eine elegante Behandlungmöglichkeit dar [33, 37]. In einer aktuellen Studie von Troilius ist der Erfolg einer Lasertherapie von Schmutztätowierungen mit dem Nd:YAG-Laser vom Alter sowie der Tiefe und der Konsistenz der Tätowierungen abhängig. Im Durchschnitt sind zwischen 2–11 Behandlungen notwendig [37]. Vorteilhaft sind ältere, weiche und oberflächliche Einsprengungen. Beschrieben ist auch die erfolgreiche Entfernung minozyklin-induzierter Hyperpigmentierungen mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser [23].

Aufgrund der kontinuierlich abnehmenden Absorption von Melanin zu langen Wellenlängen hin wird zur Behandlung von benignen pigmentierten Hautveränderungen der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser im frequenzverdoppelten Modus eingesetzt [28, 38]. Die besten Ergebnisse lassen sich bei Lentigines und Epheliden und seborrhoischen Keratosen erreichen [28, 38]. Meist reicht eine einzige Sitzung aus, um diese Hautveränderungen vollständig zu entfernen. Die Therapie von Café-au-lait-Flecken, Naevus Ota, postinflammatorischen Hyperpigmentierungen und Becker-Nävi gestaltete sich aus mehreren Gründen schwierig [28]. Entweder sprechen die Läsionen gar nicht oder nur schlecht auf eine Lasertherapie an oder benötigen eine hohe Anzahl von Sitzungen. Aus ungeklärter Ursache kann es aber auch nach erfolgreicher Aufhellung wieder zu Rezidiven der Hautveränderungen kommen [28].

Aufgrund der Wellenlänge von 1064 nm (geringe Absorption von Melanin) führt der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser seltener zu Hypopigmentierungen als der gütegeschaltete Rubinlaser (Wellenlänge 694 nm) [17, 26, 27, 31, 43]. Im frequenzverdoppelten Modus allerdings treten Hypopigmentierungen sowie postoperative punktförmige Blutungen und postinflammatorische Hy-

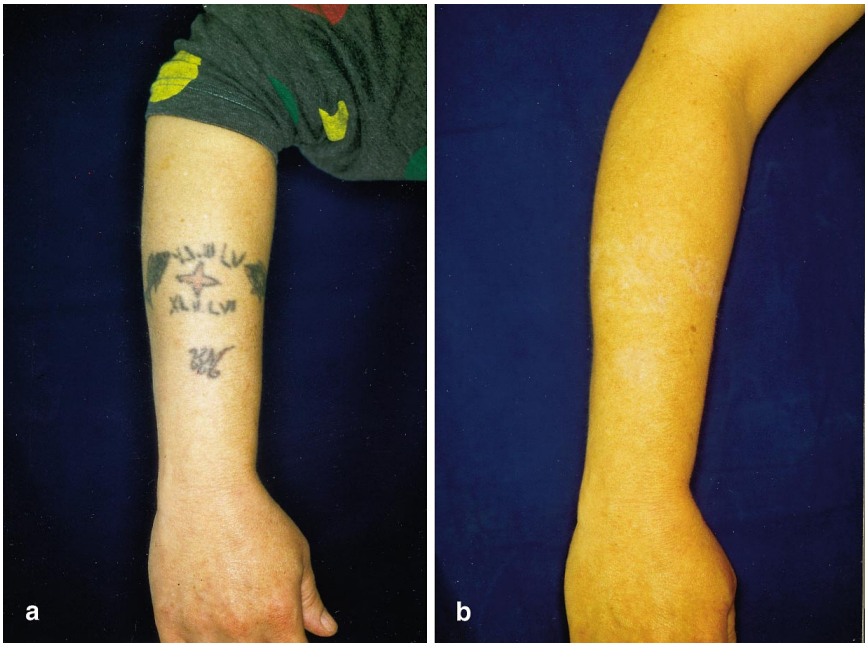


Abb. 4 ▲ a **42jährige Patientin mit einer schwarz-roten Laientätowierung am rechten Unterarm 8/95.** b **Befund 12 Monate nach der letzten Behandlung (insgesamt zwölf Sitzungen) mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser der Wellenlängen 1064 und 532 nm 7/98. Die Tätowierung ist vollständig entfernt. Zu sehen sind noch diskrete Hypopigmentierungen**

perpigmentierungen, aufgrund höherer Absorption der Laserstrahlen von Melanin und Hämoglobin, in einem höheren Prozentsatz auf [26, 43]. Bei Applikation von hohen Energiedosen (ab ca. 5 J/cm²) ist das Auftreten von punktförmigen Blutungen beim gütegeschalteten Nd:YAG-Laser allerdings als obligat anzusehen [43].

Schlußbemerkungen

Der Nd:YAG-Laser hat sich im Laufe der Jahre zu einem der interessantesten dermatologischen Laser entwickelt. Mit keinem anderen Laser ist die Behandlung sowohl von pigmentierten als auch vaskulären Hautveränderungen in der dargestellten Variationsbreite möglich. Bei gleichbleibenden Wellenlängen (1064 und 532 nm) bestimmt letztendlich die Impulslänge, welche Hautveränderung, pigmentiert oder vaskulär, und z.T. auch in welcher Tiefe behandelt werden kann.

Zusammenfassend kommt dem continuous-wave (cw)-Nd:YAG-Laser für die Behandlung von voluminösen, subcutanen Hämangiomen und Malformationen (perkutane/interstitielle Nd:YAG-Lasertherapie) die größte Bedeutung zu. Der langgepulste Nd:YAG-Laser ist als hoffnungsvolle Alternative für die Behandlung von Feuermalen, oberflächlichen Hämangiomen, essentiellen Teleangiektasien und Angiomen anzusehen. Allerdings fehlt es für diese Betriebsart noch an umfangreichen wissenschaftlichen Studien und Langzeitergebnissen. Im gütegeschalteten Modus steht die Behandlung von Schmuck- sowie Schmutztätowierungen im Vordergrund. Gutartige pigmentierte Läsionen reagieren mit unterschiedlichen Erfolgen auf eine gütegeschaltete Nd:YAG-Lasertherapie.

Wir möchten Herrn Prof. Dr. R. Grantzow aus dem Dr. von Haunerschen Kinderspital München herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die freundliche Überlassung von klinischen Bildern zur interstitiellen Nd:YAG-Lasertherapie danken.

Literatur

1. Adrian RM (1995) **Cutaneous cooling facilitated high fluence pulsed dye laser therapy of port wine stains.** Lasers Surg Med 6:76
2. Adrian RM (1998) **Treatment of leg teleangiectasias using a long-pulse frequency-doubled neodymium:YAG laser.** Dermatol Surg 24:19–23
3. Adrian RM, Tanghetti EA (1998) **Long pulse 523-nm laser treatment of facial teleangiectasia.** Dermatol Surg 24:71–74
4. Anderson RR, Margolis RJ, Watenabe S, Lotte T, Hruza GJ, Dover JS (1989) **Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd:YAG laser pulses at 1064, 532, and 355 nm.** Invest Dermatol 93:28–32
5. Anderson RR, Parrish RR (1983) **Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation.** Science 220:542–527
6. Bahmer FA (1997) **Laser in der Dermatologie.** Akt Dermatol 23:241–247
7. Berlien HP, Cremer H, Djawid D, Grantzow R, Gubisch W (1994) **Leitlinien zur Behandlung angeborener Gefäßerkrankungen.** Pädiatr Prax 46:87–92
8. Bethge S, Stadler R (1999) **Der langgepulste frequenzverdoppelte Neodymium:YAG Laser in der Behandlung von Besenreisern – erste klinische Erfahrungen.** Hautarzt 50:181–185
9. Brunner F, Hafner R, Giovanoli R, Zala L, Hunziker T, Krebs A (1987) **Entfernung von Tätowierungen mit dem Nd:YAG Laser.** Hautarzt 38:610–614
10. Chess C, Chess Q (1993**) Cool laser optics. Treatment of large telangiectasia of the lower extremities.** J Dermatol Surg Oncol 19:74–80
11. Clymer MA, Fortune DS, Reinisch L, Toriumi DM, Werkhaven JA, Ries R (1998) **Interstitial Nd:YAG photocoagulation for vascular malformations and hemangiomas in childhood.** Arch Otolaryngol Head Neck Surg 124:431–436
12. Cremer HJ, Djawari D (1995) **Frühtherapie der kutanen Hämangiome mit der Kontaktkryochirurgie.** Tägl Prax 36:91–108
13. Dierickx CC, Casparian JM, Venugopalan V, Farinelli WA, Anderson RR (1995) **Thermal relaxation of port wine stain vessels probed in vivo: the need for 1–10-millisecond laser pulse treatment.** J Invest Dermatol 105:709–714
14. Dierickx CC, Farinelli WA, Anderson RR (1996) **Clinical and histological responses of blood vessels to long (msec) 523 nm laser pulses.** Lasers Surg Med Suppl (8):266
15. Dierickx CC, Farinelli WA, Flotte T, Anderson RR (1996) **Effect of long-pulsed 532 nm Nd-YAG laser on portwine stains (PWS).** Lasers Surg Med Suppl (8):188
16. Ferguson JE, Andrew SM, Jones CJP, August PJ (1997) **The Q-switched neodymium:YAG laser and tattoos: a microscopic analysis of laser-tattoo interaction.** Br J Dermatol 137:405–410
17. Ferguson JE, August PJ (1996) **Evaluation of the ND/YAG laser for treatment of amateur and professional tattoos.** Br J Dermatol 135:586–591
18. Fiskerstrand EJ, Svaasand LA, Kopstad G, Ryggen K, Aase S (1996) **Photothermally induced vessel-wall necrosis after pulsed dye laser treatment: lack of response in port-wine stains with small sized or deeply located vessels.** J Invest Dermatol 107:671–675
19. van Gemert MJC, Welch AJ, Amin AP (1986) **Is there an optimal treatment for port-wine stains?** Lasers Surg Med 6:76–83
20. Grantzow R (1998) **Kombination von Nd:YAG Lasertherapie und chirurgischer Therapie in der Behandlung von Hämangiomen.** In: Kautz G, Cremer H (Hrsg) Hämangiome. Diagnostik und Therapie in Bild und Text. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 99–107
21. Greve B, Jung EG, Kautz G, Raulin C (1997) **Teleangiektatische Residuen rückgebildeter Hämangiome – Behandlung durch den gepulsten Farbstofflaser.** Akt Dermatol 23:131–135
22. Greve B, Werner S, Raulin C (1998) **Nävi flammei – Behandlung durch den langgepulsten frequenzgedoppelten Nd-YAG-Laser (Versa-Pulse®).** Erster Erfahrungsbericht. derm 4:74–78
23. Greve B, Werner S, Schoenermark MP; Raulin C (1998) **Minocyclin-induced hyperpigmentation: treatment with the Q-switched Nd:YAG laser.** Lasers Surg Med 22:223–227
24. Hellwig S, Petzoldt D, König K, Raulin C (1998) **Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie.** Hautarzt 49:690–704
25. Hellwig S, Raulin C (1996) **Die Behandlung von Hämangiomen im Säuglings- und Kindesalter mit dem gepulsten Farbstofflaser.** Z Hautkr 12:910–914
26. Killmer SL, Anderson RR (1993) **Clinical use of the Q-switched ruby laser and the Q-switched Nd:YAG laser for the treatment of tattoos.** J Dermatol Surg Oncol 19:330–338
27. Killmer SL, Lee SM, Grevelink JM, Flotte TJ, Anderson RR (1993) **The Q-switched Nd:YAG laser effectivley treats tattoos.** Arch Dermatol 129:971–978
28. Kilmer SL, Wheeland RG, Goldberg DJ, Anderson RR (1994) **Treatment of epidermal pigmented lesions with the frequency-doubled Q-switched Nd:YAG laser.** Arch Dermatol 130:1515–1519
29. Landthaler M, Haina D, Brunner R, Waidelich W, Braun-Falco O (1986) **Neodymium-YAG laser therapy for vascular lesions.** J Am Acad Dermatol 14:107–117
30. Landthaler M, Hohenleutner U (1997) **The Nd:YAG laser in cutaneous surgery.** In: Arndt KA, Dover JS, Olbricht SM (eds) Lasers in cutaneous and aesthetic surgery. Lippincott- Raven, Philadelphia New York, pp124–149

31. Levine V, Geronemus R (1995) **Tattoo removal with the Q-switched ruby laser and the Q-switched Nd:YAG laser: a comparative study.** Cutis 55:291–296
32. Nelson JS, Milner TE, Anvari B, Tanenbaum BS, Kimel S, Svaasand LO, Jaques SL (1995) **Dynamic epidermal cooling during pulsed laser treatment of port wine stains.** Arch Dermatol 131:695–700
33. Raulin C, Emonds T (1998) **Entfernung von Schmutztätowierungen durch gütegeschaltete Laser.** Chir 69:1270–1274
34. Raulin C, Hellwig S (1996) **Möglichkeiten und Grenzen des gepulsten Farbstofflasers.** Z Hautkr 7:196–102
35. Ross V, Naseef G, Lin C, Kelly M, Michaud N, Flotte TJ, Raythen J, Anderson RR (1998) **Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond Q-switched Neodymium:YAG lasers.** Arch Dermatol 134:167–171
36. Sharpsay SM, David LM, Zeitels S (1987) **Neodymium-YAG laser photocoagulation of hemangiomas of the head and neck.** Laryngoscop 97:323–330
37. Troilius AM (1998) **Effective treatment of traumatic tattoos with the Q-switched Nd:YAG laser.** Lasers Surg Med 22:103–108
38. Tse Y, Levine V, McClain SA, Ashinoff R (1994) **The removal of cutaneous pigmented lesions with the Q-switched ruby laser and the Q-switched Neodymium:Yttrium-Aluminium-garnet laser.** J Dermatol Surg Oncol 20:795–800
39. Waldorf HA, Alster TS, McMillan K, Kauvar AB, Geronemus RG, Nelson JS (1997) **Effect of dynamic cooling on 585-nm pulsed dye laser treatment of port wine stain birthmarks.** Dermatol Surg 23:657–662
40. Werner JA, Lippert BM, Gottschlich S, Folz BJ, Fleiner B, Hoeft S, Rudert H (1998) **Ultrasound-guided interstitial Nd:YAG laser treatment of voluminous hemangiomas and vascular malformations in 92 patients.** Laryngoscope 108:463–470
41. Werner S, Raulin C (1999) **Aktueller Stand der Lasertherapie bei Säuglingshämangiomen. Kasuistiken und Literaturrecherche.** Hautarzt (im Druck)
42. Werner JA, Rudert H (1992) **Der Einsatz des Nd:YAG-Lasers in der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde.** HNO 40:248–258
43. Werner S, Drosner M, Raulin C (1998) **Entfernung von Tätowierungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (695 nm) und dem gütegeschalteten Nd:YAG Laser (532 nm und 1064 nm) – Eine Retrospektivstudie.** Hautarzt 50:174–180
44. Zelickson BD, Mehregan DA, Zarrin AA, Coles C, Hartwig P, Olson S, Leaf-Davis J (1998) **Clinical, histologic, and ultrastructural evaluation of tattoos treated with three laser systems.** Lasers Surg Med 15:364–372

Eingegangen am 13. Januar 1999
Angenommen am 14. April 1999

Buchbesprechung

C. Benthien

Haut. Literaturgeschichte – Körperbilder – Grenzdiskurse

Reinbek/Hamburg: Rowohlt TB, 1999. 320 S., DM 24,90

Die Germanistin und Kulturwissenschaftlerin Claudia Benthien markiert die umfassende Zielstellung ihres Buches mit dem einleitenden Satz „Dieses Buch untersucht den Zusammenhang von Wahrnehmung, Subjektivität und Haut in Literatur, Künsten und Wissenschaften seit dem 18. Jahrhundert." Literatur- und Kulturgeschichte dominieren in ihren Betrachtungen. Gleichermaßen verwendet sie das Wissen der Philosophie, der Psychoanalyse, der Medizingeschichte. Sie bezeichnet ihr Unternehmen selbst als Wagnis. Das ist es bei diesem universellen Ansatz selbstverständlich, aber es hat durch die hohe Konsequenz, mit der die Autorin ihre Gedanken verfolgt, beweist, variiert, bestätigt, eine starke Überzeugungskraft. Die kulturelle Prägung hat das Bild von der Haut wechseln lassen. Die Autorin demonstriert auf verschiedenen Ebenen den Wandel von einer porösen, durchlässigen Membran zur Haut als undurchdringlicher Scheidewand. Mit vielseitigen Beispielen kommt sie im Laufe des Buches immer wieder auf den im 20. Jahrhundert vorherrschenden Begriff der Haut als zentraler Metapher des Getrenntseins zurück. Ich empfinde die Faszination des Buches dort am stärksten, wo die Autorin auf ihrem ureigensten Feld, der Literaturwissenschaft, analysiert und interpretiert: Die Haut in der Sprache, die Fremdheit der Haut an Hand von Kafkas Tagebüchern, das außerordentlich gelungene und überzeugende Kapitel zur Parallelität erotischer, emotiver und „seelischer" Hautempfindungen. Die kulturgeschichtliche Weite in der Einschätzung von Phänomenen beweist sich musterhaft mit dem Wechsel der Konnotation spezieller Eigenschaften mit den Hautfarben schwarz und weiß, wenn Claudia Benthien europäische und afro-amerikanische Perspektiven in der Literatur analysiert.

Das Kapitel „Häutungen" ist für den Dermatologen deshalb so interessant, weil der Wandel des Phänomens überzeugend vorgetragen wird. Die Enthäutung ist Symbol für Folter und Tod. Sie wird auf der anderen Seite Zeichen für einen Reinigungs- und Wachstumsprozeß und kann zur Selbstfindung führen.

Wenn sich die Autorin zu sehr auf fremdes Terrain begibt, entstehen Unsicherheiten. In einem Buch über die Haut hätte in den Abschnitt Durchdringungen Samuel Hafenreffers Buch „Gasthaus zum bunten Fell" von 1630 gehört, 1660 mit der Haut als Titelfolio. Die Maßnahmen gegen die Pest waren der Ursprung des Phänomens der Quarantäne (S. 55). Die Chirurgie galt Jahrhunderte als zweitrangig und niedrig (S. 65). Es war keine Behauptung der Nationalsozialisten, sondern Realität, daß jüdische Ärzte in der Dermato-Venerologie dominierten (S. 74). Gerade in diesem Kapitel könnte das Kritteln fortgesetzt werden. Der gesamte Ansatz ist wichtiger.

Die Anthropologie der Hautsinne beschließt das Buch auf verschiedenen Ebenen. Die kutane Wahrnehmung bringt die Empfindung der Scheidewand mit allen Formen positiven und negativen Erlebens. Das Haut-Ich ist ein Empfindungs-Ich.

Das vorliegende Buch ist keine leichte Kost für den klinisch tätigen Dermatologen. Die Überzeugungskraft geht von der Aufhellung hinterfragter Phänomene aus, weshalb es dem Leser Gewinn für das Verständnis des Erlebnisses Haut bringt.

A. Scholz (Dresden)