Hautarzt
1999 · 50:174–180 © Springer-Verlag 1999

Saskia Werner[1] · Michael Drosner[2] · Christian Raulin[1]
[1] Praxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie, Dr. C. Raulin, Karlsruhe und Laserklinik Karlsruhe
[2] Gemeinschaftspraxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie, München

Entfernung von Tätowierungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (694 nm) und dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (532 und 1064 nm)

Eine Retrospektivstudie

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Retrospektivstudie wurden 47 Patienten mit 68 Laien- und 25 Profitätowierungen hinsichtlich des Aufhellungsgrades und des Auftretens von Nebenwirkungen nach abgeschlossener Behandlung mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (694 nm) bzw. dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (532 und 1064 nm) untersucht. Es konnte gezeigt werden, daß schwarze Amateurtätowierungen schneller entfernt werden konnten als professionell gestochene Tattoos (13,2 vs. 18,6 Sitzungen bei Kombination von Rubin- und Nd:YAG-Laser). Mehrfarbige Tätowierungen benötigten bis zur kompletten Aufhellung vergleichbar häufige Laserbehandlungen. Grüne Farben wurden hierbei mit dem Rubinlaser, rote Pigmente mit dem frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser entfernt. Der gütegeschaltete Rubinlaser und gütegeschaltete frequenzverdoppelte Nd:YAG-Laser (532 nm) verursachten posttherapeutisch häufiger Blasenbildung (5,4% bzw. 7,5%) und transiente Hypopigmentierungen (8,6% bzw. 15,1%) als der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser (1064 nm) (1,1 bzw. 4,3%).

Schlüsselwörter

Tätowierungen · Gütegeschalteter Rubinlaser · Gütegeschalteter Nd:YAG-Laser

Das Tragen dekorativer Tätowierungen gewinnt unabhängig vom sozialen Status seit den letzten Jahren zunehmend an Popularität, nicht zuletzt erkennbar an den zahlreichen Tattoo-Studios. Eine 1993 in amerikanischen Highschools durchgeführte Studie belegt, daß 9% der Jugendlichen bereits tätowiert waren und 33% der nichttätowierten Schüler eine Tätowierung durchaus in Erwägung zogen [5]. Im Gegenzug suchen auch vermehrt Menschen nach Möglichkeiten, in vergangenen Lebensabschnitten entstandene und oftmals laienhaft eingebrachte Tätowierungen möglichst ohne Residuen wieder zu entfernen.

Die Technologien zur Entfernung von Tätowierungen sind in den letzten 10 Jahren zunehmend verbessert worden. Bisherige Methoden, wie Salabrasion, Dermabrasion, Kryotherapie und Exzision sowie die Vaporisation mittels CO_2- und Argonlaser, die mit einer hohen Narbeninzidenz verbunden waren [8, 9, 11, 18, 24], wurden abgelöst durch moderne spezifische Lasertechnik.

Goldman und seine Mitarbeiter hatten bereits in den 60er Jahren erstmals die Wirkung des Rubinlaserlichts auf menschlicher Haut erforscht [14]. Optimiert wurden die Resultate durch die Entwicklung neuer, sehr kurzgepulster (gütegeschalteter oder Q-switched) Lasersysteme, basierend auf dem 1981 von Anderson und Parrish definierten Prinzip der selektiven Photothermolyse. Darunter versteht man die lokalisierte thermische Zerstörung spezifischer Zielstrukturen (z.B. Melanin, Hämoglobin, Gewebswasser) durch Wahl einer bestimmten, selektiv absorbierten Wellenlänge und einer Impulsdauer, die kürzer ist als die thermische Relaxationszeit (Zeit, in der sich die Zielstruktur auf die Hälfte abkühlt) [2].

Reid et al. konnten somit 1983 über die erfolgreiche Entfernung schwarzer Tattoos mit dem *gütegeschalteten Rubinlaser* berichten [31]. Das rote Licht des gütegeschalteten Rubinlasers (694 nm; 25 bis 40 ns) wird gut von schwarzen und grünen Fremdpigmenten sowie vom körpereigenen Melanin absorbiert, wodurch ein relativ großes Indikationsspektrum möglich wird, jedoch auch die Gefahr ungewollter Nebeneffekte (Pigmentstörungen) besteht [10, 19, 25, 26, 28–30].

Der *gütegeschaltete Nd:YAG (Neodym: Yttrium-Aluminium-Granat)-Laser* hingegen emittiert infrarotes Licht (1064 nm) mit einer Impulsdauer zwischen 5 und 20 ns. Diese höheren Wel-

Dr. C. Raulin
Kaiserstraße 104, D-76135 Karlsruhe

Hautarzt
1999 · 50:174–180 © Springer-Verlag 1999

S. Werner · M. Drosner · Ch. Raulin

Tattoo removal by Q-switched ruby laser (694 nm) and Q-switched Nd:YAG laser (532 and 1064 nm) – a retrospective study

Summary

In a retrospective study 47 patients with 68 amateur and 25 professional tattoos were examined, considering clearance of tattoo pigments and the frequency of side effects after finished treatments with the Q-switched ruby (694 nm) and the Q-switched Nd:YAG laser (532 and 1064 nm). Black amateur tattoos were found to lighten faster than professional tattoos (13,2 and 18,6 treatments respectively). For the clearance of multicolored tattoos (amateur or professional), similar numbers of laser treatments were needed. Green pigments were removed with the Q-switched ruby laser and red pigments with the frequency-doubled Nd:YAG laser (532 nm). Compared to the Q-switched Nd:YAG laser (1064 nm), the Q-switched ruby laser and the frequency-doubled Nd:YAG laser (532 nm) more often caused blistering and transient hypopigmentation (5,4% and 7,5% vs. 1,1% (blisters); 8.6% and 15.1% vs.4.3% (hypopigmentation)).

Key words

Tattoos · Q-switched ruby laser · Q-switched Nd:YAG laser

lenlänge penetriert tiefer in die Haut und wird nur geringfügig von melaninhaltigen Strukturen, jedoch sehr gut von schwarzen Farbpigmenten absorbiert [3]. Im deutschsprachigen Raum untersuchten erstmals Brunner et al. Mitte der 80er Jahre die Wirkung des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers (Pulsdauer 18 ns) im Vergleich zum nicht-gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (Pulsdauer 250 µs). Die Autoren stellten dabei fest, daß der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser im Gegensatz zum längergepulsten Laser eine narbenfreie Entfernung von Tätowierungen ermöglichte [7].

Durch Zuschalten eines frequenzverdoppelnden Kristalls in den Nd:YAG-Laser wird die Wellenlänge von 1064 auf 532 nm halbiert. Diese liegt im sichtbaren, grünen Spektrum und wird gut von roten Farben sowie Melanin absorbiert, was ähnliche Begleitreaktionen wie beim gütegeschalteten Rubinlaser verursachen kann [35, 37].

Desweiteren zählt der *gütegeschaltete Alexandritlaser* (755 nm; 50 bis 100 ns) zur Gruppe der Laser zur Tätowierungsentfernung. Besonders schwarze, blauschwarze und grüne Pigmente absorbieren dieses langwellige Licht und können somit gut aus der Haut entfernt werden [1, 20, 33].

Ergänzend ist der *gepulste Farbstofflaser* (510 nm; 300 bis 500 ns) zu nennen, dessen grünes Licht zwar vorrangig von melaninhaltigen Hautstrukturen, aber auch von roten Tätowierungspigmenten absorbiert wird. In der Literatur wird dieses Phänomen mit der Komplementfarbentheorie (grün absorbiert rot und umgekehrt) erklärt [16].

In der folgenden Arbeit sollen Ergebnisse zur Entfernung von Amateur- und Profitätowierungen mit dem gütegeschalteten Rubin- und Nd:YAG-Laser vorgestellt und diskutiert werden.

Patienten und Methode

Im Rahmen einer Retrospektivstudie wurden im Zeitraum von 6/98 bis 7/98 Patienten nachuntersucht, die zur Entfernung von professionellen und Laientätowierungen mit gütegeschalteten Lasern behandelt worden waren. In die Studie wurden nur Patienten einbezogen, deren Therapie abgeschlossen war. Die Kriterien für die Retrospektivstudie waren entweder vollständige Aufhellung oder keine weitere Verbesserung des Aufhellungsgrades.

47 Patienten (34 Männer und 13 Frauen, Alter 19 bis 84 Jahre) mit insgesamt 93 Tätowierungen (68 Laien- und 25 Profitätowierungen) wurden in die Studie aufgenommen. Der Großteil der Patienten war vom Hauttyp II nach Fitzpatrick (74,5%). Die übrigen Patienten waren vom Hauttyp I (8,5%), III (14,8%) und V (2,2%). 34,4% der Tätowierungen befanden sich an den Oberarmen, 41,9% an den Unterarmen. Die übrigen Tätowierungen waren an den Händen (8,6%), Schultern (5,4%), Brust (4,3%), Rücken (2,2%), Oberschenkeln (2,2%) und Gesicht (1,0%) lokalisiert.



Abb. 1 ▲ **Multiple schwarze Laientätowierungen an beiden Armen bei einem 45jährigen Mann**

Abb. 2 ▲ **Vollständige Entfernung der Tätowierungen nach 20 Sitzungen mit dem gütegeschalteten Rubin- und Nd:YAG-(1064 nm)-Laser; noch diskrete Hypopigmentierungen 6 Monate nach der letzten Sitzung**

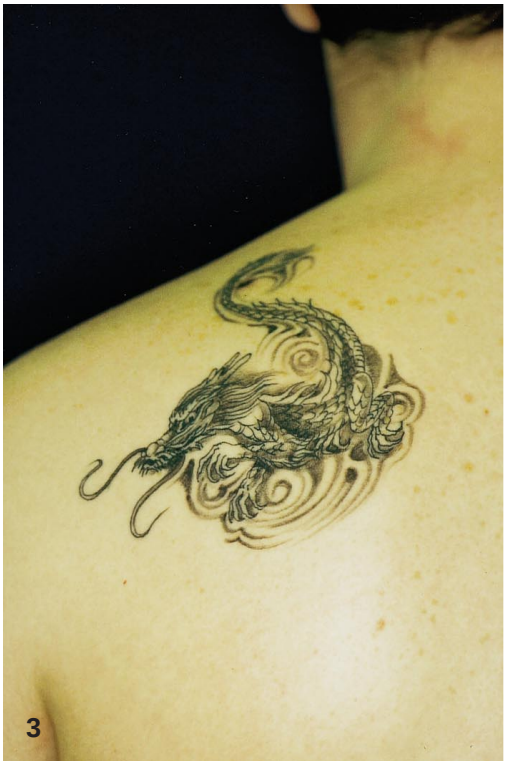




Abb. 3 ◀ **Schwarze Profitätowierung an der linken Schulter eines 25jährigen Mannes**

Abb. 4 ◀ **Vollständig entfernte Tätowierung nach 18 Behandlungen mit Rubin- und Nd:YAG-Laser**

Von den 68 Laientätowierungen waren 58 schwarz und 10 mehrfarbig. 10 der 25 Profitätowierungen waren schwarz, 15 mehrfarbig. Zwei schwarze Laientätowierungen waren bereits mit dem Argonlaser, eine mehrfarbige Profitätowierung mit dem CO_2-Laser vorbehandelt.

Folgende Laser kamen zum Einsatz: gütegeschalteter Rubinlaser (Lambda Photometrics Ltd., 694 nm; Pulszeit 25 ns; Pulsdurchmesser 2–4 mm; max. Energiedichte 40 J/cm²), gütegeschalteter Nd:YAG-Laser (Medlite Continuum, Biomedical; 1064 nm; Pulszeit 5–7 ns; Pulsdurchmesser 2–6 mm; max. Energiedichte 12 J/cm²) und frequenzverdoppelter gütegeschalteter Nd:YAG-Laser (Medlite Continuum, Biomedical; 532 nm; Pulszeit 5–7 ns; Pulsdurchmesser 2–6 mm; max. Energiedichte 5 J/ cm²). Bei Anwendung des Rubinlasers wurden Energiedichten zwischen 3,5 und 40 J/cm² eingesetzt. Für den Nd:YAG-Laser (532 nm) wurden Energiedichten zwischen 2,1 und 3,7 J/cm² bei Verwendung der 3- oder 4 mm-Sonde ermittelt. Wurde der Nd:YAG-Laser (1064 nm) angewendet, fanden sich Energiedichten von 2,9 bis 7,5 J/cm² ebenfalls unter Wahl der 3- oder 4 mm-Sonde. Die Laseranwendungen erfolgten größtenteils ohne Lokalanästhesie. Bei 17,2% der Tätowierungen wurde ein Lidocain-Prilocain-Gemisch (EMLA®-Creme) zur Oberflächenanästhesie 1 bis 3 Stunden vor Therapie aufgetragen. Nach der Behandlung mit den Nd:YAG-Lasern wurden im Falle von Punktblutungen oder intraepidermalen Hämorrhagien Sulfadiazin-Salbenverbände angelegt.

Die Beurteilung des Aufhellungsgrades erfolgte nach folgender Einteilung:

100% =komplette Aufhellung,
70–99% =sehr gute Aufhellung,
40–69% =gute Aufhellung,
<40% =geringe Aufhellung.

Desweiteren wurde das Auftreten von Nebenwirkungen erfaßt (Blasen, Infektion, Hypo-/Hyperpigmentierung, Narben).

Ergebnisse

Aufhellungsraten

Vollständig entfernt wurden 56,9% der schwarzen und 30% der mehrfarbigen Laientätowierungen. Von den schwarzen Profitätowierungen erreichten 50%, von den mehrfarbigen Profitätowierungen 33,3% eine 100%ige Aufhellung. Die Tabellen 1 und 2 zeigen die Aufhellungsraten der Laien- und Profitätowierungen differenziert nach den eingesetzten Lasergeräten.

Anzahl der Sitzungen

Schwarze Laientätowierungen ließen sich bei Einsatz des gütegeschalteten Rubinlasers in durchschnittlich 6,1 Sitzungen, bei Anwendung des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers (1064 nm) in 6,9 Sitzungen komplett aufhellen. Laientätowierungen, die durch eine Kombinationstherapie aus den o.g. Lasern behandelt wurden, benötigten häufigere Laseranwendungen (im Mittel 13,2 Sitzungen). Die Zahl der Sitzungen für schwarze Profitätowierungen lag über der Zahl der Sitzungen für Laientätowierungen. Durchschnittlich 18,6mal wurde hierbei der Rubinlaser abwechselnd mit dem Nd:YAG-Laser eingesetzt (Tabelle 3).

Mehrfarbige Laientätowierungen konnten nach durchschnittlich 13,7, Profitätowierungen nach 19,4 Sitzungen mit einer Rubin-/Nd:YAG-Laser-Kombinationstherapie komplett entfernt werden (Tabelle 3). Bei nicht vollständig zu entfernenden mehrfarbigen Tätowierungen wurden als Residuenfarben schwarz, grün und blau beobachtet (Tabelle 4).

Tabelle 1
Aufhellungsraten (%) bei Laientätowierungen *n*=68

Aufhellung	Gesamt		Rubinlaser		Nd:YAG-Laser		Kombitherapie	
	n	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%
Schwarz *n*=58								
100%	33	56,9	11	19,0	8	13,8	14	24,1
70–99%	23	39,7	7	12,1	4	6,9	12	20,7
40–69%	2	3,4	2	3,4	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–	–	–
Mehrfarbig *n*=10								
100%	3	30,0	–	–	–	–	3	30,0
70–99%	7	70,0	–	–	3	30,0	4	40,0
40–69%	–	–	–	–	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–	–	–

Laientätowierungen, die mehr als 10 Laserbehandlungen benötigten, waren zu 48,1% an den Unterarmen und zu 33,3% an den Oberarmen lokalisiert. Die restlichen 18,6% verteilten sich auf Brust (7,6%), Stirn, Hand und Schulter (je 3,7%) (Tabelle 5).

Auftreten von Nebenwirkungen

1. Schwellungen, Krusten, Infektionen, Blutungen

Bei allen Patienten trat direkt nach der Behandlung eine diskrete bis mittelstarke Schwellung auf, insbesondere nach Anwendung des Rubinlasers. Ein bis drei Tage nach Therapie entwickelten sich zarte Krusten, die 7 bis 10 Tage persistierten. Posttherapeutische Infektionen traten nicht auf. Bei Anwendung des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers (1064 nm) kam es bei höheren Energiedichten (>5,0 J/cm²) bei allen Patienten zu punktförmigen Blutungen.

2. Blasen

Zu Blasenbildungen (1 Tag nach Therapie) kam es bei Anwendung des Rubinlasers in 5,4% der Fälle, beim Nd:YAG (1064 nm)-Laser bei 1,1% und beim Nd:YAG (532 nm)-Laser bei 7,5%. Bei kombinierter Lasertherapie (Rubin-+Nd:YAG-1064 nm-Laser) traten bei 9,7% Blasen auf (Tabelle 6).

3. Hypopigmentierungen

Während nach der Therapie mit dem Rubinlaser in 8,6% der Fälle Hypopigmentierungen (bis längstens 1 Jahr nach letzter Sitzung) auftraten, zeigte sich eine derartige Pigmentstörung nur bei 4,3% beim Nd:YAG (1064 nm)-Laser. Kamen beide Laser in Kombination zum Einsatz kam es in 45,2% der Fälle zu hypopigmentierten Arealen. Beim Nd:YAG (532 nm)-Laser wurden bei 15,1% eine Hypopigmentierung nachgewiesen (Tabelle 6).

4. Hyperpigmentierungen

Zu Hyperpigmentierungen (längstens 9 Monate anhaltend) kam es jeweils in 1,1% bei Anwendung des Rubinlasers bzw. Nd:YAG (1064 nm)-Lasers. Beim frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser wurden in 2,2% der Fälle, bei der kombinierten Lasertherapie in 5,4% Hyperpigmentierungen gefunden (Tabelle 6).

5. Narbenbildung

Leicht hypertrophe Narben traten nur bei bereits mit anderen Lasern vorbehandelten Tätowierungen auf (Tabelle 6).

Besprechung

Derzeit gibt es 4 Typen von Lasersystemen, die zur selektiven und nebenwirkungsarmen Entfernung von Tätowierungen eingesetzt werden. Neben dem gütegeschalteten Rubinlaser, der rotes Licht der Wellenlänge 694 nm emittiert, zählen weiterhin der gütegeschaltete Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat (Nd:YAG)-Laser (1064 nm und 532 nm) und der gütegeschaltete Alexandritlaser (755 nm) dazu. Desweiteren wird der blitzlampengepumpte gepulste Farbstofflaser mit der Wellenlänge 510 nm angewendet. In verschiedenen insbesondere angloamerikanischen Studien wurde in den vergangenen Jahren die Effektivität dieser erwähnten Laser in bezug auf die Aufhellung von Tätowierungspigmenten und das Auftreten von unerwünschten Nebenwirkungen geprüft und verglichen [3, 15, 16, 17, 21, 22, 35].

Das Ansprechen von Tätowierungen auf die Lasertherapie ist dabei abhängig vom Pigmentierungsgehalt, den verwendeten Farben und deren chemi-

Tabelle 2
Aufhellungsraten (%) bei Profitätowierungen *n*=25

Aufhellung	Gesamt		Rubinlaser		ND:YAG-Laser		Kombitherapie	
	n	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%
Schwarz *n*=10								
100%	5	50,0	–	–	–	–	5	50,0
70–99%	5	50,0	–	–	2	20,0	3	30,0
40–69%	–	–	–	–	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–	–	–
Mehrfarbig *n*=15								
100%	5	33,3	–	–	–	–	5	33,3
70–99%	10	66,7	–	–	1	6,7	9	60,0
40–69%	–	–	–	–	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 3
Anzahl der Sitzungen für Laien- und Profitätowierungen im Vergleich

Aufhellung	Rubinlaser		Nd:YAG-Laser		Rubin-/Nd:YAG-Laser	
	Laien-TÄT	Profi-TÄT	Laien-TÄT	Profi-TÄT	Laien-TÄT	Profi-TÄT
Schwarz						
100%	6,1	–	6,9	–	13,2	18,6
70–99%	8,3	–	9,3	20,0	18,8	18,7
40–69%	10,0	–	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–
Mehrfarbig						
100%	–	–	–	–	13,7	19,4
70–99%	–	–	6,0	20,0	14,8	19,3
40–69%	–	–	–	–	–	–
<40%	–	–	–	–	–	–

scher Natur sowie ob es sich um eine professionell gestochene oder Amateurtätowierung handelt.

Profitätowierungen benötigen in der Regel aufgrund des höheren Gehalts an Farbpigmenten [13] häufigere Laserbehandlungen als laienhaft eingebrachte Tätowierungen. Bei Anwendung des QSRL wurde über 4 bis 6 Sitzungen für Laien- und 6 bis 10, in Einzelfällen bis 20 Sitzungen für Profitätowierungen berichtet [21, 25, 27, 32]. Die Ergebnisse aus dieser Arbeit bestätigen im wesentlichen die Angaben aus der Literatur. Schwarze Laientätowierungen wurden in durchschnittlich 6,1 Behandlungen mit dem QSRL komplett entfernt. Studien anderer Autoren belegen, daß der QSNd:YAG(1064 nm)-Laser Tätowierungen schneller entfernen kann, was wir nicht in diesem Maße feststellen konnten (Tabelle 3).

Im klinischen Alltag sprechen nicht alle Tätowierungen gleichermaßen gut auf einen der o.g. Laser an; manche gelten sogar als therapieresistent. Auch in der vorliegenden Arbeit ist eine solche Gruppe von Tätowierungen zu finden, die sowohl mit dem QSRL als auch mit dem QSNd:YAG (1064 nm)-Laser behandelt wurden. Die durchschnittlich hohe Anzahl an Sitzungen bis zur kompletten Entfernung schwarzer Tätowierungen (13,2 für Laien-, 18,6 für Profitätowierungen) ergibt sich im wesentlichen aus den zahlreichen Behandlungen mit dem QSRL, ohne daß eine effektive Aufhellung erfolgte. Erklärungsmöglichkeiten für dieses Phänomen sind u.a. in unterschieden in der chemischen Zusammensetzung der Farben zu suchen. Zu den klassischen Tätowierungsfarbstoffen zählen Tusche, die hauptsächlich für Laientätowierungen benutzt wurde und Schwermetallverbindungen aus Quecksilber, Cadmium und Chrom. Heute werden von den Tätowierern neben den mineralischen Pigmenten Titandioxid und Eisenoxidhydrat überwiegend synthetische organische Farben wie Azofarbstoffe, Chinacridon und Phthalocyanin-Kupfer-Komplexe verwendet [6, 34, 36, 37].

Mehrfarbige Tätowierungen lassen aufgrund der Kombination verschiedener Farbtöne eine längerdauernde Laserbehandlung vermuten. Interessanterweise bestanden in der vorliegenden Studie keine wesentlichen Unterschiede in der Anzahl der Sitzungen bis zur kompletten Aufhellung mehrfarbiger Laien- bzw. Profitätowierungen im Vergleich zu schwarzen Tätowierungen (Tabelle 3).

Übereinander liegende und dadurch sehr pigmentreiche Tätowierungen könnten ebenfalls eine ungenügende Ansprechbarkeit der Lasertherapie bedingen.

Eine bedeutende Rolle spielt in diesem Zusammenhang, wie tief die Tätowierungen gestochen wurden. Zelickson et al. untersuchten Biopsien aus maschinell tätowierter Meerschweinchenhaut und lokalisierten den Großteil der Pigmentgranula in der oberen Dermis – innerhalb von Makrophagen und Fibroblasten [37]. Furgeson zeigte in einer histologischen Studie, daß sich sehr tief, bis ins untere Corium eingebrachte Tätowierungspigmente nicht vollständig durch appliziertes Laserlicht zerstören lassen [13] und als Farbresiduen in der Haut verbleiben (Tabelle 4).

Bedeutung auf den Aufhellungseffekt scheint auch die Lokalisation der Tätowierung zu haben. Distal gelegene Tätowierungen (z.B. Unterarme, Unterschenkel) lassen sich erfahrungsgemäß schlechter aufhellen (s. Tabelle 5), was sich möglicherweise aus den schlechteren Lymphabflußverhältnissen mit verzögertem Abtransport der Farbfragmente in diesen Regionen erklären ließe.

Das rote Licht des QSRL (694 nm) penetriert die Haut bis zu einer Tiefe von 1 bis 2 mm [24], während der infrarote QSNd:YAG-Laser aufgrund seiner höheren Wellenlänge (1064 nm) kaum von Melanin absorbiert, weniger von dermalen Kollagenfasern gestreut wird und somit tiefer in die Haut eindringen kann [12, 22]. Nach Einwirkung dieser Lasertypen kommt es in den obersten Schichten der Dermis aufgrund der extrem kurzen Impulszeiten zu einer explosionsartigen Hitzeentwicklung von >1000°C. Gewebswasser verdampft und verursacht durch räumliche Ausdehnung eine Veränderung des Brechungsindex der Epidermis. Makroskopisch imponiert eine für wenige Minuten

Tabelle 4
Farbresiduen bei mehrfarbigen Tätowierungen

Farben	Laientätowierungen, *n*=7		Profitätowierungen, *n*=10	
	n	%	*n*	%
schwarz	7	100,0	7	70,0
grün	2	28,6	5	50,0
blau	–	–	1	10,0

Tabelle 5
Lokalisation von Laientätowierungen, die häufiger als 10mal behandelt wurden (*n*=27)

Lokalisation	*n*	%
Unterarm	13	48,1
Oberarm	9	33,3
Brust	2	7,6
Schulter	1	3,7
Hand	1	3,7
Gesicht	1	3,7

sichtbare weißliche Maculopapel. Oberflächlich gelegene Pigmentteilchen gehen aufgrund der hohen Temperaturen zum Teil in den gasförmigen Aggregatzustand über. Diese Gasprodukte lösen sich dann leicht in der Extrazellulärflüssigkeit und führen somit teilweise zum Verschwinden des Tätowierungspigments. Tiefer liegendes Pigment wird durch die einwirkende Energie in kleinere Partikel fragmentiert und von Makrophagen oder Fibroblasten rephagozytiert und über die Lymphflüssigkeit eliminiert. Ein Teil des Pigments wird auch transepidermal als Kruste abgestoßen [13, 22, 23, 34]. Diese Mikroprozesse gelten für alle gütegeschalteten Laser gleichermaßen, wobei die Zielstrukturen (verschiedene Farben bzw. Melanin) jedoch von Laser zu Laser entsprechend ihrer Wellenlänge variieren und sich daraus ein spezielles Einsatzspektrum bei der Behandlung multicolorierter Tätowierungen ergibt.

Der QSRL entfernt aufgrund dessen am besten schwarzes, schwarzblaues und grünes Pigment, der QSNd:YAG(1064 nm)-Laser ist wie auch der gütegeschaltete Alexandritlaser (755 nm) bei schwarzen Farben sehr effektiv. Bei Therapieversagern kann die Behandlung mit dem jeweils anderen Gerät fortgesetzt werden, um eine weitere Aufhellung zu erreichen. Daraus läßt sich auch die hohe Anzahl an Sitzungen bei Kombinationstherapie in unserer Studie erklären. Rote Tätowierungen können gut mit dem frequenzverdoppelten QSNd:YAG (532 nm)-Laser und dem gepulsten Farbstofflaser (510 nm) entfernt werden [16]. Problematisch wird es bei Mischfarben, wie orange, violett und braun sowie bei weiß, gelb und hellblau [12, 20, 23, 33]. Farbumschläge bei kosmetischen Tätowierungen z.B. von rot nach grün nach Therapie mit gepulsten Lasern sind beschrieben worden [4]. Die Patienten müssen eingehend über diese mögliche Komplikation aufgeklärt werden.

Aus der Nachbarschaft der Wellenlängen des QSRL und QSNd:YAG (532 nm)-Lasers zum Absorptionsspektrum von Melanin (300 bis 500 nm) ergibt sich das gehäufte Auftreten von epidermalen Reaktionen (Blasenbildung) und transienten Hypopigmentierungen (bis 40% für QSRL) [11]. Im Vergleich zum QSRL treten beim QSNd:YAG (1064 nm)-Laser, wie auch unsere Arbeit zeigt, seltener Pigmentstörungen oder Gewebetexturveränderungen auf. Jedoch scheint bei sehr hohen Energiedichten die Gefahr von Pigmentstörungen durchaus gegeben [3]. Bei Anwendung des QSNd:YAG (532 nm)-Lasers kommt es gelegentlich zu stärkeren Entzündungsreaktionen, die dann in postinflammatorischen Hyperpigmentierungen resultieren.

Desweiteren treten bei Einsatz des Nd:YAG (1064 nm)-Lasers obligat ab ca. 5 J/cm² punktförmige Blutungen auf [12, 22]. Innerhalb von 10–12 Tagen kommt es zur Abheilung. Das Risiko für die Entwicklung atrophischer oder hypertropher Narben ist bei allen gütegeschalteten Lasern mit <4,5% sehr gering [12, 15, 21, 23].

Zusammenfassend ist zu sagen, daß zur Behandlung von Tätowierungen verschiedene Lasersysteme zur Verfügung stehen. Es lassen sich sowohl Laien- als auch Profitätowierungen mit guten kosmetischen Resultaten entfernen, wobei letztere in der Regel aufgrund des höheren Pigmentierungsgrades mehr Sitzungen benötigen. Verschiedene Wellenlängen und somit unterschiedliche Laser sind erforderlich, um farbige Tätowierungen optimal entfernen zu können. Der gütegeschaltete Rubinlaser ist am besten für schwarze und grüne Farben geeignet, wird aber auch gut von Melanin absorbiert, was wiederum transiente Hypopigmentierungen verursacht. Der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser ist mit zwei Wellenlängen verfügbar: der 1064 nm-Laser behandelt sehr gut schwarze Tätowierungen mit selten auftretenden Pigmentstörungen; der 532 nm-Laser entfernt rote Pigmente, jedoch häufig begleitet von Hypopigmentierungen. Interessant ist, daß für die Entfernung mehrfarbiger Tätowierungen unter Einsatz multipler Lasersysteme nicht mehr Sitzungen notwendig sind als für schwarze Tätowierungen. Die beschriebenen Lasersysteme sind in der Entfernung von Tätowierungen effektive und nebenwirkungsarme Therapiemethoden.

Abschließend sei darauf aufmerksam gemacht, daß die Lasertherapie ausschließlich von Ärzten durchzuführen ist, da z.B. allergische Reaktionen unter der Therapie nicht völlig auszuschließen sind, und um ein Übersehen möglicher maligner Hautveränderungen unter Tätowierungen zu vermeiden. Als letztes sei darauf hingewiesen, daß die Tätowierungsentfernung mittels Laser technisch aufwendig, meist langwierig und in einem gewissen Maß schmerzhaft ist. Insbesondere Jugendliche sollten sich dies vor dem Einbringen einer Tätowierung klarmachen. Besteht der Entschluß zum Entfernen ei-

Tabelle 6
Häufigkeit von Nebenwirkungen (%) bezogen auf die Gesamtzahl der Tätowierungen (*n*=93)

	Blasen	Hypopigmentierung	Hyperpigmentierung	Narben
Rubinlaser	5,4	8,6	1,1	2,2 (zuvor Argonlaser)
Nd:YAG-Laser 1064 nm	1,1	4,3	1,1	–
Nd:YAG-Laser 532 nm	7,5	15,1	2,2	–
Rubin-/Nd:YAG-Laser	9,7	45,2	5,4	1,1 (zuvor CO_2-Laser)

ner Tätowierung, so sollte jeder Patient vor Therapiebeginn über mögliche Nebenwirkungen und Risiken sowie darüber aufgeklärt werden, daß eventuell auch Restpigmente in der Haut verbleiben können.

Literatur

1. Alster TS (1995) **Q-switched alexandrite laser treatment (755 nm) of professional and amateur tattoos.** J Am Acad Dermatol 33: 69
2. Anderson RR, Parrish JA (1981) **The optics of human skin.** J Invest Dermatol 77: 13
3. Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S, Flotte T (1989) **Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd:YAG laser pulses at 1064, 532, and 355 nm.** J Invest Dermatol 93: 28
4. Anderson RR, Geronemus R, Kilmer SL, Farinelli W et al (1993) **Cosmetic tattoo ink darkening – a complication of Q-switched and pulsed-laser treatment.** Arch Dermatol 129: 1010
5. Armstrong ML, Stuppy DJ, Gabriel DC, Anderson RR (1996) **Motivation for tattoo removal.** Arch Dermatol 132: 412
6. Becker G, Beske C, Mainka M, Werner D (1987) **Zur Toxikologie der Tätowierungsfarbstoffe.** medwelt 38: 1253
7. Brunner F, Hafner R, Giovanoli R, Zala L et al (1987) **Entfernung von Tätowierungen mit dem Nd:YAG-Laser.** Hautarzt 38: 610
8. Clabaugh W (1968) **Removal of tattoos by superficial dermabrasion.** Arch Dermatol 98: 515
9. Colver GB, Cherry GW, Dawber RPR (1985) **Tattoo removal using infrared coagulation.** Br J Dermatol 112: 481
10. Dover JS, Margolis RJ, Polla LL, Watanabe S (1989) **Pigmented guinea pig skin irridiated with the Q-switched ruby laser pulses/morphologic and histologic findings.** Arch Dermatol 125: 43
11. Dvir E, Hirschowitz B (1980) **Tattoo removal by cryosurgery.** Plast Reconstr Surg 66: 373
12. Ferguson JE, August PJ (1996) **Evaluation of the Nd/YAG laser for treatment of amateur and professional tattoos.** Br J Dermatol 135: 586
13. Ferguson JE, Andrew SM, Jones CJP August PJ (1997) **The Q-switched neodymium:YAG laser and tattoos: a microscopic analysis of laser-tattoo interactions.** Br J Dermatol 137: 405
14. Goldman L, Wilson RG, Hornby P, Meyer RG (1965) **Radiation from a Q-switched ruby laser: effect of repeated impacts of power output of 10 megawatts on a tattoo of man.** J Invest Dermatol 44: 69
15. Goyal S, Arndt KA, Stern RS, O'Hara D et al (1997) **Laser treatment of tattoos: a prospective, paired, comparison study of the Q-switched Nd:YAG (1064 nm), frequency-doubled Q-switched Nd:YAG (532 nm), and Q-switched ruby lasers.** J Am Acad Dermatol 36: 122
16. Grekin RC, Shelton RM, Geisse JK, Frieden I (1993) **510-nm pigmented lesion dye laser.** J Dermatol Surg Oncol 19: 380
17. Grevelink JM, Duke D, van Leeuwen RL, Gonzalez E et al (1996) **Laser treatment of tattoos in darkly pigmented patients: efficacy and side effects.** J Am Acad Dermatol 34: 653
18. Groot DW, Arlette JP, Johnston PA (1986) **Comparison of the infra-red coagulator and the carbon dioxide laser in the removal of decorative tattoos.** J Am Acad Dermatol 15: 518
19. Hellwig S, Schönermark M, Raulin C (1996) **Schmutztätowierungen. Entfernung durch den gütegeschalteten Rubinlaser.** HNO 44: 592
20. Hodersdal M, Bech-Thomsen N, Wulf HC (1996) **Skin reflectance-guided laser selections for treatment of decorative tattoos.** Arch Dermatol 132: 403
21. Kilmer SL, Anderson RR (1993) **Clinical use of the Q-switched ruby and the Q-switched Nd:YAG (1064 nm and 532 nm) lasers for treatment of tattoos.** J Dermatol Surg Oncol 19: 330
22. Kilmer SL, Lee MS, Grevelink JM, Flotte TJ, Anderson RR (1993) **The Q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos.** Arch Dermatol 129: 971
23. Levine VJ, Geronemus RG (1995) **Tattoo removal with the Q-switched ruby laser and the Q-switched Nd:YAG laser: a comparative study.** Cutis 55: 291
24. Manchester GH (1974) **Removal of commercial tattoos by abrasion with table salt.** Plast Reconstr Surg 53: 517
25. Michel S, Hohenleutner U, Bäumler W, Landthaler M (1997) **Der gütegeschaltete Rubinlaser in der Dermatotherapie – Anwendung und Indikation.** Hautarzt 48: 462
26. Nehal KS, Levine VJ, Ashinoff R (1996) **The treatment of benign pigmented lesions and tattoos with the Q-switched ruby laser.** Dermatol Surg 22: 683
27. Raulin C, Hellwig S (1995) **Entfernung von Laien- und Schmutztätowierungen durch gütegeschalteten Rubinlaser.** Hautarzt 46: 711
28. Raulin C, Emonds T (1998) **Entfernung von Schmutztätowierungen durch gütegeschaltete Laser.** Chirurg 69: 1270
29. Raulin C, Kimmig W, Hellwig S (1997) **Entfernung von Tätowierungen und benignen pigmentierten Hautveränderungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser.** Z Hautkr 72: 129
30. Raulin C, Schönermark M, Greve B, Werner S (1998) **Q-switched ruby laser treatment of tattoos and benign pigmented skin lesions: a critical review.** Ann Plast Surg 41/5: 555
31. Reid WH, McLeod PJ, Ritchie A, Ferguson-Pell M (1983) **Q-switched ruby laser treatment of black tattoos.** Br J Plast Surg 36: 455
32. Reid WH, Miller ID, Murphy MJ, Paul JP, Evans JH (1990) **Q-switched ruby laser treatment of tattoos; a 9-year experience.** Br J Plast Surg 43: 663
33. Stafford TJ, Lizek R, Tan OT (1995) **Role of the alexandrite laser for removal of tattoos.** Lasers Surg Med 17: 32
34. Taylor CR, Anderson RR, Gange RW, Michaud NA, Flotte TJ (1991) **Light and electron microscopic analysis of tattoos treated by Q-switched ruby laser.** J Invest Dermatol 97: 131
35. Tse Y, Levine VJ, 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: 79
36. Walmann I, Vakilzadeh F (1997) **Allergische Spättypreaktion auf roten Azofarbstoff in Tätowierungen.** Hautarzt 48: 666
37. Zelickson BD, Mehregan DA, Zarrin AA, Coles C et al (1994) **Clinical, histologic, and ultrastructural evaluation of tattoos treated with three laser systems.** Lasers Surg Med 15: 364

Eingegangen am 5. Mai 1998
Angenommen am 30. September 1998