

# Tätowierungsentfernung – State of the Art

## Tattoo removal – state of the art

Gudrun Pfirrmann, Syrus Karsai, Susanne Roos, Stefan Hammes, Christian Raulin  
Laserklinik Karlsruhe, Germany

JDDG; 2007 · 5:889–897

Eingereicht: 4.1.2007 | Angenommen: 13.3.2007

### Schlüsselwörter

- Laser
- Nebenwirkungen/Laserchirurgie
- therapeutische Anwendung/  
Laserchirurgie
- Farbe
- Haut
- Mikroskopie
- Pigmente, biologische Effekte
- Menschen

### Keywords

- Lasers
- adverse effects/laser surgery
- therapeutic use/laser surgery
- Color
- Skin
- Microscopy
- Pigments, Biological effects
- humans

### Einleitung

Im Jahr 2003 konnte durch eine Umfrage von Allensbach erhoben werden, dass fast ein Viertel der unter 30-Jährigen tätowiert waren. An US-Colleges wurde eine Prävalenz dekorativer Tätowierungen von 24 % beschrieben [1]. Beweggründe ein Tattoo entfernen zu lassen, sind u. a. das Vorliegen von sozial diskreditierenden Motiven, Druck der Familie und eine Verbesserung der beruflichen Chancen bzw. beruflichen Karriere. 28 % der Tätowierten bereuen den

### Zusammenfassung

Seit den Anfängen der modernen Zivilisation werden Tätowierungen durchgeführt. Erst die selektive Photothermolyse ermöglichte es, Tattoos fast narbenfrei zu entfernen. Eine Pulsdauer im Nanosekundenbereich beim gütegeschalteten Neodymium: Yttrium-Aluminium-Granat-, Alexandrit- und Rubin-Laser erfüllte diese Voraussetzung. Argon- oder cw-CO<sub>2</sub>-Laser und hochenergetische Blitzlampen sollten zur Behandlung von Tätowierungen nicht eingesetzt werden, da hierbei meist mit vermehrter Narbenbildung zu rechnen ist. Diese Arbeit gibt eine Übersicht über aktuelle Lasersysteme. Die Entwicklung hin zu neuen Tattoofarbstoffen, Detektionssystemen zur Erfassung der Absorptionscharakteristika der Tätowierungsfarben, dermalen Aufhellern und auch kürzeren Pulsdauern könnte in Zukunft eine Verbesserung der Behandlungsergebnisse bringen.

### Summary

Tattooing has been around since the early beginnings of modern civilization. The discovery of selective photothermolysis at last has made it possible to remove tattoos without leaving a scar. Q-switched neodymium: yttrium-aluminum-garnet, alexandrite, and ruby lasers with pulse durations in the nanosecond domain fulfill this need. Argon or cw-CO<sub>2</sub> lasers as well as intense pulsed light sources should not be used since they often produce significant scarring. This article provides an overview of current laser systems. Developments leading to new tattoo inks, feedback systems to detect the absorbance characteristics of tattoo inks, dermal clearing agents, and perhaps even lasers with shorter pulse-durations might improve the results in the future.

Schritt der Tätowierung bereits einen Monat danach. Durchschnittlich nach 14 Jahren beginnen diese Patienten mit der Entfernung [2] (Abbildung 1). Neben dekorativen Tätowierungen sind auch unbeabsichtigte exogene Pigmentierungen zu nennen. Pulvereinsprengungen, Explosionen, Straßenschmutzpartikel bei Stürzen, Kohlestaub bei Bergleuten oder iatrogen verursachte Pigmenteinlagerungen (z. B. Amalgam) können z. T. erhebliche ästhetische Beeinträchtigungen hervorrufen. Für nach

frühzeitig durchgeführter Bürstung verbliebenes Pigment oder ältere Schmutz- und Schmucktätowierungen stellt die Lasertherapie mit gütegeschalteten Systemen eine entscheidende Behandlungsoption dar [3, 4]. Die Technologien zur Entfernung von Tätowierungen sind über die Jahre zunehmend verfeinert und verbessert worden. Unspezifische, früher angewendete Methoden sind die Exzision, Kryotherapie, Dermabrasion, Salabrasion, Verätzung, Infrarot-Koagulation und die



**Abbildung 1:** Es geht auch anders ... (Quelle: BMJ 2005; 331: 1552).

Ablation mit dem CO<sub>2</sub>-Laser. Zwangsläufig folgen hier mehr oder weniger ausgeprägte Narben, häufig verbunden mit verbleibendem Restpigment [5] (Abbildung 11). Heutzutage erfolgt die Behandlung vorzugsweise durch Laser, wobei eine gezielte Zerstörung der Tattoopigmente mittels selektiver Photothermolyse mit minimalem Schaden an der Epidermis, der Dermis und den Anhangsgebilden erreicht wird [6]. Darunter versteht man die lokalisierte thermische Zerstörung spezifischer Zielstrukturen durch Wahl einer bestimmten, selektiv absorbierten Wellenlänge und einer Impulsdauer, die kürzer ist als die thermische Relaxationszeit (die Zeit, die eine Struktur benötigt, um auf die Hälfte der Temperatur abzukühlen auf welche sie erhitzt wurde). Bei allen diesen sogenannten gütegeschalteten (Q-switched, qs, quality-switched) Lasern liegt das Narbenrisiko bei richtiger Vorgehensweise unter 4,5 % [7–10].

Intense-pulsed-Light-Systeme sollten aufgrund der zu langen Impulsdauer im Millisekundenbereich nicht eingesetzt werden. Durch die längere Aufheizung der Pigmente kommt es zu einer thermischen Schädigung der Dermis und Anhangsgebilde, was den Prinzipien der selektiven Photothermolyse widerspricht. Aufgrund dieser Tatsache fehlen auch Studien hierzu. Lediglich verschiedene Publikationen über Behandlungsfehler liegen vor [11, 12] (Abbildung 10).

### **Histopathologie und Morphologie der Pigmente**

Das Pigment findet sich hauptsächlich in dermalen Fibroblasten und Makrophagen vorzugsweise perivaskulär und umgeben von Fibrose, in geringer Menge auch extrazellulär in Form von kleinen Aggregaten im Interstitialraum [13, 14].

Die Partikelgröße variiert, es wurden polymorphe schwarze Pigmentgranula mit einem Durchmesser von 0,5–4,0 µm gefunden, türkise und rote Granula sind ca. doppelt so groß [15].

Die Tiefenlage der Pigmente variiert beträchtlich, bei Amateur-Tattoos sind die größten Abweichungen in Größe, Gestalt und Lokalisation zu finden. In den auf die Einbringung folgenden Jahren kommt es zu einer Umlagerung des Pigments in tiefere Schichten, insbesondere bei frisch gestochenen Tattoos wird dieses auch in den drainierenden Lymphknoten gefunden [16].

Je nach Hersteller finden sich Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Farben. Tätowierfarben werden in Deutschland ab dem 1.09.2005 gesetzlich als kosmetische Mittel eingestuft, sie fallen unter das Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetz. Somit unterliegen sie seit neuestem den für Kosmetika geltenden Vorschriften für Reinheit, Qualität und Prüfung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit.

Neben dem klassischen Tätowierfarbstoff Tusche wurden früher häufiger Metallsalze von Quecksilber (rot), Cadmium (gelb), Chrom (grün) und Cobalt (blau) verwendet. [17, 18].

In jüngerer Zeit werden statt der o. g. Metallsalze hochwertige, industriell hergestellte organische Pigmente injiziert (Mono- und Diazofarbstoffe, polyzyklische Farbstoffe aus der Gruppe der Phthalozyanine, Dioxazine und Chinacridone). Sogar Autolacke als gut deckende Farbstoffe finden Verwendung [11, 19, 20].

### **Mechanismus der Aufhellung**

Die genauen Mechanismen sind noch weitgehend unbekannt, es gibt Hinweise dafür, dass die Lasertherapie zu einer so-

fortigen Änderung der optischen Eigenschaften der Tätowierungspigmente führt, einerseits durch Zerstörung, andererseits durch thermische, photochemische (Spaltung der Pigmentmoleküle durch die Laserbestrahlung, Oxidation) oder photoakustische (Fraktur der Moleküle durch akustische oder Druckwellen) Reaktionen [21].

In histologischen und elektronenmikroskopischen Aufarbeitungen von Biopsien konnte die Fragmentierung der Pigmente in kleinere Bruchstücke nachgewiesen werden, die im Folgenden von Makrophagen phagozytiert oder über die Lymphwege abtransportiert werden. Außerdem zeigen sich nachweisbare Strukturänderungen der Pigmentpartikel. Etwa vier Wochen nach einer Behandlung findet sich das aus Zellen freigesetzte Pigment wieder intrazellulär, diese Umlagerung könnte zum Teil zur Aufhellung beitragen [15, 22–24].

Das bei der Behandlung auftretende, dosisabhängige vorübergehende Whitening entsteht durch rapide lokale Erhitzung des Pigments mit Gas- oder Plasma-Formation und nachfolgender dermalen und epidermalen Vakuolisierung.

### **Selektive Lasersysteme**

#### *1. Gütegeschalteter Rubin-Laser*

Die Rubin-Laser-Systeme arbeiten mit einer Wellenlänge von 694 nm, Pulszeiten von < 40 ns, meist mit 25 ns und Energiedichten bis zu 8–10 J/cm<sup>2</sup>. Am besten sprechen schwarze, blauschwarze und dunkelblaue Farben an, bei Grün und Blau fallen die Resultate unterschiedlich aus. Rote, orange und hellblaue Farbtöne reagieren nur schlecht [14, 25].

Schreibner et al. berichteten über Resultate bei der Behandlung von 101 Amateur- und 62 Profi-Tattoos. Nach durchschnittlich 4 Behandlungen zeigten 87 % der Amateur-, aber nur 11 % der Profi-Tattoos eine Aufhellung von über 80 % [26]. Lowe berichtete über abweichende Ergebnisse mit 10 J/cm<sup>2</sup> nach 5 Sitzungen, 22 von 28 Profi-Tattoos zeigten eine Aufhellung von mehr als 75 %. Levins Ergebnisse waren ähnlich, mit exzellenten Ergebnissen und minimalen Nebenwirkungen [27, 28].

Kilmer und Anderson beschrieben, dass schwarze, blau-schwarze und grüne Tattoos am besten auf den Rubin-Laser ansprechen, Amateur-Tattoos benötigten zwischen 4–6 Sitzungen, Profi-Tattoos 6–10, manchmal sogar mehr als 20.



Abbildung 2: Permanent Make-up Ober- und Unterlider (5/02).



Abbildung 3: Narbenfreie Entfernung nach 23 Behandlungen mit dem Rubin-Laser (12/06).

Tendenziell kann gesagt werden, dass professionelle Tattoos, distale, kürzlich gestochene und tief gestochene Tattoos häufigere Behandlungen benötigen [8, 9] (Abbildung 2 und 3).

#### 2. Gütegeschalteter Alexandrit-Laser

Der gütegeschaltete Alexandrit-Laser hat eine Wellenlänge von 755 nm, Pulsbreiten von 50–100 ns und Energiedichten von bis zu 8 J/cm<sup>2</sup>. Gute Ergebnisse werden bei schwarzem, blauem und grünem Pigment gesehen. Die Effektivität steigt mit der Energiedichte. Durchschnittlich werden 4–10 Sitzungen im Abstand von 1–2 Monaten benötigt [14, 29–33].

#### 3. Gütegeschalteter Nd:YAG-Laser

Der gütegeschaltete Nd:YAG (Neodym: Yttrium-Aluminium-Granat)-Laser emittiert infrarotes Licht mit einer Wellenlänge von 1064 nm und einer Impulsdauer von < 20 ns. Mittlerweile sind Systeme mit Spotgrößen von bis zu 8 mm und Energiedichten von bis zu 12 J/cm<sup>2</sup> erhältlich. Ein frequenzverdopplender Kristall,

hier KTP (Kaliumtitanylphosphat), halbiert die Wellenlänge auf 532 nm, welche im sichtbaren grünen Spektrum liegt und vorrangig von roten Farben und Melanin absorbiert wird.

Die Wiederholungsrate von bis zu 10 Hz und die mittlerweile größeren Strahldurchmesser von bis zu 8 mm bei 1064 nm bzw. 6 mm bei 532 nm ermöglichen eine schnelle und effektive Behandlung von dichten und tiefliegenden Tattoos. Vor allem schwarze und dunkelblaue, mit Frequenzverdopplung (532 nm) auch rote, gelbe und orange Pigmente sind behandelbar. In der Regel lässt sich mehr als 75 % des roten Farbstoffs in 3 Sitzungen entfernen [8, 9, 34–36] (Abbildung 4 und 5).

#### 4. Pigmented Lesion Dye Laser

Der blitzlampengepulste Farbstofflaser arbeitet mit 510 nm und einer deutlich längeren Pulszeit von 300 ns. Er kann für Tätowierungen mit roten, z. T. auch orangen und gelben Farbpigmenten eingesetzt werden. Meist werden 3–7 Sitzungen zur vollständigen Aufhellung benötigt. In den vorliegenden Studien wurden keine Hypo-

pigmentierungen, Texturveränderungen oder Narben beobachtet. Ein Nachteil gegenüber dem Nd:YAG-Laser besteht darin, dass damit ausschließlich die o. g. Farben behandelt werden können. Möglicherweise ist das eine Erklärung für seine geringe Verbreitung in Europa [29].

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die für verschiedene Farben einsetzbaren Lasersysteme.

#### Nebenwirkungen und Begleitreaktionen

Insbesondere Profi-Tätowierungen benötigen zahlreiche Sitzungen zur vollständigen Entfernung, nicht selten verbleiben Farbreste. Vor allem Purpur- und Gelbtöne erweisen sich als oft als therapieresistent [37] (Abbildung 6 und 7).

Selten treten bei den früher häufiger verwendeten Metallsalzen von Quecksilber (rot), Cadmium (gelb), Chrom (grün) und Cobalt (blau) lokale allergische oder photoallergische Hautreaktionen auf, sehr selten auch systemische Reaktionen. Ashinoff et al. beobachteten bei einer Patientin mit allergischer Reaktion eine Aufhellung von über 75 % nach lediglich zwei Sitzungen. Möglicherweise half die profunde entzündliche und immunologische Reaktion, die sich nach der Laserbehandlung entwickelte, bei der Aufhellung [17, 18].

In jüngerer Zeit werden statt der o. g. Metallsalze industriell hergestellte organische Pigmente verwendet (Mono- und Diazofarbstoffe, polyzyklische Farbstoffe aus der Gruppe der Phthalocyanine, Diazoxazine und Chinacridone) [19, 20].

In chemischen Analysen wurde festgestellt, dass zwei häufige rote Azofarbstoffe durch die Lasertherapie aufgespalten werden, was zu potenziell toxischen bzw. karzinogenen Abbauprodukten (z. B. Nitroaniline) führt. Ob dies auch in vivo der Fall ist und inwiefern eine klinische Relevanz besteht, ist eher unwahrscheinlich aber noch nicht abschließend bewertet [38].

Auch sind die neueren Farbstoffe nicht als „gewebeinert“ zu werten. Diese können als chronischer Stimulus zur Entwicklung einer reaktiven lymphoiden Hyperplasie (Pseudolymphom) führen. Eine offene Frage ist, ob die entzündliche chronische Stimulation von Lymphozyten oder dendritischen Zellen die Entstehung eines kutanen Lymphoms induzieren kann [38, 39].



**Abbildung 4:** Schmutztätowierung nach Fahrradunfall (7/00).



**Abbildung 5:** Vollständige Entfernung der Farbpartikel und Verbesserung der Hauttextur nach fünf Behandlungen mit dem Rubin-Laser und einer Nd:YAG-Laser-Sitzung (1/03).

Durch Traumatisierung bei der Einbringung der Farbe kann es zum Auftreten von KÖbner-Phänomenen kommen, weiterhin entstehen Mikronarben, die nach Entfernung der Pigmente als Texturveränderung sichtbar bleiben können [20, 40] (Abbildung 8 und 9).

Im Anschluss an eine Behandlung können in Abhängigkeit von der Energiedichte Quaddeln, punktförmigen Blutungen, Bläschen und Krusten beobachtet werden. Texturveränderungen heilen meist innerhalb von 4–6 Wochen ab. Aus diesem Grund sollte das Intervall mindestens 4 Wochen umfassen. Zur Infektionsprophylaxe können antiseptische Externa appliziert werden [10].

Eine häufige Nebenwirkung ist das Auftreten von meist transienten Hypopigmentierungen, welche beim gütegeschalteten Rubin-Laser in über 38 % auftreten und meist für ca. 2–6 Monate verbleiben. Die Anzahl der Sitzungen erwies sich als Risikofaktor, d. h. je mehr Sitzungen notwendig sind, desto größer ist das Risiko der Entstehung von Hypopigmentierungen. Unserer Erfahrung nach treten in ca. 10 % permanente Hypopigmentierungen auf, leider fehlt in den meisten Studien ein entsprechend langer Nachbeobachtungszeitraum [41]. Beim Nd:YAG-Laser wird diese Nebenwirkung wesentlich seltener beobachtet, da Licht dieser Wellenlänge weniger von Melanin absorbiert wird. Somit eignet sich dieser Laser insbesondere für dunklere Hauttypen und gebräunte Haut [35].

Eher vom Hauttyp als von der Laserbehandlung abhängig treten Hyperpig-

**Tabelle 1:** Ansprechen verschiedener Tätowierfarben in Abhängigkeit vom Lasertyp [8, 14, 22, 34].

	qs RL	qs Nd:YAG (1064 nm)	qs fd Nd:YAG (532 nm)	qs Alexandrit	Dye (510 nm)
schwarz, grau-schwarz, grau	+ - +++	+ - +++	(+)	+ - +++	(+)
blau	(+) - ++	(+) - ++	(+)	+ - ++	(+)
violet/purpur	+ - +++	Ø - (+) - ++	(+)	(+) - ++	(+)
grün	(+) - ++	(+) - ++	Ø - (+)	(+) - +	Ø - (+)
rot	Ø - +	Ø - (+)	+ - +++	Ø - (+)	+ - +++
orange	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
gelb	Ø - ++	Ø - ++	Ø - ++	Ø - +	Ø - ++
hautfarben, weiß	Ø - +	Ø - +	Ø - +	Ø - +	Ø - +
braun	(+) - ++	(+) - ++	(+)	(+)	(+)

Abkürzungen: fd: frequenzverdoppelt; qs: Quality-switched (gütegeschaltet); RL: Rubin-Laser

**Tabelle 2:** Vergleich der Nebenwirkungsraten von gütegeschalteten Alexandrit-, Nd:YAG- und Rubin-Laser bei der Behandlung von schwarzen und/oder mehrfarbigen Tattoos.

Autor(en)	n		Nebenwirkungen
<i>Gütegeschalteter Nd:YAG-Laser</i>			
Levine und Geronemus (1995) [52]	48 Amateur- und Profi-Tattoos	1064 nm und 532 nm; Strahldurchmesser 2 mm; Pulsbreite 5–10 ns 10–14 J/cm <sup>2</sup> (1064) 5–7 J/cm <sup>2</sup> (532)	Hypopigmentierung: 10,4 % Hyperpigmentierung: 8,3 % Texturveränderungen: 8,3 % Narben: 2,1 %
Ferguson und August (1996) [34]	221 Amateur- und 27 Profi-Tattoos	1064 nm und 532 nm; Strahldurchmesser 2 mm und 1,5 mm Pulsbreite 10 ns 10 J/cm <sup>2</sup> (1064) 2,5 J/cm <sup>2</sup> (532)	Hypopigmentierung: 2 % Hyperpigmentierung: 77 % (meist Zurückbildung nach 6 Monaten) Pruritus: 25 % Narben: 1,2 %
Werner et al. (1999) [10]	68 Amateur- und 25 Profi-Tattoos	1064 nm und 532 nm; Strahldurchmesser 2–6 mm Pulsbreite 5–7 ns 12 J/cm <sup>2</sup> (1064) 5 J/cm <sup>2</sup> (532)	Hypopigmentierung: 4,3 % (1064 nm), 15,1 % (532 nm) Hyperpigmentierung: 1,1 % (1064 nm), 2,2 % (532 nm) Blasen: 1,1 % (1064 nm), 7,5 % (532 nm) Narben: keine
Leuenberger et al. (1999) [41]	42 Tattoos	1064 nm Strahldurchmesser 3 mm Pulsbreite 10–20 ns 5–10 J/cm <sup>2</sup> (1064)	Temporäre Hyperpigmentierung: 7 % Hypopigmentierung: keine
Ho et al. (2006) [47]	61 Tattoos	1064 nm Strahldurchmesser 3 mm Pulsbreite 6 ns 3,6–4,8 J/cm <sup>2</sup>	Narben: 23,5 % Permanente Hypopigmentierungen: 7,2 % Transiente Hyperpigmentierungen: 9 % (mit Contractubex <sup>®</sup> -Gel: 11,5 %; 7,7 % und 5,8 %)
<i>Gütegeschalteter Rubin-Laser</i>			
Leuenberger et al. (1999) [41]	42 Tattoos	694 nm Strahldurchmesser 5 mm Pulsbreite 25–40 ns 4–10 J/cm <sup>2</sup>	Hypopigmentierung: 38 % Hyperpigmentierung: keine
Levins und Anderson (1995) [27]	Review	694 nm Strahldurchmesser 5 mm Pulsbreite 20–40 ns 4–10 J/cm <sup>2</sup>	Hypopigmentierung: 50 % (transient) Texturveränderungen: 50 % (5 % permanent) Narben: 0,5 %
Kilmer und Anderson (1993) [8]	Review	694 nm Strahldurchmesser 3–8 mm 6–8 J/cm <sup>2</sup>	Narben: < 5 %
<i>Gütegeschalteter Alexandrit-Laser</i>			
Leuenberger et al. (1999) [41]	42 Tattoos	755 nm Strahldurchmesser 3 mm Pulsbreite 50–100 ns 6–8 J/cm <sup>2</sup>	Hypopigmentierung: 2 % (langanhaltend)
Fitzpatrick et al. (1994) [30]	8 Amateur- und 17 Profi-Tattoos	755 nm Strahldurchmesser 3 mm Pulsbreite 100 ns 4–8 J/cm <sup>2</sup>	Hypopigmentierung: 50 % Texturveränderungen: 12 %
Alster (1995) [29]	18 Amateur- und 24 Profi-Tattoos	755 nm Strahldurchmesser 3 mm Pulsbreite 100 ns 4,75–8 J/cm <sup>2</sup>	keine bleibenden Nebenwirkungen



**Abbildung 6:** Halbpfeifionell ausgeführte Tätowierung (10/94).



**Abbildung 7:** Vollständige Entfernung des Tattoos nach 14 Sitzungen mit dem Rubin-Laser (4/03).

mentierungen auf. Selten kommt es zu persistierenden Narben und Texturveränderungen (zigarettentpapierartige Fä-

telung, mildes Erythem oder eine wachsartige glänzende Oberfläche) [7, 8, 27].

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Häufigkeit von Nebenwirkungen bei verschiedenen Lasertypen.

Permanente Farbumschläge bei Behandlung von roten, hautfarbenen, weißen, gelben und braunen Farbtönen zu schwarz, grauschwarz oder dunkelgrün sind nicht selten, Peach et al. beobachteten bei 33 von 184 (17,9 %) mehrfarbigen Tattoos einen Farbumschlag [42]. Verantwortlich sind das als Aufheller verwendete Titandioxid und die Reduktion eisenhaltiger Pigmente zu Eisenoxid. Diese sprechen meist auf weitere Laserbehandlungen an, dies kann jedoch nicht in jedem Fall garantiert werden. Unauffällige Probestellen, an welchen einerseits der Farbumschlag und andererseits die Aufhellung auf wiederholte Behandlung getestet werden, sind ratsam [37].

### **Weitere Therapieansätze und Ausblick in die Zukunft**

#### *1. Mögliche Behandlungsstrategien bei Nebenwirkungen*

*Hypopigmentierungen:* Bei persistierenden Hypopigmentierungen kann eine Repigmentierung mit dem Excimer-Laser versucht werden. Gündogan et al. behandelten einen Patienten mit persistierenden Hypopigmentierungen, welche nach Entfernung eines Tattoos mittels Nd:YAG- bzw. KTP-Nd:YAG-Laser aufgetreten waren. Hier konnte nach 40 Sitzungen innerhalb von 14 Monaten eine für den Nachbeobachtungszeitraum von 23 Wochen stabile Repigmentierung erreicht werden [43].

*Hyperpigmentierungen:* Diese treten meist in Abhängigkeit vom Hauttyp auf, bei dunkleren Hauttypen nach Fitzpatrick ist das Risiko höher. Vor und nach der Behandlung sollte auf eine Sonnenkarenz geachtet werden, bzw. ein adäquater Lichtschutz angewendet werden. Therapeutisch können z. B. Hydrochinone in Kombination mit konsequentem Sonnenschutz eingesetzt werden, möglicherweise bietet die fraktionale Photothermolyse einen weiteren Ansatzpunkt [44, 45].

*Texturveränderungen und Narben:* Bei Texturveränderungen und Narben könnte neben dem Erbium:YAG- und gepulsten CO<sub>2</sub>-Laser die fraktionale Photothermolyse eine ästhetische Verbesserung bringen [46]. Ho et al. zeigten in einer Studie, dass Contractubex®-Gel präventiv zur Narbenprophylaxe bei



**Abbildung 8:** Laientätowierung (7/96).



**Abbildung 9:** Vollständige Entfernung des Tattoos mit diskreten Hypopigmentierungen und Texturveränderungen nach sieben Sitzungen mit einer Kombination aus Rubin- und Nd:YAG-Laser (4/00).



**Abbildung 10:** Keloid nach Versuch der Tätowierungsentfernung mit der IPL-Technologie (8/06).



**Abbildung 11:** Keloid nach Behandlung mit dem Infrarotkoagulator (5/06).



**Abbildung 12:** Therapieresistente Profi-Tätowierung nach zwölf Behandlungen mit einem Nd:YAG-Laser der alten Generation (10/04).



**Abbildung 13:** Sichtbare Aufhellung des zuvor therapieresistenten Tattoos nach mehreren Sitzungen durch einen Nd:YAG-Laser der neuen Generation mit optimiertem Strahlprofil und größerem Strahldurchmesser (10/05).

Tattoo-Entfernung eingesetzt werden kann. Sie behandelten 61 Tattoos mit Contractubex® und 58 Tattoos ohne begleitende Externatherapie. Das Gel wurde zwei mal täglich zwischen den Laserbehandlungen appliziert. Die Narbenhäufigkeit konnte signifikant reduziert werden (Tabelle 2) [47].

*Farbreste und Farbumschlag:* Bleiben Farbreste zurück, oft in Form einer ungleichmäßigen, fleckigen Aufhellung, bzw. spricht der Farbstoff auf die Lasertherapie nicht an, kann versucht werden, ablativ Laser mit gütegeschalteten Lasern zu kombinieren. Dadurch sind tief liegende Reste des Tattoos durch eine oberflächliche Gewebeabtragung wieder für den gütegeschalteten Laser erreichbar. Als Kasuistik wurde die Entfernung einer Eyeliner-Tätowierung mit dem ultragepulsten CO<sub>2</sub>-Laser beschrieben, ein Farbumschlag trat hiermit, was auch zu erwarten war, nicht auf [48].

### 2. Ansätze zur Verbesserung und Beschleunigung der Aufhellung

Durch Störung der dermoepidermalen Junktionszone mittels Erbium:YAG-Laser und evtl. fraktionaler Photothermolysen könnte die transepidermale Elimination der Farbpigmente gesteigert werden [49]. Ebenso könnte das Übertätowieren mit z. B. Kochsalzlösung („wet-tattooing“) zu einer vermehrten transepidermalen Elimination führen.

Weitere Verbesserungen sind bis zu einer gewissen Grenze durch größere Strahldurchmesser und optimierte Strahlprofile mit der damit einhergehenden größeren und gleichmäßigeren Eindringtiefe sowie durch höhere Energiedichten zu erwarten. Bisher unveröffentlichte Daten von unserer Arbeitsgruppe weisen darauf hin, dass dies zu einer Beschleunigung der Clearance führt (Abbildung 12 und 13). Ross et al. beschrieben eine höhere Clearance bei Impulsen im Pikosekundenbereich im Vergleich zu Impulsen im Nanosekundenbereich bei ansonsten gleichen Parametern [36, 41].

Transepidermal appliziertes Glycerol könnte zu einer Verminderung der Streuung des Laserstrahls und somit zu einer Zunahme der Effektivität führen [50].

Solis et al. behandelten frisch applizierte Tattoos bei Meerschweinchen mit Imiquimod. Nach 7 Tagen war histopathologisch kaum noch und klinisch kein Pigment mehr nachzuweisen. Allerdings fanden sich Fibrose und ein Verlust der Hautanhangsgebilde. Imiquimod stellt möglicherweise bei optimierter Anwendung eine nichtchirurgische Methode zur Entfernung frisch gestochener Tattoos dar [51].

### 3. Ausblick

Weitere Ansätze für eine vereinfachte und effektivere Entfernung sind die Entwicklung neuer Farbstoffe und evtl. eine

Bestimmung der Absorptionscharakteristika der Pigmente zur Auswahl der optimalen Laserwellenlänge vor Beginn der Behandlung.

Fortschritte könnte außerdem die Entwicklung von Substanzen oder Methoden bringen, die den Abtransport der Pigmente, sei es transepidermal oder über die Lymphwege beschleunigen oder den Reuptake durch ortsständige Bindegewebszellen minimieren [12].

Als überaus bedenklich ist die Entwicklung zu werten, dass durch Franchiseketten die Tätowierungsentfernung in nichtmedizinische Laienhände gerät. Hier sind die Verantwortlichen der dermatologischen Fachgesellschaften (Deutsche Dermatologische Gesellschaft, Deutsche Dermatologische Lasergesellschaft) sowie die Politik im Interesse der Betroffenen gefordert, gerichtlich oder durch Gesetzbeschluss energisch und schnellstmöglich dagegen vorzugehen.

Darüber hinaus sei abschließend bemerkt, dass trotz der neuesten Entwicklungen in der Lasertherapie es weiterhin so ist, dass sich jeder eingehend überlegen sollte, ob er sich tätowieren lässt. In der Prävention und in der Aufklärung Jugendlicher sollte verstärkt darauf hingearbeitet werden, dass ein Tattoo nicht mit einem Abziehbild verwechselt wird. <<<

### Interessenskonflikt

Keiner.

### Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Ch. Raulin  
Laserklinik Karlsruhe  
Kaiserstraße 104  
D-76133 Karlsruhe  
Tel.: +49-72 1-46 4-78-00  
Fax: +49-72 1-46 4-78-19  
E-Mail: info@raulin.de

### Literatur

- 1 Laumann AE, Derick AJ. Tattoos and body piercings in the United States: a national data set. *J Am Acad Dermatol* 2006; 55(3): 413–421.
- 2 Armstrong ML, Roberts AE, Owen DC, Koch JR. Contemporary college students and body piercing. *J Adolesc Health* 2004; 35(1): 58–61.
- 3 Karrer S, Hohenleutner U, Szeimies RM, Landthaler M. Amiodarone-induced pigmentation resolves after treatment with the Q-switched ruby laser. *Arch Dermatol* 1999; 135(3): 251–253.

- 4 Greve B, Raulin C. Medizinische dermatologische Lasertherapie. Eine Übersicht. *Hautarzt* 2003; 54(7): 594–602.
- 5 Greve B, Raulin C. Der Nd:YAG-Laser im Wandel der (Impuls-) Zeiten – Einsatzgebiete in der Dermatologie. *Hautarzt* 2000; 51(3): 152–158.
- 6 Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S, Flotte T, Hruza GJ, Dover JS. Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd:YAG laser pulses at 1064, 532, and 355 nm. *J Invest Dermatol* 1989; 93(1): 28–32.
- 7 Kilmer SL. Laser treatment of tattoos. *Dermatol Clin* 1997; 15(3): 409–417.
- 8 Kilmer SL, Anderson RR. 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* 1993; 19(4): 330–338.
- 9 Kilmer SL, Lee MS, Grevelink JM, Flotte TJ, Anderson RR. The Q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos. A controlled, dose-response study. *Arch Dermatol* 1993; 129(8): 971–978.
- 10 Werner S, Drosner M, Raulin C. Entfernung von Tätowierungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (694 nm) und dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (532 und 1064 nm). Eine Retrospektivstudie. *Hautarzt* 1999; 50(3): 174–180.
- 11 Bäumler W, Landthaler M. Risikoarm, aber nicht immer erfolgreich: Tattoo-Entfernung mit dem Laser. *MMW Fortschr Med* 2006; 148(41): 37, 39–40.
- 12 Bernstein EF. Laser treatment of tattoos. *Clin Dermatol* 2006; 24(1): 43–55.
- 13 Lea PJ, Pawlowski A. Human tattoo. Electron microscopic assessment of epidermis, epidermal-dermal junction, and dermis. *Int J Dermatol* 1987; 26(7): 453–458.
- 14 Zelickson BD, Mehregan DA, Zarrin AA, Coles C, Hartwig P, Olson S, Leaf-Davis J. Clinical, histologic, and ultrastructural evaluation of tattoos treated with three laser systems. *Lasers Surg Med* 1994; 15(4): 364–372.
- 15 Taylor CR, Anderson RR, Gange RW, Michaud NA, Flotte TJ. Light and electron microscopic analysis of tattoos treated by Q-switched ruby laser. *J Invest Dermatol* 1991; 97(1): 131–136.
- 16 Anderson LL, Cardone JS, McCollough ML, Grabski WJ. Tattoo pigment mimicking metastatic malignant melanoma. *Dermatol Surg* 1996; 22(1): 92–94.

- 17 Ashinoff R, Levine VJ, Soter NA. Allergic reactions to tattoo pigment after laser treatment. *Dermatol Surg* 1995; 21(4): 291–294.
- 18 Antony FC, Harland CC. Red ink tattoo reactions: successful treatment with the Q-switched 532 nm Nd:YAG laser. *Br J Dermatol* 2003; 149(1): 94–98.
- 19 Bäumler W, Eibler ET, Hohenleutner U, Sens B, Sauer J, Landthaler M. Q-switch laser and tattoo pigments: first results of the chemical and photophysical analysis of 41 compounds. *Lasers Surg Med* 2000; 26(1): 13–21.
- 20 Lehmann G, Pierchalla P. [Tattooing dyes]. *Derm Beruf Umwelt* 1988; 36(5): 152–156.
- 21 Ho DD, London R, Zimmerman GB, Young DA. Laser-tattoo removal – a study of the mechanism and the optimal treatment strategy via computer simulations. *Lasers Surg Med* 2002; 30(5):389–397.
- 22 Dozier SE, Diven DG, Jones D, Brysk M, Sanchez RL, Motamedi M. The Q-switched Alexandrite laser's effects on tattoos in guinea pigs and harvested human skin. *Dermatol Surg* 1995; 21(3): 237–240.
- 23 Ferguson JE, Andrew SM, Jones CJ, August PJ. The Q-switched neodymium:YAG laser and tattoos: a microscopic analysis of laser-tattoo interactions. *Br J Dermatol* 1997; 137(3): 405–410.
- 24 Hu XH, Wooden WA, Vore SJ, Cariveau MJ, Fang Q, Kalmus GW. In vivo study of intradermal focusing for tattoo removal. *Lasers Med Sci* 2002; 17(3): 154–164.
- 25 Michel S, Hohenleutner U, Bäumler W, Landthaler M. Der gütegeschaltete Rubinlaser in der Dermatotherapie. Anwendung und Indikation. *Hautarzt* 1997; 48(7): 462–470.
- 26 Scheibner A, Kenny G, White W, Wheeland RG. A superior method of tattoo removal using the Q-switched ruby laser. *J Dermatol Surg Oncol* 1990; 16(12): 1091–1098.
- 27 Levins PC, Anderson RR. Q-switched ruby laser for the treatment of pigmented lesions and tattoos. *Clin Dermatol* 1995; 13(1): 75–79.
- 28 Lowe NJ, Luftman D, Sawcer D. Q-switched ruby laser. Further observations on treatment of professional tattoos. *J Dermatol Surg Oncol* 1994; 20(5): 307–311.
- 29 Alster TS. Q-switched alexandrite laser treatment (755 nm) of professional and amateur tattoos. *J Am Acad Dermatol* 1995; 33(1): 69–73.
- 30 Fitzpatrick RE, Goldman MP. Tattoo removal using the alexandrite laser. *Arch Dermatol* 1994; 130(12): 1508–1514.
- 31 Stafford TJ, Lizek R, Tan OT. Role of the Alexandrite laser for removal of tattoos. *Lasers Surg Med* 1995; 17(1): 32–38.
- 32 Shah G, Alster TS. Treatment of an amalgam tattoo with a Q-switched alexandrite (755 nm) laser. *Dermatol Surg* 2002; 28(12): 1180–1181.
- 33 Taylor CR. Laser ignition of traumatically embedded firework debris. *Lasers Surg Med* 1998; 22(3): 157–158.
- 34 Ferguson JE, August PJ. Evaluation of the Nd:YAG laser for treatment of amateur and professional tattoos. *Br J Dermatol* 1996; 135(4): 586–591.
- 35 Jones A, Roddey P, Orengo I, Rosen T. The Q-switched ND:YAG laser effectively treats tattoos in darkly pigmented skin. *Dermatol Surg* 1996; 22(12): 999–1001.
- 36 Ross V, Naseef G, Lin G, Kelly M, Michaud N, Flotte TJ, Raythen J, Anderson RR. Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond Q-switched neodymium: YAG lasers. *Arch Dermatol* 1998; 134(2): 167–171.
- 37 Ross EV, Yashar S, Michaud N, Fitzpatrick R, Geronemus R, Tope WD, Anderson RR. Tattoo darkening and non-response after laser treatment: a possible role for titanium dioxide. *Arch Dermatol* 2001; 137(1): 33–37.
- 38 Vasold R, Naarmann N, Ulrich H, Fischer D, König B, Landthaler M, Bäumler W. Tattoo pigments are cleaved by laser light—the chemical analysis in vitro provide evidence for hazardous compounds. *Photochem Photobiol* 2004; 80(2): 185–190.
- 39 Burg G, Kempf W, Cozzio A, Döbbling U, Feit J, Golling P, Michaelis S, Schärer L, Nestle F, Dummer R. Kutane maligne Lymphome: Update 2006 zu ausgewählten Aspekten. *J Dtsch Dermatol Ges* 2006; 11(4): 914–934.
- 40 Sowden JM, Cartwright PH, Smith AG, Hiley C, Slater DN. Sarcoidosis presenting with a granulomatous reaction confined to red tattoos. *Clin Exp Dermatol* 1992; 17(6): 446–448.
- 41 Leuenberger ML, Mulas MW, Hata TR, Goldman MP, Fitzpatrick RE, Grelink JM. Comparison of the Q-switched alexandrite, Nd:YAG, and ruby lasers in treating blue-black tattoos. *Dermatol Surg* 1999; 25(1): 10–14.
- 42 Peach AH, Thomas K, Kenealy J. Colour shift following tattoo removal with Q-switched Nd:YAG laser (1064/532). *Br J Plast Surg* 1999; 52(6): 482–487.
- 43 Gundogan C, Greve B, Hausser I, Raulin C. Repigmentierung persistierender laserinduzierter Hypopigmentierungen nach Tätowierungsentfernung mit dem Excimerlaser. *Hautarzt* 2004; 55(6): 549–552.
- 44 Rokhsar CK, Fitzpatrick RE. The treatment of melasma with fractional photothermolysis: a pilot study. *Dermatol Surg* 2005; 31(12): 1645–1650.
- 45 Handley JM. Adverse events associated with nonablative cutaneous visible and infrared laser treatment. *J Am Acad Dermatol* 2006; 55(3): 482–489.
- 46 Hasegawa T, Matsukura T, Mizuno Y, Suga Y, Ogawa H, Ikeda S. Clinical trial of a laser device called fractional photothermolysis system for acne scars. *J Dermatol* 2006; 33(9): 623–627.
- 47 Ho WS, Ying SY, Chan PC, Chan HH. Use of onion extract, heparin, allantoin gel in prevention of scarring in chinese patients having laser removal of tattoos: a prospective randomized controlled trial. *Dermatol Surg* 2006; 32(7): 891–896.
- 48 Mafong EA, Kauvar AN, Geronemus RG. Surgical pearl: Removal of cosmetic lip-liner tattoo with the pulsed carbon dioxide laser. *J Am Acad Dermatol* 2003; 48(2): 271–272.
- 49 Hantash BM, Bedi VP, Sudireddy V, Struck SK, Herron GS, Chan KF. Laser-induced transepidermal elimination of dermal content by fractional photothermolysis. *J Biomed Opt* 2006; 11(4): 041115.
- 50 McNichols RJ, Fox MA, Gowda A, Tuya S, Bell B, Motamedi M. Temporary dermal scatter reduction: quantitative assessment and implications for improved laser tattoo removal. *Lasers Surg Med* 2005; 36(4): 289–296.
- 51 Solis RR, Diven DG, Colome-Grimmer MI, Snyder Nt, Wagner RF Jr. Experimental nonsurgical tattoo removal in a guinea pig model with topical imiquimod and tretinoin. *Dermatol Surg* 2002; 28(1): 83–86; discussion 86–87.
- 52 Levine VJ, Geronemus RG. Tattoo removal with the Q-switched ruby laser and the Q-switched Nd:YAG laser: a comparative study. *Cutis* 1995; 55(5): 291–296.