

S. Michel · U. Hohenleutner · W. Bäumlner · M. Landthaler · Dermatologische Klinik und Poliklinik  
(Direktor: Prof. Dr. M. Landthaler) der Universität Regensburg

# Der gütegeschaltete Rubinlaser in der Dermatotherapie

## Anwendung und Indikation

### Zusammenfassung

Der gütegeschaltete Rubinlaser mit einer Wellenlänge von 694 nm und einer Impulszeit im Nanosekundenbereich stellt eine effektive Behandlungsmöglichkeit für Tätowierungen und kutane pigmentierte Hautveränderungen dar. Aufgrund der selektiven Photothermolyse, dem Wirkungsprinzip des Rubinlasers, ist eine selektive Schädigung der Pigmentpartikel bzw. der pigmenttragenden Zellen in der Dermis möglich. Dadurch ist eine narbenfreie Entfernung von endogenem und exogenem Pigment möglich. Wichtige und häufige Indikationen für die Anwendung des gütegeschalteten Rubinlasers sind Tätowierungen (Amateur- und Profitätowierungen, Schmutztätowierungen, Permanent-Make-Up) und Lentigines solares. Der Rubinlaser eignet sich auch zur Behandlung weiterer pigmentierter Hautveränderungen wie Naevus pilus oder Cafe-au-lait-Flecken. Auch Veränderungen der Mundschleimhaut und der Lippen (Lentigines) können mit dem Rubinlaser problemlos entfernt werden. Da die Behandlung von postinflammatorischen Hyperpigmentierungen, Chloasma/Melasma und Becker-Nävi unterschiedliche Ergebnisse aufweist, ist der gütegeschaltete Rubinlaser für diese Indikationen nur eingeschränkt zu empfehlen. Prinzipiell ist von der Behandlung melanozytärer Hautveränderungen mit dem Rubinlaser abzuraten. Ausnahmen bilden der Nävus Ota sowie der Nävus Ito, da hier keine anderen Therapiemodalitäten zur Verfügung stehen. Nichtpigmentierte Zellen, die in fast allen melanozytären Hautveränderungen vorhanden sind, absorbieren das Rubinlaserlicht

nicht und sind somit der Behandlung nicht zugänglich. Ob partiell geschädigte Zellen nach Rubinlaserbehandlung möglicherweise ein größeres Entartungsrisiko besitzen, ist nicht bekannt. Bei richtiger Indikationsstellung ist der gütegeschaltete Rubinlaser eine hervorragende Behandlungsmethode zur Entfernung von endogenem und exogenem Pigment der Haut. Aufgrund der Behandlungserfolge und der im Vergleich zu anderen Therapiemöglichkeiten geringen Nebenwirkungen, die sich auf eine transiente Hyper- oder Hypopigmentierung beschränken, hat der Rubinlaser sicher ein festes Anwendungsspektrum in der Dermatotherapie.

### Schlüsselwörter

Gütegeschalteter Rubinlaser · Tätowierungen · Lentigines

Die Anwendung von Lasern zur Behandlung von Hautveränderungen hat in den letzten Jahren immer mehr Akzeptanz gewonnen und deutlich zugenommen, wobei sich aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweise der einzelnen Lasersysteme verschiedene Einsatzbereiche und Indikationen ergeben. Während Nd:YAG-Laser überwiegend durch Koagulation und der CO<sub>2</sub>-Laser durch Verdampfung eine nichtselektive, thermische Wirkung auf das Gewebe haben, können mit Lasern, die eine selektive Wirkungsweise haben, verschiedene

Strukturen in der Haut gezielt zerstört werden. Eine selektive Wirkung bei vasculären Veränderungen kann eingeschränkt mit dem Argonlaser und v.a. mit dem blitzlampengepumpten, gepulsten Farbstofflaser (FPDL, „flashlamp-pumped-pulsed-dye-laser“) erreicht werden [69]. Das Licht des gütegeschalteten Rubinlasers (694 nm) dringt relativ tief in die Haut ein und wird selektiv von dunklen Strukturen – Melanin und exogen eingebrachten Pigmenten – absorbiert und ermöglicht somit die Behandlung von kutanen pigmentierten Hautveränderungen und Tätowierungen.

Argon- und CO<sub>2</sub>-Laser gehören inzwischen wie auch der FPDL zu den Standardverfahren der Dermatologie und wurden bereits in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben. Wegen des ständig zunehmenden Interesses an Lasern für Pigmentveränderungen und Tätowierungen scheint es angebracht, die Einsatzmöglichkeiten dieser Laser darzustellen. Anhand eigener Erfahrungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser und der einschlägigen Literatur werden dessen Anwendungsmöglichkeiten in der Dermatologie beschrieben.

### Biophysikalische Grundlagen

Grundlegend für das Verständnis der Wirkungsweise des gütegeschalteten

Dr. S. Michel  
Dermatologische Klinik  
und Poliklinik der Universität Regensburg,  
Franz-Josef-Strauß-Allee 11, D-93053 Regensburg

S. Michel · U. Hohenleutner · W. Bäumlner  
M. Landthaler

## The Q-switched ruby laser in dermatologic therapy – uses and indications

### Summary

The Q-switched ruby laser (QSRL) with its wavelength of 694 nm and a pulse duration of around 40 nsec is an effective modality for the removal of tattoos and cutaneous pigmented lesions. Based on the principle of selective photothermolysis, selective damage to cutaneous pigment or pigmented cells is possible, allowing the scar-free elimination of endogenous or exogenous pigment in the skin. Main indications for the treatment with the QSRL are tattoos (amateur, professional, accidental, or cosmetic) and lentigines but the QSRL can also be used for lightening or even removing other pigmented lesions such as nevus spilus or café au lait macules. Furthermore, pigmented lesions of mucous membranes can be removed easily. Since treatment results in postinflammatory hyperpigmentation, melasma, and Becker' nevus have proven to be inconsistent, the QSRL cannot be routinely recommended for these lesions. Melanocytic lesions are generally not treated, with the exception of nevus of Ota and nevus of Ito where there exists a lack of therapeutic alternatives. Non-pigmented cells, which exist in nearly all melanocytic lesions, do not absorb the light of the QSRL and, therefore, do not react to this particular treatment. No information is available on the risk of partially damaged cells to become malignant after QSRL treatment. The QSRL is an excellent therapy for the removal of endogenous and exogenous pigment because of both the excellent treatment results and the lack of side effects, which are limited to transient hypo- and hyperpigmentation. The QSRL has accrued a wide range of applications within the field of dermatology.

### Key words

Q-switched ruby laser · Tattoos · Lentigines

Rubinlasers (QSRL) ist das Prinzip der selektiven Photothermolyse. Hierfür müssen 3 Voraussetzungen erfüllt sein:

- Bei der gewählten Wellenlänge muß eine genügend hohe selektive Absorption des Laserlichtes in der Zielstruktur im Vergleich zur Umgebung gewährleistet sein.
- Die Impulsdauer muß im Bereich der thermischen Relaxationszeit der Zielstruktur liegen, damit die übertragene thermische Energie nicht in die Umgebung der Zielstruktur fortgeleitet werden kann und somit auf die Zielstruktur beschränkt bleibt.
- Die beim Laserimpuls übertragene Energie muß für die Zerstörung der Zielstruktur ausreichend sein.

Dadurch wird eine selektive Zerstörung bestimmter Chromophoren in der Haut möglich, ohne daß es zu einer Schädigung des umgebenden Gewebes kommt [4, 5].

Beim gepulsten, gütegeschalteten Rubinlaser („quality-switched ruby laser“, QSRL), dessen aktives Medium der Rubinkristall ist, ermöglicht die sog. Güteschaltung sehr hohe Leistungen (100–200 MW) mit extrem kurzen Impulszeiten ( $20\text{--}80\text{ ns} = 10^{-9}\text{ s}$ ) bei einer Wellenlänge von 694 nm. Dieses rote

Licht des Rubinlasers dringt relativ tief in die Haut ein und wird besonders von pigmentreichen Strukturen der Epidermis und Dermis – Melanin, Melanosomen, Melanozyten [20, 42, 54, 58, 69] und exogen eingebrachten Farbpigmenten – absorbiert. Durch die extrem schnelle Aufheizung der Zielstruktur kommt es zu einer selektiven Zerstörung, wobei diese entweder als Folge des extremen Temperaturgradienten innerhalb der Zielstruktur und/oder aufgrund der Schockwelle/Kavitation bei schneller thermaler Expansion entsteht [8, 42].

Unmittelbar nach Rubinlaserbehandlung finden sich lichtmikroskopisch unterschiedlich große Vakuolen überall dort, wo sich pigmentierte Strukturen befanden (Abb. 1). Entsprechend finden sich Vakuolen epidermal im Bereich pigmentierter Keratinozyten bzw. Nävuszellen und dermal im Bereich pigmentierter Makrophagen, Nävuszellen oder von Tätowierungspigment. Hierbei handelt es sich wahrscheinlich um Dampfbläschen, die den klinisch sichtbaren Weißverfärbungen der Haut entsprechen und rasch wieder resorbiert werden. Unpigmentierte Epidermis wird nicht geschädigt, lediglich im Bereich pigmentierter Basalzellen kann sich eine Vakuolisierung zeigen.

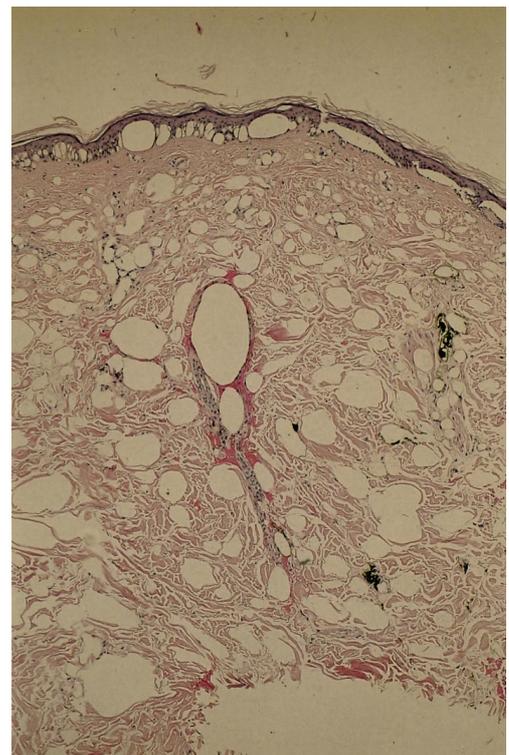


Abb. 1 ▶ Probenbiopsie unmittelbar nach Behandlung einer Tätowierung mit dem gütegeschalteten Rubinlaser ( $8\text{ J/cm}^2$ ). HE, 100fach

Nach einer Woche sieht man im Behandlungsareal Melanin in den dermalen Makrophagen, die wahrscheinlich im Zuge einer Entzündungsreaktion die zerstörten Pigmentpartikel/-zellen abbauen. Nach einigen Wochen ist histologisch das Melanin in Epidermis und Dermis vermindert. Klinisch sichtbare Hyper- und Hypopigmentierungen von unterschiedlicher Ausprägung können sich über Wochen auch histologisch zeigen. In der Dermis findet sich eine, beispielsweise im Vergleich zum Argonlaser, unwesentliche Fibrose nach der Rubinlaserbehandlung [19]. Die genauen Abläufe im Gewebe nach QSRL-Therapie sind jedoch noch weitgehend unbekannt, insbesondere was den Verbleib von Tätowierungspigment betrifft.

### Klinische Anwendung

Es empfiehlt sich, stärker behaarte Behandlungsareale vor der Rubinlaserbehandlung zu rasieren, da das pigmentierte Haar selbst einen Teil des Laserlichts absorbiert. Die 4 mm großen Laserimpulse werden leicht (10%) überlappend exakt nebeneinander gesetzt, um so das gesamte zu behandelnde Areal abzudecken. Während der Lasertherapie empfindet der Patient einen Schmerz von stechend oder brennendem Charakter. Das zu behandelnde Hautareal muß nicht, wie bisher bei anderen Methoden zur Entfernung von Tätowierungen beispielsweise, mit einer Infiltrationsanästhesie betäubt werden. Bei sehr schmerzempfindlichen Patienten, bei Kindern oder bei großflächiger Anwendung im Gesichtsbereich ist die Applikation einer anästhesierenden Creme (z.B. EMLA®-Creme, Lidocain/Prilocain) nützlich. Sollte während der Therapie ein Einriß der Epidermis oder eine Blutung auftreten, ist die Energiedichte zu reduzieren. Bei Verwendung der richtigen Energiedichte erscheint die behandelte Hautoberfläche unmittelbar nach der Behandlung weiß. Die „Verfärbung“ ist transient und verschwindet meist innerhalb einer Stunde. Häufig zeigt sich postoperativ oder bis zu 24 h nach der Behandlung innerhalb des behandelten Areals, bei Energiedichten  $\geq 8 \text{ J/cm}^2$ , ein Erythem oder eine urtikarielle Schwellung, welche für wenige Stunden persistieren kann. Postoperative Anwendun-

gen von Salben oder Verbänden sind nicht erforderlich. Der Patient sollte aufgeklärt werden, daß nach Tagen Bläschen oder Blasen, die im folgenden unter Krustenbildung abheilen, auftreten können.

Die mechanische Manipulation evtl. entstehender Krusten ist unbedingt zu vermeiden. Ebenso sollte auch UV-Lichtexposition der behandelten Areale über den Zeitraum von mehreren Wochen bis Monaten vermieden werden. Ein entsprechender Sonnenschutz der gelaserten Hautareale ist durch Cremes mit einem Lichtschutzfaktor größer als 15 anzuraten. Hyper- und Hypopigmentierungen von unterschiedlicher Ausprägung können sich über Wochen zeigen. Nach ca. 3–6 Monaten sind die Pigmentverschiebungen wieder regredient. Narben, persistierende Pigmentverschiebungen oder Hauttexturveränderungen treten nicht auf [34]. Die meisten Patienten berichten ein Abheilen der behandelten Stellen nach durchschnittlich 7–14 Tagen. Eine Wiedervorstellung sollte frühestens nach 4 Wochen erfolgen, da erst dann das erreichte Ergebnis zu beurteilen ist [35, 73].

Bei dem von uns verwendeten Gerät der Firma NWL können sowohl der Strahldurchmesser (4 mm) als auch die Impulszeit (40 ns) nicht variiert werden. Es werden Leistungen bis zu 100–200 MW erreicht. Es können Energiedichten von  $4,5 \text{ J/cm}^2$ ,  $5,5 \text{ J/cm}^2$  oder  $8 \text{ J/cm}^2$  verwendet werden.

### Tätowierungen

Man unterscheidet akzidentelle, oft unfallbedingte Schmutztätowierungen von den beabsichtigten Schmucktätowierungen, zu denen auch das Permanent-Make-Up gehört, welches zur Korrektur von Lid- oder Lippenstrichen angewandt wird. Schmucktätowierungen sollten im weiteren in professionelle und in Laientätowierungen unterschieden werden.

Die verwendeten Energiedichten liegen bei  $4,5 \text{ J/cm}^2$ ,  $5,5 \text{ J/cm}^2$  und  $8 \text{ J/cm}^2$  und sollten der Lokalisation und der jeweiligen individuellen Reaktion des Patienten auf die Lasertherapie angepaßt sein. Die richtige Energiedichte kann man an dem sog. „blanching“ erkennen. Unter „blanching“ versteht man das weiter oben genannte Phäno-

men vom kurzzeitigen Weißverfärben der Hautoberfläche unmittelbar nach der Rubinlaserbehandlung. Meistens kommen jedoch bei jeder Art der Tätowierung Leistungsdichten von  $8 \text{ J/cm}^2$  zur Anwendung.

### Laien- und Profitätowierungen

Die Entfernung von blau-schwarzen Tätowierungen zählt mit zu den wichtigsten Indikationen des gütegeschalteten Rubinlasers [35, 37, 59, 62, 63, 67, 73, 74]. Anhand der Literatur [63] und unserer Erfahrung nach sind bei der Entfernung von Laientätowierungen mindestens 4–6 Behandlungen an der gleichen Stelle zur kompletten Entfernung erforderlich. Für professionelle, maschinengestochene Tätowierungen sind meistens aufgrund der höheren [46] Pigmentdichte mehr Sitzungen (ca. 6–10 Sitzungen) als bei Laientätowierungen nötig, obwohl dies im Einzelfall unterschiedlich sein kann. Dies wird auch durch zahlreiche weitere Studien untermauert [62, 63, 67, 74]. Bei 238 von uns behandelten Laientätowierungen konnte nach einer einzigen Rubinlaserbehandlung in 9% ein sehr gutes (<5% Restpigment) (Abb. 2), bei 51% ein gutes (75–95% Entfernung), in 33% der Fälle ein befriedigendes (50–75% Aufhellung) und bei 7% nur ein unbefriedigendes bis schlechtes Ergebnis (<50% Aufhellung) erzielt werden. Bei 28 behandelten Profitätowierungen konnten nach einer Rubinlaserbehandlung in 10% gute Ergebnisse (75–95% Entfernung) (Abb. 3), in 56% befriedigende Resultate (50–75% Aufhellung) und in 22% lediglich unbefriedigende bis schlechte Resultate (<50% Aufhellung) erzielt werden. Das bessere Ansprechen der Amateurtätowierungen könnte auch auf die hier häufig verwendeten Kohlefarbstoffe (Tusche) zurückzuführen sein, während bei professionellen Tätowierungen häufig stabile Schwermetalle und organische Farbstoffe verwendet werden. Ältere Tätowierungen, die über einen Zeitraum von 10 Jahren oder länger bestehen, sprechen besser auf die Rubinlaserbehandlung an als jüngere Tätowierungen. Die Ursache mag zum einen bereits phagozytiertes Pigment oder zum anderen ein fragileres, leichter zersprengbares Pigment sein (eigene Erfahrungen).

Das Ansprechen der Tätowierungen auf den gütegeschalteten Rubinla-



Abb. 2a, b ▲ Blauschwarze Laientätowierung vor Rubinlaserbehandlung; fast vollständige Aufhellung und diskrete Hypopigmentierung nach 4 Rubinlaserbehandlungen

ser hängt entscheidend von dem verwendeten Pigment bzw. der verwendeten Farbe ab. Blauschwarze Tätowierungen sprechen gut auf den Laser an, da diese das rote Laserlicht gut absorbieren. Grüne Farbpigmente in der Haut sprechen unterschiedlich gut auf den Laser an, gelbe oder rote Tätowierungen lassen sich in der Regel mit dem Rubinlaser nicht entfernen und müssen anderen gütegeschalteten Lasern (Q-Switched Alexandrite-Laser, Q-Switched-1064-Nd:YAG, frequenzverdoppelter (fd) Q-Switched-532-Nd:YAG [22, 35, 36, 37, 52, 71]) oder herkömmlichen Entfernungsmöglichkeiten überlassen werden. In Tabelle 1 ist das Ansprechen verschiedener gütegeschalteter Lasersysteme bei verschiedenen Tätowierungsfarben zusammengefasst.

Auch die Hautfarbe des Patienten hat einen Einfluß auf das Aufhellungsergebnis. Besonders Patienten mit dem Hauttyp IV–VI zeigen ein langsames Ansprechen auf den Rubinlaser als blasse Patienten, weil das epidermale Melanin räumlich über dem Tätowierungspigment liegt und einen wesentlichen Teil des Laserlichts absorbiert.

### Schmutztätowierungen

Auch für Schmutztätowierungen konnten mit dem gütegeschalteten Rubinla-

ser gute Erfolge verzeichnet werden [3, 10, 59]. Jedoch hängen auch hier die Behandlungsergebnisse entscheidend von dem „eintätowierten“ Pigment ab. Bei 14 behandelten Patienten mit einer unfallbedingten Schmutztätowierung kam es bei 7 Patienten in 4–6 Behandlungen zu einem deutlichen Ansprechen auf die Rubinlaserbehandlung, ähnlich wie es bei Laientätowierungen festgestellt werden kann. Ein Nichtansprechen des Rubinlasers fand sich in 5 Fällen. Anamnestisch konnte verifiziert werden, daß es sich bei diesen Patienten um metallische Partikel (Eisen) handelte, die kein Laserlicht absorbieren und somit für den Laser nicht zugänglich sind. Bei 2 Patienten zeigten sich Befundverschlechterungen (Hyperpigmentierungen) des Probeareals.

### Permanent-Make-Up

Auch bei dem letztlich einer Tätowierung entsprechenden, zunehmend häufiger vorkommenden Permanent-Make-Up kann eine Entfernung der verbleibenden, zur Korrektur von Lid- oder Lippenstrichen eintätowierten Farbe erreicht werden [6, 23]. Die in unserer Klinik behandelten Patientinnen hatten Lippenstrichkorrekturen, Lidstrichkorrekturen und Korrekturen der Augenbrauen. Unserer Erfahrung nach

kann nach 6–8 Behandlungen des gleichen Areals bereits eine zufriedenstellende Aufhellung oder sogar eine Entfernung erzielt werden. Wie bei Schmucktätowierungen ist das Ansprechen jedoch abhängig von der Farbe, und insbesondere bei hellen oder hautfarbenen Pigmenten kann es zum „Umgeschlagen“ in schwarz kommen, was vornehmlich auf einer Oxidation von Eisensalzen beruht. Pigmente, die einmal „umgeschlagen“ sind, lassen sich zwar prinzipiell mit dem Rubinlaser behandeln, sprechen jedoch nicht in jedem Fall auf die Behandlung an [6, 23].

### Vorteile

Gemäß den Berichten in der Literatur und unseren Erfahrungen an 238 Laientätowierungen und 28 Profitätowierungen zeigt der Rubinlaser gegenüber den bisher verwendeten Methoden zur Entfernung von Tätowierungen wie dem Argonlaser, dem CO<sub>2</sub>-Laser, der Dermabrasion, Salabrasion oder der Exzision deutliche Vorteile [7, 12, 15, 16, 21, 40, 50, 60, 66]. Die Rubinlaserbehandlung ist eine schnellere und für den Patienten unkompliziertere, unblutige Entfernungsmethode, die ohne Lokalanästhesie und mit deutlich weniger postoperativen Beschwerden durchzuführen ist. Zudem sind aufgrund der problemlosen Anwendung der Rubinlaserbehandlung im Vergleich zu oben genannten Verfahren mit Gewebeentfernung oder Gewebeerstörung deutlich größere Körperareale behandelbar.

Die behandelten Hautareale weisen eine unveränderte Hauttextur auf, ebenso sind die Hautbräunung und das Haarwachstum normal. In der Regel sind unter Einhaltung gewisser Verhaltensmaßregeln wie UV-Lichtschutz und Meidung mechanischer Manipulation des behandelten Areals nach wenigen Monaten bis zu spätestens einem Jahr auch evtl. aufgetretene Pigmentverschiebungen vollständig rückläufig, die behandelte Stelle gleicht der restlichen unbehandelten Haut. Nebenwirkungen wie bleibende Pigmentverschiebungen, Narben, z.T. hypertroph oder sogar Keloide, wie bei anderen Behandlungsmethoden [31], sind nicht beschrieben. Auch in schwierig zu behandelnden Lokalisationen (z.B. Augenlider) ist eine Behandlung mit dem Rubinlaser unter Einlage einer Augenschale möglich.



Abb. 3a–c ▲ Mehrfarbige Laientätowierung. Zustand unmittelbar nach Probebehandlung in 3 verschiedenfarbigen Arealen; Zustand unmittelbar nach der ersten großflächigen Behandlung; mehrfarbige Laientätowierung. Zustand 4 Wochen nach der Erstbehandlung. Mangelndes Ansprechen der hellblauen, roten und gelben Areale

Aufgrund der fehlenden Rauchentwicklung ist auch das Infektionsrisiko deutlich niedriger als etwa bei der CO<sub>2</sub>-Laserbehandlung.

**Nachteile**

Transiente Hypopigmentierungen bei Patienten mit dunklerem Hauttyp oder Hyperpigmentierungen, besonders nach UV-Exposition, sind nach Rubinlaserbehandlung nicht selten. Patienten mit dunklerem Hauttyp zeigen bevorzugt eine Hypopigmentierung, die sich aber in den meisten Fällen nach 4–6 Monaten zurückbildet. Bei den von uns behandelten Patienten fand sich eine

transiente Hypo- oder Hyperpigmentierung in 23% der Fälle.

Neben dem mangelhaften Ansprechen mancher Tätowierungsfarben ist besonders bei relativ hellen „Erd-“ oder „Haut“tönen, die auf eisensalzhaltigen Pigmenten basieren, das mögliche und – wenn nicht auf erneute Lasertherapie ansprechende – dann irreversible Umschlagen in schwarz zu erwähnen (Oxidationsprozeß [6, 23]).

Die Provokation von Hautveränderungen durch Tätowierungen bzw. die verwendeten Farbstoffe ist selten, wird jedoch immer wieder beschrieben. Durch das Einbringen von Farbe in die Dermis kann es dort, einerseits durch

den Eingriff selbst, im Sinne einer Irritation zum Aufflammen von Hautveränderungen (Psoriasis vulgaris, Lichen ruber planus) kommen [30, 81]. Andererseits können in tätowierten Hautarealen Pseudolymphome und granulomatöse Reaktionen vom Fremdkörper- oder Sarkoidosetyp auftreten, welche auf die in der Haut liegenden Farbpartikel zurückzuführen sind [30, 51, 81]. Ebenso werden sowohl allergische als auch photoallergische Reaktionen durch Sensibilisierung gegenüber Bestandteilen der Tätowierungsfarbstoffe (Schwermetalle, wie Quecksilber und Chromate) beschrieben [48, 78, 81]. Am häufigsten werden allergische Reaktionen auf Schwefelsulfide in roten Pigmenten [1, 2, 43, 49, 56, 65] gefunden. Ebenso existieren Beschreibungen auf blaues kobalthaltiges [13], grünes chromhaltiges [47] und gelbes kadmiumhaltiges Pigment [14]. Theoretisch ist die Auslösung solcher irritativer und allergischer Reaktionen auf Farbstoffbestandteile nach einer QRSL-Therapie denkbar, da die Farbstoffe durch die selektive Photothermolyse in bisher nicht bekannter Art und Weise chemisch und/oder mechanisch verändert werden. Erste Fälle von allergischen Reaktionen (Typ I) nach Rubinlaserbehandlung von Tätowierungen wurden bereits beschrieben [11].

Als wesentlicher Nachteil der Rubinlaserbehandlung ist der deutlich größere Kostenaufwand im Vergleich

Tabelle 1

**Das Ansprechen verschiedener Tätowierungsfarben auf unterschiedliche gütegeschaltete Lasersysteme.** (Nach Kilmer u. Alster [39])

Tätowierungsfarbe	Rubin (694 nm)	Alexandrit (755 nm)	Nd:YAG (1064 nm)	fd Nd:YAG (532 nm)	PLDL (510 nm)
Blau/schwarz	+++	+++	+++	–	–
Grün	++	++	+/-	–	–
rot	–	–	–	+	+
Orange	–	–	–	+	+

PLDL, „pigmented lesion dye laser“; fd Nd:YAG, frequenzverdoppelter Neodym:YAG-Laser

zu anderen weiter oben genannten Behandlungsverfahren zu sehen.

## Pigmentierte Hautveränderungen

Wie bereits erwähnt, absorbiert auch Melanin das Rubinlaserlicht. Daher lassen sich epidermale und dermale pigmentierte Hautveränderungen aufhellen oder entfernen [27, 75].

Abhängig von der Lokalisation der Hautveränderung und dem individuellen Ansprechen des Patienten, was sich unmittelbar nach der Probebehandlung als sog. „blanching“ präsentiert, werden Energiedichten zwischen 4,5 J/cm<sup>2</sup> und 8 J/cm<sup>2</sup> verwendet. Unter „blanching“ versteht man das weiter oben genannte Phänomen vom kurzzeitigen Weißverfärben der Hautoberfläche unmittelbar nach der Rubinlaserbehandlung, welches anzeigt, daß die richtige Energiedichte verwendet wurde.

### Lentigo solaris, Lentigo simplex, Lentigo simplex labialis, Lentigo des Penis/der Vulva

Gute Erfolge werden bei solaren Lentiginen (Altersflecken) sowohl im Gesicht als auch an den Handrücken beschrieben. Bereits nach 1–2 Behandlungen kann ein kosmetisch zufriedenstellendes Aufhellungsergebnis oder eine

komplette Entfernung der kosmetisch störenden Hautveränderungen erzielt werden (Abb. 4) [24, 27, 29, 44, 55, 75]. Wir behandelten insgesamt 70 Patienten mit Lentiginen solares. Davon zeigten 26,6% der Patienten bei der ersten Wiedervorstellung ein sehr gutes (≥95%), 63,3% ein gutes (75–95%) und 10% ein befriedigendes Aufhellungsergebnis (50–75% Aufhellung). Kosmetisch ebenfalls sehr zufriedenstellende Aufhellungsergebnisse werden auch für Lentiginen an den Lippen [9, 32], eigene unveröffentlichte Ergebnisse), auch im Rahmen des Peutz-Jeghers-Syndroms an den Lippen und an der Mundschleimhaut [57] sowie bei Epheliden [33, 55] berichtet. Auch hier erreicht man bereits nach 1–2 Behandlungen desselben Areals sehr gute Aufhellungsergebnisse. Delaney berichtet die erfolgreiche Behandlung einer penilen Melanosis mit dem Rubinlaser unter topischer Anwendung einer anästhesierenden Creme [18].

### Naevus spilus, Café-au-lait-Flecken

Beim Naevus spilus und bei Café-au-lait-Flecken kann mit ca. 4–6 Rubinlaserbehandlungen ein zufriedenstellendes Aufhellungsergebnis der Hautveränderung erreicht werden. Unsere eigenen Ergebnisse an 10 Patienten zeigen, daß die Naevi oft meist zwar nicht

komplett entfernt, jedoch oft zufriedenstellend aufgehellt werden konnten. Dabei sprechen die dunkler pigmentierten Areale des Naevus spilus deutlich besser auf den Rubinlaser an. Wir beobachteten auch Fälle völliger Therapieresistenz gegenüber der Rubinlaserbehandlung. Eine Befundverschlechterung in Form einer Hyperpigmentierung trat bei keinem unserer Patienten auf. Bei 1 von 10 Patienten trat jedoch nach einer gewissen Latenzzeit eine Rezidivpigmentierung auf, was auch von Goldberg 1993 berichtet wird [27]. Die von Nelson u. Applebaum berichteten hervorragenden Aufhellungsergebnisse nach der Rubinlaserbehandlung bei Nävi spili konnten wir nicht bestätigen [53, 55].

Auch bei Café-au-lait-Flecken kann eine Aufhellung erzielt werden. Bei der Lasertherapie von 14 Patienten mit Café-au-lait-Flecken wurde nach durchschnittlich 4–6 Behandlungen eine deutliche Aufhellung, jedoch selten komplette Entfernung der Hautveränderungen erreicht. Wir beobachteten auch ein unterschiedliches Ansprechen an verschiedenen Stellen derselben Hautveränderung. Auf vergleichbare Ergebnisse bei Café-au-lait-Flecken und der Behandlung mit gepulsten Lasern weisen auch Kilmer et al. hin [38]. Einigen Patienten, bei denen es zu Rezidivpigmentierungen kam, konnte durch sog. Intervalltherapie geholfen werden. Jeweils unmittelbar nach Aufhellung der entsprechenden Hautveränderung, noch vor dem Auftreten einer Repigmentierung, wurde dieselbe Stelle erneut mit dem Rubinlaser behandelt, um so tieferliegende, pigmentierte Strukturen (z.B. Haarfollikel) zu erreichen und zu zerstören, von denen eine Rezidivpigmentierung ausgehen kann (eigene unveröffentlichte Ergebnisse).

### Postinflammatorische Hyperpigmentierung, Chloasma, Melasma

Bei anderen pigmentierten Hautveränderungen, wo theoretisch eine Aufhellung zu erwarten wäre, hat die klinische Erprobung jedoch gezeigt, daß die Behandlungsergebnisse sehr unterschiedlich sind. Eigene Ergebnisse und Daten der Literatur zeigen, daß z.B. postinflammatorische Hyperpigmentierungen und das Chloasma oder Melasma schlechte Indikationen für eine Rubin-

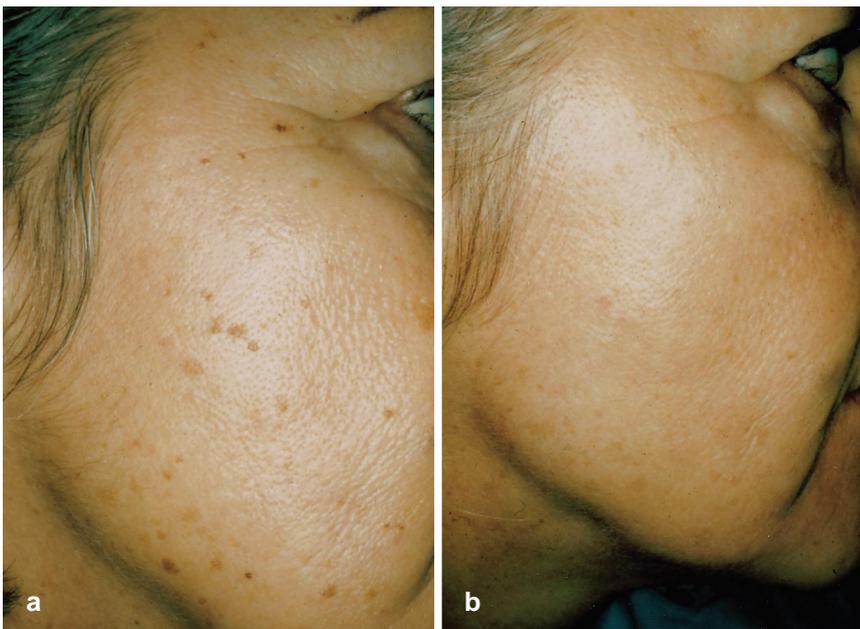


Abb. 4 ▲ a Solare Lentiginen und flache Verrucae seborrhoicae vor Rubinlaserbehandlung; b nahezu komplette Aufhellung nach einer Sitzung mit dem Rubinlaser

laserbehandlung sind, da es in ca. 33% der Fälle zu keiner Befundverbesserung und bei weiteren 33% sogar zu einer Befundverschlechterung mit Hyperpigmentierung gekommen ist [41, 76]. Als Ursache für das unterschiedliche Ansprechen des Rubinlasers bei den oben genannten Hautveränderungen wird die sehr variable Lage des Pigments innerhalb der Dermis diskutiert [38] und die Neigung dieser Patienten, auf minimale Traumata mit Hyperpigmentierung zu reagieren. Möglicherweise wird die Melaninproduktion durch die Therapie angeregt. Collins berichtet von 4 Patienten mit Minocyclin-induzierten Hyperpigmentierungen im Rahmen der Aknebehandlung, bei denen durch die Rubinlaserbehandlung eine komplette Entfernung der kosmetisch störenden Hautveränderungen möglich war [17].

### Becker-Nävi

Bei der Behandlung von Becker-Nävi ergaben sich vergleichbare Befunde. In stärker behaarten Bereichen traten häufig Verschlechterungen durch Hyperpigmentierung oder eine Repigmentierung bereits aufgehellter, behandelte Areale auf. Insgesamt sind bei diesen Pigmentläsionen die Behandlungsergebnisse wenig vorhersehbar, und Nebenwirkungen wie Hypo- und Hyperpigmentierungen sind nicht selten. Bei unseren Untersuchungen fanden sich von 9 Patienten mit einem Becker-Nävus nach Rubinlaserbehandlungen bei 2 Patienten Befundverbesserungen, 5 Patienten zeigten unbefriedigende bis keine Veränderungen, und es fanden sich in 2 Fällen Verschlechterungen. Konträr hierzu sind die von Nelson u. Applebaum bei Becker-Nävi berichteten Ergebnisse. Dort fanden sich langfristig gute Aufhellungsergebnisse ohne Rezidivpigmentierung oder andere Nebenwirkungen wie hypertrophe Narben, atrophe Hauteinsenkungen oder Hauttexturänderungen [55]. Auch Raulin berichtet über die erfolgreiche Behandlung von pigmentierten Anteilen eines Becker-Nävus mit dem gütegeschalteten Rubinlaser [60]. Die Behaarung der Hautveränderung soll anschließend mit nichtkohärentem Licht mit einem kontinuierlichen Wellenspektrum (Photoderm VL) [60], der herkömmlichen Epilation oder der Ver-

wendung des Rubinlasers unter Ausschaltung der Güteschaltung behandelt werden können.

### Melanozytäre Nävi

Bezüglich melanozytärer Hautveränderungen gilt, daß nur ausreichend stark pigmentierte Zellen zerstört werden können, da nur sie Laserlicht absorbieren. Die Wirkung auf weniger stark oder nicht pigmentierte melanozytäre Zellen, die in diesen Hautveränderungen meist vorhanden sind, ist bis jetzt völlig unklar. Histologische Untersuchungen von Nävuszellnävi nach einer Rubinlaserbehandlung zeigen, daß die Nävuszellen zwar vermindert, jedoch in der überwiegenden Anzahl der Patienten, v.a. in der Tiefe, noch vorhanden sind [28, 68, 79]. Ob diese Zellen gänzlich ohne Schaden bleiben, nur partiell zerstört werden oder es durch eine Vermehrung von laserbedingt pathologisch veränderten Zellen möglicherweise nach der Latenz von einigen Jahren zu einer Entartung kommt, ist derzeit völlig offen.

Unserer Auffassung nach sollten daher melanozytäre Hautveränderungen, insbesondere Nävuszellnävi, im Regelfall mit dem gütegeschalteten Rubinlaser nicht behandelt werden, da hier auch andere zufriedenstellende Behandlungsverfahren zur Verfügung stehen. Die Behandlung kongenitaler melanozytärer Nävi wird in Einzelfällen beschrieben [28, 79]. Nur bei kosmetisch sehr beeinträchtigenden melanozytären Nävi, bei denen mit Alternativtherapien nur unbefriedigte Resultate erzielt werden können, ist eine Probebehandlung und in Abhängigkeit von deren Ergebnis ggf. eine Weiterbehandlung mit dem Rubinlaser in Betracht zu ziehen. Auch in den USA wird die Behandlung melanozytärer Nävi mit dem Rubinlaser sehr kritisch diskutiert und von den meisten Laseranwendern abgelehnt (Prof. Tan, Boston, persönliche Mitteilung, [38]). Das Entartungspotential verbleibender subletal geschädigter Zellen ist derzeit nicht vorhersagbar, und die aufgrund verbleibender Nävuszellen unvermeidlichen Rezidive sind histologisch, wie für Rezidivnävi bekannt, schwer beurteilbar. Eine exakte dermatologische Diagnosestellung, ggf. mit dermatoskopischer und/oder bioptischer Sicherung,

sollte einer jeden Behandlung von pigmentierten, melaninbedingten Hautveränderungen mit dem Rubinlaser vorausgehen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß die klinisch-diagnostische Treffsicherheit beim malignen Melanom selbst bei erfahrenen Kollegen nur bei 80% liegt [64, 70].

### Nävus Ota

Eine Ausnahme ist der Nävus Ota, da hier keine vergleichbare alternative Therapiemöglichkeit zur Verfügung steht. Allerdings ist aufgrund des Verbleibens von Nävuszellen in der Tiefe [25, 26, 53] auch hier mit Rezidiven zu rechnen. Nach vorausgegangener bioptischer Sicherung der Diagnose konnten nach ungefähr 4–6 Behandlungen mit Energien von 8–10 J/cm<sup>2</sup> gute Behandlungserfolge erzielt werden [25, 26, 45, 77, 80]. Goldberg u. Lowe berichteten sogar von hervorragenden Resultaten nach 3–4 Behandlungszyklen [26, 45].

### Epilation bei Hypertrichose

Unter Ausschaltung der Güteschaltung wird der Rubinlaser (694 nm Wellenlänge, 0,5 ms Impulsdauer) auch zur Epilation bei Patienten mit Hypertrichose erprobt. Die ersten Ergebnisse sind wenig vielversprechend. Nach einer oder mehreren Behandlungen wachsen teilweise bis zu 30% weniger Haare. Eine abschließende Beurteilung über die Dauer des Haarverlustes kann derzeit jedoch noch nicht erfolgen.

Zusammenfassend ist der gütegeschaltete Rubinlaser gut geeignet für solare Lentigines sowie für blauschwarze Laien- und Profitätowierungen. Abhängig vom verwendeten Pigment bzw. dessen Farbe sprechen auch andersfarbige Tätowierungen, unfallbedingte Schmutztätowierungen und Permanent-Make-Up gut auf die Behandlung an. Im Fall eines positiven Ergebnisses der Probebehandlung kann eine Weiterbehandlung bei folgenden Indikationen gerechtfertigt sein: Naevus spilus, Café-au-lait-Flecken, postinflammatorische Hyperpigmentierung, Chloasma, Melasma und Becker-Nävus, wobei es bei den 3 letztgenannten Indikationen auch zur Befundverschlechterung kommen kann. Eine Behandlung von Nävuszellnävi mit dem Rubinlaser kann, außer in Einzelfällen, nicht emp-

fohlen werden, wobei der Nävus Ota/Ito und der nicht zellreiche blaue Nävus, bei fehlenden therapeutischen Alternativen, hier eine Ausnahme bilden.

Der gütegeschaltete Rubinlaser stellt bei der richtigen Indikationsstellung, aufgrund seiner hervorragenden Behandlungsergebnisse bei geringer Nebenwirkungsrate, eine gute Behandlungsmöglichkeit dar. Für eine erfolgreiche und sichere Behandlung mit dem gütegeschalteten Rubinlaser sind allerdings folgende wichtige Voraussetzungen zu beachten:

- Kenntnis des Wirkungsprinzips eines Rubinlasers mit daraus resultierender realistischer Einschätzung von Indikationen und Kontraindikationen;
- eine genaue Aufklärung des Patienten über zu erwartende Ergebnisse und mögliche Nebenwirkungen;
- die Bereitstellung einer Notfallausrüstung und die Anwesenheit von Ärzten oder für den Notfall geschultes ärztliches Hilfspersonal, da allergische Reaktionen unter Therapie nicht auszuschließen sind;
- eine exakte, dermatologische Diagnosestellung insbesondere von pigmentierten Hautveränderungen, ggf. mit dermatoskopischer und bioptischer Sicherung der Diagnose.

## Literatur

- Abel EA, Silberberg I, Queen D (1972) **Studies of chronic inflammation in a red tattoo by electron microscopy and histochemistry.** Acta Derm Venerol 41:259–263
- Ackerman BA (1978) **Histologic diagnosis of inflammatory skin diseases.** Lea & Febiger, Philadelphia, pp 436–442
- Achauer BM, Nelson JS, Vander-Kam VM, Applebaum R (1994) **Treatment of traumatic tattoos by q-switched ruby laser.** Plast Reconstr Surg 93:318–323
- Anderson RR, Parrish JA (1983) **Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed irradiation.** Science 220:524–527
- Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S et al. (1989) **Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd:YAG laser pulses at 1064, 532 and 355 nm.** J Invest Dermatol 93:28–32
- Anderson RR, Geronemus R, Kilmer SL, Farinelli W, Fitzpatrick RE (1993) **Cosmetic tattoo ink darkening. A complication of Q-switched and pulsed-laser treatment.** Arch Dermatol 129:1010–1014
- Apfelberg DB, Maser MR, Lash H et al. (1985) **Comparison of the argon and carbon dioxide laser treatment of decorative tattoos: a preliminary report.** Ann Plast Surg 14:6–15
- Ara G, Anderson RR, Mandel KG et al. (1990) **Irradiation of pigmented melanoma cells with high intensity pulsed radiation generates acoustic waves and kills cells.** Lasers Surg Med 9:389–397
- Ashinoff R, Geronemus RG (1992) **Q-switched ruby laser treatment of labial lentigos.** J Am Acad Dermatol 27:809–811
- Ashinoff R, Geronemus RG (1993) **Rapid response of traumatic and medical tattoos to treatment with Q-switched ruby laser.** Plast Reconstr Surg 91:841–845
- Ashinoff R, Levine VJ, Soter NA (1995) **Allergic reactions to tattoo pigment after laser treatment.** Dermatol Surg 21:291–294
- Bailin PL, Ratz JR, Levine HL (1980) **Removal of tattoos by CO<sub>2</sub> laser.** J Dermatol Surg Oncol 6:997–1001
- Bjornberg A (1961) **Allergic reaction to cobalt in light blue tattoo markings.** Acta Derm Venerol 31:259–263
- Bjornberg A (1963) **Reactions to light in yellow tattoos from cadmium sulfide.** Arch Dermatol 88:267
- Buncke HR Jr, Conway H (1957) **Surgery of decorative and traumatic tattoos.** Plast Reconstr Surg 20:67–77
- Clabaugh W (1968) **Removal of tattoos by superficial dermabrasion.** Arch Dermatol 98:515–521
- Collins P, Cotterill JA (1996) **Minocycline-induced pigmentation resolves after treatment with the Q-switched ruby laser.** Br J Dermatol 135:317–319
- Delaney TA, Walker NPJ (1994) **Penile melanosis successfully treated with the Q-switched ruby laser.** Br J Dermatol 130:663–664
- Diette KM, Bronstein BR, Parrish JA (1985) **Histologic comparison of argon and turnable dye lasers in the treatment of tattoos.** J Invest Dermatol 85:368–342
- Dover JS, Margolis RJ, Polla LL, Watanabe S, Hruza GJ, Parrish JA, Anderson RR (1989) **Pigmented guinea pig skin irradiated with Q-switched ruby laser pulses.** Arch Dermatol 125:43–49
- Dvir E, Hirshowitz B (1980) **Tattoo removal by cryosurgery.** Plast Reconstr Surg 66:373–378
- Fitzpatrick RE, Goldman MP, Ruiz-Esparza J (1993) **Use of the alexandrite laser (755 nm, 100 nsec) for tattoo pigment removal in an animal model.** J Am Acad Dermatol 28:745–750
- Fitzpatrick RE, Goldman MP, Dierickx C (1994) **Laser ablation of facial cosmetic tattoos.** Aesthetic Plast Surg 18:91–98
- Garden JM (1993) **Ruby laser treatment of tattoos and pigmented lesions.** Medical Laser Buyers Guide 93:99–100
- Geronemus RG (1992) **Q-switched ruby laser: therapy of nevus of Ota.** Arch Dermatol 128:1618–1622
- Goldberg DJ, Nychay SG (1992) **Q-switched ruby laser treatment of nevus of Ota.** J Dermatol Surg Oncol 18:817–821
- Goldberg DJ (1993) **Benign pigmented lesions of the skin. Treatment with the Q-switched ruby laser.** J Dermatol Surg Oncol 19:376–379
- Goldberg DJ, Stampien T (1995) **Q-switched ruby laser treatment of congenital nevi.** Arch Dermatol 131:621–623
- Goldman MP, Fitzpatrick RE (1994) **Treatment of tattoos.** In: Goldman MP, Fitzpatrick RE (eds) Cutaneous laser surgery. Mosby, St. Louis, pp 142–192
- Goldstein AP (1979) **Histologic reactions in tattoos.** J Dermatol Surg Oncol 5:11
- Goldstein N, Penoff J, Price N, Ceilley RI, Goldman L, Hay-Roe V, Miller TA (1979) **Technique of removal of tattoos.** J Dermatol Surg Oncol 5:901–910
- Hellwig S, Hartschuh W, Raulin C (1995) **Benigne Melanosis der Lippe-Behandlung durch gütegeschalteten Rubinlaser.** Z Hautkr 70:336–338
- Hellwig S, Raulin C (1995) **Entfernung von Epheliden durch gütegeschalteten Rubinlaser.** Hautnah Derm 11:279–280
- Hruza GJ, Dover JS, Flotte TJ, Goetschkes M, Watanabe S, Anderson RR (1991) **Q-switched ruby laser irradiation of normal human skin histologic and ultrastructural findings.** Arch Dermatol 127:1799–1805
- Kilmer SL, Anderson R (1993) **Clinical use of the Q-switched ruby and the Q-switched Nd:Yag lasers for the treatment of tattoos.** J Dermatol Surg Oncol 19:330–338
- Kilmer SL, Lee MS, Grevelink JM, Flotte TJ, Anderson RR (1993) **The Q-switched Nd:Yag-laser effectively treats tattoos: a controlled, dose-response study.** Arch Dermatol 129:971–978
- Kilmer SL, Lee MS, Anderson RR (1993) **Treatment of multi-colored tattoos with the frequency-doubled Q-switched Nd:YAG laser (532 nm): a dose-response study with comparison to the Q-switched ruby laser.** Lasers Surg Med 5 [Suppl]:54
- 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
- Kilmer SL, Alster TS (1996) **Laser treatment of tattoos and pigmented lesions.** In: Alster TS, Apfelberg DB (eds) Cosmetic laser surgery. Wiley-Liss, New York Chichester Brisbane, pp 111–128
- Koerber WA, Price NM (1978) **Salabrasion of tattoos.** Arch Dermatol 114:884–888
- Kopera D, Hohenleutner U, Landthaler M (1995) **Melasma: Keine Indikation für den Rubinlaser.** Z Hautkr 70:414–416
- Kurban AK, Morrison PR, Trainor S, Tan OT (1991) **Pulse duration effects on cutaneous pigment.** Lasers Surg Med 12:282–285
- Lever WP, Lever GS (1983) **Histopathology of the skin.** Lippincott, Philadelphia, pp 221–226

## Übersicht

44. Levin JA, Margolis R, Hruza G, Dover J, Anderson RR (1988) **Q-Switched ruby laser irradiation of lentiginos.** *Lasers Surg Med* 8 [Suppl 1]:185
45. Lowe NJ, Wieder JM, Sawcer D, Burrows P, Challet M (1993) **Nevus of Ota: treatment with high energy fluences of the Q-switched ruby laser.** *J Am Acad Dermatol* 29:997–1001
46. Loewe NJ, Luftman D, Sawcer D (1994) **Q-switched ruby laser. Further observations on treatment of professional tattoos.** *J Dermatol Surg Oncol* 20:43–47
47. Loewenthal LA (1973) **Reactions in green tattoos.** *Arch Dermatol* 107:101–103
48. Lubach D, Hinz E (1986) **Pseudolymphomatische Reaktion in einer Tätowierung.** *Hautarzt* 37:573
49. Madden JF (1939) **Reactions in tattoos.** *Arch Dermatol Syph* 40:256–262
50. Manchester GH (1974) **Removal of commercial tattoos by abrasion with table salt.** *Plast Reconstr Surg* 53:517–521
51. Mayerhausen W, Ehlers G (1986) **Pseudolymphome nach Schmucktätowierung.** *Hautarzt* 37:622
52. MaMeekin TO, Goodwin DP (1993) **A comparison of the alexandrite laser (755 nm) with the Q-switched ruby laser (694 nm) in the treatment of tattoos.** *Lasers Surg Med* 5 [Suppl]:43–47
53. Milgraum SS, Cohen ME, Auletta MJ (1995) **Treatment of blue nevi with the q-switched ruby laser.** *J Am Acad Dermatol* 32:307–310
54. Murphy GF, Shepard RS, Paul BS et al. (1987) **Organelle-specific injury to melanin-containing cells in human skin by pulsed laser irradiation.** *Lab Invest* 49:680–685
55. Nelson JS, Applebaum J (1992) **Treatment of superficial cutaneous pigmented lesions with melanin-specific selective photothermolysis using the Q-switched ruby laser.** *Ann Plast Surg* 29:231–237
56. Novy FG (1944) **A generalized mercurial (cinnabar) reaction following tattooing.** *Arch Dermatol* 49:172
57. Ohshiro T, Maruyama Y, Makajima H, Mima M (1980) **Treatment of pigmentation of the lips and oral mucosa in Peutz-Jegher's syndrome using ruby and argon laser.** *Br J Plast Surg* 33:346–349
58. Polla LL, Margolis RJ, Dover JS, Whitaker D, Murphy GF, Jacques SL, Anderson RR (1987) **Melanosomes are a primary target of Q-switched ruby laser irradiation in guinea pig skin.** *J Invest Dermatol* 89:281–286
59. Raulin C, Hellwig S (1995) **Entfernung von Laien- und Schmutztätowierungen durch den gütegeschalteten Rubinlaser.** *Hautarzt* 46:711–713
60. Raulin C (1996) **Epilation bei Becker-Naevus.** *Hautarzt* 47:557–558
61. Reid R, Muller S (1980) **Tattoo removal by CO<sub>2</sub> laser dermabasion.** *Plast Reconstr Surg* 65:717–721
62. Reid WH, McLeod PJ, Ritchie A, Ferguson-Pell M (1983) **Q-switched ruby laser treatment of black tattoos.** *Br J Plast Surg* 36:455–459
63. 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* 43:663–669
64. Rhodes AR, Sober AJ, Day CL et al. (1982) **The malignant potential of small congenital nevocellular nevi.** *J Am Acad Dermatol* 6:230–241
65. Roenigk HH (1971) **Tattooing: history, techniques, complications, removal.** *Cleve Clin Q* 38:181–186
66. Ruiz-Esparza JN, Goldman MP, Fitzpatrick RE (1989) **Tattoo removal with minimal scarring: the chemo-laser technique.** *J Dermatol Surg Oncol* 14:1372–1376
67. Scheibner A, Kenny G, White W, Wheeland RG (1990) **A superior method of tattoo removal using the Q-switched ruby laser.** *J Dermatol Surg Oncol* 16:1091–1098
68. Seneviratne J, Sheehan-Dare RA, Cotterill JA (1994) **Can the Q-Switched ruby laser eradicate benign melanocytic naevi? Results of a preliminary histological study.** *Lasers Surg Med* 6 [Suppl]:50
69. Sharewood KA, Murray S, Kurban AK, Tan OT (1989) **Effect of wavelength of cutaneous pigment using pulsed irradiation.** *J Invest Dermatol* 92:717–720
70. Solomon LW (1980) **The management of congenital melanocytic nevi.** *Arch Dermatol* 116:1017–1024
71. Stefford TJ, Lizek R, Boll J, Tan OT (1995) **Removal of coloured tattoos with the Q-switched alexandrite laser.** *Plast Reconstr Surg* 95:313–320
72. Tan OT, Sherwood K, Gilchrist BA (1989) **Treatment of children with port-wine stains using the flashlamp-pulsed turnable dye laser.** *N Engl J Med* 320:416–421
73. 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* 97:1–136
74. Taylor CR, Gange RW, Dover JS, Flotte TJ, Gonzalez E, Michaud N, Anderson RR (1990) **Treatment of tattoos by Q-switched ruby laser a dose-response study.** *Arch Dermatol* 126:893–899
75. Taylor CR, Anderson RR (1993) **Treatment of benign pigmented epidermal lesions by Q-switched ruby laser.** *Int J Dermatol* 32:908–912
76. Taylor CR, Anderson RR (1994) **Ineffective treatment of refractory melasma and postinflammatory hyperpigmentation by Q-switched ruby laser.** *J Dermatol Surg Oncol* 20:2–597
77. Taylor CR, Flotte TJ, Gange RW, Anderson RR (1994) **Treatment of nevus of Ota by Q-switched ruby laser.** *J Am Acad Dermatol* 30:743–751
78. Verdich J (1980) **Granulomatous reaction in a red tattoo.** *Acta Dermatovener* 61:76
79. Waldorf HA, Kauvar ANB, Geronemus RG (1996) **Treatment of small and medium congenital nevi with the Q-switched ruby laser.** *Arch Dermatol* 132:1–304
80. Watanaba S, Takahashi H (1994) **Treatment of nevus of Ota with Q-switched ruby laser.** *N Engl J Med* 331:45–1750
81. Winkelmann RK, Harris RB (1979) **Lichenoid delayed hypersensitivity reactions in tattoos.** *J Cut Path* 6:59–65

Eingegangen am 27. September 1996  
Angenommen am 23. Oktober 1996