

*Laser-Therapy
of Wrinkles and
Acne Scars*

Laser-Therapie bei Falten und Aknenarben

Stefan Hammes, Hortensia Grema, Christian Raulin*

Schlüsselwörter:

CO₂-Laser
Er:YAG-Laser
Skin Resurfacing
Subsurfacing

Keywords:

CO₂ laser
Er:YAG laser
Skin Resurfacing
Subsurfacing

Zusammenfassung:

Die Einsatzmöglichkeiten gewebeabtragender Laser in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin wurde durch technologische Neuerungen in den letzten Jahren wesentlich erweitert. Im folgenden werden technische Grundlagen, Laser-Gewebe-Wechselwirkungen sowie der praktische Einsatz des CO₂- und Er:YAG-Lasers bei Falten und Aknenarben vorgestellt. Nebenwirkungen und Begleitreaktionen der Anwendung dieser Lasersysteme werden aufgeführt und verglichen. Darüber hinaus werden die neuesten Entwicklungen im Bereich des Subsuffacing diskutiert.

Summary:

In the past few years, the potential of ablative lasers in dermatology and aesthetic medicine has been expanded due to technological innovations. In the following, technical basics, laser-tissue interactions, use of the CO₂ and Er:YAG laser for wrinkles and acne scars, and laser treatment management will be described. In addition, side effects and accompanying reactions of the use of these laser systems will be listed and compared. Additionally the newest developments concerning "subsuffacing" are discussed.

Die Behandlung alters- und UV-bedingter Gesichtsfalten und der Wunsch nach einer Verjüngung der Haut beschäftigen seit jeher die Wissenschaft und Medizin. Insbesondere für periorale und periorbitale Falten haben sich die ablativen Verfahren mittels Lasertherapie durch den CO₂-/Er:YAG-Laser als effektiv erwiesen.

Die Einführung dieser Lasertypen liegt nunmehr Jahre zurück. In jüngster Zeit wurden insbesondere bei den Er:YAG-Lasern technische Neuerungen eingeführt, die einerseits neue therapeutische Ansätze ermöglichen, andererseits aber die Komplexität des Themenbereiches erhöhen. Daher ist es wichtig, die grundlegenden Konzepte und die daraus folgenden Implikationen für die praktische Anwendung korrekt einzuordnen und zu bewerten.

Zur Zeit werden verschiedene Laser- und IPL-Systeme untersucht, die im Rahmen des Subsuffacing eine Hautstraffung ohne Verletzung der Epidermis herbeiführen sollen (10). Diese werden vorgestellt und in den vorliegenden Kontext eingeordnet.

Technische Grundlagen

Kohlendioxid-Laser

Der CO₂-Laser emittiert Infrarotlicht der Wellenlänge 10.600 nm und wird im ästhetischen Bereich im gepulsten Modus (Pulslänge typischerweise kleiner als eine Millisekunde) eingesetzt.

Aufgrund der hohen Absorption im Gewebswasser zerstört der gepulste CO₂-Laser Gewebe unspezifisch durch schnelles Erhitzen und Verdampfen (>100°C) von intra- und extrazellulärem Wasser unter weitgehender Schonung der umliegenden Haut. Kleine Nervenendigungen, Lymphgefäße und Blutgefäße bis zu einem Durchmesser von 0,5 mm werden photokoaguliert, wodurch ein relativ blutarmes Arbeiten ermöglicht wird sowie postoperativ geringere Schmerzen und Ödeme auftreten (6).

Durch die vorhandene thermische Komponente kommt es unmittelbar während der Behandlung zum Zusammenziehen („Shrinking“) der Kollagenfasern Typ I mit Verkürzung bis auf 1/3 der Faserlänge (15) durch thermische Schädigung. Neben diesem direkten und sofort sichtbaren Effekt werden weitere histologische und ultrastrukturelle Veränderungen beobachtet, u.a. die Neubildung von Kollagen und eine Zunahme der Aktivität und Anzahl von Fibroblasten, die als mögliche Ursachen für eine zusätzliche klinische Verbesserung nach Skin Resurfacing diskutiert werden (8, 20).

Bei Applikation von Laserpulsen, die in schneller Abfolge übereinander gesetzt oder überlappt werden, sind häufiger verzögerte Wundheilungen, prolongierte Erytheme, Hyper- oder Hypopigmentierungen und gegebenenfalls Narben zu erwarten (24).

Erbium:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser

Es handelt sich hierbei um einen blitzlampen-gepumpten Festkörperlaser, der Licht im

* Praxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie, Karlsruhe

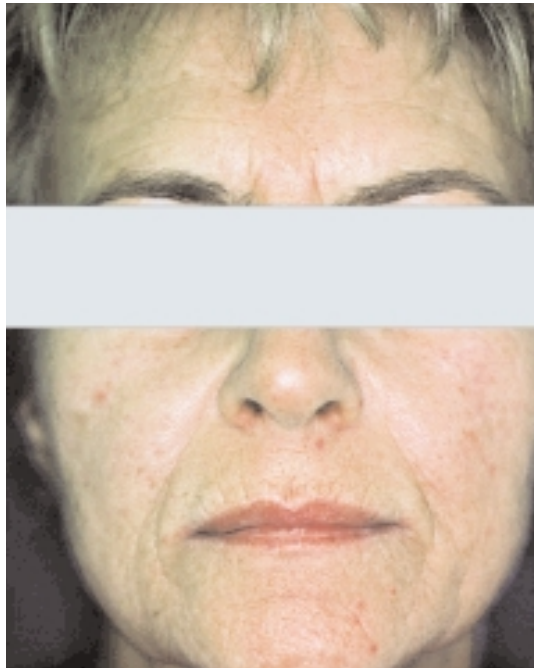


Abb. 1a: 62-jährige Patientin mit Gesichtsfalten (2/99)



Abb. 1b: Sechs Monate nach Resurfacing bei Einsatz eines kombinierten Erbium:YAG-/CO₂-Lasers

Mittelinfrarotbereich (2.940 nm) emittiert. Die Impulsdauer ist mit 150-800 µs sehr kurz und liegt unter der des gepulsten CO₂-Lasers.

Das Licht des Er:YAG-Lasers wird im Vergleich zum CO₂-Laser etwa fünfzehnmal stärker von Wasser absorbiert (15). Die bei der sehr kurzen Pulsdauer auftretende Lichtabsorption führt zu einem extrem schnellen Temperaturanstieg auf mehr als 100 °C mit der Folge einer explosionsartigen Ablation (im Vergleich zur Vaporisation beim CO₂-Laser) von Hautschichten (14).

Die thermische Schädigung in den benachbarten Strukturen ist im Vergleich zu gepulsten CO₂-Lasern deutlich geringer, was das Fehlen eines sog. Kollagen-Shrinkings und der Koagulation kleiner Blutgefäße erklärt (3).

Bei kombinierten Er:YAG/CO₂-Lasern können energiereiche kurze Er:YAG-Laserimpulse mit einer Pulsdauer von 350 µs isoliert oder simultan mit individuell einstellbaren CO₂-Laserimpulsen emittiert werden (28).

Aktuelle Neuentwicklungen bei den Er:YAG-Lasern, wie beispielsweise die dualen oder variablen Er:YAG-Laser (4), versuchen ebenfalls, die jeweiligen Vorteile des konventionellen Er:YAG- und des gepulsten CO₂-Lasers zu kombinieren.

Grundlage dafür war die Konstruktion von Geräten mit einer bis in den Millisekundenbereich erhöhten Impulsdauer. Im Vergleich zu den kurzgepulsten Lasersystemen nimmt bei Erhöhung der Pulsbreite der thermische Effekt zu (19). Dies zeigt sich in der verbreiterten thermischen Schädigungszone. Auch die Kontraktion der Kollagenfasern und die Hämostase nimmt infolge der höheren thermischen Komponente bei längeren Impulsdauern zu (4).

Systeme für das „non-ablative“ Skin-Resurfacing

Der wesentliche Nachteil der ablativen Behandlungsmethoden liegt in der Erzeugung großflächiger Erosionen, die für den Patienten Ausfallszeiten von bis zu 10 Tagen mit sich bringen. Aus diesen Gründen wird seit einigen Jahren intensiv nach Möglichkeiten des „non-ablative facial rejuvenation“ bzw. des Subsurfacing geforscht. „non-ablative“ Laser- und Intense-pulsed-light (IPL) -Systeme werden zur Zeit als Alternativen untersucht, die ohne Verletzung der Epidermis eine Hautstraffung herbeiführen sollen. Hierbei kommen folgende **Gerätetypen** zum Einsatz:

- gepulster Farbstofflaser (585 nm),
- gütegeschalteter Nd:YAG Laser (1.064/ 532 nm),
- langgepulster Nd:YAG-Laser (1.320 nm),
- Diodenlaser (1.450 nm),
- Er:Glass-Laser (1.540 nm),
- IPL-Technologie (500-1.200 nm).

In einigen der vorliegenden Studien wurden vor Beginn der Therapie und nach einer Beobachtungszeit von 1-6 Monaten Hautbiopsien entnommen. Die histologische Beurteilung ergab im Vergleich zum Ausgangsbefund bei allen Untersuchungen eine deutliche Fibroblastenvermehrung in der Dermis. Zusätzlich konnte die Neubildung kollagener Fasern sowie eine Zunahme ihrer Homogenität in der papillären und in der tiefer gelegenen retikulären Dermis beobachtet werden (10).

Ablatives Skin-Resurfacing

Zu den **Hauptindikationen** des **gepulsten CO₂-Lasers** und des **Er:YAG-Lasers** zählen oberflächliche, durch eine aktinische Elastose bedingte **Falten und Aknenarben** im Gesicht (23).

Sehr ausgeprägte, „tiefe“, insbesondere mimik-induzierte Falten sind nicht für eine Lasertherapie geeignet.

Vorbereitende Maßnahmen

Eine Vorbehandlung mit **tretinoinhaltigen Cremes** wird in der Literatur unterschiedlich bewertet. Zur Prophylaxe eines Herpes simplex erfolgt die perioperative orale Gabe von **antiviralen Substanzen** (15). Eine **systemische Antibiose** wird vor allem von amerikanischen Autoren empfohlen (15,27). Im Falle von Aknenarben sollte eine zuvor durchgeführte systemische Therapie mit **Isotretinoin** mindestens sechs Monate zurückliegen. Wichtig ist, dass keine entzündlichen Effloreszenzen mehr vorhanden sind (23).

Bei Therapie kleinerer Areale genügt in der Regel die Verabreichung **oraler Analgetika**, insbesondere wenn begleitend innovative anästhetische Kühlverfahren eingesetzt werden (22). Bei ausgedehnten Therapien empfiehlt sich eine **Analogsedierung** oder **Vollnarkose** (7,26).

Durchführung

Die Behandlung solitärer Falten oder Aknenarben hat sich nicht bewährt, da diese in der postoperativen Phase durch Erytheme und Hyperpigmentierungen verstärkt auffallen und meist keine überzeugenden Ergebnisse zu erzielen sind.

Sinnvoll ist es dagegen kosmetische Einheiten auszuwählen und diese im Randbereich mit niedrigeren Energiedichten auslaufen zu lassen, um scharfe Demarkationslinien zu verhindern.

Besondere Vorsicht ist an den Lidern geboten (Ektropium!), die ebenfalls mit verminderter Energiedichte und weniger Durchgängen therapiert werden sollten. Die Behandlung des Halses ist aufgrund des erhöhten Narbenrisikos nicht zu empfehlen.

Die Impulse, ob in Einzelimpuls- oder Scannertechnik, sollten nicht überlappend gesetzt werden. Erfolgt die Behandlung mit dem CO₂-Laser, muss nach jedem Durchgang vorsichtig eine Schicht trockener, koagulierter Gewebereste mit feuchten Mullkompressen entfernt werden, um eine weitere Gewebeabtragung durch Freilegung wasserhaltiger Zellen zu ermöglichen.

Der Erbium:YAG Laser benötigt diese Zwischengänge aufgrund der „explosionsartigen“ Ablation infolge des höheren Absorptionskoeffizienten nicht (26). Er ist allerdings – isoliert angewendet – nicht



Abb. 2a: 58 jährige Patientin mit Aknenarben (10/97)



Abb. 2b: Zustand nach einer kombinierten Erbium:YAG-/CO₂-Laser Behandlung (05/00)

die optimale Therapiemethode, da es nach mehreren Durchgängen zu Blutungen kommt, die die Operationsbedingungen verschlechtern und das weitere Vorgehen erschweren (26).

Im Anschluss an eine flächige Gewebeabtragung können die Scheitel von Falten und Aknenarben in Einzelimpulstechnik noch gezielt angegangen werden.

Zunehmend angewandt wird die **Kombination aus beiden Lasersystemen**, entweder mit separaten Lasern (5) oder innerhalb eines Durchgangs durch Einsatz eines kombinierten CO₂/Er:YAG-Gerätes (28) (Abb. 1). Werden die Laser nacheinander verwendet, so wird empfohlen, zuerst den CO₂-Laser einzusetzen. So erhält man eine effektive Gewebeabtragung bei gleichzeitiger Hämostase. Der nachfolgende Er:YAG-Laser entfernt dann das koagulierte dermale Restgewebe und ermöglicht, wenn notwendig, eine weitere kontrollierte Ablation (5).

Die Anzahl der Durchgänge ist im wesentlichen von der Ausprägung des Befundes, der Vorgehensweise, dem verwendeten Gerät und der Erfahrung des Arztes abhängig. Durchschnittlich werden jedoch nicht mehr als 2-4 Durchgänge mit Impulsenergien zwischen 250 und 500 mJ empfohlen (5,21).

Durch den Einsatz von Er:YAG-Lasern mit längeren Impulsdauern wird eine größere thermische Nekrosezone und damit eine bessere Hämostase sowie ein

dem CO₂-Laser ähnlicheres Kollagenshrinking erreicht (13,18). Bei Kombination von Durchgängen mit kurzen (500 µsec) und langen Impulsen (10 msec) wurde eine etwas geringere Faltenglättung als mit dem CO₂-Laser erreicht, jedoch die Abheilungszeit der Krusten um fast die Hälfte gesenkt (18).

Das therapeutische Vorgehen bei Aknenarben ist weitgehend identisch zum oben beschriebenen Skin-Resurfacing von Falten.

In der Regel ist eine Wiederholung der Laserbehandlung nach sechs bis neun Monaten notwendig. Auch bei dieser Indikation zeigten Er:YAG-Lasersysteme mit langen Impulsdauern gute Resultate und geringe Nebenwirkungen insbesondere bei stärker pigmentierten Hauttypen (Hauttyp III-V nach Fitzpatrick) (13).

Nachbehandlung

In den ersten postoperativen Tagen wird eine offene Behandlung mit **Vaselineum album in Kombination mit Schwarzteeumschlägen** durchgeführt, oder es werden semipermeable Hydrokolloidverbände angewendet. Zur Prophylaxe lokaler bakterieller Infektionen werden bei Krustenbildungen **antibiotikahaltige Salben** aufgetragen (2). Nach Reepithelialisierung werden für einige Wochen **blande, rückfettende Salben** appliziert. Zur Prophylaxe UV-bedingter Reizungen, Hyperpigmentierungen und Hautschädigungen wird die Anwendung von **Sonnenblockern** empfohlen (7,27).

Nebenwirkungen und Begleitreaktionen

Bei Anwendung des Er:YAG-Lasers sind im Vergleich zum CO₂-Laser die für einige Tage bestehenden Krusten und Schwellungen geringer ausgeprägt und die Reepithelisierungsphase sowie die Erythemasprägung und -dauer kürzer (18,26,27). Postinflammatorische **Hyperpigmentierungen** nach CO₂-Laser-Resurfacing (zwischen 2,8 % und 83 %) sind abhängig vom Pigmentierungsgrad der Haut (besonders Hauttyp III + IV nach Fitzpatrick) und meist transient (11,12,16,17). Bei Er:YAG-Laser-Resurfacing treten Hyperpigmentierungen in 3,4 % bis 24 % der Fälle auf, die sich innerhalb von sechs Monaten zurückbilden (15,26). Bei Verwendung von langgepulsten Er:YAG-Lasern traten bei stark pigmentierten Patienten (Hauttyp III-V nach Fitzpatrick) in 29 % Hyperpigmentierungen auf, die nach durchschnittlich drei Monaten abblassten (13).

Hypopigmentierungen (zwischen 1 % und 19,2 %) werden vielfach erst sechs bis sieben Monate nach der Laserbehandlung sichtbar, nachdem das Erythem vollständig verschwunden ist und der Patient sich erneut dem Sonnenlicht ausgesetzt hat (16,17). Diese können vorübergehend [< 6 Monate, (15)] oder durch einen möglicherweise irreversiblen Melanozytenverlust infolge laserinduzierter thermischer Schädigung der Haut permanent bestehen

(17). Die Häufigkeit scheint abhängig zu sein vom Grad der präoperativen kutanen Sonnenschädigung (16), von der Lokalisation [z.B. Hals, (9)], von Vorbehandlungen [z.B. Dermabrasion, (1)] und von einer zu tiefen Gewebeabtragung (16). Ähnliches gilt für den Er:YAG-Laser (15,26). Bei Verwendung von langgepulsten Er:YAG-Lasern traten bei stark pigmentierten Patienten (Hauttyp III-V nach Fitzpatrick) nur in 4 % Hypopigmentierungen auf (13).

Narben sind selten (<1 - 3,8 %) (7,17) und treten unabhängig vom Lasertyp meist nur bei zu tiefem Resurfacing und nach postoperativen Infektionen auf (16,26).

Therapieerfolg und Langzeitwirkung

Nach einem Resurfacing mit dem **ultragepulsten CO₂-Laser** ist eine Verbesserung der **Faltenausprägung** um 31 bis 80 % zu erreichen (7,15,16). Alster ermittelte eine durchschnittliche klinische Verbesserung von 63 % bei Anwendung eines supergepulsten CO₂-Lasers im Gegensatz zu 80 % bei ultragepulstem CO₂-Resurfacing (2). In einer Langzeitstudie zum ultragepulsten CO₂-Resurfacing konnte z.B. nach 24 Monaten immer noch eine 31-38 %ige Verbesserung der Faltenausprägung im Vergleich zum präoperativen Befund beobachtet werden (16).

In Vergleichsstudien wurde dargestellt, dass der CO₂-Laser bezüglich der klinischen Verbesserung effektiver ist als der Er:YAG-Laser (15). Langzeitstudien über die Ergebnisse bei langgepulsten Er:YAG-Lasern liegen noch nicht vor. Bezüglich des unmittelbar sichtbaren Behandlungserfolges nähern sie sich jedoch an die der CO₂-Laser an (18). Ähnliches gilt für die dualen Er:YAG-Laser sowie die kombinierten Er:YAG-/CO₂-Laser (29).

Flache Aknenarben lassen sich mit sehr guten Ergebnissen allein durch den **Erbium:YAG-Laser** behandeln. **Mittlere und tiefe Narben** erfordern **zusätzlich den Einsatz des CO₂-Lasers** oder die Kombination aus beiden (Abb. 2). In einer Studie von Alster et al. (1) konnten die Aknenarben um 80 % verbessert werden. **Walia et al.** (25) zeigten nicht nur eine sofort sichtbare Glättung der Haut, sondern auch, dass jene bis zu einem Jahr langsam zunehmen kann. Da Aknenarben im Gegensatz zu Falten erfahrungsgemäß 2-3 Behandlungen für ein optimales Ergebnis benötigen, sollte man einen ausreichenden Zeitraum zwischen den aufeinanderfolgenden Sitzungen lassen.

„non-ablatives“ Skin-Resurfacing

Die Grundproblematik aller Studien zum Thema Subsurfacing liegt zunächst in der Methodik, aber auch in der korrekten Patientenauswahl. Keiner der Untersucher hat einen einheitlichen und objektiven Bewertungsmaßstab vorgegeben, um Faltentiefe,

Elastizität, Pigmentunregelmäßigkeiten und Teleangiektasien zu evaluieren. Letztendlich beruhen die Ergebnisse im wesentlichen auf der subjektiven Einschätzung von Untersuchern und Patienten. Auch die Photodokumentation hat sich für das Subsurfacing als Messmethode mit Mängeln bezüglich Qualität und Aussagekraft erwiesen. In einer Reihe von Studien ist es durch die unterschiedliche Belichtung der prä- und postoperativen Aufnahmen objektiv nicht möglich, die beschriebene bis zu 75 %ige Verbesserung des Faltscores nachzuvollziehen. Insgesamt wurden fünf verschiedene Lasersysteme und die IPL-Technologie angewandt, keine konnte jedoch richtungsweisende Ergebnisse hinsichtlich geeigneter Wellenlängen, Impulsdichten oder Impulszeiten erzielen. Der fehlende Nachweis einer spezifischen absorbierenden Zielstruktur beim „subsurfacing“ erschwert dabei sicherlich zusätzlich die Entscheidung für das ideale Gerät bzw. die idealen Behandlungsparameter.

Welche Rolle der histologisch gesicherten Neokollagensynthese für den Langzeiteffekt zukommt und wie lange die klinisch erzielten Erfolge, sofern sie sich einstellen, anhalten, bleibt bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von fünf Monaten (drei Wochen bis 10 Monate) zum jetzigen Zeitpunkt spekulativ.

Zusammenfassung

Der gepulste CO₂- und Er:YAG-Laser sind effiziente Optionen für die Behandlung von Falten und Aknenarben. Unter Kenntnis der Laser-Gewebe-Wechselwirkungen sowie bei richtiger Indikationsstellung und Vorgehensweise lassen sich gute bis sehr gute klinische Resultate erzielen.

Die seit kurzem auf dem Markt befindlichen dualen oder in der Pulslänge variablen Er:YAG-Lasersysteme zeichnen sich nach ersten Studien beim Skin-Resurfacing durch kürzere Abheilungszeiten und ähnliche Resultate verglichen mit dem CO₂-Laser aus. Die Möglichkeit ablative und thermische Therapien mittels eines einzigen Gerätes durchzuführen, kann insbesondere für kleinere Einrichtungen interessant sein. Allerdings sollte darin eher ein Bindeglied zwischen CO₂- und konventionellem Er:YAG-Laser gesehen werden, als ein Ersatz für diese.

Zahlreiche klinische und histologische Studien haben in jüngster Zeit auf Erfolge des Subsurfacing hingewiesen. Nach kritischer Durchsicht und Bewertung der vorliegenden Publikationen bieten die non-ablativen Verfahren hinsichtlich der Effektivität allerdings keine vergleichbare Alternative zum ablativen Skin-Resurfacing (10). □

Literatur

- (1) Alster TS, West TB (1996) Resurfacing of atrophic facial acne scars with a high-energy, pulsed carbon dioxide laser. *Dermatol Surg* 22: 151-155.
- (2) Alster TS (1996) Comparison of the „superpulsed“ and „ultrapulsed“ lasers in the treatment of periorbital rhytides. *Cosmetic Dermatology* 8: 30-34.
- (3) Alster TS (1999) Clinical and histologic evaluation of six Erbium:YAG lasers for cutaneous resurfacing. *Lasers Surg Med* 24: 87-92.
- (4) Alster TS (2000) Cutaneous resurfacing with Er:YAG lasers. *Dermatol Surg* 26: 73-75.
- (5) Collawn SS (1999) Combination therapy: utilization of CO₂ and Erbium:YAG lasers for skin resurfacing. *Ann Plast Surg* 42: 21-26.
- (6) Fitzpatrick RE, Goldman MP (1995) Advances in carbon dioxide laser surgery. *Clin Dermatol* 13: 35-47.
- (7) Fitzpatrick RE, Goldman MP, Satur NM, Tope WD (1996) Pulsed carbon dioxide laser resurfacing of photoaged facial skin. *Arch Dermatol* 132: 395-402.
- (8) Fitzpatrick RE, Goldman MP, Satur NM, Tope WD (1996) Pulsed carbon dioxide laser, trichloroacetic acid, Baker-Gordon phenol, and dermabrasion: a comparative clinical and histologic study of cutaneous resurfacing in a porcine model. *Arch Dermatol* 132: 469-471.
- (9) Fulton JE Jr (1997) Complications of laser resurfacing. *Methods of prevention and management. Dermatol Surg* 24: 91-99
- (10) Grema H, Raulin C, Greve B (2002) Faltenbehandlung durch „non-ablative facial rejuvenation“ Literaturrecherche und Übersicht (in Vorbereitung).
- (11) Greve B, Raulin C (2002) Professional errors caused by laser and IPL technology in dermatology and aesthetic medicine. *Preventive strategies and case studies. Dermatol Surg* (im Druck).
- (12) Ho C, Nguyen Q, Lowe NJ, Griffin ME, Lask G (1995) Laser resurfacing in pigmented skin. *Dermatol Surg* 21: 1035-1037.
- (13) Jeong JT, Kye YC (2001) Resurfacing of Pitted Facial Acne Scars with a Long-Pulsed Er:YAG Laser. *Dermatol Surg* 27: 107-110.
- (14) Kaufmann R, Hibst R (1996) Pulsed Erbium:YAG laser ablation in cutaneous surgery. *Lasers Surg Med* 19: 324-330.
- (15) Khatri K, Ross V, Grevelink JM, Magro CM, Anderson RR (1999) Comparison of erbium:YAG and carbon dioxide lasers in resurfacing of facial rhytides. *Arch Dermatol* 135: 391-397.
- (16) Manuskianti W, Fitzpatrick RE, Goldman MP (1999) Long-term effectiveness and side effects of carbon dioxide laser resurfacing for photoaged facial skin. *J Am Acad Dermatol* 40: 401-411.
- (17) Nanni CA, Alster TS (1998) Complications of carbon dioxide laser resurfacing. An evaluation of 500 patients. *Dermatol Surg* 24: 315-320.
- (18) Newman JB, Lord JL, Ash K, McDaniel DH (2000) Variable pulse Erbium:YAG laser skin resurfacing of perioral rhytides and side-by-side comparison with carbon dioxide laser. *Lasers Surg Med* 26: 208-214.
- (19) Pozner JN, Roberts TL 3rd. (2000) Variable-pulse width ER:YAG laser resurfacing. *Clin Plast Surg* 27:263-271.
- (20) Ratner D, Viron A, Puvion-Dutilleul F, Puvion E (1998) Pilot ultrastructural evaluation of human preauricular skin before and after high-energy pulsed carbon dioxide laser treatment. *Arch Dermatol* 134: 582-587.
- (21) Raulin C, Petzoldt D, Hellwig S (1996) Entfernung von Falten und Aknenarben mit dem ultragepulsten CO₂-Laser. *Hautarzt* 47: 443-446.
- (22) Raulin C, Greve B, Hammes S (2000) Cold air in laser therapy: first experiences with a new cooling system. *Lasers Surg Med* 27:404-410.
- (23) Raulin C, Greve B (2001) Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. Stuttgart, New York: Schattauer.
- (24) Utley DS, Koch RJ, Egbert BM (1999) Histologic analysis of the thermal effect on epidermal and dermal structures following treatment with the superpulsed CO₂ laser and the Erbium:YAG laser: an in vivo study. *Lasers Surg Med* 24: 93-102.
- (25) Wallia S, Alster TS (1999). Prolonged clinical and histologic effects from CO₂ laser resurfacing of atrophic acne scars. *Dermatol Surg* 25:926-930.
- (26) Weinstein C (1999) Erbium laser resurfacing: current concepts. *Plast Reconstr Surg* 103: 602-616.
- (27) Weiss RA, Harrington AC, Pfau RC, Weiss MA, Marwaha S (1999) Periorbital skin resurfacing using high energy Erbium:YAG laser: results in 50 patients. *Lasers Surg Med* 24: 81-86.
- (28) Werner S, Raulin C (2000) Skin Resurfacing bei Falten und Aknenarben durch Einsatz eines kombinierten CO₂/Er:YAG-Lasers. In: Plettenberg A, Meigel WN, Moll I (eds) *Dermatologie an der Schwelle zum neuen Jahrtausend – aktueller Stand von Klinik und Forschung*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 673-674.
- (29) Zachary CB (2000). Modulating the Er:YAG-Laser. *Lasers Surg Med* 26:223-226.

Korrespondenzanschrift:

Dr. med. Christian Raulin
Kaiserstraße 104, D-76133 Karlsruhe
E-Mail: info@raulin.de, Internet: http://www.raulin.de