

Gepulster Farbstofflaser: Einsatzgebiete in der pädiatrischen Dermatologie

Susanne Roos, S. Karsai,
H.-M. Ockenfels, C. Raulin

Einleitung

Seit fast 20 Jahren wird der gepulste Farbstofflaser in der Medizin mit großem Erfolg eingesetzt und gilt für viele Indikationen wie zum Beispiel Feuermale und oberflächliche Hämangiome als Therapiestandard (1).

Für zahlreiche andere Indikationen (z.B. Lichen sclerosus, Lupus erythematoses) wird er zwar mit zum Teil großem Erfolg, nicht aber als Methode der Wahl eingesetzt. Es existieren vielfach nur Fallberichte. Hier muss die Wirksamkeit erst noch an größeren Fallzahlen genauer evaluiert und publiziert werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, eine Übersicht aktueller Erkenntnisse bei den etablierten pädiatrisch relevanten Indikationen zu geben. Darüber hinaus sollen weitere Indikationen wie vaskuläre und virale Erkrankungen, entzündliche Dermatosen und Erkrankungen des Bindegewebes hinsichtlich ihrer Eignung zur Behandlung mit dem Farbstofflaser diskutiert und bewertet werden.

Wirkprinzip

Der Wirkmechanismus des gepulsten Farbstofflasers beruht auf dem Prinzip der selektiven Photothermolyse, das heißt einer gezielten Schädigung von bestimmten in der Haut gelegenen Strukturen ohne Beeinträchtigung der in der Umgebung liegenden Hautschichten (2). Darüber hinaus basiert der Effekt auch auf derzeit noch nicht geklärten Mechanismen. Hier sind



Abb. 1a und b: a) Initiales Hämangiom vor Therapie, b) nach einer Sitzung mit gepulstem Farbstofflaser; dieses frühe Stadium ist der ideale Zeitpunkt für eine Farbstofflasertherapie

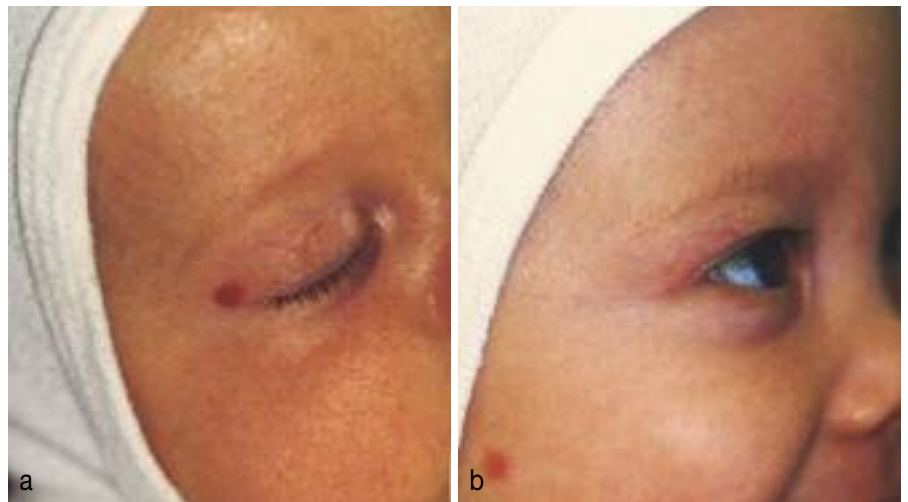


Abb. 2a und b: a) Initiales Hämangiom vor Therapie, b) nach zweimaliger Farbstofflaserbehandlung



Abb. 3a und b: a) Initiales Hämangiom vor Therapie, b) nach zweimaliger Farbstofflaserbehandlung



Abb. 4a–c: a) Ausgedehntes Hämangiom im Säuglingsalter, b) verbliebene teleangiektatische Residuen im Alter von 13 Jahren, c) Zustand nach mehrmaliger Farbstofflaserbehandlung, vollständige Aufhellung



Abb. 5a und b: a) Fortgeschrittenes Hämangiom vor Therapie, b) nach fünf Behandlungen mit gepulstem Farbstofflaser

zum Beispiel immunmodulierende (z.B. beim Lichen sclerosus), aber auch thermische (z.B. Warzen) Vorgänge wahrscheinlich (3, 4).

Die Parameter des Lasers können variiert und in gewissen Grenzen der Zielstruktur angepasst werden. Die Impulsdauer reicht von 0,35–40 ms. Es kommen Sondengrößen bis 12 mm Durchmesser zum Einsatz. Zudem

konnte durch protektive Kühlsysteme (z.B. Kaltluftkühlung, Kryogen-Spraykühlung) in den vergangenen Jahren die Energiedichte und damit die Effizienz der Behandlung bei gleichzeitig reduzierten Begleitreaktionen erheblich gesteigert werden (5).

Am häufigsten werden derzeit Farbstofflaser der Wellenlängen 585 nm und 595 nm therapeutisch genutzt.

Leider sind die Einsatzmöglichkeiten durch die relativ geringe Eindringtiefe dieser Wellenlängen von maximal 1,5 mm auf oberflächliche Strukturen beschränkt (6).

Bei der Therapie mit dem Farbstofflaser können abhängig von Lokalisation, Energiedichte, Hauttyp und Pulszeit als Begleitreaktionen Erytheme, Ödeme, Purpura, Krusten, Blasen sowie Hyper- oder Hypopigmentierungen auftreten. Um persistierende Nebenwirkungen wie zum Beispiel Narben zu vermeiden, muss die Energiedichte individuell der Indikation und dem Hauttyp angepasst und gegebenenfalls im weiteren Behandlungsverlauf gesteigert werden. So können in Publikationen genannte Energiedichten lediglich Orientierungshilfen und keine absoluten Angaben sein.

Vaskuläre Indikationen

Hämangiome

Für die Therapie von initialen Hämangiomen (Abb. 1–3) gilt der Farbstofflaser als Methode der Wahl.



Abb. 6a und b: a) Fortgeschrittenes Hämangiom vor Therapie, b) nach fünf Behandlungen durch gepulsten Farbstofflaser

Abb. 7a–c: a) Fortgeschrittenes Hämangiom vor Therapie, b) nach drei Sitzungen durch gepulsten Farbstofflaser, c) ein Jahr nach Beendigung der Therapie

Batta et al. verglichen an einem Kollektiv von 121 frühen kindlichen Hämangiomen den Effekt von früher Farbstofflaserbehandlung mit der »wait-and-see«-Strategie. Die Behandlung erfolgte bei 60 Kindern mit dem Farbstofflaser und einem Nachbeobachtungszeitraum von einem Jahr. Es wurde in zwei- bis vierwöchigen Abständen behandelt, bis die Hämangiome verschwunden waren beziehungs-

weise bis ein Wachstumsstillstand erreicht wurde. Mit dem Laser behandelte Kinder zeigten eher Hautatrophie und Hypopigmentierungen als unbehandelte Kinder. Nur die Rötung der Hämangiome konnte positiv durch den Laser beeinflusst werden. In der Clearance, Komplikationsrate und den Regressionszeichen zeigte sich in beiden Gruppen kein Unterschied (7).

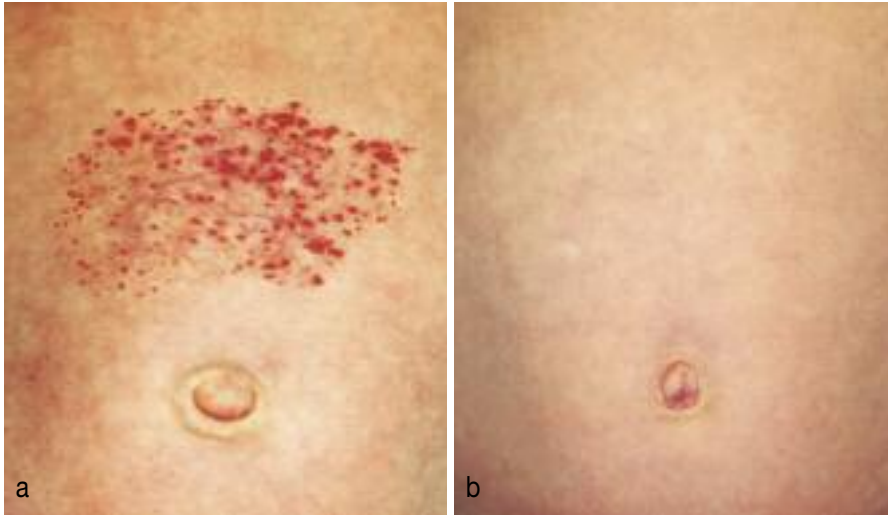


Abb. 8a und b: a) Ausgedehntes Hämangiom vor Therapie, b) nach dreimaliger Farbstofflaseranwendung



Abb. 9a und b: a) Ausgedehntes Hämangiom vor Therapie, b) nach dreimaliger Farbstofflaseranwendung

Die Ergebnisse der Studie lösten in der Fachwelt teilweise kontroverse Diskussionen aus. Die Arbeitsgruppe der Universitäts-Hautklinik Regensburg unter der Leitung von Prof. Hohenleutner befürwortet weiterhin die möglichst frühzeitige Behandlung initialer Hämangiome mit Laser- beziehungsweise Kryotherapie als einfache und minimal-invasive Methode. In ihren Ergebnissen kommt es als Begleitreaktion wesentlich seltener zu Hyperpigmentierungen und Narben (7% und 4% im Gegensatz zu 45% und 28% bei Batta et al.) (8). Auch Maier und Donath unterstützen die Einschätzung von Hohenleutner et al. Sie berichten davon, dass nur in Ausnahmefällen mehr als drei Behandlungen nötig seien. Sie vermuten, dass der hohe Anteil an Begleitreaktionen im Wesentlichen auf die Häufigkeit der Sitzungen zurückzuführen ist. Die Autoren sind der Meinung, dass auch ein Prozentsatz von 30% an totaler Remission eine Lasertherapie rechtfertigt (9). Kolde bemängelt, dass der Aspekt des richtigen Behandlungszeitpunkts bezüglich der Dicke des Hämangioms in der Studie von Batta nicht berücksichtigt wurde (10).

Hohenleutner et al. konnten bei ihrer Studie mit 617 Hämangiomen bei 548 Kindern durch Farbstofflasertherapie einen Wachstumsstillstand in 97% der Fälle erreichen. In insgesamt 14% kam es zu kompletter Remission, mit hoher Regressionsrate für kleine oberflächliche (43%) und oberflächliche (19%) Hämangiome. Durchschnittlich waren drei Sitzungen nötig (11).

225 Hämangiome von 165 Kindern wurden von Poetke et al. mit dem Farbstofflaser behandelt. Hierbei wurde in drei Gruppen unterteilt: 1. kutane Hämangiome, 2. gemischt kutan-subkutane Hämangiome, 3. kutane Residuen ausgedehnter Hämangiome in der Regressionsphase. Bei 34% der ersten Gruppe wurde vollständige Remission erreicht. In 21% der Fälle konnte allerdings die Entwicklung eines subkutanen Anteils nicht verhindert werden. Die gemischten Hämangiome ließen sich nicht vollständig rückbilden. Bei

61% wuchs der subkutane Anteil weiter. In den restlichen 39% der Fälle blasse der kutane Anteil ohne Veränderung des subkutanen Anteils ab. Bei 61% der gemischten Hämangiome wurde die Therapie wegen Wachstums abgebrochen und mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser weiterbehandelt. Die besten Ergebnisse zeigten die Hämangiome der 3. Gruppe. Hier kam es bei 67% zu einer vollständigen Abblassung. Als Begleitreaktion traten Krustenbildung, teils kleine Bläschen und transiente Hypo- beziehungsweise Hyperpigmentierung (4% bzw. 1%) auf (12).

Wir untersuchten den Effekt des Farbstofflasers gegenüber dem frequenzdoppelten Nd:YAG-Laser bei 50 Kindern mit 62 superfiziellen Hämangiomen. Bei einer Wachstumshemmung nach durchschnittlich drei Sitzungen bei 93% (Farbstofflaser), gegenüber 70% (Nd:YAG Laser) der behandelten Hämangiome, zeigte sich eine signifikant bessere Effektivität des Farbstofflasers (13).

Die Ursache der unterschiedlichen Studienergebnisse liegt aus unserer Sicht im Zeitpunkt des Behandlungsbeginns beziehungsweise der Hämangiomdicke im Behandlungszeitraum. Wir empfehlen aufgrund unserer Erfahrung die möglichst frühzeitige Farbstofflasertherapie aller initialer Hämangiome.

Der Farbstofflaser ist zur Behandlung von initialen oberflächlichen Hämangiomen als einfache, sichere und schmerzarme Therapie geeignet. Auch Residuen von Hämangiomen eignen sich sehr gut für eine Farbstofflasertherapie (Abb. 4b u. c). Bei gemischten und bereits leicht fortgeschrittenen Hämangiomen bevorzugen wir aufgrund der begrenzten Eindringtiefe des Farbstofflasers von etwa 1,5 mm die Kontaktkryotherapie, um tiefere Anteile des Hämangioms zu erreichen. Sollte bei ausgedehnten Hämangiomen mit tiefem Anteil eine Therapie nötig sein, kann mit dem Nd:YAG-Laser (1.064 nm) intraläsional behandelt werden. Zur Diskussion stehen darüber hinaus Anwendungen von systemi-

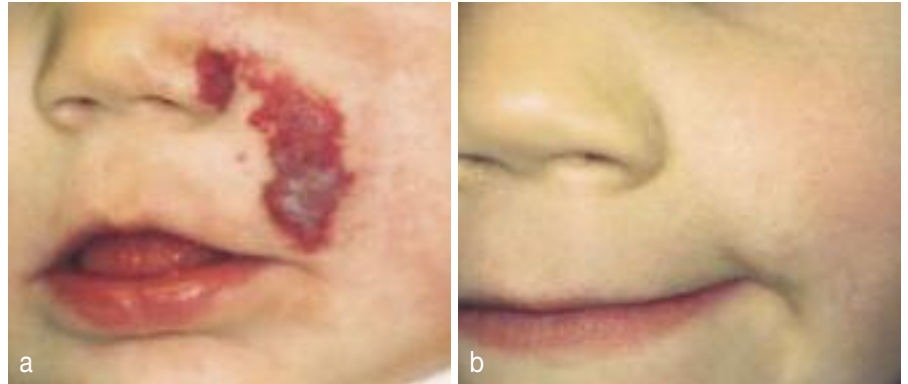


Abb. 10a und b: a) Fortgeschrittenes Hämangiom vor Therapie, b) nach dreimaliger Farbstofflaseranwendung

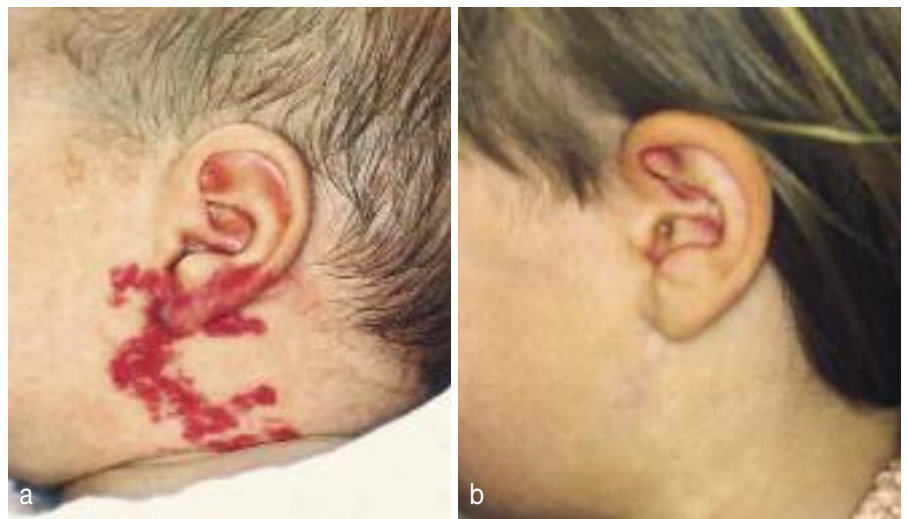


Abb. 11a und b: a) Fortgeschrittenes Hämangiom vor Therapie, b) nach vier Farbstofflaser-sitzungen und einigen Jahren danach



Abb. 12: Extremes Hämangiom – hier bleibt nur die chirurgische Entfernung



Abb. 13a und b: a) Naevus flammeus vor Therapie, b) verbliebene Resterytheme nach Farbstofflasertherapie

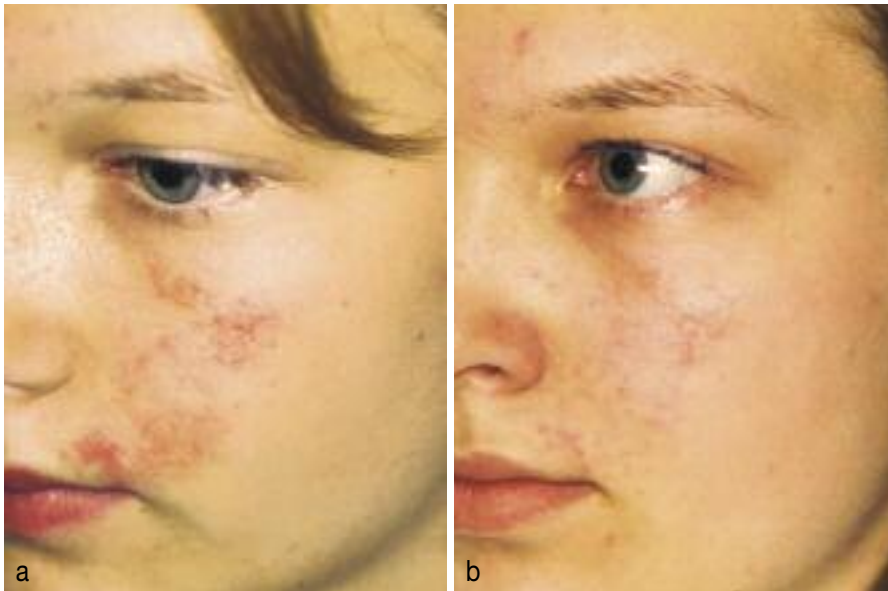


Abb. 14a und b: a) Naevus flammeus vor Therapie, b) Zustand nach mehrmaliger Farbstofflaserbehandlung

schen Steroiden, Interferon alpha (15) und neuerdings von Propranolol (16). In manchen Fällen ist eine Gabe von Vincristin indiziert (14).

Die Abbildungen 4–11 zeigen die Möglichkeiten des Farbstofflasers auf. Bei extremen Hämangiomen, wie zum Beispiel in Abbildung 12, bleibt im Einzelfall nur die chirurgische Intervention.

Naevus flammeus

Der Einsatz des Farbstofflasers (585 nm oder 595 nm, 0,45–10 ms) gilt wie

hinlänglich bekannt für Feuermale als Methode der Wahl (17). Aus diesem Grund beschränken wir uns auf eine Darstellung aktueller, innovativer Neuerungen. Einige Studien propagieren eine möglichst frühe Behandlung nach der Geburt, da hierbei eine bessere Clearance gegeben sei als bei Patienten über einem Jahr (18). Es gibt aber auch Studien, die keinen Effektivitätsunterschied in verschiedenen Altersgruppen feststellen konnten (17). Der Therapieerfolg vor Beginn der Behandlung ist schlecht abzuschätzen, da es keine objektiven prognostischen Fakto-

ren gibt. Wichtig ist unserer Ansicht nach, einen Mittelweg zwischen möglicher Traumatisierung im psychologischen Sinne durch das Feuermal und der leicht schmerzhaften Behandlung an sich zu finden. Häufig wird die Frage nach lokaler Anästhesie in Form einer Creme gestellt. Leider kann die Anwendung durch Gefäßkonstriktion zu einer Abblassung der Läsion und so zu einem schlechteren Ansprechen der Zielstruktur auf den Laser führen (19). Darüber hinaus ist ein erhöhtes Risiko zur Methämoglobinbildung bei Kindern unter drei Monaten und Kindern mit Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase beschrieben worden (20).

Für uns hat sich in der Regel eine Therapie bis zum 6. Lebensmonat ohne Anästhesie-Creme und bei Bedarf eine Fortführung der Behandlung ab dem 6.–8. Lebensjahr bewährt. Ausnahme stellen hierbei sehr ausgedehnte stigmatisierende Feuermale dar, die eine Behandlung in Vollnarkose rechtfertigen.

Lanigan und Taibjee attestierten der zweiten Generation des gepulsten Farbstofflasers mehr Möglichkeiten der effektiven Behandlung, zum Beispiel auch bei therapieresistenten Feuermalen (21). Es kommen längere Wellenlängen, längere Impulszeiten und höhere Energiedichten zum Einsatz. Darüber hinaus werden verschiedene Kühlmethode angewandt, um höhere Energiedichten mit geringeren Begleitreaktionen zu erreichen (22–25). Auch scheint der Einsatz von mehrfachen Laserdurchgängen mitunter Vorteile zu bringen (26).

Wir untersuchten bei 15 Patienten die Effektivität drei verschiedener Lasereinstellungen: (1) 585 nm, 0,5 ms, 5,5 J/cm²; (2) 595 nm, 0,5 ms, 5,5 J/cm²; (3) 595 nm, 20 ms, 13 J/cm². Nach einmaliger Behandlung der vorher unbehandelten Feuermale kam es zu einer signifikant besseren Clearance für die Einstellung mit 585 nm gegenüber 595 nm, allerdings waren auch die Begleitreaktionen erhöht. Es zeigte sich eine positive Korrelation zwischen Stärke der Begleitreaktion und Verbesserung der Hautveränderung (27).

Trotz fortentwickelter Technik gibt es leider weiterhin therapieresistente Feuermale (Abb. 13a u. b) und Rezidive nach erfolgreicher Aufhellung. Ein prognostischer Faktor, um im Vorfeld einer Laserbehandlung das Ansprechen eines Naevus flammeus bestimmen zu können, existiert nach gegenwärtiger Datenlage nicht. Anatomische Lokalisation, Farbe, Größe und Dicke scheinen eine zentrale Rolle zu spielen (28, 29). *Selim et al.* konnten in einer histologischen Studie einen Zusammenhang zwischen Blutgefäßdicke und Ansprechen auf die Lasertherapie aufzeigen (30). Weil in ihren Beobachtungen kleine Gefäße schlechter als größere ansprechen, versuchten *Svaasand et al.* durch eine Durchblutungssteigerung mittels Blutdruckmanschette das Lumen der Gefäße von Feuermalen am Unterarm (bei 4 Patienten) zu erhöhen. Hierbei resultierte eine Verstärkung der Purpura bei Einsatz der Blutdruckmanschette beziehungsweise ein Auftreten der Purpura bei niedrigeren Energiedichten und eine Verbesserung der Clearance (31).

Die Abbildungen 14–18 zeigen eindrucksvoll die Effektivität des gepulsten Farbstofflasers. Wichtig ist die korrekte Indikationsstellung. So eignen sich venöse Malformationen (Abb. 19) aufgrund der Dicke der Läsion nicht für eine Farbstofflasertherapie, sondern sind eher für eine Therapie mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser geeignet. Die früher übliche Therapie von Feuermalen mit dem Argon-Laser ist heute aufgrund häufiger Nebenwirkungen wie zum Beispiel Narben definitiv obsolet und gilt sogar als Behandlungsfehler (Abb. 20).

Teleangiektasien

Die Behandlung von essenziellen Teleangiektasien, Residuen von rückgebildeten Hämangiomen (Abb. 4a–c) und Spider-Nävi (Abb. 21a–c) mit dem Farbstofflaser gilt seit Langem als sichere und gut praktikable Methode. Auch beim Ulerythema ophryogenes lassen sich durch den Farbstofflaser deutliche Verbesserungen der Rubeosis



Abb. 15a und b: a) Diskreter Naevus flammeus vor Therapie, b) Zustand nach mehrmaliger Farbstofflaserbehandlung



Abb. 16a und b: a) Naevus flammeus vor Therapie, b) Zustand nach zwei Farbstofflaserbehandlungen



Abb. 17a und b: a) Naevus flammeus vor Therapie, b) Zustand nach dreimaliger Farbstofflaserbehandlung



Abb. 18a und b: a) Ausgedehnter Naevus flammeus am Rücken nach einer Behandlung, b) deutlich sichtbare Aufhellungen an den behandelten Farbstofflaserspots

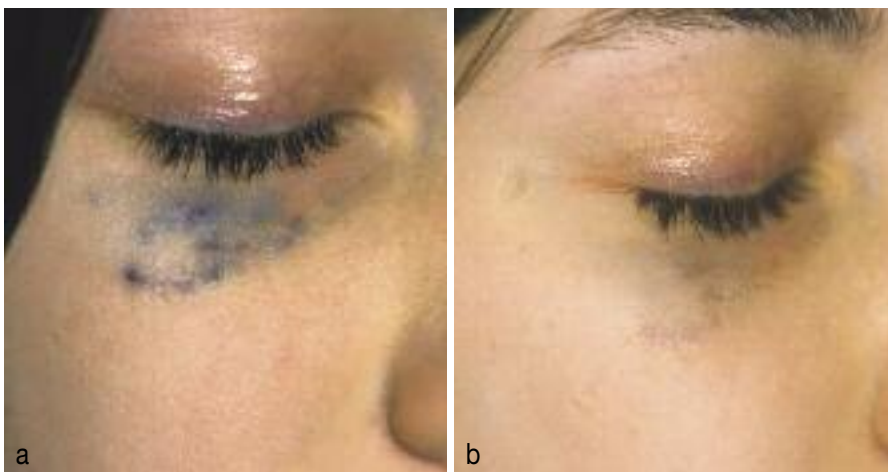


Abb. 19a und b: a) Venöse Malformation – eine Indikation für den langgepulsten Nd:YAG-Laser, keine Indikation für den gepulsten Farbstofflaser, b) Zustand nach dreimaliger Therapie mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser

(Abb. 22a u. b) erreichen. Als häufige pädiatrisch-dermatologische Indikation möchten wir im Folgenden exemplarisch auf Spider-Nävi näher eingehen. Die Erfolgchancen mit der aktuellen Lasertechnik liegen je nach Autor bei durchschnittlich über 95% (32). Die Risiken dauerhafter Texturveränderungen sind sehr gering (33).

Letztendlich handelt es sich um einen zwar unkomplizierten und in der Regel einfachen und sicheren, jedoch rein kosmetischen Eingriff. Wir empfehlen deshalb die Behandlung ausschließlich nur dann, wenn die Kinder, also nicht alleine die Eltern, die Entfernung wünschen beziehungsweise sie sich durch die Hautveränderung gestört fühlen. In allen übrigen Fällen ist eine konservative Vorgehensweise und gegebenenfalls eine Entfernung in höherem Lebensalter sinnvoll. Aus unserer Sicht ist die Therapie auch dann nicht wesentlich aufwändiger, sollte der Spider-Nävus im Laufe der Zeit progredient sein.

Granuloma pyogenicum

In der Regel ist der CO₂-Laser für das Granuloma pyogenicum die Therapiemethode der Wahl (34) (Abb. 23a u. b, 25a u. b).

Tay et al. konnten jedoch mit dem Farbstofflaser bei 20 von 22 Patienten in ein bis drei Sitzungen eine komplette Remission des Granuloma pyogenicum erzielen. Behandelt wurde in zweiwöchigen Abständen. Bei zwei Patienten ließ sich auch nach mehreren Sitzungen keine Verbesserung erreichen, wobei beide Patienten größere Granulomata von 0,5 und 1 cm Durchmesser hatten (35). Ursächlich für das schlechte Ansprechen kommt dabei eine nicht genügend große Eindringtiefe des Farbstofflasers bei dicken Läsionen in Frage.

Für die Behandlung von kleinen initialen Granulomata pyogenica ist der gepulste Farbstofflaser eine Therapieoption. Allerdings sollte angemerkt werden, dass das Granuloma pyogenicum auch als sehr seltene Nebenwirkung



Abb. 20: Behandlungsfehler – Narben nach Behandlung eines Naevus flammeus durch Argon-Laser

der Therapie mit dem Farbstofflaser beschrieben wurde (36).

Nicht-vaskuläre Indikationen

Entzündliche Dermatosen

Akne

Da bei Akne vergleichsweise gute topische und systemische Therapieoptionen zur Verfügung stehen, muss man berechtigterweise die Frage nach dem Einsatz des Farbstofflasers in der Aknetherapie stellen. Aufgrund des Wirkprinzips der selektiven Photothermolyse stellt das Akneerythem ein gutes Substrat für die effektive Therapie dar. Darüber hinaus wurde über eine zytotoxische Wirkung durch den gepulsten Farbstofflaser auf Propionibakterien berichtet (37). Bisher gibt es leider wenige Studien, die diese Theorie in der Praxis überprüfen.

Seaton et al. therapierten 41 Patienten einmalig mit dem gepulsten Farbstofflaser (585 nm). Es zeigte sich eine Abnahme der Stärke der Akne. Die Anzahl der inflammatorischen Läsionen gingen um etwa 50% zurück. Es ließ sich kein Unterschied der im Seitenvergleich getesteten, zwei verschie-

denen Energiedichten feststellen. Die größte Verbesserung ergab sich in den ersten vier Wochen. Nach acht und 12 Wochen zeigten sich kaum noch weitere Verbesserungen (34).

Völlig konträre Ergebnisse lieferte dagegen eine Studie von Orringer et al., bei der eine Behandlung mit ähnlichen Energiedichten keinerlei Verbesserung erbrachte. Hier fanden ein bis zwei Sitzungen mit einer Nachbeobachtungszeit von 12 Wochen statt (39).

Die widersprüchlichen Ergebnisse versuchen wir aktuell in einer prospektiven, kontrollierten und randomisierten Studie zu klären.

Psoriasis

Die Psoriasisstherapie stellt durch den schubweisen Verlauf, die Hyperkeratosen, die eine Verminderung der Laserlichteindringtiefe zur Folge haben, und die Chronizität eine Herausforderung für die Laserbehandlung dar (40).

Hacker und Rasmusen therapierten 20 Patienten mit drei verschiedenen Energiedichten. Bei 11 von 20 Patienten kam es nach einer Sitzung zu einer klinischen Verbesserung im mit der höchsten Energiedichte behandelten



a



b



c

Abb. 21a–c: a) Spider-Nävus vor Therapie, b) Spider-Nävus direkt nach Therapie mit dem gepulsten Farbstofflaser, c) Spider-Nävus drei Wochen nach einer Sitzung mit dem gepulsten Farbstofflaser

Areal, wobei es bei keinem der Patienten zur vollständigen Remission kam. Die mit niedrigeren Energiedichten gelaserten Areale zeigten keine Verbesserung (41).

In einer der bisher größten Patientenstudien (36 Patienten) konnten Zeligson et al. in zwei bis fünf Sitzungen eine signifikante klinische Verbesserung der Psoriasisstherde erreichen (42).

Mit ähnlichen Behandlungsparametern erzielten Hern et al. bei acht Patienten eine signifikante Abnahme der Epider-



Abb. 22a und b: a) Ulerythema ophryogenes vor Therapie, b) Ulerythema ophryogenes ein Jahr nach Therapie (zwei Sitzungen) mit dem gepulsten Farbstofflaser

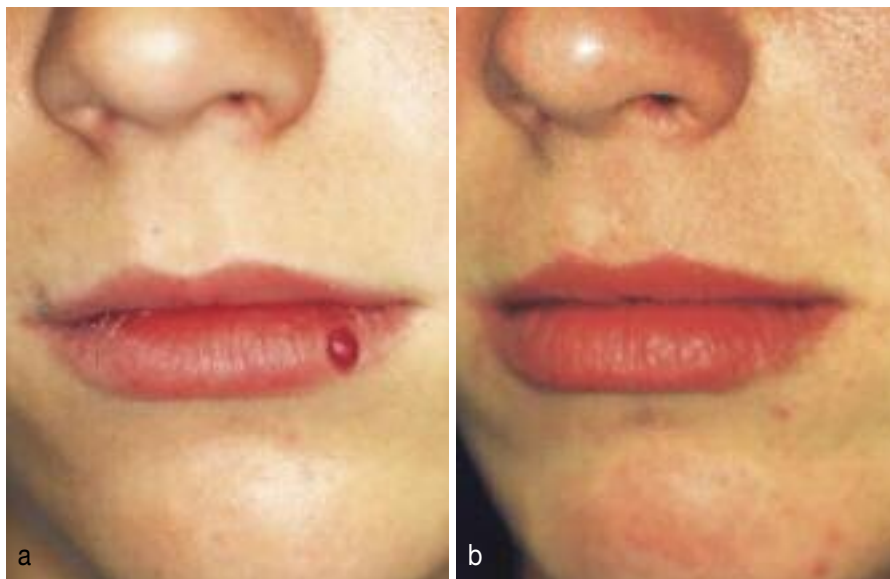


Abb. 23a und b: a) Granuloma pyogenicum vor Therapie, b) nach Behandlung durch eine Kombination aus ultragepulstem und cw-CO₂-Laser

misdicke, jedoch keine vollständige Rückbildung (Biopsie vor und nach Behandlung). Darüber hinaus kam es zu einer Reduzierung der Endotheloberfläche. Es wurde dreimal in zweiwöchigen Abständen behandelt (43).

Eine weitere Studie (Katugampola et al.) zeigte eine Verbesserung von 50% bei fünf der acht Patienten. In einem

Fall konnte eine komplette Abheilung beobachtet werden (44). Ros et al. erreichten bei sechs von 10 Patienten eine Verbesserung des Hautbilds, welche mit der Anzahl der Sitzungen (1–3 Sitzungen) zunahm (45).

Abschließend lässt sich aus unserer Sicht festhalten, dass die Behandlung der Psoriasis mit dem Farbstofflaser

derzeit lediglich als eine ergänzende Option zu den bisher bekannten konservativen Behandlungsmöglichkeiten anzusehen ist.

Erkrankungen des Bindegewebes

Lichen sclerosus et atrophicus

Rabinowitz berichtete in einer Fallstudie über die erfolgreiche Therapie eines erosiven, juckenden genitalen Lichen sclerosus et atrophicus bei einem 7-jährigen Mädchen. Es wurden vier Behandlungen mit 5,75–6,25 J/cm² (585 nm) durchgeführt (46).

Wir veröffentlichten ebenfalls eine Fallstudie zum Lichen sclerosus et atrophicus, der jedoch extragenital lokalisiert war. Hier konnten nach vier Sitzungen (5,3–6 J/cm², 0,3–0,45 ms) die Hautveränderungen ohne sichtbare Narbenbildung vollständig entfernt werden (3). Diese positiven Ergebnisse beim Lichen sclerosus konnten von uns zwischenzeitlich mehrfach reproduziert werden. Auch wenn nicht in jedem Fall eine restitutio ad integrum erreichbar ist, lässt sich zumindest der begleitende Juckreiz meistens effektiv behandeln.

Der gepulste Farbstofflaser stellt hier sicherlich eine ergänzende Behandlungsmethode oder sogar eine gute Alternative zu den herkömmlichen Verfahren dar.

Narben

Das Wirkprinzip des Farbstofflasers scheint bei Narben auf der durch selektive Photothermolyse erreichten Verminderung von feinen Teleangiektasien zu beruhen. Diese stellen das Substrat der persistierenden Rötung einer Narbe dar (47). Hierdurch findet eine Reduktion der Zellfunktionen/Zellversorgung in der hypertrophen Narbe statt (48), wodurch mittels Abbau der Kapillargefäße ein Kollagenumbau herbeigeführt werden kann (47). Es folgt, wie in unten vorgestellten Stu-

dien bestätigt, dass rote, hypertrophe Narben besser mit dem Farbstofflaser zu therapieren sind als atrophe.

Alster und *Williams* behandelten hypertrophe Sternotomienarben von 16 Patienten zweimal alle sechs bis acht Wochen. Es kam zu einer Verminderung des Juckreizes, der Rötung, der Narbendicke und des Oberflächenreliefs (49).

Eine weitere Studie von *Alster* mit 22 Probanden und hypertrophen, inflammatorischen Narben verglich den Einsatz des Farbstofflasers mit und ohne intraläsionaler Kortikoidinjektion. Es zeigte sich hierbei kein Unterschied: in beiden Arealen kam es zu gleichwertigen Ergebnissen wie in der vorgenannten Studie. Als Begleitreaktion wurden milde Purpura und transiente Hyperpigmentierungen beobachtet (50).

Die erythematösen, hypertrophen und keloidalen Narben von 10 Patienten wurden durch *Manuskiatti* et al. mit drei verschiedenen Energiedichten (3, 5 und 7 J/cm², 0,45 ms, 5 mm, 585 nm) gelasert. Es zeigte sich bei allen Narben eine signifikante Verbesserung in Dicke, Erythem und Geschmeidigkeit. Zwischen den verschiedenen Energiedichten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, wobei ein positiver Trend in Richtung der reduzierten Energiedichte erkennbar war. Es wurde sechsmal alle vier Wochen behandelt (51).

Kuo et al. konnte eine Verbesserung von mehr als 50% bei 26 von 30 Patienten mit Keloiden feststellen. Bei vier Patienten kam es zu keiner Verbesserung. Die Autoren laserten alle acht Wochen (0,45 ms, 10–18 J/cm², 5 mm, 585 nm, 1–11 Sitzungen), wobei die besten Ergebnisse bei mehr als sechs Sitzungen zu verzeichnen waren. Histologisch konnte eine Vermehrung von Kollagen Typ III nachgewiesen werden (52).

Paquet et al. konnte bei Keloiden nur eine diskrete Verbesserung der Rötung erreichen. Spektrophotometri-



Abb. 24a und b: a) Granuloma pyogenicum auf einem Naevus flammeus vor Therapie, b) nach Therapie durch eine Kombination aus ultragepulstem und cw-CO₂-Laser; das Feuermal wurde nicht behandelt



Abb. 25a und b: a) Verbrennungsnarben vor Therapie, b) Verbrennungsnarben nach 20 Sitzungen mit dem gepulsten Farbstofflaser

sche Messungen zeigten keine signifikante Veränderung. Die Behandlungen (1–3 Sitzungen) wurden alle sechs bis acht Wochen durchgeführt (53).

Ein sehr interessanter Ansatz ist die Vorgehensweise bei Operationsnarben nach *Nouri* et al. Hierbei behandelten die Autoren eine Hälfte der Narbe (11 Patienten) direkt nach Entfernung der Fäden und zweimal noch nach jeweils einem Monat. Es zeigte sich eine deutliche Verbesserung aller Narbenparameter nach dem »Vancouver Scar

Scale« (VSS) im behandelten Areal (54).

Die Behandlung von Narben mit dem Farbstofflaser stellt sich insgesamt als empfehlenswerte Möglichkeit bei erythematösen und hypertrophen Narben dar (Abb. 25a u. b), ist bei Keloiden jedoch eher unbefriedigend.

Striae distensae

Initiale Striae zeigen histopathologisch erweiterte dermale Blutgefäße (55), die als potenzielle Absorber für eine La-

sertherapie mit dem gepulsten Farbstofflaser in Frage kommen. Problematisch sind hierbei, vor allem bei dunklen Hauttypen, posttherapeutische Hypo- und Hyperpigmentierungen. *McDaniel* et al. behandelten 39 Patienten einmalig mit Energiedichten von 2–4 J/cm² (7- und 10-mm-Handstück). Bei allen Patienten konnte mit jeder der Einstellungen eine Verbesserung erreicht werden. Als wirksamste Kombination erwies sich in ihrer Studie eine Einstellung von 3 J/cm² mit der 10-mm-Sonde (56).

In einer Studie von *Brandt* zeigten alle mit dem Farbstofflaser behandelten Striae (4 Patienten) eine Verbesserung. Frische Striae sprachen generell besser an, Striae im Brustbereich schlechter (57).

Nouri et al. therapierten vier Patienten mit Hauttyp IV und VI mit dem CO₂- und Farbstofflaser. Er konnte weder durch den CO₂- noch durch den Farbstofflaser eine Verbesserung feststellen. Bei beiden Lasern kam es zu Hyperpigmentierungen (58).

Die Anwendung des Farbstofflasers bei dieser Indikation ist unserer Einschätzung nach nur bei erythematösen Striae sinnvoll.

Virale Indikationen

Mollusca contagiosa

Huhges behandelte 88 Läsionen, von denen 87 nach einer Sitzung mit 6,9–8 J/cm² (585 nm) und 0,45 ms verschwunden waren (59). Ein ähnliches Resultat zeigte unsere Studie von 2001. Es ergab sich eine Clearance von 96% der 172 Läsionen (bei 20 Patienten) nach der ersten und 100% nach der 2. Sitzung (60).

Die Behandlung von Mollusken stellt sich bei einer Therapie mit dem Farbstofflaser als wirkungsvoll, schnell und nebenwirkungsarm dar. Ein Nachteil ist die kurzfristige Schmerzhaftigkeit während der Therapie. Diese ist aller-

dings auch bei anderen Therapien wie beispielsweise der Exkochleation gegeben und kann durch eine vorherige Behandlung mit Anästhesiecreme reduziert werden. Der Einsatz des Farbstofflasers wird allerdings nicht von allen Kindern toleriert, weshalb hier eine sorgfältige Indikationsstellung erfolgen sollte.

Verrucae vulgares

Bei allen nachfolgend diskutierten Studien zur Warzenentfernung mit dem Farbstofflaser wurden die Wellenlänge 585 nm und eine Impulszeit von 0,45 ms eingesetzt.

Als Target für den Farbstofflaser dienen die reichlich vorhandenen Kapillargefäße der Warzen (61). Darüber hinaus sind thermische Effekte denkbar.

Robson et al. erzielten nach vier Sitzungen eine komplette Abheilung bei 66% und eine teilweise Verbesserung bei 82% der 40 Patienten mit 194 Läsionen (62). Es zeigte sich eine Lokalisationsabhängigkeit. *Verrucae vulgares* ließen sich besser als *Verrucae plantares* und subunguales therapieren. Bei dieser Studie wurde die Lasertherapie einer konventionellen Therapie (Kryotherapie und Cantharidin) gegenübergestellt, wobei die Clearanceraten keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Die Autoren sind ebenso wie *Kenton-Smith* und *Tan* (63) der Meinung, dass eine Behandlung von kosmetischen Arealen mit dem Laser aufgrund geringerer Narbengefahr empfehlenswert ist.

Letztgenannte Autoren erzielten mit 6–9 J/cm² eine totale Remission in 92% der therapieresistenten Fälle und von 75% bei sonstigen *Verrucae vulgares* (28 Patienten, 123 Warzen), wobei kein Unterschied hinsichtlich der Lokalisation (Hand, Fuß, Gesicht, Arm) auffiel. Vor der Therapie wurde hyperkeratotisches Material abgetragen und danach ein- bis siebenmal in sechs- bis achtwöchigen Abständen behandelt.

Die besten Ergebnisse mit dem größten Patientengut (142 Patienten, 726

Läsionen) zeigte die Studie von *Kauvar* et al. mit einer Clearance von 99% für Körper- und Anogenitalwarzen, 95% für *Verrucae palmares*, 84% für *Verrucae plantares* und 83% für periunguale Warzen.

Hierbei wurde alle zwei bis vier Wochen behandelt und vorher mittels Skalpell hyperkeratotisches Material abgetragen (64).

Jain et al. erreichten bei 72% von 33 Patienten mit Plantarwarzen (97 Läsionen) eine komplette Abheilung. Allerdings traten von den 97 Läsionen 14 nach neun Wochen wieder auf. (65).

Ross et al. konnten bei ebenfalls 33 Patienten mit 96 Läsionen bei 48% eine totale und bei 45% eine teilweise Remission erzielen (66).

Bei einer weiteren Studie mit größerer Patientenzahl (n = 126) erreichte *Kopera* bei 63% totale und bei 21% partielle Remission. Die Energiedichte lag bei 8 J/cm². Es gibt keine Angabe dazu, ob vor der Behandlung abgetragen wurde (67).

Schellhaas et al. beschreiben in einer aktuellen Studie eine Clearancerate von 89% nach maximal 10 Sitzungen bei Palmar- und Plantarwarzen. Palmarwarzen zeigten schnellere Abheilung als Warzen an den Füßen. Bei drei der 73 Patienten mit insgesamt 366 Läsionen zeigte sich keine Remission. Es kam bei einem Patient zu einem Rezidiv nach sechs Monaten. Vor der Behandlung mit Energiedichten von 8–12 J/cm² (585–587 nm, 0,45 ms) wurde mittels Skalpell hyperkeratotisches Material entfernt (68).

Die einzige Studie mit einer längeren Impulsdauer (1,5 ms) und Energiedichten von 16–20 J/cm² bei einer Wellenlänge von 595 nm erreichte nur bei 6,5% der 24 Patienten (33 Läsionen) eine komplette Clearance, bei 12,9% eine Besserung > 75% und in 29% eine Verbesserung < 50%. *Ockenfels* et al. behandelten in dieser Studie drei Tage vor der Lasersitzung mit salizylsäure-

haltigem Pflaster und trugen vor der Lasersitzung Hyperkeratosen ab (69).

Als Begleitreaktionen traten bei allen Studien ähnliche Symptome auf. Bei der Behandlung und bis zu drei Tage danach kam es zu leichten Schmerzen und einer Graufärbung des Areal. Danach bildeten sich hämorrhagische Krusten, die etwa 10–14 Tage anhielten.

Mit Ausnahme der Studie von *Kopera*, in der sich hierzu keine Angaben finden, wurde bei allen erwähnten Studien vor der Laserapplikation mittels Skalpell hyperkeratotisches Material abgetragen. In der Tiefe der Abtragung scheint der entscheidende Unterschied des Behandlungserfolgs zu liegen. Es ist folglich davon auszugehen, dass nach tiefer Abtragung eine bessere Clearance resultiert.

Zusammenfassend sind durch Einsatz hoher Energiedichten bei einer Wellenlänge von 585 nm und Impulsdauer von 0,45 ms die besten Ergebnisse zu erzielen. Hierbei muss allerdings die Lokalisation berücksichtigt werden: Warzen am Körper scheinen, gefolgt von Palmarwarzen, besser anzusprechen als Plantarwarzen. Nach unserer Einschätzung reagieren insbesondere periunguale Warzen sehr gut.

Vor der Laseranwendung sollten jeweils die Hyperkeratosen intensiv mittels Hornhauthobel oder Skalpell abgetragen werden. Es zeigte sich, dass eine Behandlung in kürzeren Abständen zu besseren Ergebnissen führt (alle 1–2 Wochen gegenüber alle 3–4 Wochen). Wir konnten einen Zusammenhang zwischen Abheilungsrate und Behandlungsanzahl nachweisen. Mehr Sitzungen erbrachten bessere Ergebnisse, wobei nach 11 oder mehr Sitzungen keine verbesserte Remissionrate resultierte (61).

Die Farbstofflasertherapie hat nicht immer Vorteile gegenüber konventionellen Therapieoptionen, stellt jedoch in ausgewählten Fällen eine sinnvolle Alternative dar. Wichtig ist der Hin-

weis, dass Warzen mit vergleichsweise hoher Energiedichte behandelt werden müssen, was gerade von Kindern vielfach nur ungern toleriert wird.

Zusammenfassung

Der Farbstofflaser gilt zu Recht für Naevi flammei und oberflächliche Hä-mangiome als Goldstandard. Jahrelange klinische Erfahrung ermöglicht es, gängige Parameter bei bereits bekannten Diagnosen kontinuierlich zu optimieren und gleichzeitig neue Behandlungsfelder zu erschließen. Wichtige Faktoren, die sich auf den Therapieerfolg auswirken, sind die eingesetzten Kühlmethode, Vorbehandlungen (z.B. Abtragen vor der Warzenbehandlung), Anzahl der Durchgänge und der zeitliche Abstand der Sitzungen. Leider finden sich hierzu in den Veröffentlichungen zu wenige detaillierte Angaben, sodass ein Vergleich der Publikationen mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen mitunter schwierig ist.

Es können durch den gepulsten Farbstofflaser bei zahlreichen, bisher der Lasertherapie nicht zugänglichen Indikationen (z.B. Lichen sclerosus, Lupus erythematoses) gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Bei anderen Erkrankungen (z.B. Psoriasis) hat der Lasereinsatz allenfalls experimentellen Charakter beziehungsweise bislang nur den Stellenwert einer ergänzenden Therapiemethode. Generell kann jedoch festgestellt werden, dass durch die einfache und sichere Handhabung bei neuen Indikationen oder therapieresistenten Fällen, die vom theoretischen Ansatz den Einsatz des Farbstofflasers geeignet erscheinen lassen, eine Behandlung auch versuchsweise durchgeführt werden sollte oder könnte.

Durch die Vielzahl der neuen Einstellungen (Energiedichte, Impulszeiten, erweiterter Spottedurchmesser) des Farbstofflasers ist für die Zukunft eine weitere Zunahme der Effektivität und eine Ausweitung des Indikationsspektrums zu erwarten.

Literatur

1. Graudenz K, Raulin C (2003): From Einstein's Quantum Theory to modern laser therapy. The history of lasers in dermatology and aesthetic medicine. *Hautarzt* 54, 575–582
2. Anderson RR, Parrish JA (1983): Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220, 524–527
3. Greve B, Hartschuh W, Raulin C (1999): Extragenital lichen sclerosus et atrophicus – treatment with pulsed dye laser. *Hautarzt* 50, 805–808
4. Bovenschen HJ, Erceg A, Van Vlijmen-Willems I, Van De Kerkhof PC, Seyger MM (2007): Pulsed dye laser versus treatment with calcipotriol/betamethasone dipropionate for localized refractory plaque psoriasis: effects on T-cell infiltration, epidermal proliferation and keratinization. *J Dermatolog Treat* 18, 32–39
5. Hammes S, Raulin C (2005): Evaluation of different temperatures in cold air cooling with pulsed-dye laser treatment of facial telangiectasia. *Lasers Surg Med* 36, 136–140
6. Hohenleutner U, Hilbert M, Wlotzke U, Landthaler M (1995): Epidermal damage and limited coagulation depth with the flashlamp-pumped dye laser: a histochemical study. *J Invest Dermatol* 104, 798–802
7. Batta K, Goodyear HM, Moss C, Williams HC, Hiller L, Waters R (2002): Randomised controlled study of early pulsed dye laser treatment of uncomplicated childhood haemangiomas: results of a 1-year analysis. *Lancet* 360, 521–527
8. Hohenleutner U, Landthaler M (2002): Laser treatment of childhood haemangioma: progress or not? *Lancet* 360, 502–503
9. Maier H, Donath P (2003): Early pulsed-dye laser treatment of childhood haemangiomas. *Lancet* 361, 348; author reply 349
10. Kolde G (2003): Early pulsed-dye laser treatment of childhood haemangiomas. *Lancet* 361, 348–349; author reply 349
11. Hohenleutner S, Badur-Ganter E, Landthaler M, Hohenleutner U (2001): Long-term results in the treatment of childhood hemangioma with the flashlamp-pumped pulsed dye laser: an evaluation of 617 cases. *Lasers Surg Med* 28, 273–277
12. Poetke M, Philipp C, Berlien HP (2001): Treatment of hemangiomas in infancy and childhood with the flash lamp-pumped dye laser: cutaneous versus mixed cutaneous-subcutaneous hemangiomas. *Hautarzt* 52, 120–127
13. Raulin C, Greve B (2001): Retrospective clinical comparison of hemangioma treatment by flashlamp-pumped (585 nm) and frequency-doubled Nd:YAG (532 nm) lasers. *Lasers Surg Med* 28,40–43
14. Frieden IJ, Haggstrom AN, Drolet BA, Mancini AJ, Friedlander SF, Boon L (2005): Infantile hemangiomas: current knowledge, future directions: proceedings of a research workshop on infantile hemangiomas *Pediatr Dermatol* 22, 383–406
15. Ezekowitz RAB, Phil CBD, Mulliken JB, Folkman J (1992): Interferon alfa-2a therapy for life-threatening hemangiomas of infancy *N Engl J Med* 326, 1456–1463 (Errata, *N Engl J Med* [1994]: 330, 300; [1995]: 333, 595–596)

16. Léauté-Labrèze C, Dumas de la Roque E, Hubiche T, Boralevi F, Thambo JB, Taïeb A (2008): Propranolol for severe hemangiomas of infancy. *N Engl J Med* 358 (24), 2649–2651
17. Van der Horst CM, Koster PH, de Borgie CA, Bossuyt PM, van Gemert MJ (1998): Effect of the timing of treatment of port-wine stains with the flash-lamp-pumped pulsed-dye laser. *N Engl J Med* 338, 1028–1033
18. Stratigos AJ, Dover JS, Arndt KA (2003): Laser therapy. In: Bologna JL, Jorizzo JL, Rapini RP (senior eds), Horn TD, Mascaro JM, Saurat JH, Mancini AJ, Salasche SJ, Stingl G (eds): *Dermatology*. Mosby, London, 2153–2175
19. Stier MF, Glick SA, Hirsch RJ (2008): Laser treatment of pediatric vascular lesions: Port wine stains and hemangiomas. *J Am Acad Dermatol* 58 (2), 261–285
20. Chapas AM, Geronemus RG (2005): Our approach to pediatric dermatologic laser surgery. *Lasers Surg Med* 37, 255–263
21. Lanigan SW, Taibjee SM (2004): Recent advances in laser treatment of port-wine stains. *Br J Dermatol* 151, 527–533
22. Nelson JS, Milner TE, Anvari B (1995): Dynamic epidermal cooling during pulsed dye laser treatment of port wine stains: a new methodology with preliminary clinical evaluation. *Arch Dermatol* 131, 695–700
23. Waldorf HA, Alster TS, McMillan K (1997): Effect of dynamic cooling on 585 nm pulsed dye laser treatment of port wine stain birthmarks. *Dermatol Surg* 23, 657–662
24. Chang CJ, Nelson JS (1999): Cryogen spray cooling and higher fluence pulsed dye laser treatment improve port wine stain clearance while minimising epidermal damage. *Dermatol Surg* 25, 767–772
25. Raulin C, Greve B, Hammes S (2000): Cold air laser therapy: first experiences with a new cooling system. *Lasers Surg Med* 27, 404–410
26. Bencini PL (1999): The multilayer technique: a new and fast approach for flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment of port wine stains (preliminary reports). *Dermatol Surg* 25, 786–789
27. Greve B, Raulin C (2004): Prospective study of port wine stain treatment with the dye laser: comparison of two wavelengths (585 nm vs. 595 nm) and two pulse durations (0.5 ms vs. 20 ms). *Lasers Surg Med* 34, 168–173
28. Nelson JS, Applebaum J (1990): Clinical management of port-wine stain in infants and young children using the flashlamp-pumped dye laser. *Clin Pediatr* 29, 503–508
29. Nagore E, Requena C, Sevilla A, Coll J, Costa D, Botella-Estrada R, Sanmartin O, Serraguillen C, Guillen C (2004): Thickness of healthy and affected skin of children with port wine stains: potential repercussions on response to pulsed dye laser treatment. *Dermatol Surg* 30, 1457–1461
30. Selim MM, Kelly KM, Nelson JS, Wendelschafer-Crabb G, Kennedy WR, Zelickson BD (2004): Confocal Microscopy Study of Nerves and Blood Vessels in Untreated and Treated Port Wine Stains: Preliminary Observations. *Dermatol Surg* 30, 892–897
31. Svaasand LO, Aguilar G, Viator JA, Randeberg LL, Kimel S, Nelson JS (2004): Increase of dermal blood volume fraction reduces the threshold for laser-induced purpura: implications for port wine stain laser treatment. *Lasers Surg Med* 34, 182–188
32. Sivarajan V, Al Aissami M, Maclaren W, Mackay IR (2007): Recurrence of spider naevi following treatment with 585 nm pulsed dye laser. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 60 (6), 668–671
33. Scheepers JH, Quaba AA (1995): Treatment of nevi aranei with the pulsed tunable dye laser at 585 nm. *J Pediatr Surg* 30(1), 101–104
34. Raulin C, Greve B, Hammes S (2002): The combined continuous-wave/pulsed carbon dioxide laser for treatment of pyogenic granuloma. *Arch Dermatol* 138 (1), 33–37
35. Tay YK, Weston WL, Morelli JG (1997): Treatment of pyogenic granuloma in children with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Pediatrics* 99, 368–370
36. Wlotzke U, Hohenleutner U, Abd-El-Raheem TA, Baumler W, Landthaler M (1996): Side-effects and complications of flashlamp-pumped pulsed dye laser therapy of port-wine stains. *Br J Dermatol* 134, 475–480
37. Karsai S, Roos S, Hammes S, Raulin C (2007): Pulsed dye laser: what's new in non-vascular lesions? *J Eur Acad Dermatol Venereol* 21 (7), 877–890
38. Seaton ED, Charakida A, Mouser PE, Grace I, Clement RM, Chu AC (2003): Pulsed-dye laser treatment for inflammatory acne vulgaris: randomised controlled trial. *Lancet* 25, 1347–1352
39. Orringer JS, Kang S, Hamilton T, Schumacher W, Cho S, Hammerberg C, Fisher GJ, Karimipour DJ, Johnson TM, Voorhees (2004): Treatment of acne vulgaris with a pulsed dye laser: a randomized controlled trial. *JAMA* 291, 2834–2839
40. Raulin C, Grema H (2003): Psoriasis vulgaris. Indication for laser? *Hautarzt* 54, 242–247
41. Hacker SM, Rasmussen JE (1992): The effect of flash lamp-pulsed dye laser on psoriasis. *Arch Dermatol* 128, 853–855
42. Zelickson BD, Mehregan DA, Wendelschfer-Crabb G, Ruppman D, Cook A, O'Connell P, Kennedy WR (1996): Clinical and histologic evaluation of psoriatic plaques treated with a flashlamp pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* 35, 64–68
43. Hern S, Allen MH, Sousa AR, Harland CC, Barker JN, Levick JR, Mortimer PS (2001): Immunohistochemical evaluation of psoriatic plaques following selective photothermolysis of the superficial capillaries. *Br J Dermatol* 145, 45–53
44. Katugampola GA, Rees AM, Langian SW (1995): Laser treatment of psoriasis. *Br J Dermatol* 133, 909–913
45. Ros AM, Garden JM, Bakus AD, Hedblad MA (1996): Psoriasis response to the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 19, 331–335
46. Rabinowitz LG (1993): Lichen sclerosis et atrophicus treatment with the 585-nm flashlamp pumped pulsed dye laser. *Arch Dermatol* 129, 381–382
47. Dierickx C, Goldman MP, Fitzpatrick RE (1995): Laser treatment of erythematous/hypertrophic and pigmented scars in 26 patients. *Plast Reconstr Surg* 95, 84–90
48. Goldman MP, Fitzpatrick RE (1995): Laser treatment of scars. *Dermatol Surg* 2, 685–687
49. Alster TS, Williams CM (1995): Treatment of sternotomy scars with the 585 nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *Lancet* 345, 1198–1200
50. Alster TS (2004): Laser scar revision: comparison study of 585-nm pulsed dye laser with and without intralesional corticosteroids. *Dermatol Surg* 29, 25–29
51. Manuskianti W, Fitzpatrick RE, Goldman MP (2001): Energy density and numbers of treatment affect response of keloidal and hypertrophic sternotomy scars to the 585-nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *J Am Acad Dermatol* 45, 557–565
52. Kuo YR, Jeng SF, Wang FS, Chen TH, Huang HC, Chang PR, Yang KD (2004): Flashlamp pulsed dye laser (PDL) suppression of keloid proliferation through down-regulation of TGF-beta1 expression and extracellular matrix expression. *Lasers Surg Med* 34, 104–108
53. Paquet P, Hermanns JF, Pierard GE (2001): Effect of the 585 nm flashlamp-pumped pulsed dye laser for the treatment of keloids. *Dermatol Surg* 27, 171–174
54. Nouri K, Ballard CJ (2005): Re: The use of pulsed dye laser for the prevention and treatment of hypertrophic scars in Chinese persons. *Dermatol Surg* 31, 252; author reply 253
55. Arem AJ, Kischner CW (1980): Analysis of striae. *Plast Reconstr Surg* 65, 1
56. McDaniel DH, Ash K, Zukowski M (1996): Treatment of stretch marks with the 585 nm flashlamp pumped pulsed dye laser. *Dermatol Surg* 22, 332–337
57. Brandt F (1996): Pulsed dye vascular laser for the treatment of striae distensae. *Clinical Update Vol. 2, Jan*
58. Nouri K, Romagosa R, Chartier T, Bowes L, Spencer JM (1999): Comparison of the 585 nm Pulse Dye Laser and the Short Pulsed CO₂ Laser in the Treatment of Striae Distensae in Skin Types IV and VI. *Dermatol Surg* 25, 368–370
59. Hughes PS (1998): Treatment of molluscum contagiosum with the 585-nm pulsed dye laser. *Dermatol Surg* 24, 229–230
60. Hammes S, Greve B, Raulin C (2001): Molluscum contagiosum: treatment with pulsed dye laser. *Hautarzt* 52, 38–42
61. Ockenfels HM, Hammes S (2008): Laser in der Therapie der Warzen. *Hautarzt* 59 (2), 116–123
62. Robson KJ, Cunningham NM, Krusan KL, Patel DS, Kreiter CD, O'Donnell MJ, Arpey CJ (2000): Pulsed-dye laser versus conventional therapy in the treatment of warts: a prospective randomized trial. *J Am Acad Dermatol* 43, 275–280
63. Kenton-Smith J, Tan ST (1999): Pulsed dye laser therapy for viral warts. *Br J Plast* 52, 554–558
64. Kauvar AN, McDaniel DH, Geronemus RG (1995): Pulsed dye laser treatment of warts. *Arch Fam Med* 4, 1035–1040
65. Jain A, Storwick GS (1997): Effectiveness of the 585 nm flashlamp-pulsed tunable dye laser (PTDL) for treatment of plantar verrucae. *Lasers Surg Med* 21, 500–505
66. Ross BS, Levine VJ, Nehal K, Tse Y, Ashinoff R (1999): Pulsed dye laser treatment of warts: an update. *Dermatol Surg* 25, 377–380
67. Kopera D (2003): Verrucae vulgares: flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment in 134 patients. *Int J Dermatol* 42, 905–908
68. Schellhaas U, Gerber W, Raulin C, Ockenfels HM (2007): Pulsed dye laser treatment is effective in the treatment of recalcitrant viral warts. *Dermatol Surg* 34, 67–72

69. Wimmershoff MB, Scherer K, Baumler W, Hohenleutner U, Landthaler M (2001): Treatment of therapy-resistant verruca vulgaris with long-pulsed tunable dye laser. *Hautarzt* 52, 701–704

Anschrift für die Verfasser:
Prof. Dr. med. Christian Raulin
Laserklinik Karlsruhe
Kaiserstraße 104
76133 Karlsruhe
E-Mail info@raulin.de

