

C. Raulin · B. Greve

Praxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie/Laserklinik Karlsruhe

# Aktueller Stand der Photoepilation

## Zusammenfassung

Die rasante Entwicklung verschiedener Licht- und Lasergeräte zur Photoepilation sowie deren unkritische Darstellung in den Medien haben in den letzten Jahren bei Ärzten und Betroffenen für Verwirrung gesorgt. Ziel dieser Arbeit ist es, eine strukturierte Übersicht über die in Deutschland verfügbaren gepulsten Licht- und Lasergeräte (Epilight™, Photoderm®, langgepulster Rubin-, Alexandrit- und Diodenlaser) einschließlich deren Begleitreaktionen, Nebenwirkungen und Komplikationen zu geben. Daneben wird der aktuelle Stand der wissenschaftlichen Forschung auf diesem Gebiet vorgestellt und diskutiert.

## Schlüsselwörter

Photoepilation · Epilight™ · Rubinlaser · Alexandritlaser · Diodenlaser · Photoderm® · Epilation

Die Haarentfernung durch Licht- und Lasergeräte hat in den letzten Jahren enorme wissenschaftliche und wirtschaftliche Interessen geweckt. Vor allem in der Laienpresse veröffentlichte Berichte, aber auch Hochglanzbroschüren und Werbeanzeigen versprechen eine schnelle, schmerz- und nebenwirkungsfreie Haarentfernung durch Laser für den Rest des Lebens. Der Markt wird mittlerweile mit immer neuen Lasergeräten überschwemmt, deren Wirkung und Effektivität in wissenschaftlichen Studien nur ungenügend oder überhaupt nicht nachgewiesen sind [16].

Der Wunsch nach dauerhafter Haarentfernung hat in den meisten Fällen kosmetische oder kulturelle Gründe. Seltener sind es medizinische Ursachen, wie z. B. polyzystische Ovarien und die Nebennierenrindenhypertrophie oder die Einnahme bestimmter Medikamente (z. B. Minoxidil, Cyclosporin), die zu einem verstärkten Haarwachstum führen. Erwähnt werden sollten auch transsexuelle Patientinnen (Abb. 1 und 2) und behaarte Hauttransplantate, wie z. B. nach Augenhöhlenoperationen (Abb. 3 und 4) oder Harnröhren-/Vaginaplastik, die eine dauerhafte Epilation notwendig machen können. Der Photoepilation gegenüber stehen altbekannte Haarentfernungsmethoden wie Wachsen, Rasieren oder Blondieren oder die Elektrolyse, eine Therapiemethode, die ebenfalls den Anspruch einer permanenten Haarentfernung erhebt [33].

Zu den Licht- und Lasergeräten, die derzeit zur Photoepilation in Deutschland eingesetzt werden, zählen hoch-

energetische Blitzlampen (Photoderm®, Epilight™), der langgepulste Rubin- und Alexandritlaser sowie seit kurzem ein langgepulster Diodenlaser (Tabelle 1).

In der folgenden Übersicht werden die oben genannten Licht- und Lasergeräte einschließlich deren Begleitreaktionen, Nebenwirkungen und Komplikationen nebeneinander aufgeführt. Darüber hinaus werden die vorliegenden wissenschaftlichen Publikationen vorgestellt und diskutiert.

## Physikalische und biologische Wirkmodelle

Die Wirkweise der Photoepilation beruht, wissenschaftlich gesehen, momentan mehr auf theoretischen Denkmodellen als auf sorgfältig untersuchten physikalischen und biologischen Faktoren. Unbestritten ist, dass mehrere Parameter die Wirksamkeit beeinflussen, in welcher Gewichtung allerdings ist noch unbekannt.

### Physikalische Faktoren

#### Wellenlänge

Nach dem Prinzip der „selektiven Photothermolyse“ können nur bestimmte Wellenlängen von spezifischen Zielstrukturen absorbiert werden [2]. Theoretischen Überlegungen zufolge ist Me-

---

Dr. C. Raulin  
Laserklinik Karlsruhe,  
Kaiserstraße 104, 76133 Karlsruhe,  
E-Mail: info@laserklinik.de  
http://www.raulin.de

## Current status of photoepilation

### Abstract

During the last few years the fast development of different laser and laser-like systems for photoepilation and their one-sided representation in media has led to confusion among physicians and patients. The object of this review is to give a structured report of different pulsed laser and laser-like systems (Epilight™, Photoderm®, long-pulsed ruby-, alexandrite- and diodelaser) that are available in Germany, including their side effects and complications. The current status of scientific investigation in this field is discussed.

### Keywords

Photoepilation · Epilight™ · Ruby laser · Alexandrite laser · Diode laser · Photoderm® · Epilation

## Übersicht



Abb. 1 ◀ 25-jährige transsexuelle Patientin (3/95)



Abb. 2 ◀ Gutes Langzeitergebnis nach 9 Behandlungen mit dem Photoderm® und einem Nachbeobachtungszeitraum von 39 Monaten

lanin als das Hauptchromophor bei der Photoepilation anzusehen. Ideal scheinen deshalb Wellenlängen zwischen 700 und 1000 nm zu sein, da diese von Melanin aufgenommen werden, Interferenzen zu anderen Absorbern wie Hämoglobin und Wasser vermieden werden und mit längeren Wellenlängen die Eindringtiefe erhöht wird.

### Impulsdauer

Als 2. Grundprinzip in der dermatologischen Lasertherapie gilt, dass eine Zielstruktur nicht länger als deren thermische Relaxationszeit (Zeit, die benötigt wird, um auf die Hälfte der maximal erreichten Temperatur abzukühlen) mit dem Laserlicht in Kontakt bleiben darf, um hitzebedingte Schäden des umlie-

genden Gewebes zu verhindern [2]. Die Impulszeit bei der Photoepilation richtet sich jedoch maßgeblich nach dem Durchmesser der Zielstruktur [14]. Im Falle der Photoepilation scheint diese der Haarfollikel und/oder die Bulge-Area zu sein. Bei einer Follikelgröße von 200–300 µm ist theoretisch eine Impulsdauer von 40–100 msec notwendig, um den Follikel effektiv zu schädigen. Da die Epidermiszellen eine thermische Relaxationszeit von 3–10 msec besitzen, sollte die gewählte Impulsdauer eigentlich nicht größer als diese sein. Bedingt durch ein günstigeres Oberflächenvolumenverhältnis der kleinen Epidermiszellen, können diese die aufgenommene Energie effektiver in die Umgebung abgeben als der Follikel, wodurch die Impulszeit deutlich über der thermischen

Tabelle 1

### Aktuell in Deutschland verfügbare Licht- und Lasergeräte zur Photoepilation

	Wellenlänge [nm]	Impulssequenz	Impulsdauer [ms]	Behandlungsfläche [mm <sup>2</sup> ]	Repetitionsrate [Hz]
Rubinlaser	694	1	0,5–5,0	bis 10 Ø	0,5/1
Alexandritlaser	755	1	2–40	bis 15 Ø	1/5
Diodenlaser	800	1	5–30	9 (quadratisch)	2
Photoderm®	515–1200	1–3	0,5–25	8×15, 8×35	0,1
Epilight™	590–1200	2–5	2,5–7,0	8×35, 10×45	0,3

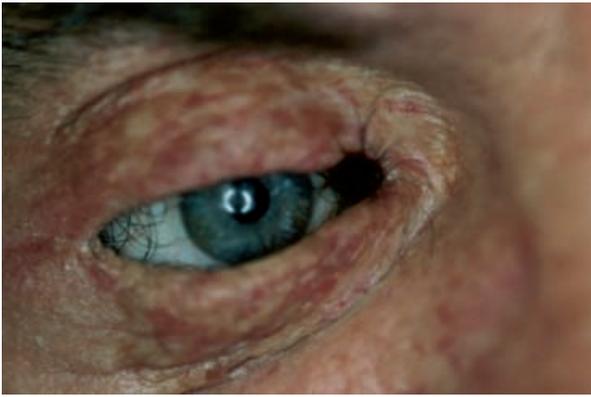


Abb.3 ◀ 53-jähriger Patient nach Enukleation und Versorgung durch Vollhauttransplantat rechte Augenhöhle



Abb.4 ◀ Ergebnis 6 Monate nach insgesamt 9 Behandlungen mit dem langgepulsten Rubin- und 3 Behandlungen mit dem langgepulsten Alexandritlaser

Relaxationszeit der Epidermiszellen liegen kann. Der Follikel wird somit geschädigt, die Epidermiszellen bleiben intakt. Aktuell angewendet werden Impulszeiten zwischen 2 und 40 msec.

### Energiedichte

Neben der Wellenlänge und Impulszeit ist eine ausreichend hohe Energiedichte ( $J/cm^2$ ) von entscheidender Bedeutung.

## Biologische Faktoren

### Haarwachstumszyklus

Lin et al. haben bisher als Einzige in einer Studie an jungen und ausgewachsenen Mäusen die Bedeutung des Haarzyklus für die Wirksamkeit einer Lasertherapie mit dem Rubinlaser von 2 msec Impulszeit untersucht [19]. Aktiv wachsende und pigmentierte Haarfollikel im Anagenstadium reagierten am sensitivsten. Haarfollikel im Katagen- bzw. Telo-

genstadium zeigten keine Reaktion auf die Laseranwendung.

### Haarfarbe

Schwarze Haare stellen aufgrund ihres hohen Gehalts an Eumelanin das beste Ziel für eine Laserepilation dar. Helle (blonde/weiße) Haare besitzen wenig bzw. überhaupt kein Eumelanin. Das Pigment für rote bzw. blonde Haare ist Pheomelanin. Allerdings unterscheidet sich dieses in seinem Absorptionsmaximum von Eumelanin. Erklärbar wird dadurch das schlechtere Ansprechen einer Lasertherapie bei blonden/roten bzw. weißen Haaren [14].

### Zielstruktur – Follikel oder Bulge-Area?

Unklar bleibt bisher, welche Zellen maßgeblich für das Haarwachstum verantwortlich sind und somit die Zielstrukturen darstellen. Neueste Forschungsergebnisse an Mäusen lassen vermuten, dass neben den Stammzellen der Haarpapille auch die der Bulge-Area, einer Region nahe dem Ansatz des M. arector pili in der äußeren Wurzelscheide, den Haarwachstumszyklus entscheidend beeinflussen [5].

### Follikeltiefe

Die Tiefe des Haarfollikels ist von der Körperregion sowie vom Stadium des Haarzyklus abhängig. Theoretisch müssten oberflächlich liegende Haarfollikel einer Lasertherapie zugänglicher sein. Die Lage der Haarfollikel in der Anagenphase ist Tabelle 2 zu entnehmen

Tabelle 2  
Haarwachstumstabelle (Richard-Meharg-Tabelle)

Lokalisation	Anagenphase		Telogenphase		Tiefe des Follikels im Anagenstadium [mm]
	Dauer	[%]	Dauer	[%]	
Augenbrauen	4–8 Wochen	10	3 Monate	90	2–2,5
Kinn	1 Jahr	70	10 Wochen	20	2–4
Oberlippe	16 Wochen	65	8 Wochen	35	1–2,5
Axillen	4 Monate	30	3 Monate	70	3,5–4,5
Bikinizone	4 Monate	30	12 Wochen	70	3,5–4,75
Arme	12 Wochen	20	18 Wochen	80	–
Beine	16 Wochen	20	24 Wochen	80	2,5–4

men. Das Stadium, in dem die Haarfollikel am oberflächlichsten liegen, ist die Telogenphase [14].

### Histologische Befunde

Die erste histologische Studie an menschlicher Haut nach einer Photoepilation mit einem Rubinlaser im sog. „normal-mode“ (Impulszeit 270 µsec) wurde von Grossman et al. 1996 veröffentlicht [14]. Direkt nach der Behandlung konnten die Untersucher ausgedehnte Schädigungen des follikulären Epithels in Form zytoplasmatischer Eosinophilie und Kondensation von Kernchromatin nachweisen. Die Haarschäfte waren fragmentiert. Perifollikuläre Schädigungen waren nicht sichtbar. Zwei Jahre nach der Behandlung war es teilweise zum Ersatz von Terminalhaaren durch dünne Vellushaare (Miniaturisierung der Haarfollikel) gekommen [7]. Die absolute Anzahl der Haare war unverändert.

McCoy et al. haben die bisher größte histologische Studie an menschlicher Haut nach Therapie mit einem langgepulsten Rubinlaser (Impulszeit 3 ms) durchgeführt [20]. Untersucht wurden Biopsien direkt nach einmaliger Laserbehandlung sowie nach 1, 4 und 8 Wochen. Desweiteren wurden Hautproben 6 Wochen nach der 2. Behandlung sowie 6 Wochen nach der 3. entnommen.

Die Ergebnisse zeigten direkt nach der Applikation eine deutliche Schädigung des intrafollikulären Haarschafts. Veränderungen der Papille sowie der äußeren Wurzelscheide waren nicht sichtbar. In den histologischen Präparaten 1, 4 und 8 Wochen nach der 1. Behandlung sowie nach 2 bzw. 3 Behandlungen konnten die Untersucher eine Synchronisierung und ein langsames Fortschreiten der Wachstumsstadien der Follikel vom frühen Katagen bis zum späten Telogen nachweisen. Interessanterweise waren, beginnend nach 4 Wochen, auch wieder Follikel im frühem Anagenstadium zu sehen. Fibrotische Gewebeveränderungen wurden in keinem Präparat gefunden.

Die Untersucher vermuten, dass die Trennung der Papille vom infundibulären Epithel und die Störung der Interaktion zwischen dermalen und epidermalen Wachstumszellen dafür verantwortlich sind, dass der Wachstumszyklus unterbrochen wird und es somit klinisch zur Wachstumsverzögerung bzw. zum

-stillstand der Haare kommt. Eine Lasertherapie würde somit zu einer Schädigung des sehr oberflächlich gelegenen follikulären Wulstes und dessen germinativen Zellen führen, wodurch die Störung des Haarwachstums erklärbar wäre. Aussagekräftige Nachbeobachtungszeiten sind allerdings notwendig, um aus den beschriebenen histologischen Veränderungen eindeutige Schlüsse über die Wirkung der Photoepilation zu ziehen.

Schroeter et al. [32] sowie Sadick et al. [31] hingegen vermuten einen anderen Wirkmechanismus, wobei sie hochenergetische Blitzlampen (Epilight™ bzw. Photoderm®) anstelle des Rubinlasers einsetzen. Beide Autoren nehmen aufgrund ihrer histologischen Studien an, dass eine Behandlung mit den verwendeten Geräten zu einer selektiven thermischen Schädigung des v. a. im Anagenstadium stark pigmentierten und vergrößerten Haarfollikels und dessen Haarschaft führt. Schroeter et al. konnten 6 Wochen nach einer Photoderm®-Behandlung im histologischen Präparat zeigen, dass der Follikel durch Kollagen ersetzt worden war. Daneben kam es weder zu einer Koagulation von dermale Kollagen noch zu Vernarbungen.

### Laser- und Lichtgeräte

#### Langgepulster Rubinlaser

Der gütegeschaltete Rubinlaser wird seit den 60er-Jahren zur Entfernung definierter benignen pigmentierter Hautveränderungen (z. B. Lentigo benigna, seborrhoische Keratosen, Café-au-lait-Flecken) sowie Schmuck- und Schmutztätowierungen eingesetzt [27]. Mit einer Wellenlänge von 694 nm besitzt er ein gutes Absorptionsvermögen für Melanin. Mit einer Impulszeit von 25 bzw. 40 ns eignet sich der gütegeschaltete Rubinlaser allerdings nicht für die Photoepilation.

Durch Verlängerung der Impulszeit auf bis zu 5 ms konnte in wissenschaftlichen Studien eine haarentfernende Wirkung nachgewiesen werden. Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen führten Grossman et al. 1996 mit einem Rubinlaser mit einer Impulsdauer von 270 µsec durch [14].

Um die Epidermiszellen während des Laserimpulses weitgehend zu schüt-

zen, ist die Applikation von kühlendem Gel notwendig. Vereinzelt verfügen bestimmte Geräte (z. B. EpiLaser™, Palomar Medical Technologies, Beverly MA) über spezielle Handstücke („cooling-tip™“ bzw. „chilled-tip™“), die während des Laservorgangs kontinuierlich über die Haut geführt werden und somit für die notwendige Hautkühlung sorgen. Nachteil dieses Kühlaufsatzes ist eine nicht zu vermeidende Verschmutzung der Linse, sodass diese während des Laservorgangs regelmäßig gereinigt werden muss. Als weiterer Nachteil ist die relativ kleine Behandlungsfläche bei niedriger Repetitionrate zu nennen.

Vorteil des Rubinlasers, der die höchste Absorption aller Epilationsgeräte für Melanin besitzt, ist die gleichzeitige Therapieoption von pigmentierten, behaarten Hautveränderungen (z. B. Becker-Nävus).

#### Klinische Studien

Die ausführlichsten Berichte mit den längsten Nachbeobachtungszeiträumen existieren über die Anwendung und Wirksamkeit des Rubinlasers im sog. „normal mode“ (Impulsdauer 270 µsec) bzw. im langgepulsten („free-running“) Modus (Impulsdauer bis 5 ms; Tabelle 3; [3, 7, 14, 17, 18, 19, 21, 35]). Grossman et al. [14] und Dierickx et al. [7] beobachteten in einer Pilotstudie insgesamt 13 Patienten 6, 12 und 24 Monate nach einmaliger Rubinlaserbehandlung im „normal mode“. Bei allen wurde ein transienter Haarverlust nachgewiesen. Nur 7 der 13 Patienten konnten für weitere 12 bzw. 24 Monate nachbeobachtet werden. Davon zeigten 4 einen nicht prozentual angegebenen „signifikanten“ Haarverlust.

In aktuellen Studien kann für den langgepulsten Rubinlaser, dessen Impulsdauer im Moment bei maximal 5 msec liegt, nach einmaliger sowie multiplen Behandlung(en) ein transienter Haarverlust nachgewiesen werden [8, 18, 35]. Williams et al. berichten nach 3 Behandlungen mit dem langgepulsten Rubinlaser (Impulszeit 3 ms) und 6 Monaten Nachbeobachtungszeit über eine Clearancerate von 65% [35]. Lask et al. haben mit einem Rubinlaser einer Impulszeit von 0,8 ms, 3 Behandlungen und 4 Monaten Nachbeobachtungszeit eine Clearancerate von 66% beschrieben

[18]. Dierickx et al. machen keine Prozentangaben über Haarverlust bzw. Wiederwachstumsraten [8].

### Langgepulster Alexandritlaser

Der Alexandritlaser wird wie auch der Rubinlaser im gütegeschalteten Modus (Wellenlänge 755 nm, Impulszeit 50–100 ns) zur Therapie von benignen pigmentierten Hautveränderungen, insbesondere für Schmuck- und Schmutztätowierungen eingesetzt [1, 15]. Ebenso wie der gütegeschaltete Rubinlaser hat er mit einer Impulslänge im Nanosekundenbereich keine haarentfernende Wirkung.

Es stehen mittlerweile langgepulste Alexandritlaser mit einer Impulszeit von 2 bis 40 ms zur Verfügung. Da die Wellenlänge 755 nm weniger von epidermale Melanin absorbiert wird als die des Rubinlasers, ist der Alexandritlaser theoretisch besser für dunklere Hauttypen geeignet. Ebenso wie beim langgepulsten Rubinlaser ist eine kontinuierliche Kühlung während des Laservorgangs nötig, um epidermale Schädigungen durch die langen Impulszeiten in Verbindung mit hohen Impulsenergien weitgehend zu verhindern. Mit einem Impulsdurchmesser von maximal 12,5 mm und einer Repetitionsrate von 1 bzw. 5 Hz lassen sich auch größere Areale zügig behandeln.

### Klinische Studien

Finkel et al. haben in einer Studie mit einem langgepulsten 2-ms-Alexandritlaser (Sharplan EpiTouch® 5100, Impulsenergie 25 J/cm<sup>2</sup>, Impulsdurchmesser 5–7 mm) gute Ergebnisse bei der Behandlung der Hypertrichose am gesamten Körper erzielen können [11]. Helle sowie dunkle Haare sprachen interessanterweise gleichermaßen auf die Therapie an. Vor der 2. Behandlung war die mittlere Haaranzahl auf 65% gesunken, 3 Monate nach der 3. auf 12%.

Tabelle 3  
Studienergebnisse

	Methode	Patientenanzahl	Behandlungsgebiet	Impulsdauer bzw. Einstellungen	Anzahl der Behandlungen	Nachbeobachtungszeit (Monate)	Clearancerate
Schröter et al. [32]	Photoderm®	40	Gesicht	Verschiedene	6	3	76,7%
Weiss et al. [34]	Epilight®	23	Verschiedene	Filter: 615/645 nm Dreierimpulse Pulsdauer: 2,8–3,2 msec Intervall: 20–30 msec Energie: 40–42 J/cm <sup>2</sup>	1 bzw. 2	3 bzw. 6	64% bzw. 33%
Gold et al. [12]	Epilight®	31	Verschiedene	Verschiedene	1	3	60%
Grossman et al. [14]	Rubinlaser	13	Rücken/ Oberschenkelrückseiten	270 µsec	1	1,3, 6	Nach 1 und 3 Monaten: signifikante Wachstumsverzögerung Nach 6 Monaten: 4 Patienten >50%; 5 Patienten 0%; 4 Patienten keine Angaben
Dierickx et al. [7]	Rubinlaser	13	Rücken/ Oberschenkelrückseiten	270 µsec	1	24	4 Patienten: signifikanter Haarverlust; 3 Patienten: kein Haarverlust mehr sichtbar;
Williams et al. [35]	Rubinlaser	25	Verschiedene	3 ms	3	4	6 Patienten: keine Nachuntersuchung Nach 1. Behandlung: 34,5%; nach 2. Behandlung: 59%; nach 3. Behandlung: 66%
Lask et al. [18]	Rubinlaser	20	Arme	0,8 ms	1	3	20–60%
Bjerring et al. [3]	Rubinlaser	133	Verschiedene	0,7–0,8 msec	2,2	3	59% der Patienten >50%; 75% der Patienten >25%
Finkel et al. [11]	Alexandritlaser	126	Verschiedene	2 ms	3–5	3	Nach 1. Behandlung (4–10 Monate): 35%; 3 Monate nach letzter Behandlung: 88%
Raulin et al. [25]	Alexandritlaser	30	Gesicht	20 ms	8	3	75%



Abb. 5 ▲ Ergebnis einer Laserepilation am rechten Unterschenkel 1 Monat nach der 2. Behandlung mit dem langgepulsten Diodenlaser (4/99)



Abb. 6 ▲ Ergebnis 4 Monate nach der 2. Behandlung (7/99)

Bei 30 von uns mit einem langgepulsten Alexandritlaser (Cynosure LPIR/Apogee, Impulsenergie bis  $30 \text{ J/cm}^2$ , Impulsdauer bis 40 ms, Impulsdurchmesser 10 bzw. 12,5 mm) behandelten Frauen mit Hypertrichose im Gesichtsbereich konnten wir nach durchschnittlich 8 Behandlungen und einer Nachbeobachtungszeit von 3,25 Monaten eine Clearancerate von 75% erreichen. Helle Haare (blond, rot, grau) sprachen im Gegensatz zu den Ergebnissen von Finkel et al. schlecht auf eine Lasertherapie an (Clearancerate 10%; [25]).

Studien von Nanni et al. [24] und Boss et al. [4] zufolge scheint jedoch die Impulslänge entgegen den Erwartungen und Theorien nicht die entscheidende Rolle für den Erfolg einer Epilation mittels Alexandritlasers zu sein. Im Vergleich der Impulslängen von 2, 5, 10 und 20 ms konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Inwieweit eine Impulslänge von 40 ms, die mittlerweile angeboten wird, die Effektivität dieses Lasers erhöhen kann, bleibt bisher ungeklärt und aufgrund der oben genannten Studienergebnisse eher fraglich.

### Langgepulster Diodenlaser

Der langgepulste Diodenlaser (Wellenlänge 800 nm, Impulszeit 5–30 ms) ist zur Haarentfernung von der FDA im Dezember 1997 in den USA zugelassen worden.

Aufgrund der höheren Wellenlänge von 800 nm verspricht dieser Laser im

Vergleich zum langgepulsten Rubin- und Alexandritlaser die geringste Nebenwirkungsrate. Nach Angaben des Herstellers können mit diesem Gerät Hauttypen bis Fitzpatrick III mit den maximalen Impulsenergien (maximal  $60 \text{ J/cm}^2$ ) behandelt werden. Bei Hauttypen nach Fitzpatrick IV–VI sollten die Impulsenergien deutlich reduziert werden. Aufgrund der langen Impulszeiten und der hohen Energiedichten ist auch hier die Anwendung einer Hautkühlung notwendig. Zu diesem Zweck ist serienmäßig jedes Gerät mit einem sog. „chilled-tip™“ ausgestattet, das in das Handstück integriert ist. Nachteil dieses „chilled-tip™“, das im direkten Kontakt die Hautoberfläche kühlt, ist die Verschmutzung der Saphirlinse durch verbrannte Haare, weshalb diese nach wenigen Laserimpulsen immer wieder manuell gereinigt werden muss. Aufgrund seiner quadratischen Behandlungsfläche von  $0,9 \text{ cm}^2$  und einer maximalen Impulsrepetitionrate von 2 Hz ist er theoretisch auch für größere Flächen geeignet.

Vorteil dieses Lasers ist im Vergleich zu den oben genannten Epilationsgeräten seine platzsparende Größe.

### Klinische Studien

Bis zum Abschluss dieser Arbeit fanden sich bei Literaturrecherchen keine Originalartikel. Im Rahmen der Jahrestagung der American Society for Laser Medicine and Surgery (1998) sind allerdings einige Abstracts publiziert [6, 9, 13]. Dabei erwies sich der langgepulste

Diodenlaser als eine langanhaltende und sichere Methode zur Haarentfernung. Mehrfachbehandlungen zeigten – wie auch im Falle der anderen Laser- und Lichtgeräte – bessere Ergebnisse als ein einmaliger Durchgang. Die Nachbeobachtungszeiten lagen bei maximal 9 Monaten.

Abb. 5 und 6 zeigen das Ergebnis bei einem freiwilligen Probanden nach 2-maliger Behandlung des rechten Unterschenkels (Abstand 4 Wochen, Impulsdauer 30 ms, Energiedichte  $40 \text{ J/cm}^2$ ) mit einem lang gepulsten Diodenlaser (Lightsheer™, Fa. Coherent). Die Abb. 5 ist 1 Monat, Abb. 6 4 Monate nach der 2. Behandlung aufgenommen. Es zeigte sich kein dauerhafter Haarverlust im behandelten Areal.

### Hochenergetische Blitzlampen (“Intense-Pulsed-Light-Technology”)

Das Photoderm® bzw. das für die Photoepilation entwickelte Epilight® sind hochenergetische gepulste Lichtsysteme (Blitzlampen) mit nichtkohärentem Licht und einem breiten Längenspektrum (515–1200 nm). Sie sind definitionsgemäß keine Laser. Neben der Behandlung der Hypertrichose können mit diesen Geräten vaskuläre und benigne pigmentierte Hautveränderungen behandelt werden [28]. Insbesondere sei dabei auf die Behandlung vaskulärer Malformationen hingewiesen [29].

Aufgrund unterschiedlichster möglicher Parameterwahl gestaltet sich die Handhabung der hochenergetischen Blitzlampen anspruchsvoll. Neben Im-

pulsdauer und -sequenz können je nach Hauttyp verschiedene Filter (515 nm, 550 nm, 570 nm, 590 nm, 615 nm, 645 nm, 695 nm und 755 nm) gewählt werden, die den jeweils kürzeren Wellenlängenbereich herausfiltern. Die Impulsdauer des Epilight™ liegt zwischen 2,5 und 7 ms, die Energiedichte zwischen 20 J/cm<sup>2</sup> und 65 J/cm<sup>2</sup>. In einer Impulssequenz können Zwei- bis Fünfachimpulse erfolgen mit Abständen zwischen 1 und 300 msec. Die mit einem Puls behandelte Fläche beträgt 2,8 bzw. 4,5 cm<sup>2</sup>. Je nach Hauttyp und Haarfarbe kann jeder Parameter individuell eingestellt oder ein vorgegebenes, von der Gerätefirma eingespeichertes, Behandlungskonzept ausgewählt werden.

Während der Therapie ist ebenfalls – wie auch in den oben beschriebenen Fällen – die Applikation von kühlendem Gel notwendig. Die hochenergetischen Blitzlampen besitzen die größte Behandlungsfläche aller Epilationsgeräte und eignen sich deshalb trotz „langsamer“ Repetitionsrate (0,3 Hz) gut für große Areale. Als Vorteil erweist sich die individuelle Anpassung an Hauttyp und Haarfarbe des Patienten. Aufgrund der zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten der Parameter erfordert die Anwendung ein gewisses Maß an Erfahrung.

### Klinische Studien

Eine Reihe von Untersuchern konnte mit diesen gute Ergebnisse nachweisen (Tabelle 3; [12, 30, 32, 34]). Schroeter et al. behandelten dabei nur Patientinnen mit einer Hypertrichose im Gesicht [32]. Die Behandlungsparameter wurden verschieden gewählt. Nach durchschnittlich 6 Sitzungen wurde eine Clearancerate von 76,7% erreicht. Die Nachbeobachtungszeit betrug 3 Monate. Histologisch konnten Schroeter et al. zeigen, dass der Follikel durch Kollagenfasern ersetzt wird. Gold et al. therapierten 31 Patienten ohne Bevorzugung einer Körperregion [12]. Nach einmaliger Behandlung und einem Nachbeobachtungszeitraum von 3 Monaten wuchsen nur 40% der Haare wieder nach. Die Nebenwirkungsrate in beiden Studien war gering.

Weiss et al. behandelten insgesamt 71 Patienten an verschiedenen Körperregionen [34]. Die Untersucher verwendeten 615-nm- und 645-nm-cut-off-Filter und Dreierimpulse mit jeweils einer Impulsdauer zwischen 2,8 und 3,2 msec

und einem Intervall von 20–30 msec. Die Energiedichten lagen bei 40–42 J/cm<sup>2</sup>. Die Clearance wurde entweder nach einer einmaligen Behandlung und 3 Monaten Nachbeobachtungszeit oder nach 2 Behandlungen und 6 Monaten Nachbeobachtungszeit bestimmt. Nach einer einmaligen Sitzung waren 64% der Haare entfernt, nach 2 Behandlungen und einer doppelt so langen Nachbeobachtungszeit nur noch 33%.

Über die längsten Nachbeobachtungszeiten mit dem Epilight™ berichtet Drosner [10]. Er behandelte den Rücken eines Patienten und konnte nach 3-maliger Therapie und 21 Monaten Nachbeobachtungszeitraum eine Haarreduktion von 76% nachweisen.

### Allgemeine Begleitreaktionen, Nebenwirkungen und Komplikationen

Perifollikuläre Ödeme sowie Erytheme sind grundsätzlich zu erwartende Begleitreaktionen einer Photoepilation mit den oben erwähnten Laser- und Lichtgeräten. Sie treten unmittelbar nach der Behandlung auf und können erfahrungsgemäß bis zu maximal 72 h andauern. Die Anwendung anästhesierender Maßnahmen (z. B. EMLA®-Creme) bleibt aufgrund der geringen Schmerzhaftigkeit einer Laserbehandlung nur Ausnahmefällen vorbehalten. Die Laserimpulse werden von den meisten Patienten als kurze „Stiche“ empfunden, postoperativ wird ein Gefühl von „Brennen“ angegeben.

Nebenwirkungen wie Blasen- und Krustenbildung sowie Hypo- bzw. Hyperpigmentierungen (Abb. 7) sind nicht selten. Nach unseren Erfahrungen und einem Übersichtsartikel von Nanni et al. [22] korrelieren diese allerdings direkt mit dem Hauttyp, der Solarium- bzw.

Sonnenexposition und hohen Energiedichten. Hauttypen nach Fitzpatrick III–V sind für diese Art der Nebenwirkungen besonders gefährdet. Blasen und Krusten heilen in der Regel nach 7–10 Tagen folgenlos ab. Hypo- bzw. Hyperpigmentierungen sind in den meisten Fällen transiente Nebenwirkungen, können allerdings bis zu mehreren Monaten anhalten. Narbenbildungen und persistierende Pigmentveränderungen sind bei korrekter Laseranwendung und guter Compliance der Patienten äußerst selten.

In einigen Fällen ist es unserer Erfahrung nach durch eine Photoepilation zu einer Entfärbung dunkler Haare gekommen. Die Patienten sollten auch über diese Nebenwirkung aufgeklärt werden, da helle Haare wiederum den Behandlungserfolg verschlechtern.

Als Komplikationen einer Laser- bzw. Lichttherapie sind Follikulitiden sowie die Auslösung eines Herpes simplex (insbesondere nach einer Epilation der Oberlippe) anzusehen. In Einzelfällen kann eine Herpesprophylaxe mit Aciclovir durchgeführt werden. Kritisch beurteilt werden sollten auch die möglichen negativen Auswirkungen einer Photoepilation auf Nävuszellnävi, insbesondere dysplastische Nävuszellnävi, die während einer Behandlung nicht ausgespart werden. Bekannt ist z. B. die Entstehung von Pseudomelanomen nach Therapie mit dem gütegeschalteten Rubinlaser [26]. Untersuchungen zu diesem Aspekt fehlen bisher.

Eine Auswertung der Begleitreaktionen, Nebenwirkungen und Komplikationen jedes einzelnen Licht- und Lasergeräts gestaltete sich aufgrund der z. T. widersprüchlichen und z. T. lückenhaften Angaben der verschiedenen Arbeitsgruppen äußerst schwierig. Lediglich eine Arbeit von Nanni et al. [22] vergleicht



Abb. 7 ► 33-jährige Patientin mit Hyperpigmentierungen am Kinn 3 Monate nach einmaliger Behandlung mit dem langgepulsten Alexandritlaser

die Nebenwirkungen des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers mit denen des langgepulsten Rubin- und Alexandritlaser. Der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser, der in Deutschland als Haarentfernungsmethode allerdings keine Anwendung findet, weist die geringste Nebenwirkungsrate auf. Der langgepulste Rubin- und Alexandritlaser zeigen keine signifikanten Unterschiede. In Tabelle 4 findet sich eine Zusammenstellung der in den einzelnen Studien aufgelisteten Nebenwirkungen.

### Zusammenfassung

Die Photoepilation ist eines der neuesten und interessantesten Teilgebiete der dermatologischen Lasertherapie. Grundsätzlich ist mit jedem der Licht- und Lasergeräte (langgepulster Rubin-, Alexandrit- und Diodenlaser, hochenergetische Blitzlampen) eine Langzeitepilation möglich. Vergleichende Studien (Rubin-/Alexandritlaser bzw. Rubin-/Diodenlaser) zeigen ähnlich gute Ergebnisse bei geringer Nebenwirkungsrate [9, 17, 21, 22, 23].

Eine „permanente“ Epilation, die von der FDA als signifikante Haarreduktion für einen Zeitraum definiert wird, der länger als der Haarzyklus in der entsprechenden Region ist, wurde bisher nur in einer Studie an 4 Patienten mit

dem Rubinlaser nachgewiesen [7]. Große prospektive wissenschaftliche Studien mit entsprechend langen Nachbeobachtungszeiten und detaillierter Auflistung aller Begleit- und Nebenwirkungen sowie Komplikationen sind dringend erforderlich.

Die Ergebnisse aus histologischen Untersuchungen geben bisher nur theoretische Ansatzpunkte über die Wirkweise einer Photoepilation. Auch hier ist die weiterführende wissenschaftliche Forschung gefordert, um die idealen physikalischen sowie biologischen Parameter zu bestimmen.

Betrachtet man den heutigen Kenntnisstand, ist es bedenklich, wie offensiv für eine dauerhafte Photoepilation geworben wird. Es werden zunehmend Laser verkauft, deren Wirksamkeit und auch Sicherheit nur ungenügend nachgewiesen sind. Käufer bzw. Anwender investieren teilweise enorme Summen in der Annahme, wirtschaftliche Gewinne realisieren zu können. Nicht selten kommt es aus Unerfahrenheit oder ökonomischen Erwägungen zum Einsatz dieser Geräte für grenzwertige oder falsche Indikationen mit z. T. schwerwiegenden Folgen [26].

Eine Photoepilation sollte grundsätzlich nur nach eingehender Aufklärung der Patienten und von erfahrenen, selbstkritischen Ärzten durchgeführt

werden. Sie stellt eine vielversprechende und im Vergleich zu den konventionellen Behandlungsmöglichkeiten sehr wirkungsvolle Therapiemethode gegen unerwünschten Haarwuchs dar. Es ist davon auszugehen, dass weitere intensive wissenschaftliche Forschung zu einer Optimierung der bisherigen Ergebnisse führen wird.

### Nachtrag bei der Korrektur.

Die Effektivität der Laserbehandlung im Vergleich zur konventionellen Elektroepilation (Elektrolyse) zeigt sich eindrucksvoll in einer Vergleichsstudie, die von Gorgu et al. im Januar 2000 in *Dermatology Surgery* veröffentlicht wurde. Die Therapie mit dem langgepulsten Alexandritlaser erwies sich dabei als doppelt so effektiv (74% vs. 35% Clearance rate), wesentlich schmerzärmer und ca. 60fach schneller. Zusätzlich wurden bei der Photoepilation weniger Sitzungen benötigt.

Gorgu M, Aslan G, Akoz T, Erdogan B (2000) **Comparison of alexandrite laser and electrolysis for hair removal.** *Dermatol Surg* 26:37–41

### Danksagung.

Wir möchten Herrn Dr. Heinz Kutzner vom Dermatohistologischen Gemeinschaftslabor Friedrichshafen herzlich für die kritische Durchsicht des histologischen Manuskriptteils danken.

Tabelle 4  
Nebenwirkungen

	Laser	Rötung	Schwellung	Blasen	Krusten	Hypopigment	Hyperpigment
Schröter et al. [32]	Photoderm®	Vor allem Hauttyp III–IV und Impulszeiten < 3 msec	Keine Angabe	37,5%, Hauttyp III–IV, 4–7 Tage		0%	20%
Weiss et al. [34]	Epilight™	92%	72%	12% für 7 Tage		12% für 4–8 Wochen	
Gold et al. [12]	Epilight™	70%	8%	8%	Keine Angabe	0%	3%
Grossman et al. [14]	Rubinlaser	100%	100%	8%	Keine Angabe	16%	23%
					Purpura 23%		
Williams et al. [35]	Rubinlaser	100%	100%	Keine Angabe	Keine Angabe	I: 0% I/II: 0% II: 0% I/III: 12%	I: 4% I/II: 4% II: 8% II/III: 8%
Lask et al. [18]	Rubinlaser	+	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Bjerring et al. [3]	Rubinlaser		34,6%	Keine Angabe	63,9%	9,8%	14,3%
Finkel et al. [11]	Alexandritlaser	10%	Keine Angabe	6%		6%	Keine Angabe
Nanni et al. [22]	Nd:YAG-Laser	100%	100%	Keine Angabe	<1%	<1%	3%
	Rubinlaser	94%	95%		12%	18%	11%
	Alexandritlaser	96%	95%		12%	17%	19%
Raulin et al [25]	Alexandritlaser	100%	100%	0%	17%	0%	0%

## Literatur

1. Alster TS (1995) **Q-switched alexandrite laser treatment (755 nm) of professional and amateur tattoos.** *J Am Acad Dermatol* 33:69–73
2. Anderson RR, Parrish JA (1983) **Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation.** *Science* 220:542–527
3. Bjerring P, Zachariae H, Lybecker H, Clement M (1998) **Evaluation of the free-running ruby laser for hair removal. A retrospective study.** *Acta Derm Venereol* 78:48–51
4. Boss WK, Usal H, Thompson RC, Fiorillo MA (1999) **A comparison of the long-pulse and short-pulse alexandrite laser hair removal system.** *Ann Plast Surg* 42:381–384
5. Costarelli G, Sun TT, Lavker RM (1990) **Label-retaining cells reside in the bulge area of pilosebaceous unit: implications for follicular stem cells, hair cycle and skin carcinogenesis.** *Cell* 61:1329–1337
6. Dierickx CC, Grossman MC, Farinelli WA, Anderson RR (1998) **Hair removal by a pulsed, infrared laser system.** *Lasers Surg Med [Suppl 10]:*42
7. Dierickx CC, Grossman MC, Farinelli WA, Anderson RR (1998) **Permanent hair removal by normal-mode ruby laser.** *Arch Dermatol* 134:837–842
8. Dierickx CC, Grossman MC, Farinelli WA, Anderson RR (1997) **Long-pulsed ruby laser hair removal.** *Lasers Surg Med [Suppl 9]:*167
9. Dierickx CC, Grossman MC, Farinelli WA, Manuskiatti W, Duque V, Lin D, Anderson RR (1998) **Comparison between a long pulsed ruby laser and a pulsed, infrared laser system for hair removal.** *Laser Surg Med [Suppl 10]:*42
10. Drosner M (1999) **Epilation mit Blitzlicht: Langzeitergebnisse.** *Z Hautkr* 74:512
11. Finkel B, Eliezri YD, Waldman A, Slatkine M (1997) **Pulsed alexandrite laser technology for noninvasive hair removal.** *J Clin Laser Med Surg* 15:225–229
12. Gold MH, Bell MW, Foster TD, Street SS (1997) **Long-term epilation using the EpiLight™ broad band, intense pulsed light hair removal system.** *Dermatol Surg* 23:909–913
13. Grossman M, Dierickx C, Quintana A, Geronemus R, Anderson R (1998) **Removal of excess body hair with an 800 nm pulsed diode laser.** *Lasers Surg Med [Suppl 10]:*42
14. Grossman MC, Dierickx C, Farinelli BS, Flotte T, Anderson RR (1996) **Damage to hair follicles by normal-mode ruby laser pulses.** *J Am Acad Dermatol* 35:889–894
15. Hellwig S, Petzoldt D, König K, Raulin C (1998) **Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie.** *Hautarzt* 49:690–704
16. Hohenleutner U, Landthaler M (1998) **Lasertechnologie in der Dermatologie: Quo vadis – Wissenschaft oder Geschäft.** *Hautarzt* 49:623–625
17. Kilmer SL, Chotzen V, Calkin J (1998) **Hair removal study comparing the Q-switched Nd:YAG, long pulse ruby and alexandrite lasers.** *Lasers Surg Med [Suppl 10]:*43
18. Lask M, Elman P, Slatkine M, Waldman A, Rozenberg Z (1997) **Laser-assisted hair removal by selective photothermolysis. Preliminary results.** *Dermatol Surg* 23:737–739
19. Lin TY, Manuskiatti W, Dierickx CC et al. (1998) **Hair growth cycle affects hair follicle destruction by ruby laser pulses.** *J Invest Dermatol* 111:107–113
20. McCoy S, Evans A, James C (1999) **Histological study of hair follicles treated with a 3-msec pulsed ruby laser.** *Lasers Surg Med* 24:142–150
21. Nanni C, Alster TS (1998) **A practical review of laser-assisted hair removal using the Q-switched Nd:YAG, long-pulsed ruby, and long-pulsed alexandrite lasers.** *Dermatol Surg* 24:1399–1405
22. Nanni C, Alster TS (1999) **Laser-assisted hair removal: side effects of Q-switched Nd:YAG, long-pulsed ruby, and long-pulsed alexandrite lasers.** *J Am Acad Dermatol* 41:165–171
23. Nanni C, Alster TS (1998) **Efficacy of multiple hair removal sessions using the Q-switched Nd:YAG, long-pulsed ruby, and long-pulsed alexandrite laser systems.** *Lasers Surg Med [Suppl 10]:*40
24. Nanni C, Alster TS (1999) **Long-pulsed alexandrite laser-assisted hair removal at 5, 10, and 20 millisecond pulse durations.** *Lasers Surg Med* 24:332–337
25. Raulin C, Greve B (2000) **Temporary hair loss using the long-pulsed alexandrite laser at 20 milliseconds.** *Eur J Dermatol* 10:103–106
26. Raulin C, Kimmig W, Werner S (im Druck) **Lasertherapie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin – Nebenwirkungen, Komplikationen und Behandlungsfehler.** *Hautarzt*
27. Raulin C, Schoenermark MP, Greve B, Werner S (1998) **Q-switched ruby laser treatment of tattoos and benign pigmented skin lesions: a critical review.** *Ann Plast Surg* 41:555–565
28. Raulin C, Schroeter C, Maushagen-Schnaas E (1997) **Einsatzgebiete einer hochenergetischen Blitzlampe (Photoderm® VL).** *Hautarzt* 48:886–893
29. Raulin C, Werner S (1999) **Treatment of venous malformations with an intense pulsed light source (IPLS) technology: a retrospective study.** *Lasers Surg Med* 25:170–177
30. Raulin C, Werner S, Hartschuh W, Schönermark MP (1997) **Effective treatment of hypertrichosis with pulsed light: a report of two cases.** *Ann Plast Surg* 39:169–173
31. Sadick NS, Shea CR, Buchette JL, Prieto VG (1999) **High-intensity flashlamp photolysis.** *Arch Dermatol* 135:668–676
32. Schroeter CA, Raulin C, Hürlimann W, Reineke T, De Potter C, Neumann M (1999) **Hair removal in 40 hirsute women with an intense laser-line source** *Eur J Dermatol* 9:374–379
33. Wagner RF (1990) **Physical methods for the management of hirsutism.** *Cutis* 45:319–326
34. Weiss RA, Weiss MA, Marwaha S, Harrington AC (1999) **Hair removal with a non-coherent filtered flashlamp intense pulsed light source.** *Lasers Surg Med* 24:128–132
35. Williams R, Havoonjian H, Isagholian K, Menaker G, Moy R (1998) **A clinical study of hair removal using the long-pulsed ruby laser.** *Dermatol Surg* 24:837–842

Eingegangen am 15. Juli 1999

Angenommen am 10. November 1999