

Dermatologische Lasertherapie 3

Laserepilation

Inhalt

Vorwort	V	5 Standards in der Laserepilation	159
Zum Geleit	VI	5.1 Patientenwahl	160
Zur Benutzung dieses Buches	VI	5.2 Kontraindikationen, Komedikation, Komorbidität und Kofaktoren	160
Abkürzungen	VIII	5.3 Aufklärung und Dokumentation	161
1 Einführung	1	5.4 Behandlungsdokumentation	161
2 Grundlagen der Laserepilation	7	5.5 Fotodokumentation	161
2.1 Anatomie und Physiologie des Haarapparates	8	5.6 Praxisorganisation	175
2.2 Typologie der Haare	8	5.7 Lasersicherheit	175
2.3 Aufbau Haarfollikel	9	5.8 Fehlerquellen, Management von Nebenwirkungen, Behandlungsfehler und rechtliche Aspekte	190
2.4 Haarzyklus	13	5.9 Begriffe, Definitionen und Bezeichnungen	190
2.5 Pathophysiologie und Diagnostik vermehrten Haarwachstums	15	5.10 Radiometrische Größen	193
2.6 Biophysikalische Grundlagen der selektiven Fotothermolyse von Haaren	28	6 Anhang	195
2.7 Konzepte und Techniken der Laserepilation	34	6.1 Begriffe, Definitionen und Bezeichnungen	196
3 Praxis der Laserepilation	79	6.2 Bildquellen	196
3.1 Vor dem Eingriff	81	6.3 Literaturverzeichnis	196
3.2 Ablauf des Eingriffs	114	6.4 Index	205
3.3 Nachbehandlung	141	Danksagung	209
3.4 Management von Nebenwirkungen	141		
4 Datenlage	149		
4.1 Nach Lokalisationen	150		
4.2 Sonderindikationen	157		

1 Einführung

Haare haben nach Jahrtausenden der Evolution eine veränderte Bedeutung für den Menschen. Im Laufe seiner Entwicklung hat sein „Fell“ zunehmend an Funktion verloren, verkümmerte und fiel unvollständig aus.

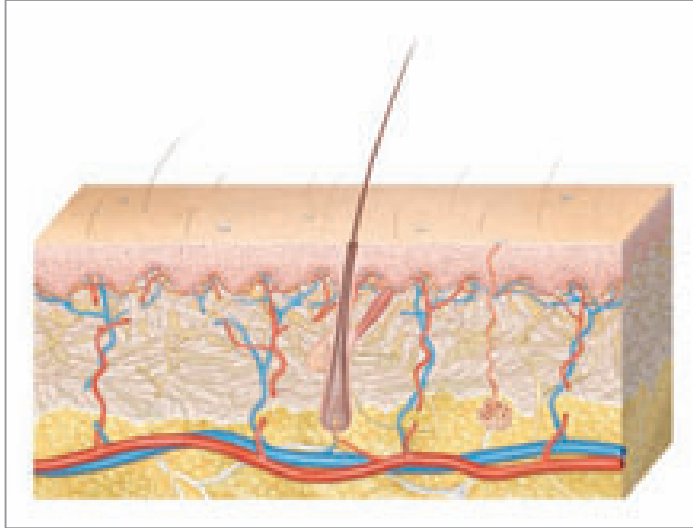


Abb. 1.1 Schematischer Aufbau der behaarten menschlichen Haut.

1

Mit Ausnahme des Kopfhaares werden die letzten Residuen seit Jahrtausenden mit immer weiter entwickelten Methoden entfernt: Ausreißen, Rasur mit geschliffenen Steinen, Muscheln, Klingen, Epilation mit Harzen, Wachs und chemische Verfahren [1]. Dabei unterlagen die Motivationsgründe wechselnden Einflüssen. Während sie in den vorigen Jahrhunderten überwiegend hygienisch und religiös begründet waren, trat vor allem im letzten Jahrhundert der ästhetische Aspekt in den Vordergrund, einhergehend mit der Liberalisierung sozialer Normen, mit einer knapper werdenden Freizeit-, Sommer- und Bademode und mit einem geänderten Körperbewusstsein. Aktuell wird die Entfernung nahezu aller Körperhaare als selbstverständlicher Anteil der Körperpflege und -hygiene angesehen und hat sich als fester Bestandteil im Spektrum kosmetischer Dienstleister etabliert [1].



Abb. 1.2 Axilläre Epilation aus kosmetischer Indikation: Ausgangsbefund.

Allein im Jahr 2007 wurden in den USA Laserepilationen mit einem geschätzten Volumen von über 500.000.000 US-\$ durchgeführt und sind nach der Injektion von Botulinumtoxin und Fillern der dritthäufigste kosmetische Eingriff in den USA [2].¹ Der weltweite Markt allein für die Benutzung von Heimgeräten zur Haarentfernung wird auf 1.000.000.000 US-\$ jährlich geschätzt [3].

Infolge der limitierten Effizienz der konventionellen Methoden der Epilation wurde die Nachfrage nach permanenten oder zumindest langanhaltenden Verfahren getriggert. Zudem ergeben sich mit zunehmendem medizinischen Fortschritt neue, iatrogen bedingte Indikationen zur Epilation, so z. B. infolge Medikamentennebenwirkungen oder als Resultat operativer Eingriffe wie z. B. Defektdeckungen mit haartragenden Hautanteilen im Rahmen der Hauttumorthherapie.

Mit der Entdeckung des Prinzips der selektiven Fotothermolyse [4] und Übertragung dieser Erkenntnisse zur effizienten und anhaltenden Fotoepilation unter Einsatz verschiedener Wellenlängen stehen dem Mediziner heute zahlreiche Lasersysteme zur Auswahl.



Abb. 1.3 Axilläre Epilation aus kosmetischer Indikation: Befund nach 6 Behandlungen mit einem flächig linear gescannten Diodenlaser.

Diese Gerätevielfalt erfordert fundierte Grundkenntnisse, um eine sichere und effektive Behandlungsstrategie für unsere Patienten anbieten zu können und Sonderfälle sowie potenzielle Komplikationen sicher zu beherrschen. Wichtig ist darüber hinaus, die Effizienz der verschiedenen Systeme zu kennen.

[Vgl. Bildersequenz „Behandlungsverlauf: axilläre Laserepilation“ (TrichoScan®; FotoFinder Systems GmbH, Bad Birnbach), s. Abb. 1.4–1.15, S. 3 ff.].

¹ <http://www.yourplasticsurgeryguide.com/trends/charts-graphs-2010.htm> Cosmetic Surgery National Data Bank 2010. The American Society for Aesthetic Plastic Surgery. Auf Link zugegriffen am 6.9.2012 über: http://www.surgery.org/sites/default/files/Stats2010_1.pdf

Behandlungsverlauf: axilläre Laserepilation



Abb. 1.4 Ausgangsbefund rechte Axilla vor Laserepilation: Wenige Tage nach der letzten Rasur Nachwachsen dichter, kräftiger, pigmentierter Terminalhaare. Einleitung der Lasertherapie mit einem punktförmig gescannten Alexandritlaser.



Abb. 1.6 Vergleichbarer Ausgangsbefund linke Axilla. Einleitung der Lasertherapie mit einem linear gescannten Diodenlaser.



Abb. 1.5 Makroskopische Aufnahme TrichoScan® (FotoFinder Systems GmbH, Bad Birnbach) rechte Axilla vor Laserepilation: pigmentierte Terminalhaare, vereinzelte Vellushaare.

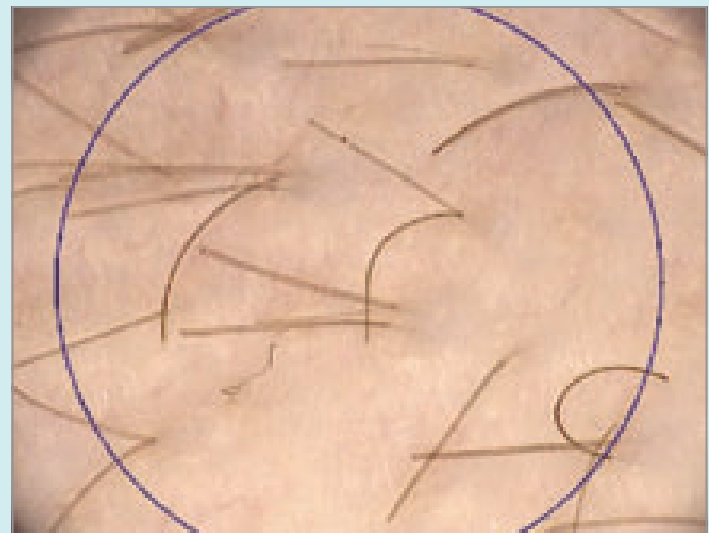


Abb. 1.7 Analoges Befund linke Axilla.

2 Grundlagen der Laserepilation

2.1 Anatomie und Physiologie des Haarapparates

Anatomie und Physiologie des Haarapparates stellen sich komplex dar, aufgrund des zyklischen Wachstumsverhaltens, körperstellenabhängiger Differenzierungsvariationen und der für die Fotoepilation wichtigen und individuell geprägten, zeitlichen und lokalen Variation der Pigmentierung. Über den Körper verteilt finden sich ca. 50.000.000 Haare, wovon nur ca. 20 % auf die behaarte Kopfhaut entfallen. Die einzigen komplett haarlosen Areale der äußeren Haut sind Handflächen und Fußsohlen [5].

2.2 Typologie der Haare

Die korrekte Einordnung des Haartyps hilft bei der Auswahl der optimalen Epilationstechnik. Als Residuum des Fells unserer Vorfahren finden sich über nahezu den gesamten Körper von Kindern und Erwachsenen verteilt feine Vellushaare, neben lokalisiert ausgeprägten Terminal- und Borstenhaaren.

Die feinen Vellushaare erreichen Durchmesser bis 40 µm und sind meist nicht oder nur gering pigmentiert. Demzufolge sprechen diese Haare kaum auf die selektive Fotothermolyse an.

Terminalhaare sind dicker (> 40 µm), länger, pigmentiert und markhaltig. Sie finden sich im Bereich des behaarten Kopfes, des Barts, der Axillen- und Leistengegend. Ab einem gewissen Grad der Pigmentierung können sie mittels selektiver Fotothermolyse entfernt werden.

Borstenhaare sind am dicksten, stellen in erster Linie einen mechanischen Schutz dar und finden sich als Vibrissae am Orificium nasi bzw. als Cilia, Supercilia und Tragi an den Lidkanten, Augenbrauen und im Gehörgang (s. in der Bildsequenz „Histologie des Haarfollikels“ Abb. 2.14, S. 12). In den meisten dieser Lokalisationen empfiehlt sich keine Laserepilation aufgrund verletzlicher benachbarter anatomischer Strukturen und der erhöhten Schmerzempfindlichkeit.

Follikel können unter verschiedenen Einflüssen sowohl Vellus- als auch Terminalhaare ausbilden. Die Umwandlung von Vellus- in Terminalhaare kommt z. B. physiologisch im Rahmen der Pubertät mit Ausbildung der Schambehaarung vor.

Mit zunehmender Seneszenz können Terminalhaare im Bereich des Gesichtes prominent werden, wie im Rahmen der Menopause, aber auch involuieren, wie es bei der androgenetischen Alopezie zu beobachten ist (s. nebenstehende 2er-Bildsequenz).

Helle, marklose Haare, die den Fetus bedecken, werden Lanugohaare genannt und verlieren sich physiologischerweise im Laufe der Entwicklung. Die Haarfarbe ist genetisch determiniert und interindividuell verschieden. Helle blonde oder rötliche Haare enthalten den Farbstoff Phäomelanin, dunkle und schwarze Haare enthalten Eumelanin.

Vellushaare



Abb. 2.1 Dermatoskopische Darstellung der Terminalisierung von Vellushaaren in der Jochbeinregion eines Patienten mit idiopathischer Hypertrichose (DermoScan).

Borstenhaare

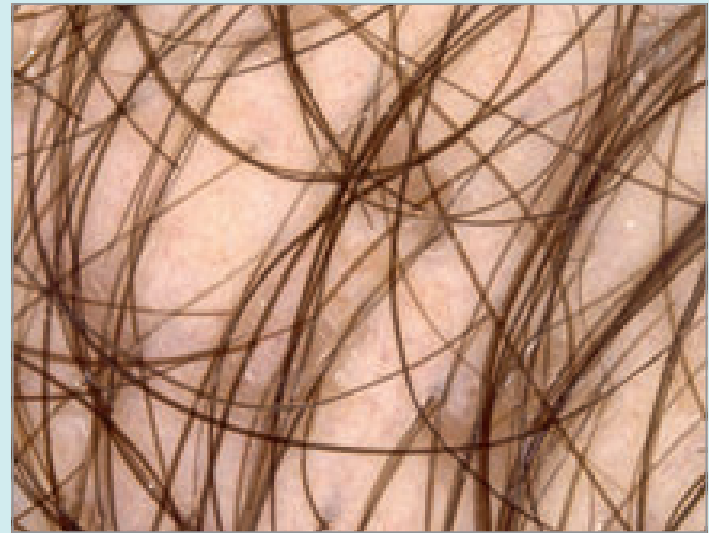


Abb. 2.2 Dermatoskopische Darstellung von Büschelhaaren neben regulären Follikeln am Unterarm vor der Laserepilation (DermoScan).

Der Haardurchmesser korreliert oft mit der Färbung – je dunkler, desto dicker. Eine mögliche Normvariante stellen dabei Büschelhaare dar (s. Abb. 2.2), bei denen mehrere Haare durch dieselbe Follikelöffnung treten.

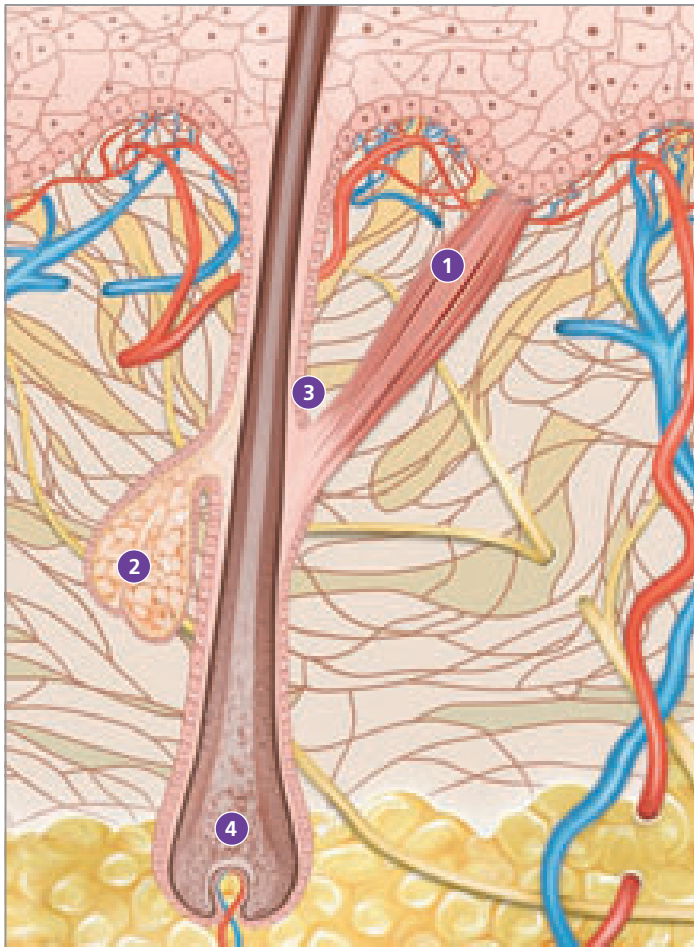


Abb. 2.3 Haaraufbau schematisch. 1. Mm. arrectores pili; 2. Talgdrüse; 3. Wulstregion; 4. Matrix.

2.3 Aufbau Haarfollikel

Der intra- und subkutan liegende Haarfollikel kann in vier anatomische Abschnitte unterteilt werden (s. Abb. 2.3).

- Infundibulum
- Isthmus
- Infrainfundibulum/Stamm
- Haarbulbus

Der Bulbus ist der schirmförmig gewölbte Haaranteil, welcher in ebenso schirmförmiger Anordnung die Matrixzellen enthält (s. u. Abb. 2.5).

Im Inneren liegt eine Papille aus lockerem Bindegewebe mit zuführenden Nerven und Blutgefäßen.

Die Matrixzellen bilden durch Zellteilung und Ausdifferenzierung den Haarschaft. Im oberen Anteil des Bulbus enthalten die Matrixzellen Melanozyten.

Ebenso ist Melanin in der äußeren Wurzelscheide des Infundibulums sowie im Haarschaft selbst zu finden [6, 7].

Der Haarschaft wird nach außen von einer inneren Wurzelscheide (bestehend aus Cuticula, Huxley- und Henle-Schicht) und einer glykogenhaltigen äußeren Wurzelscheide umhüllt.

Letztere geht nach distal in das Epithel der Hautoberfläche über (s. Abb. 2.4–2.15, S. 9 ff.).

Histologie des Haarfollikels

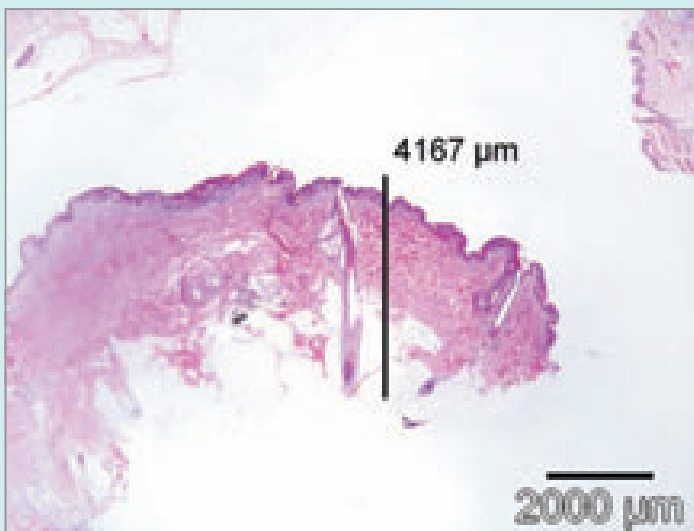


Abb. 2.4 Ausschnitt aus der Mons-pubis-Region eines 57-jährigen Mannes. Das Haar reicht über 4 mm in die Dermis; dies stellt spezifische Anforderungen an die Eindringtiefe des Laserstrahls.

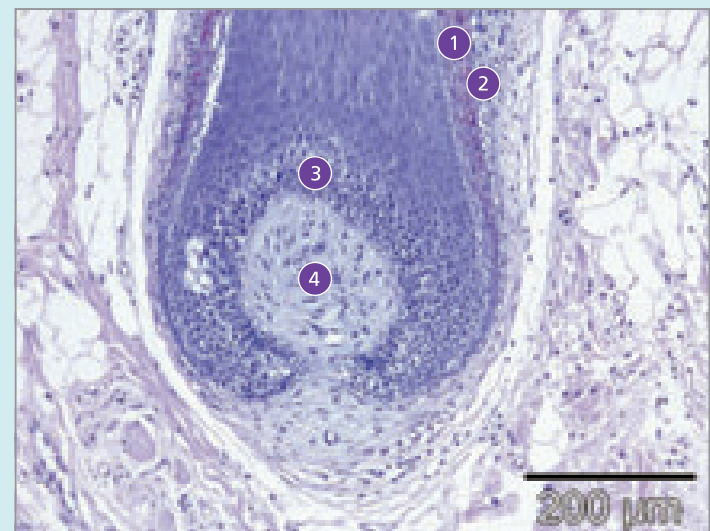


Abb. 2.5 Darstellung der anatomischen Strukturen des Bulbus: 1. Innere Haarwurzelscheide (Inner Root Shaft); 2. Äußere Haarwurzelscheide (Outer Root Shaft); 3. Matrixzellen; 4. Papille (Bulb Area)

Histologie des Haarfollikels

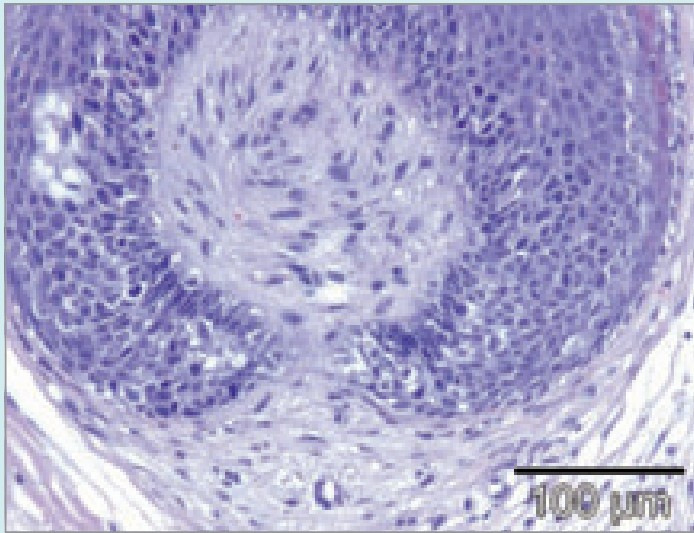


Abb. 2.6 In der Vergrößerung stellt sich Melanin der Matrixzellen ebenso...

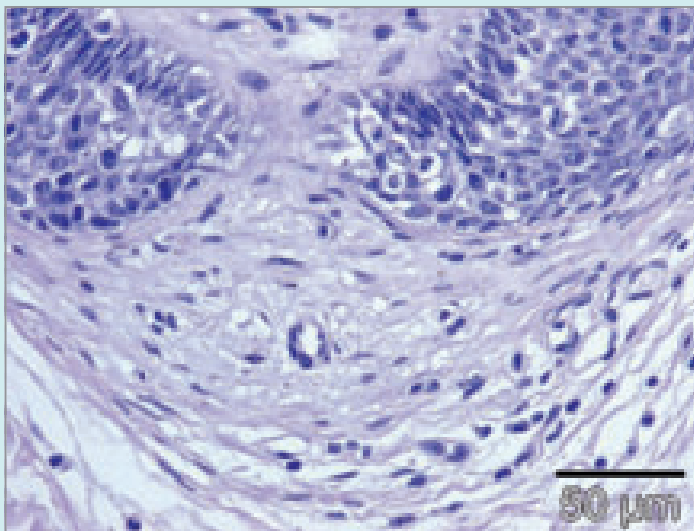


Abb. 2.7 ... wie das lockere, vaskularisierte Bindegewebe der Papille dar.



Abb. 2.8 Gelegentlich ist eine intensive Pigmentierung nachweisbar.

Histologie des Haarfollikels

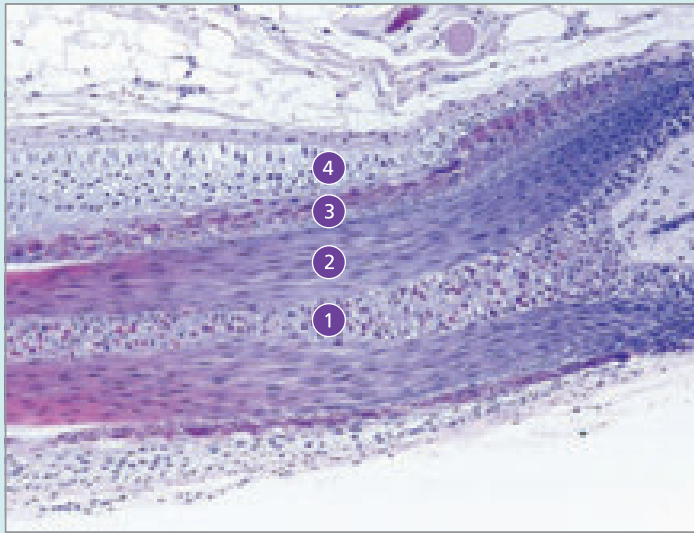


Abb. 2.9 Darüber gehen die Matrixzellen in das Haarmark (1) über. Durch Keratinisierung entsteht der umgebende Haarschaft (2), es bilden sich nach lateral die (rosafarbene) Trichohyalin granula enthaltende innere Haarwurzelscheide (bestehend aus Cuticula, Huxley-Schicht (3) und Henle-Schicht) sowie die durch Glykogeneinlagerungen hell imponierende äußere Wurzelscheide (4) aus.

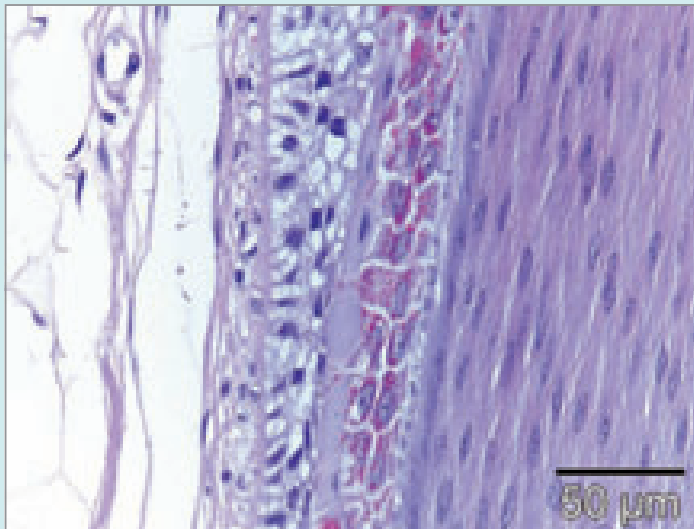


Abb. 2.10 Haarschaft, Cuticula, Henle-Schicht. Huxley-Schicht, äußere Haarwurzelscheide, Basalmembran, fibröser Schaft.

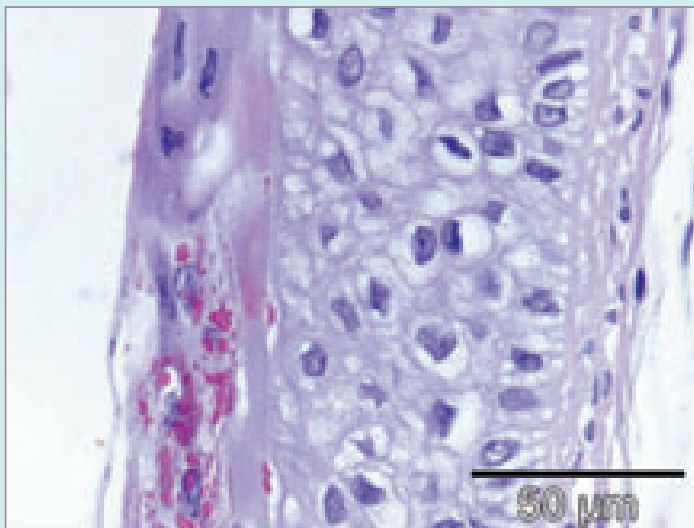


Abb. 2.11 Pinkfarbene Trichohyalin granula der inneren Huxley-Schicht und helles Glykogen der äußeren Wurzelscheide.

Fazialer Hirsutismus



Abb. 2.26 Die Terminalisierung im androgenabhängigen seitlichen Bartbereich stellt einen klassischen Befund dar. Bei der Laserepilation ist hier auf die Applikation ausreichend hoher Fluences zu achten. Bei zaghaften Einstellungen wäre eine paradoxe Hypertrichose keine unerwartete Nebenwirkung; gleichzeitig müssen Maßnahmen getroffen werden, um Nebenwirkungen im konkurrierenden epidermalen Melanin zu vermeiden (z. B. Kühlung, repetitive (!) Low-Fluence-Applikation).



Abb. 2.27 Eine Vermännlichung geht neben der Terminalisierung von Vellushaaren oft mit einer Koinkidenz von Akne und Pseudofollikulitiden einher.

- Diethylstilbestrol
- Estradiol
- Estropipate
- Exemestan
- Gonadotropine
- Goserelin
- Konjugierte und esterifizierte Östrogene
- Levonorgestrel
- Medroxyprogesterone
- Methyltestosteron
- Metyrapone
- Minoxidil
- Orale Antikontrazeptiva
- Progesteron
- Stanazolol
- Tamoxifen
- Thioridazin

[**Auflistung 3:** Hirsutismus auslösende Medikamente, nach [50, 62] und DrugDex®-Suchabfrage²].

Das Alter beim klinischen Auftreten gibt erste Hinweise auf die zugrunde liegende Ursache:

- In der Pubertät liegen oftmals eine idiopathische Form, ein Syndrom der polyzystischen Ovarien (PCO) oder eine kongenitale adrenerge Hyperplasie vor.
- Im Erwachsenenalter sollte an einen androgenproduzierenden Tumor in den Ovarien oder Nebennieren gedacht werden.

Das Syndrom der polyzystischen Ovarien (PCO) stellt dabei eine sehr häufige Ursache dar. Dessen Prävalenz liegt bei ca. 10 % der erwachsenen Frauen, bei denen in 75 % ein Hirsutismus manifest wird [55, 56].

Allerdings sprechen PCO-Patientinnen vergleichsweise schlecht auf die Laserepilation an [57]. Evaluiert werden kann das Ausmaß der Vermännlichung nach dem Ferriman-Gallwey-Score. Hierbei werden 11 verschiedene, üblicherweise bei Frauen nicht behaarte Areale, erfasst.

Eingang finden die Regionen perioral (Oberlippe/Kinn), Brust, Arme (Ober-/Unterarme) Rücken (oben/unten) Beine (oben/unten) und werden hinsichtlich der Behaarung evaluiert:

- 0 (keine Terminalhaare)
- 4 (männlicher Behaarungstyp)
- ab Score 8 liegt Hirsutismus vor [58].

Eine medikamentöse Behandlung mit Antiandrogenen (Spironolacton, Flutamid) konnte sich aufgrund der Teratogenität bislang nicht als Standardbehandlung etablieren [59, 60].

2 http://thomsonreuters.com/products_services/healthcare/healthcare_products/a-z/drugdex_system/ Abfrage erfolgte 9/2012.

Screening	Testosteron gesamt, frei und bioverfügbar, SHBG, Prolaktin, Dehydroepiandrosteron (DHEAS)
Bei erhöhten freien Testosteron- und DHEAS-Werten	Gonadotropine: FSH, LH
	ACTH-Test: 17-Alpha-Hydroxyprogesteron
	Cortison im 24-h-Harn
	Dexamethason-Suppressionstest
	Estradiolspiegel im Serum zur Beurteilung der ovariellen Aktivität
	3-Alpha-diol-Glukuronid zur Beurteilung der 5-Alpha-Reduktaseaktivität
	TSH, fT3 und fT4 (Schilddrüse)
	Somatotropin (Akromegalie)

Tab. 2.2 Empfehlenswerte endokrinologische Basisuntersuchungen bei Hirsutismus, verändert nach [12, 50].

Hirsutismus im Brustbereich



Abb. 2.28 Der Hirsutismus im Brustbereich stellt besonders für jüngere Patientinnen eine Verunsicherung mit negativem Körpergefühl dar mit ...

Hirsutismus im Brustbereich: Detailaufnahmen



Abb. 2.29 ... klassischem Bild der Terminalisierung physiologisch vorkommender Vellushaare im androgenabhängigen Areal, Ausbildung von Follikulitiden.

Behandlungsverlauf Hirsutismus umbilikal: Fall 1



Abb. 2.30 Ebenso sind junge Patientinnen mit Terminalisierung der Vellushaare im Bereich der Linea alba beeinträchtigt, z. B. im Sommer bei bauchfreier Mode.



Abb. 2.31 Behandlungsergebnis nach Lasertherapie.

Behandlungsverlauf Hirsutismus umbilikal: Fall 2



Abb. 2.32 Alternativer Behandlungsverlauf dieser klassischen Indikation.



Abb. 2.33 Alternatives Behandlungsergebnis durch Lasertherapie.

Behandlungsverlauf der Laserepilation im Bartbereich



Abb. 2.34 Status der Gesichtsbehaarung bei Transidentität vor Behandlung: männlicher Bartwuchs mit dicht stehenden und gut pigmentierten Haaren.



Abb. 2.35 Unvollständige Epilation bei Transidentität während der Therapie. Beachtenswert sind die rund ausgestanzten Behandlungssspots.



Abb. 2.36 Oftmals einhergehend mit der emotionalen Situation zeigen sich auch körperlich klassische männliche und weibliche Merkmale vermengt.



Abb. 2.37 Nach mehreren Behandlungen profitieren die Patientinnen von der Entfernung großer Anteile der Bartbehaarung.

2.5.3 Transidentität

Bei transidenten Patienten (Mann zu Frau) ist der Wunsch nach Haar-entfernung häufig, da eine dichte Gesichtsbehaarung ein offensichtliches Überbleibsel der biologischen Geschlechtsdifferenzierung darstellt (s. o. Abb. 2.34).

Orchidektomie und Hormontherapie zeigen nur einen geringen Effekt auf das Haarwachstum [63-65]. Zu beachten hierbei ist, dass die Haarwurzeln im Bartbereich vor allem an Kinn und Oberlippe sehr tief in der Haut liegen und Epilationslaser mit großer Eindringtiefe wie z. B. 1.064-nm-Nd:YAG-Laser nötig sind. Nachteilig ist hier häufig der relativ kleine Spot im Vergleich zur therapierenden Gesamtfläche. Nicht selten grenzen sich die schon epilierten Areale deutlich von den Residuen der ursprünglichen Behaarung ab (s. o. Abb. 2.35–2.37).

2.5.4 Androgenisierung, Virilisierung

In maximaler Ausprägung führen Störungen geschlechtsspezifischer bzw. verwandter Hormone zur Virilisierung (Vermännlichung), also zu einer allgemeinen Differenzierung des weiblichen Körpers in die männliche Richtung (s. Abb. 2.38 u. 2.39). Die Androgenisierung mit **Seborrhoe**, androgenetischer **Alopezie**, **Hirsutismus** und **Akne** tritt im Rahmen des SAHA-Syndroms auf. Bei ausgeprägter Behaarung im Gesichtsbereich und aktiven Talgdrüsen kann es leicht zu einer Perifollikulitis kommen, die Formen einer Pseudofollikulitis barbae annehmen kann (s. Abb. 2.42, S. 25). Die Laserepilation hilft insbesondere, die Entzündung zu stoppen (s. Abb. 2.38–2.43, S. 23 ff.). Im Zusammenhang mit Hirsutismus auftretend finden sich Pili recurvati, die ebenfalls zu langanhaltenden Entzündungen führen können (s. Abb. 2.44 u. 2.47, S. 26). Die in der Tiefe liegenden Haare müssen oft zunächst geborgen werden, um sie einer Laserepilation zuführen zu können (s. Abb. 2.45 u. 2.46, S. 26 u. Abb. 2.48, S. 27). Die Therapie ist meist langwierig, aber erfolgversprechend (s. Abb. 2.44–2.49, S. 26 f.).

Androgenisierung beim weiblichen Geschlecht



Abb. 2.38 Androgenisierung beim weiblichen Geschlecht mit Hirsutismus, Seborrhoe und Follikulitiden vor Therapie, rechte Seite und ...



Abb. 2.39 ... linke Seite.

Rubinlaser



Abb. 3.3 Mittels klassischer Abstandshalter wird die Spotgröße eingestellt.



Abb. 3.4 Rubinlaser können im sogenannten „free-running mode“ (also nicht gütegeschaltete Pulse im ns-Bereich) mit Pulsen im ms-Bereich zur Entfernung von Haaren eingesetzt werden. Aufgrund der geringen Eindringtiefe und des Nebenwirkungsprofils werden diese Systeme heute nicht als erste Wahl angesehen.

Die Form des Pulses ist ebenso von Bedeutung. Ein rechteckiger Puls zum schnellen Erreichen der Zielintensität ist anzustreben, um effektiv mit dem Gerät arbeiten zu können.

Der wichtigste vom Behandler einzustellende Wert ist zweifellos die Energiedichte (Fluence). Bei ausgeprägtem Vorhandensein des Zielchromophors (viele dunkle, dicke Haare) sollten hier vorsichtige Einstellungen gewählt werden, da sonst eine unselektive Erhitzung des Gewebes (Bulk Heating) erfolgen würde.

Bei dieser Übersicht erfolgt eine Betonung auf allgemein verfügbare Geräte; experimentelle und nicht mehr als Standard angesehene Verfahren werden an anderer Stelle abgehandelt. Ebenso werden Systeme im Rotlichtbereich (Rubinlaser) bzw. Systeme mit nichtkohärentem Licht (HBL-Systeme) nur der Vollständigkeit halber angeführt, der Fokus liegt auf kohärenten Systemen im Infrarotbereich.

Rubinlaser, 694 nm

Der Rubinlaser emittiert 694 nm und wird zur Epilation meist im normal lang gepulsten (Free Running) Modus mit entsprechenden Abstandshaltern [218] (und experimentell im gütegeschalteten Modus) verwendet. Wichtig ist die korrekte Einstellung von Systemen, die in beiden Modi arbeiten können. Studien zeigen eine Haarentfernung mit überwiegend gutem Ansprechen in verschiedenen Körperregionen in langen Nachbeobachtungszeiten [219] (s. o. Abb. 3.3 u. 3.4).

Die verwendete Wellenlänge zeigt eine sehr gute Absorption durch Melanin. Hieraus resultiert eine hohe Absorption einerseits im Follikel, allerdings ebenso im konkurrierenden epidermalen Melanin. Dies hat eine geringe Eindringtiefe (es stehen durch die Absorption des Melanins nur noch ca. 50 % der Ausgangsenergie in einer Tiefe von 1 mm zur Verfügung [220]) bei großer Streuung zur Folge und macht einen Schutz der Epidermis durch Kühlung zwingend notwendig. Das Auftreten von Nebenwirkungen ist deutlich häufiger als

Alexandritlaser als Monosystem und in Kombination mit 1.064-nm-Nd:YAG



Abb. 3.5 Das 755-nm-Alexandritsystem verfügt über ein flexibles Transmissionsystem für ein Einzelspothandstück sowie für einen Scanner (Arion, Fa. Wavelight, jetzt Alma Laser).



Abb. 3.6 Alexandritlaser in Kombination mit einem 1.064-nm-Nd:YAG-Laser (Elite MPX, Cynosure).

beim Alexandrit-/Diodenlaser. Resultierend aus der großen Kollateralinzidenz ergibt sich die geringste Effizienz dieses Systems bei hoher Nebenwirkungsrate [174, 221]. Der Rubinlaser wird nicht mehr als das Gerät der ersten Wahl zur Epilation angesehen und ist weitestgehend aus der Epilationsszene verschwunden [7]. In Europa sind die Geräte RubyStar von Asclepion und Sinon von Alma Laser GmbH (ehemals Wavelight) verbreitet, werden jedoch v. a. gütegeschaltet zur Entfernung von Tattoos und Lentiginos seniles genutzt.

Alexandritlaser, 755 nm

Diese Wellenlänge zeigt eine insgesamt geringere Absorption im Melanin. Somit ist das Risiko epidermaler Schäden bei gegenüber dem Rubinlaser erhöhter Eindringtiefe geringer. Dennoch sind dunkle Hauttypen (VI nach Fitzpatrick) für eine Behandlung mit diesem Laser ungeeignet [95]. Die Relation Nutzen/Nebenwirkungsprofil von hochenergetischen Alexandrit-/Diodenlasern wird aktuell als Goldstandard zur Fotoepilation angesehen, sie stellen die „Arbeitspferde“ der Laserepilation dar [123, 222]. Bei asiatischen Patienten zeigen sich gute Ergebnisse bei leicht erhöhten Nebenwirkungsraten [157]. Technisch kann der Alexandritlaser mit relativ großen Spotgrö-

ßen ausgestattet werden, womit schnelles Arbeiten gewährleistet wird. Gescannte Lasersysteme erlauben ein noch schnelleres Arbeiten (s. Kap. 2.7, Abb. 2.111 u. 2.112, S. 57).

Zwei weltweit sehr verbreitete Systeme stellen aktuell das Apogee-System von Cynosure und das GentleLASE-System von Candela dar [7]. In Europa kommt auch häufig der ARION von Alma Laser GmbH (ehemals WaveLight) oder das Kombinationssystem eines 755-nm- und 1.064-nm-Lasers (Elite MPX, Cynosure) zum Einsatz (s. o. Abb. 3.5 u. 3.6).

Diodenlaser mit 800, 808, 810, 940, 980 nm

Diodenlaser basieren auf Halbleitern (GaAlAs). Sie sind Festkörperlaser und daher wartungsarm. Immer mehr Wellenlängen werden bei ausreichender Leistung verfügbar. Bei 800–810 nm erbringen diese Systeme eine ausreichende Absorption im Melanin der Haarfollikel bei geringerer Absorption im konkurrierenden Chromophor von ca. 5–10 % durch das epidermale Melanin [223]. Hieraus ergibt sich auch eine Behandlungsoption für dunklere Hauttypen, insbesondere bei höheren Wellenlängen. Die Effektivität ist mit jener von Alexand-

Diodenlaser

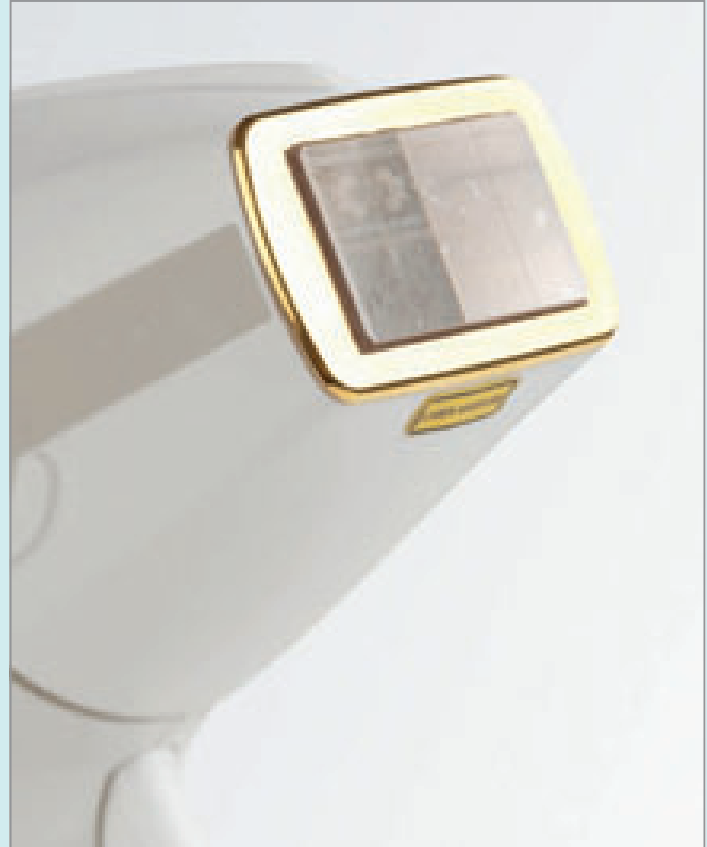


Abb. 3.7 [oben links] Das klassische Handstück des Diodenlaser LightSheer integriert den Laser und die Kühlung. Die Fokussierung vieler Laserdioden erlaubt die Applikation hoher Energien.

Abb. 3.8 [oben rechts] Bei größeren Spotgrößen sinkt die Zahl der zu applizierenden Stempel (Vectus, Palomar).



Abb. 3.9 [unten links] Laserstrahl eines flächigen, linear gescannten Diodenlasers]

ritlasern vergleichbar [76, 222, 224]. Höhere Eindringtiefen bei höheren Wellenlängen gehen gegenüber dem Alexandritlaser mit einer erhöhten Schmerzhaftigkeit einher [167]. Ein sehr weit verbreitetes System ist das LightSheer-System von Lumenis (s. Abb. 2.77, S. 41) [7]. In Europa kommt auch häufig der MeDioStar miXT bzw. der neue MeDioStar NeXT von Asclepion zum Einsatz. Eine wichtige Neuentwicklung sind die flächig linear gescannten Diodenlaser, die derzeit mit 808 nm und 980 nm verfügbar sind (Alma Laser GmbH, ehemals WaveLight, danach Quantel Derma) (s. Kap. 2.7.2, Abb. 2.120, S. 60) (s. a. links Abb. 3.7–3.9).

Nd:YAG-Laser, 1.064 nm

Bei lang gepulsten Nd:YAG-Lasersystemen ist besonders die hohe Eindringtiefe von 5–7 mm hervorzuheben, welche sich neben der größeren Wellenlänge aus geringerer Absorption im Eumelanin der Epidermis und konsekutiver geringer Streuung ergibt [22, 225]. Dies ermöglicht ein Erreichen auch tief liegender Haarfollikel, allerdings sind aufgrund der geringeren Melaninabsorption höhere Pulsenergien nötig. Hieraus resultiert eine besonders gute Eignung zur Behandlung dunkler Hauttypen [22, 144] (s. Abb. 3.15, S. 95); das Lasersystem besitzt auch als einziges die FDA-Zulassung zur Behandlung dunkelpigmentierter Hauttypen (IV–VI). Insgesamt werden bei den Nd:YAG-Lasersystemen geringe Nebenwirkungsraten beschrieben, aufgrund der hohen Eindringtiefe sind diese Systeme jedoch häufig schmerzhaft. Gute Ergebnisse sind prinzipiell erreichbar, allerdings oftmals erst nach häufigeren Behandlungen als mit den Goldstandardsystemen [76]. Limitierend kommen Spotgrößen in den Berei-

chen von 7–10 mm z. B. beim System Mydon von Alma Laser GmbH (ehemals WaveLight bzw. Quantel Derma) hinzu. Größere Spotgrößen können zu dieser Wellenlänge meist nur mit geringeren maximalen Energiedichten realisiert werden.

Ein neues System von Cynosure (Elite MPX) kombiniert die 1.064 nm mit 755 nm (s. Bildsequenz Abb. 3.10–3.19).

Systeme mit hochenergetischem, gepulstem, inkohärentem Multiwellenlängenlicht, 590–1.200 nm

Obwohl nicht Gegenstand des Buches, soll zur besseren Einordnung von Lasersystemen und insbesondere aufgrund der sehr weiten Verbreitung das Konzept hochenergetischer Blitzlampen (HBL) aufgeführt werden. Mit qualitativ sehr hochwertigen Systemen, die hochenergetisches, gepulstes, inkohärentes Multiwellenlängenlicht emittieren, können die Stärken der verschiedenen Lasersysteme mithilfe von optischen Filtern zu einem gewissen Ausmaß imitiert werden. Das lange Zeit bestehende Alleinstellungsmerkmal großer Einzelimpulsflächen (um 5 cm²) wurde allerdings durch die zunehmende Verbreitung gescannter Lasersysteme abgeschafft. Hochwertige HBL-Systeme können eine den Goldstandardlasersystemen vergleichbare effektive Epilation erreichen und sind durch entsprechende Filter und Einstellungsmöglichkeiten für variable klinische Voraussetzungen geeignet [141, 141]. Verfechter der HBL-Systeme erwarten sogar eine physikalisch verbesserte Wirkungsweise, da aufgrund des breiten Spektrums mehrere Chromophore getroffen werden können [226].

Kombinationsgerät 755 nm und 1.064 nm



Abb. 3.10 Kombinationsgeräte, welche zwei Lasersysteme enthalten (wie in diesem Fall einen Alexandrit- und einen Nd:YAG-Laser), erlauben eine komfortable Adaptation der gewählten Wellenlänge an die jeweiligen medizinischen Gegebenheiten (Elite MPX, Cynosure).

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.43 Gleichmäßiges Verstreichen mit einem Holzspatel.



Abb. 3.44 Augenschutz für den Patienten anlegen.

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.45 Schutzbrillen für alle im Raum Anwesenden sind nötig.



Abb. 3.46 Tipp: Bei der Epilation der gespannten Ober- bzw. Unterlippe kann der Laser zu Schmerzen und schlimmstenfalls Schäden von verblenden Mantelkronen (Jacketkronen) im Frontzahnbereich führen. Zum Schutz sollten Kompressen o. ä. eingelegt werden. Alternativ schiebt der Patient einfach seine Zunge zwischen Lippe und Frontzahnreihe.

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.47 Ggf. Vorkühlen des Behandlungsareals bei Verwendung hoher Fluences.

Oftmals sind diese Geräte sogar so effektiv, dass bei falscher Anwendung Erfrierungen entstehen können. Frostablagerungen an herausstehenden Haaren sind das erste Zeichen einer zu starken Kühlung. Lässt sich der Kühlschlauch nicht fest auf das Handstück aufstecken, ist das Einhalten eines Mindestabstands unbedingt zu beachten, optimalerweise sollte das Schlauchende immer leicht bewegt werden.

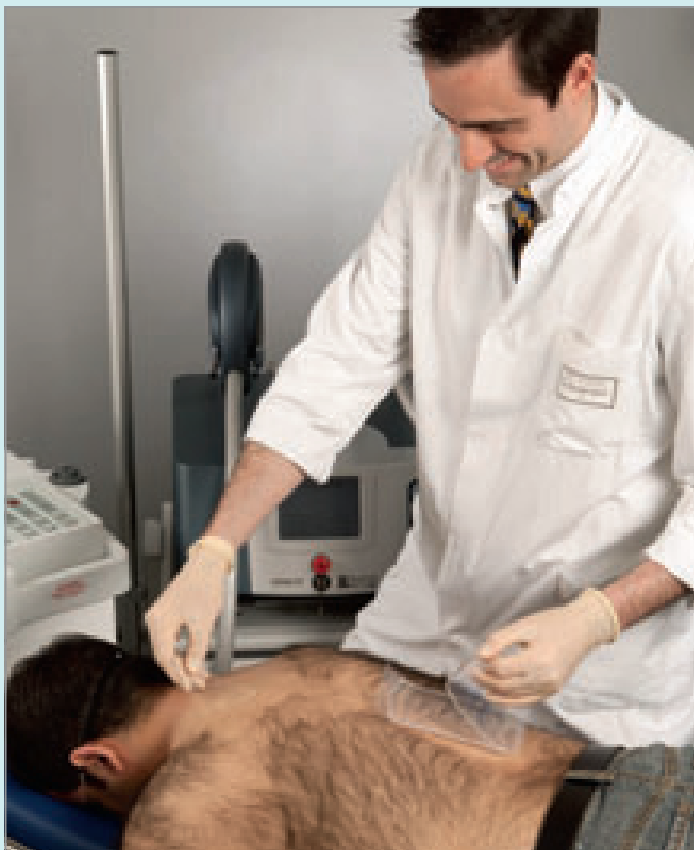


Abb. 3.48 Ggf. Applikation eines Hydrokolloidpads zur Kühlung. Hierbei handelt es sich aus hygienischen Gründen um ein Einmalprodukt. Bei der Behandlung kleinerer Flächen ist eine Zerteilung aus Kostengründen durchaus möglich, allerdings sollte dann die übrig gebliebene Hälfte unbedingt sehr zeitnah beim nächsten Patienten zum Einsatz kommen, um ein Austrocknen des Pads zu vermeiden.

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.49 Das Hydrokolloidpad sollte blasenfrei im Kontakt aufliegen, um eine optimale Kühlung des Behandlungsareals zu ermöglichen ...



Abb. 3.50 ... und muss nach längerem Gebrauch nachgekühlt werden.

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.51 Optimierung des Sichtfeldes (Beleuchtung, Lagerung etc.).



Abb. 3.52 Ggf. Aufsetzen einer Lupenbrille.

Vorbereitung zur Behandlung



Abb. 3.53 Fokussieren des Behandlungsareals.



Abb. 3.54 Kontrolle der Laserausrüstung und der Lasereinstellungen; Laser in Betriebsmodus nehmen.

Behandlung: Therapiebeginn nach Vorbereitungsabschluss

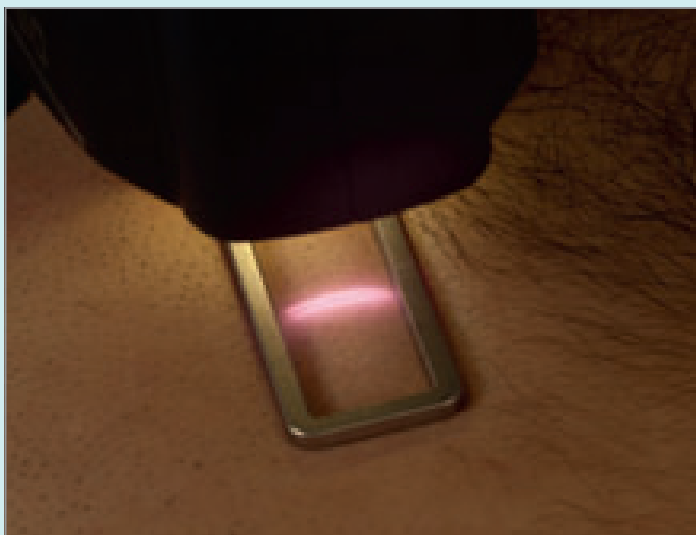


Abb. 3.55 Bei Erstbehandlung/Dosissteigerung zunächst 2–3 Probespots (in unauffälligem Areal): Frage nach Schmerz, Abwarten der Sofortreaktion.



Abb. 3.56 Direkt nach Laserapplikation: Vaporisierung des sichtbaren Haaranteiles, kein epidermaler Schaden.



Abb. 3.57 Einige Minuten später: Ausbildung eines perifollikulären Ödems und eines perifollikulären Erythems mittlerer Intensität. Ein klar abgegrenztes diffuses Erythem in Form und Größe des Behandlungsspots weist auf zu hohe Energieeinstellungen hin und sollte eine Dosisreduktion zur Folge haben.

Beachte: Ein im Radius ca. 2 mm großes ausgeprägtes perifollikuläres Erythem und Ödem ist bei der High-Fluence-Therapie meist ein Hinweis auf effektive Behandlungsparameter; bei der Low-Fluence-Therapie sind diese Hinweise signifikant geringer ausgeprägt oder können sogar ganz fehlen.

Merke: Viel hilft viel! Während bei der ersten Sitzung der Fokus noch auf Sicherheit und Verträglichkeit liegen sollte, sollte in den Folgesitzungen rasch auf möglichst hohe, tolerierbare Fluences gesteigert werden.

Behandlung: Therapiebeginn nach Vorbereitungsabschluss



Abb. 3.58 Geistige Planung der Laserbehandlung. Ggf. Hilfslinien zur Unterteilung großer Flächen mit weißem Kayalstift aufbringen, dann mäanderförmiges Abfahren zur Markierung des Behandlungsareals: Besonders bei großen Behandlungsflächen, die eine Umlagerung des Patienten erfordern, empfiehlt sich die Einteilung in kleinere Behandlungsareale bzw. die Applikation von Hilfslinien.



Abb. 3.59 Es sollte eine möglichst gleichmäßige Behandlung des gesamten Areals erfolgen: Keine Lücken, keine Doppelbehandlungen durch Überlappungen anstreben. Eventuell Lupenbrille aufsetzen.

Belichtungskontrolle mittels Histogramm

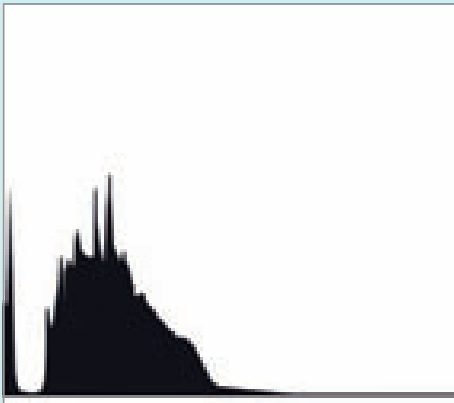


Abb. 5.20 Nur dunkle Tonwerte vorhanden.

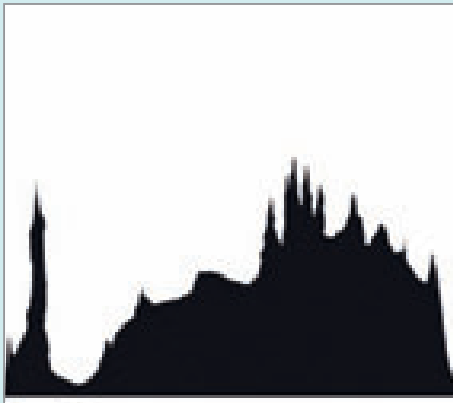


Abb. 5.21 Ausgewogene Mischung aus dunklen, mittleren und hellen Tonwerten.



Abb. 5.22 Nur Spitzlichter vorhanden.

5

5.5.11 Größenmessung

Messungen im Bild können am einfachsten mit einem Lineal realisiert werden. Wenn Merkmale mit einem „Maßstab“ dokumentiert werden sollen, kann man aus hygienischen und praktischen Gründen ein Einmallineal verwenden. Dieses ist meist 10 cm lang und 2 cm breit, selbstklebend und lässt sich einfach mit Kugelschreiber beschriften.

5.5.12 Übersichten zur Fotodokumentation

Checkliste: Ausstattungsanforderungen zur Verlaufsdokumentation	
Hintergrund	<ul style="list-style-type: none">• Drei Meter breite, einfarbige Wand in gedeckten Farben• Ggf. Hintergrundsystem
Kamera	<ul style="list-style-type: none">• Aktuelle digitale Spiegelreflexkamera• 10 bis 15 Megapixel• Niedriges Rauschverhalten bei hohen ISO-Werten• Automatische Sensorreinigungsfunktion empfehlenswert
Blitzlicht	<ul style="list-style-type: none">• Systemblitz vom jeweiligen Kamerahersteller• Schwenkbarer Reflektor
Objektive	<ul style="list-style-type: none">• 28- bis 80-mm-Zoomobjektiv, kleinste Blendenöffnung 5,6• 100-mm-Makroobjektiv, kleinste Blendenöffnung 5,6
Zubehör	<ul style="list-style-type: none">• Speicherkarte• Kartenlesegerät• Reinigungsset für Objektive und Sucher• Tasche

Tab. 5.2 Checkliste Ausstattungsanforderungen

Checkliste: Kameragrundeinstellungen	
ISO	Nicht höher als 800
Brennweite Übersichtsaufnahmen Details	35–50 mm 85–100 mm
Bildformat	JPEG; Fine
Komprimierung	Mittlere Komprimierung
Weißabgleich	Manuell, abgestimmt auf das verwendete Licht
Belichtungszeit	1/60 bis 1/250
Blende	5,6 bis 11
PictureStyles	Hauttöne

Tab. 5.3 Checkliste Kameragrundeinstellungen

5.5.13 Computergestützte Haardichtebestimmung (Trichografie)

Der idealen Therapiekontrolle kommt die computergestützte Haardichteerfassung, wie sie heute erhältlich ist, sehr nahe. Die Autoren haben in der Vergangenheit das System TrichoScan® (FotoFinder Systems GmbH, Bad Birnbach) verwendet. Eine Software erlaubt die Bilddokumentation bei gleichzeitiger Erfassung der Haare pro Fläche. Nachteilig war in der Vergangenheit die Verwendung einer normalen Videokamera, was eine geringe Auflösung und eine kleine Messfläche mit sich brachte. Neuerdings kann mit einem Spezialvorsatz auf einem Objektiv (Nikon Af Nikkor 60 mm) mit einer Spiegelreflexkamera ein hochauflösendes Bild relativ leicht erstellt werden. Die zum 3-D-System VECTRA von Canfield mitgelieferte Software Mirror erlaubt zudem die Haarzählung. Eine neue interessante Weiterentwicklung ist die Kombination hoch auflösender Dermatoskopiegeräte (DermoScan, Regensburg) im Zusammenspiel mit einer TrichoScan®-Software (s. Abb. 5.23–5.32, S. 169 ff.).

Haardichtebestimmung



Abb. 5.23 Die Videokamera des Systems FotoFinder (FotoFinder Systems GmbH, Bad Birnbach) ...

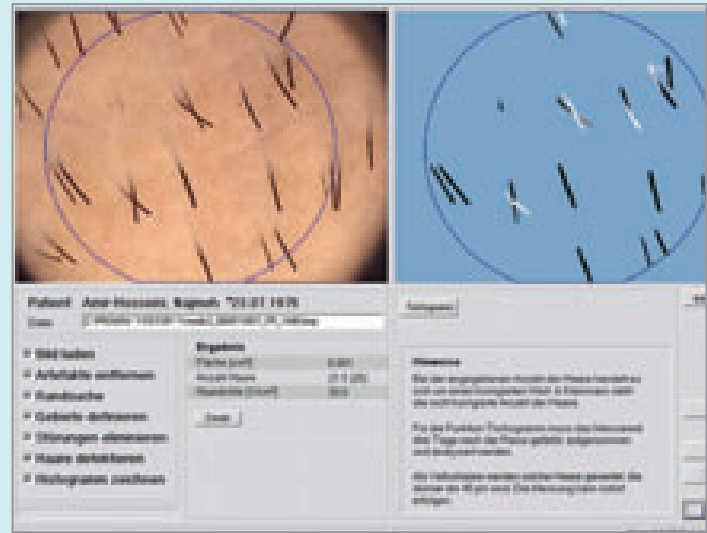


Abb. 5.24 ... eine Software zur Auswertung (TrichoScan®), ...



Abb. 5.25 ... sowie ein Spezialvorsatz mit Ringblitz zur Makroaufnahme (Epiflash, Canfield Imaging Systems) ...



Abb. 5.26 ... ermöglichen, so aufgenommene Bilder zusammen mit der in der Software Mirror (Canfield) vorgesehenen Haaranalyse zu evaluieren.

Haardichtebestimmung

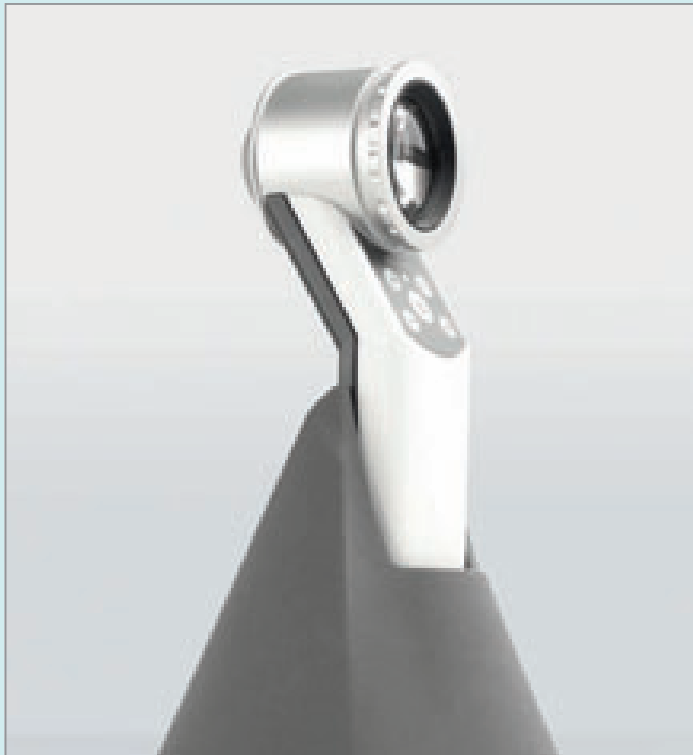


Abb. 5.27 Mit hoch auflösenden Dermatoskopiesystemen lässt sich der Epilationserfolg ebenso gut beurteilen (microDERM Luminis, Visiomed AG, Bielefeld).



Abb. 5.28 Wobei bei direkt an den PC anschließbaren Systemen (DermoGenius, DermoScan GmbH, Regensburg) eine automatisierte Auswertung ebenso möglich ist.

Haardichtebestimmung



Abb. 5.29 Dichte und dicke Haare ...



Abb. 5.30 ... und auch feine und vereinzelte Haare sind gut erkennbar, ...



Abb. 5.31 ... wobei am besten kurze Haare zur Auswertung gebracht werden können ...