



# Inhalt

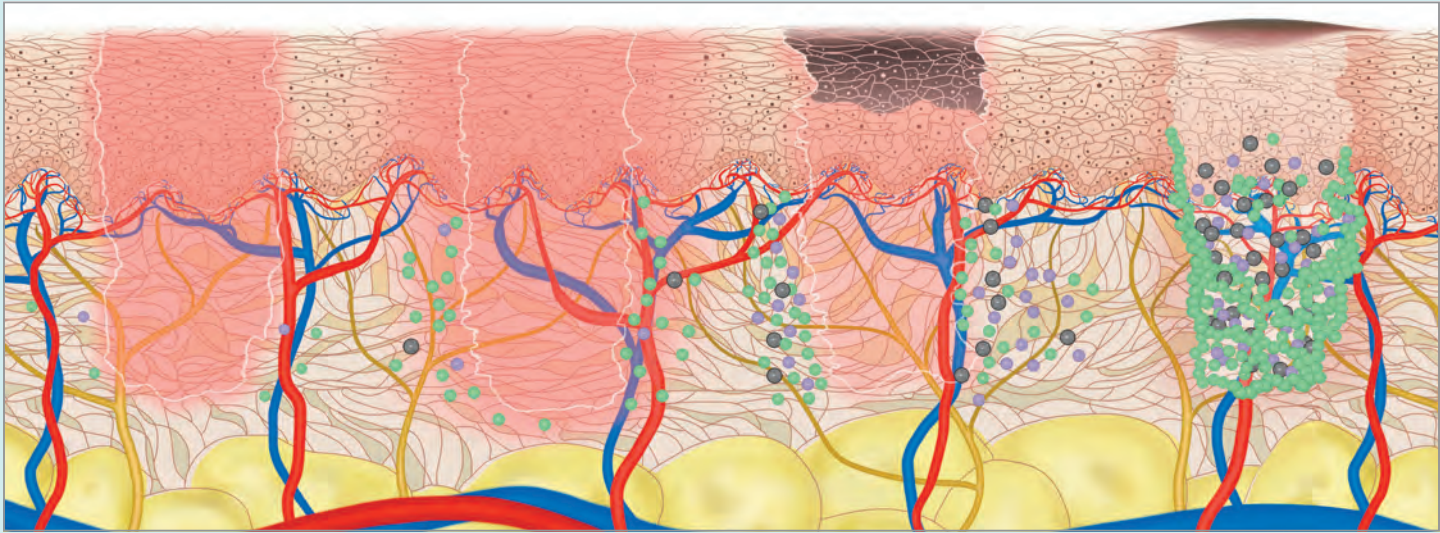
Vorwort .....	V	4.4 Gefäße .....	45
Über dieses Buch .....	VI	4.5 Aktinische Keratosen .....	45
Zur Benutzung dieses Buches .....	VI	4.6 Andere Indikationen .....	45
Abkürzungen und Symbole .....	X		
<b>1 Einführung in die fraktionale Lasertherapie .....</b>	<b>1</b>	<b>5 Grundlagen der ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>47</b>
1.1 Biophysikalische Interaktionen von Laserlicht und der Haut .....	2	5.1 Wundheilung nach ablativer fraktionaler Lasertherapie .....	51
1.2 Konventionell arbeitende ablative und fotothermolytische Laserverfahren .....	2	5.2 Klinische Veränderungen nach ablativer fraktionaler Therapie .....	58
1.3 Fraktionierte fotothermolytische und ablative Laserverfahren .....	3	5.3 Fraktionale ablativ-koagulierende CO <sub>2</sub> -Laser .....	58
<b>2 Grundlagen der nicht ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>5</b>	5.4 Fraktionale ablative und ablativ-thermische Er:YAG-Laser .....	74
2.1 Wundheilung nach nicht ablativer fraktionaler Lasertherapie .....	9	5.5 Ablative fraktionale Er:YSGG-Laser .....	77
2.2 Klinische Veränderungen .....	13	<b>6 Praxis der ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>79</b>
<b>3 Praxis der nicht ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>15</b>	6.1 Vor dem Eingriff .....	80
3.1 Vor dem Eingriff .....	16	6.2 Ablauf des Eingriffs .....	92
3.2 Ablauf des Eingriffs .....	23	6.3 Nachsorge .....	129
3.3 Nachsorge .....	23	<b>7 Datenlage zur ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>131</b>
<b>4 Datenlage zur nicht ablativen fraktionalen Lasertherapie .....</b>	<b>41</b>	7.1 Konzept der fraktionalen Laser .....	132
4.1 Falten .....	42	7.2 Falten .....	132
4.2 Melasma und Pigmentverschiebungen .....	43	7.3 Pigmentverschiebungen und Melasma .....	132
4.3 Narben .....	43	7.4 Narben .....	132
		7.5 Chronisch aktinische Hautalterung .....	132
		7.6 Striae distensae .....	132
		7.7 Andere Indikationen .....	133



<b>8</b>	<b>Standards in der Lasertherapie .....</b>	<b>139</b>	<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>173</b>
8.1	Patientenauswahl .....	140	9.1	Begriffe, Definitionen und Bezeichnungen	174
8.2	Aufklärung und Dokumentation .....	140	9.2	Bildquellen .....	175
8.3	Befundungsdokumentation .....	141	9.3	Literatur .....	175
8.4	Fotodokumentation .....	141	9.4	Index .....	183
8.5	3-D-Fotografie .....	148			
8.6	Praxisorganisation .....	152		Danksagung .....	186
8.7	Lasersicherheit .....	155			
8.8	Therapieplanung .....	170			
8.9	Fehlerquellen, Management von Nebenwirkungen, Behandlungsfehlern und rechtlichen Aspekten .....	170			

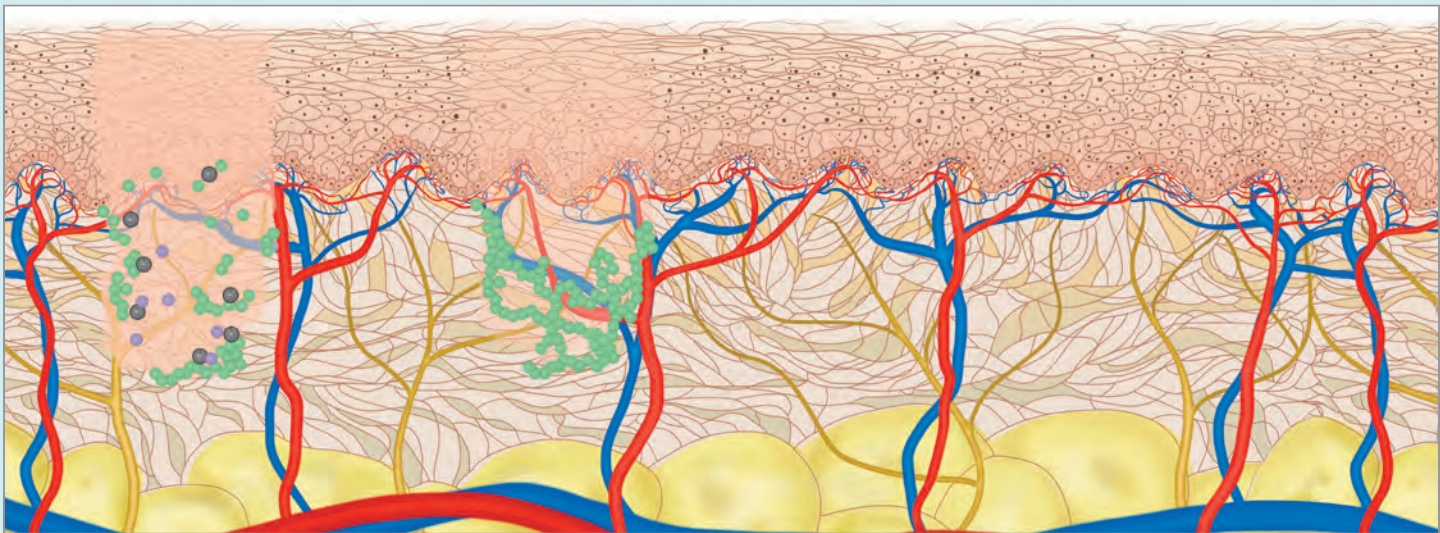


Grafische Darstellung der Wundheilungssequenz nach nicht ablativ fraktionaler Lasertherapie



**Abb. 2.6** Nach Einbringen der sogenannten MTZ (Läsion ganz links) erfolgt im Laufe der nächsten 24 Stunden nach der Wärmekonvektion (Läsion mittig) der Start des epidermalen Remodellings. Innerhalb von 3 Tagen bildet sich eine neue Epidermis heraus, danach beginnt das dermale Remodelling (Abb. 2.7).

2



**Abb. 2.7** Mit dem Beginn des dermalen Remodellings finden sich auf der epidermale Oberfläche sogenannte MEND (Läsion s. o. Abb. 2.6 rechts). Zugleich werden Entzündungszellen attrahiert. Diese bestehen v. a. aus B- und T-Lymphozyten sowie Mastzellen und Eosinophilen. Zuletzt werden Grundsubstanz und Fasern neu gebildet.

muss, sind zeitgleich nur kleine Flächen im Bereich von 10 bis 15 mm<sup>2</sup> zu behandeln. Die maximal applizierbare Energie liegt im Bereich von ca. 70 mJ/MTZ. Die Pulsdauer solcher Systeme wird mit 5 bis 10 ms angegeben, was zu einer Eindringtiefe von bis zu 1 mm führt. Das Stratum corneum und die übrigen Anteile der Epidermis absorbieren die Energie im Bereich der Wellenlängen von 1.540 nm und 1.550 nm in relativ geringem Umfang, sodass diese relativ geschützt ist, jedoch ist eine Oberflächenkühlung notwendig.

Die menschliche Haut besteht aus mehreren Kompartimenten, die aus zahlreichen Zellen aufgebaut sind. Vielfältig sind die Funktionen, ebenso die Alterungserscheinungen. Die Hautalterung spielt sich zu

Beginn stärker im Bindegewebe ab, während zu diesem Zeitpunkt die funktionelle Kompetenz der Epidermis meist noch erhalten ist [53]. Mit dem Nachweis aktinischer Keratosen ist der Punkt markiert, an dem neoplastische intraepitheliale Veränderungen eintreten (Carcinoma in situ).

Anders verhält es sich im Bindegewebe. Die kollagenen Fasern erscheinen verdickt und fragmentiert, während die elastischen Fasern zur Ausbildung der sogenannten solaren Elastose beitragen [54]. Im Vergleich zur jungen Haut lässt die Regenerationskapazität deutlich nach. Es liegt weniger Kollagen-III und vermehrt Kollagen-I vor. Die Proteine der chronisch lichtgeschädigten Haut sind kompaktiert und





### Termini tecnici

#### MTZ:

Microscopic Treatment Zone; bezeichnet den Teil der Haut, auf den der Laserstrahl fraktionierter Laser eingewirkt hat (sowohl bei fraktionalem ablativen als auch nicht ablativen Systemen).

#### Clefting:

Spaltbildung, die subepidermal nach nicht ablativer fraktionaler Lasertherapie histologisch meist nachweisbar ist. Sie entsteht wahrscheinlich durch die an der Junktionszone akkumulierte thermische Energie.

#### Density:

Dichte der MTZ, in der Regel pro  $\text{cm}^2$  angegeben.

#### Coverage:

Fläche der tatsächlich behandelten Haut (Spotsize  $\times$  Density).

#### Passes:

Anzahl der wiederholten Behandlungen ein und desselben Hautareals.

#### Power Density:

Leistungsdichte, nicht Energiedichte [ $\text{W}/\text{cm}^2$ ].

#### Fluence:

Energiedichte [ $\text{J}/\text{cm}^2$ ], flächenbezogener Energieeintrag über einen definierten Zeitraum integriert.

#### Bulk Heating:

Erwärmung eines gesamten Therapieareals z. B. infolge zu hoher Dichte der MTZ, was zu gefürchteten Komplikationen wie Pigmentverschiebungen, Narben u. v. a. m. führen kann.

#### MEND:

Abkürzung für Microscopic Epidermal/Exudative Necrotic Debris: Beschreibt das aktive, durch den Lasereingriff koagulierte und durch die Epidermis aus der Dermis ausgeschleuste Material.

#### Bronzing:

Beschreibt das Braunwerden der Haut durch die Ausschleusung der MEND nach einer fraktionalen Lasertherapie

verlieren die Fähigkeit zur Interaktion mit Wasser [55]. Diese Änderung führt zum Verlust der engen Faserverflechtung und dem Verlust der Elastizität [54]. Zudem altert die extrazelluläre Matrix, nachweisbar an der Degradation der Hyaluronsäure sowie anderer Proteoglykane [56].

Dies ist wesentlich für den Verlust der Wasserbindungskapazität, weshalb vermehrt ungebundenes Wasser im Gewebe nachweisbar

wird [55, 57]. Klinisch erscheint die Haut trocken, faltig-schlaff und verletzlich. Zudem finden sich unregelmäßige Pigmentierungen, erweiterte Gefäße und die typische Textur der Altershaut. Alle diese Veränderungen sollen möglichst nicht invasiv, effektiv in wenigen Sitzungen und unter Vermeidung von Nebenwirkungen und Risiken beseitigt werden. Das neue Konzept der fraktionalen Therapie ermöglicht einen großen Fortschritt, um dieses ideale Ziel zu erreichen. Von besonderer Bedeutung hierfür ist der spezifische Wundheilungsverlauf mit einem zeitlich und räumlich uniformen Muster (Spatio-Temporal Sequence, s. Abb. 7.1, S. 132).

## 2.1 Wundheilung nach nicht ablativer fraktionaler Lasertherapie

Nicht ablative fraktionale Laser emittieren Licht im mittleren Infrarotbereich. Allerdings sinkt mit zunehmender Absorption des Wassers auch die Eindringtiefe. Benutzt werden daher meist Wellenlängen im Bereich von 1.320–1.927 nm, die insbesondere thermische Effekte ausnutzen (s. Abb. 5.1, S. 48). Typischerweise werden 300–450  $\mu\text{m}$  Eindringtiefe bei 1.320–1.450 nm erreicht [58]. Damit tatsächlich eine thermische Schädigung in einem umschriebenen Gebiet unter gesicherter Schonung des umliegenden Gewebes prädictiv erreicht werden kann, ist eine präzise Fokussierung des Strahles unentbehrlich [34].

Gleichzeitig werden damit höhere Penetrationstiefen realisierbar, da bei niedriger Density mit höheren Energien gearbeitet werden kann [59]. Die Streuung des Strahles erwärmt das umliegende Gewebe, was bei zu hoher Dichte der MTZ zum gefürchteten Bulk Heating führt [60]. Insgesamt ist jedoch eine schonende Adressierung des dermalen Bindegewebes gegeben, da Laserlicht im mittleren Infrarotbereich zumindest bei nicht fraktionierten Therapien weder zur Destruktion der Talgdrüsen noch zur Beeinflussung anderer Hautfunktionen führt [61]. Trotz der langen Anwendungszeit der nicht ablativen fraktionalem Laser liegen systematische Langzeituntersuchungen zur Hautfunktionskapazität nach einer solchen Therapie noch nicht vor.

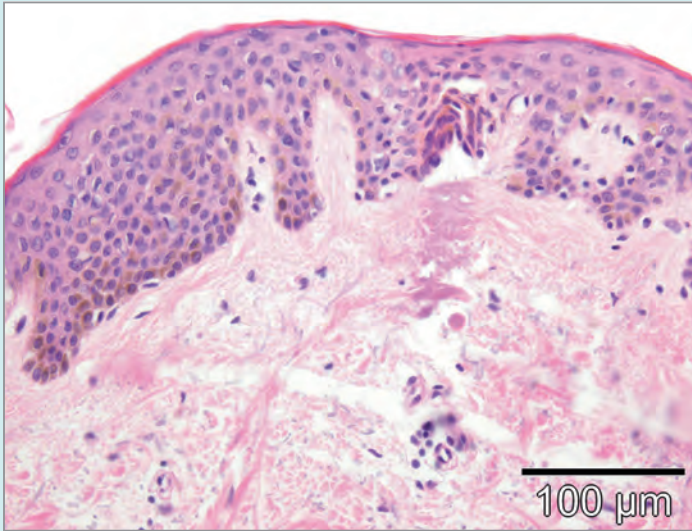
Die typischen klinischen Effekte unmittelbar nach einem Lasereingriff beschränken sich auf ein obligates Erythem, ein geringes Ödem, gelegentliche Urtikaria und Schmerzen für die Dauer von bis zu 24 Stunden. Danach klingen die unter Kühlung leicht zu kontrollierenden Erscheinungen rasch ab. Histologisch hingegen sieht man eine deutliche Koagulation des Bindegewebes, meist auch der Epidermis, mit einem ausgeprägten subepidermalen Spalt sowie Thrombenbildungen in Gefäßen.

Interessanterweise werden die Gefäße nicht nur im unmittelbaren Lasereinwirkungsbereich koaguliert. Es finden sich intravaskuläre Thromben gelegentlich sehr weit von der eigentlichen Lasereinwirkung entfernt in relativ großlumigen Gefäßen.

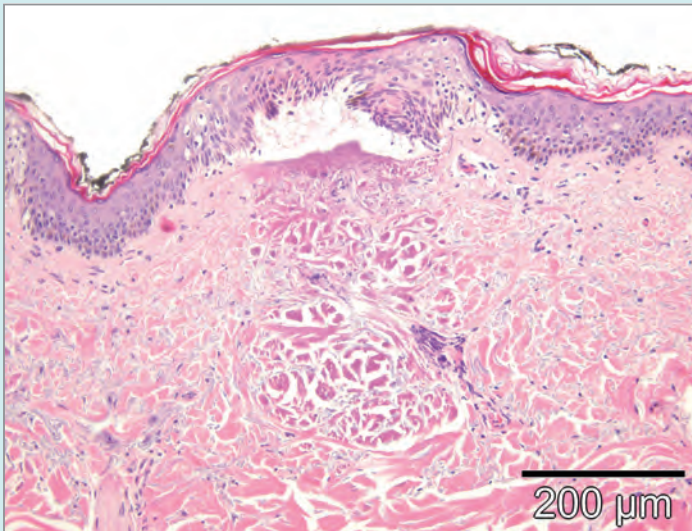
Klinisch entspricht dies dem beobachteten Effekt einer deutlichen Reduktion der erweiterten Gefäße in chronisch lichtgeschädigter Haut [62]. Zudem ist bekannt, dass mit der Adressierung des mikrovaskulären Systems die Kollagenproduktion stimuliert wird [63].



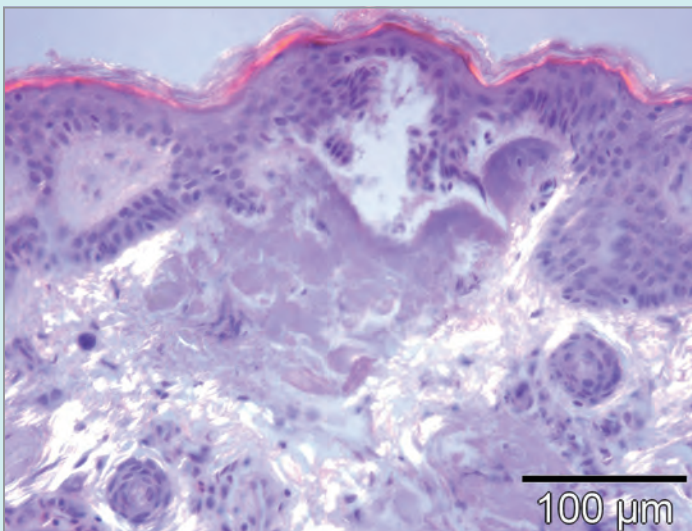
### Histologie der fraktionell nicht ablativen Fotothermolyse



**Abb. 2.8** Die typische Histologie des nicht ablativen fraktionellen Lasersystems (100 mJ 500 MAZ, Mosaic, Lutronic) zeigt eine intakte Epidermis, einen darunterliegenden subepidermalen Spalt und eine deutlich abgrenzbare Säule koagulierten Bindegewebes.



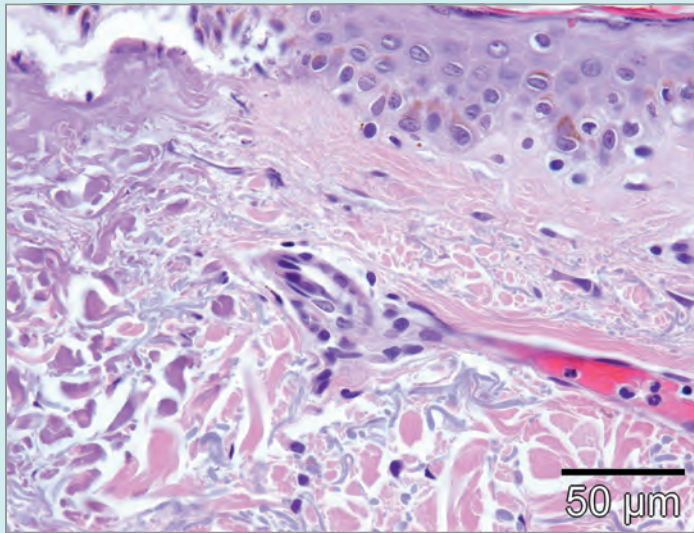
**Abb. 2.9** Das Schussprofil verschiedener Lasersysteme ist im Wesentlichen identisch (70 mJ Treatment Level 8, 6 passes Fraxel re:store™, Reliant Technologies Inc., Mountain View, CA).



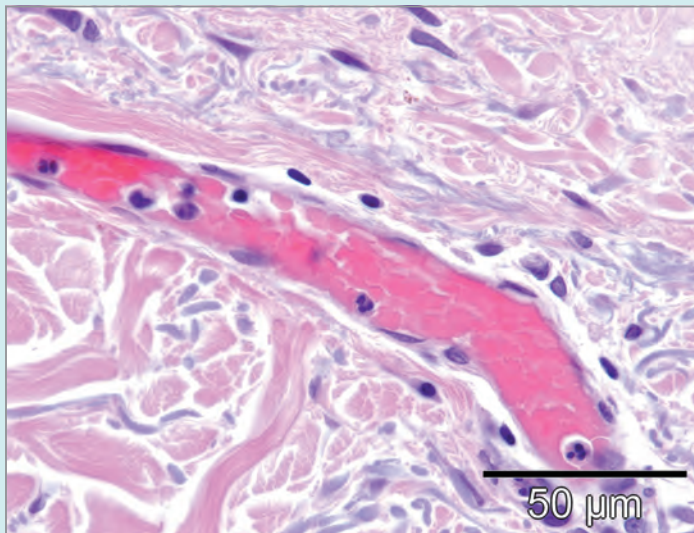
**Abb. 2.10** Mittels Polarisation lässt sich im histologischen Schnittpräparat sehr gut das Gebiet der Koagulation vom vitalen Gewebe (leuchtet weißlich) abgrenzen.



## Histologie der fraktionell nicht ablativen Fotothermolyse



**Abb. 2.11** Histologisches Bild nach einer nicht ablativen fraktionalen Laserintervention mit deutlicher Koagulation der Gefäße im Bereich des superfiziellen Plexus.



**Abb. 2.12** Die Thrombenbildung kann dabei relativ große Gefäße umfassen, was den klinischen Effekt des Ablassens von Gefäßektasien auf chronisch lichtgeschädigter Haut durch nicht ablativ fraktionale Therapien erklärt.

Innerhalb von 24–72 Stunden nach der Therapie beginnen die Wundheilung und das dermale Remodelling [64]. Die spezifisch ablaufende Heilungssequenz startet u. a. mit der deutlichen Expression von Stressproteinen in den unbehandelten Keratinozyten. Solche Proteine reagieren auf Hitze und werden deshalb auch als Hitzeschockproteine bezeichnet (HSP, Heat-Shock Protein). Darunter spielt das HSP70 eine bedeutende Rolle und kann gut in den Keratinozyten mit einem Maximum um den 3. Tag nach der Lasertherapie nachgewiesen werden [65-67]. HSP interagieren auch mit den intrazellulären Signalkaskaden des programmierten Zelltodes (Apoptose) (s. Abb. 2.14, S. 13).

Somit wird der zeitnahe Ersatz letaler Keratinozyten und die Reparatur wichtiger Zellfunktionen in überlebenden Zellen sichergestellt. Wichtig ist, dass bei einer thermischen Schädigung über aktive Signaltransduktion auch benachbarte Zellen geschädigt werden können, die keiner Wärmeexposition ausgesetzt waren (Active Thermal Bystander Effect) [68].

Das dermale Remodelling folgt mit einiger Verzögerung. Eosinophile und Mastzellen scheinen zudem eine wesentliche Rolle bei der Generation der Entzündungsantwort zu spielen [69, 70]. Klinisch eindrucksvoll und spezifisch für die fraktionale Laserapplikation ist die aktive Ausschleusung koagulierten Materiales durch die Epidermis ähnlich reaktiv perforierender Dermatosen frühestens 24 Stunden nach dem Eingriff [71, 72].

Auf der Haut werden kleine, meist braune Punkte sicht- und tastbar und mit dem Begriff *Bronzing* (s. Abb. 2.15, S. 14) beschrieben [73]. Die einzelnen Areale werden als MEND bezeichnet (Microscopic Epidermal/Exudative Necrotic Debris) [1, 65]. Der Prozess kann bis zu 5 Tage anhalten. Histologisch wird zu dieser Zeit eine deutliche Invasion von Entzündungszellen unter Dominanz von Lymphozyten und Histozyten nachweisbar. Zudem bleibt die subepidermale Spaltbildung lange sichtbar. Erst viel später kann das koagulierte Bindegewebe vollständig umgebaut werden, sodass neues Kollagen Ersatz bildet. Auch wenn die Heilung infolge des Verbleibs großer unbe-





Nicht ablativ fraktionale Fotothermolyse: Geräte, Wirkung und Zubehör

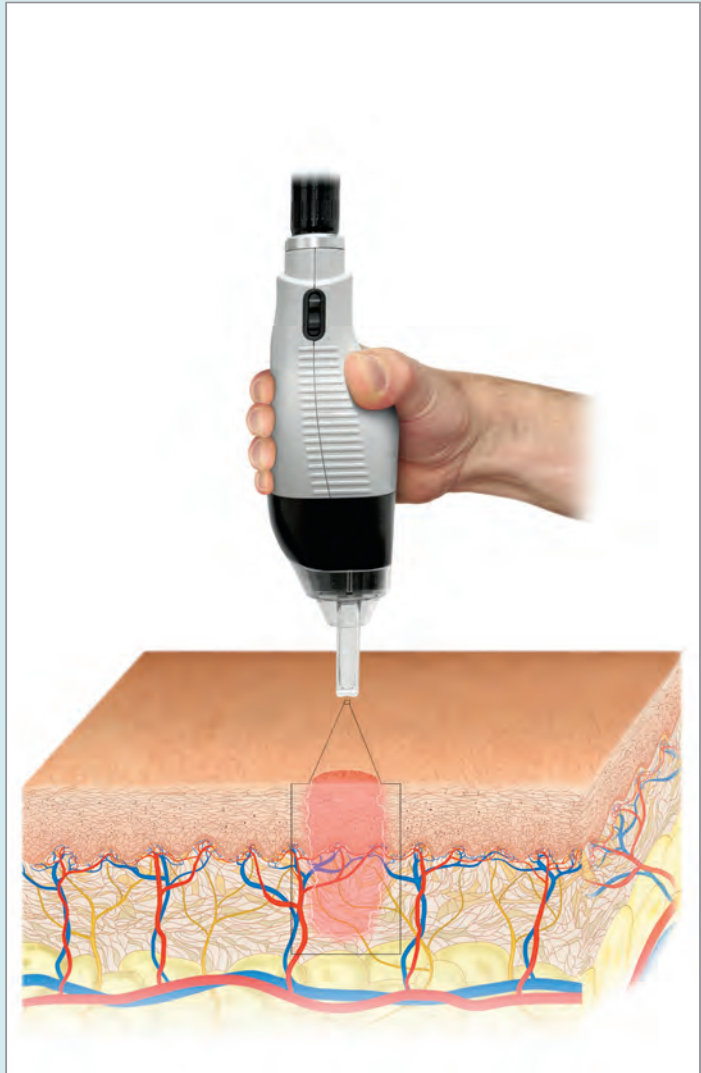


Abb. 3.3 Nicht ablativ fraktionale Systeme (hier Mosaic, Lutronic) benötigen sogenannte TIPS (Aufsätze) für die Behandlung, um die MTZ zu applizieren.



60 mJ appliziert. Histologisch fand sich jedoch ein nur auf die Oberfläche im Bereich der Epidermis beschränktes Wirkungsspektrum im Sinne einer Koagulation unmittelbar nach der Exposition. Es wurde eine Verbesserung der Hautdicke auf 40,2 % ohne Zeichen einer Entzündung gemessen [135]. Auf Grund der deutlich besseren Effekte ablativer fraktionaler Lasersysteme auf CO<sub>2</sub>-Basis bleibt es abzuwarten, ob sich dieses Konzept tatsächlich bewährt.

#### Checkliste Parameterwahl nicht ablative fraktionale Lasertherapie

##### Einstellungen passend zur Indikation wählen

- Je stärker der Indikationsbefund, desto mehr Wärme wird benötigt
- Effektivität: Patientenzufriedenheit steigt mit Fluence, jedoch nicht mit Density

##### Energiewahl nach Indikationsbefund

- Je stärker der Indikationsbefund, desto mehr Energie wird benötigt
- Density nicht zu hoch wählen
- Reduktion der Behandlungsintensität in empfindlichen Hautregionen und außerhalb des Gesichtes

##### Zahl der Behandlungen dem gewünschten Grad der Verbesserung anpassen

- Mit erster Therapie treten klinische Verbesserungen meist nicht sofort ein
- Repetitive Therapien (3–6 Behandlungen) zeigen stetige Verbesserungen.

**Hinweis:** Gerätedaten können sich ändern. Daher bitte vor Einsatz Herstellerinformationen zu zugelassenen Indikationen, Parameterwahl und Warnhinweisen beachten. Die Gerätezusammenstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit der Informationen (s. Tab. 3.4, S. 24).

## 3.2 Ablauf des Eingriffs

Während der nicht ablativen fraktionierten Therapie sollte das klinische Behandlungsergebnis zur eingestellten Energie passen.

Die Behandlung folgt den kosmetischen Einheiten: Wangen, Nase, Lippen, Schläfen, Stirn und Augenlider. Innerhalb der kosmetischen Einheiten sollte nicht überlappt werden, damit es nicht zu einer Überwärmung (Bulk Heating) und damit zum erhöhten Risiko der postinflammatorischen Hyperpigmentierung kommt.

Damit das Handstück gut über die Haut gleiten kann, wird das Auftragen einer Creme empfohlen (LipoThene Inc., Pacific Grove, CA) [85].

Es sollten 8 Passes à 250 MTZ/cm<sup>2</sup> oder 4 Passes à 500 MTZ/cm<sup>2</sup> appliziert werden, um die angestrebte finale Density von ca. 2.000 MTZ/cm<sup>2</sup> zu erreichen. Bei letzterer Einstellung wird je Pass mehr Wärme ins Gewebe eingebracht, wozu die Schmerzen deutlich korrelieren.

Um die Gefahr des Bulk Heating zu vermindern, empfiehlt sich die Applikation der ersten beiden Passes in craniocaudaler Richtung, gefolgt von einer Pause, nach der in mediolateraler Richtung weiter behandelt wird [137]. Wichtig zu bedenken ist, dass sich mit steigender Energie die Eindringtiefe erhöht [59] und mit zunehmenden Passes ein Clustering von MTZ und die Größenzunahme individueller MTZ eintritt [131]. Unmittelbar nach dem Eingriff empfiehlt sich das Auflegen gekühlter feuchter Kompressen oder Masken (s. Abb. 3.4–3.10, S. 26 ff.).

Insbesondere die on-time-Kühlung, also das parallele Kühlen der Haut während der Behandlung, wird als erfolgskritisch angesehen, da sich die Gefahr des Bulk Heating und assoziierter Komplikationen (Blasenbildung, Pigmentverschiebung usw.) so vermeiden lassen [85, 137]. Zudem reduziert sich der Schmerz um fast drei Punkte auf einer Skale von 1–10 [138]. Zugleich wurde festgestellt, dass sich die Größe der MTZ reduziert. Es ist daher wichtig, immer gleiche Kühlkonditionen anzuwenden, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

## 3.3 Nachsorge

Ein gutes Gelingen der nicht ablativen fraktionierten Fotothermolyse kann durch eine standardisierte Nachbehandlung weitgehend sichergestellt werden.

### 3.3.1 Pflege

Unmittelbar nach dem Eingriff sollte eine gekühlte hydrophile Pflege aufgetragen werden. Die weitere Kühlung der Creme kann durch Lagerung im Kühlschrank gewährleistet werden. Steriles Arbeiten ist der Verhinderung von Infektionen zuträglich [139].

Alternativ wird das Waschen des Gesichtes mit handwarmem Wasser empfohlen [85]. Kürzlich wurde jedoch eine Mykobakterieninfektion mit *Mycobacterium chelonae* nach ablativer fraktionaler Therapie unter dem klinischen Bild akneiformer Eruptionen beschrieben und als Quelle Leitungswasser vermutet [140]. Daher sollten nur keimfreie Zubereitungen verwendet werden.

Während der ersten 1–3 Tage nach dem Eingriff sollte dem Patienten ein festgelegtes Pflegeregime an die Hand gegeben werden. Abgeraten wird von okkludierenden oder komedogenen Externa, um eine posttherapeutische Akne nicht zu stimulieren [85]. Nach eigener Erfahrung können Cicaplast®, Hydra-Recovery® (La Roche-Posay, Düsseldorf) oder die dehnbare Vliesmaske (Olaz Anti-Aging-Pflege Total Effects Maske, Procter & Gamble) sinnvoll eingesetzt werden, wenn gleich letztere aufgrund der zahlreichen Inhaltsstoffe zunächst leicht brennen kann ([http://www.olaz.de/product-range/total-effects/total\\_effects\\_mask.php](http://www.olaz.de/product-range/total-effects/total_effects_mask.php)).

### 3.3.2 Infektionsprophylaxe

#### Bakterien

Die prophylaktische antibiotische Abschirmung ist umstritten und den eigenen Erfahrungen nach nicht unbedingt erforderlich. Empfohlen wird die Gabe von Doxycyclin oder Azithromycin oder die Applikation von Mupirocin Creme [127].





Klinik der nicht ablativ fraktionalen Lasertherapie



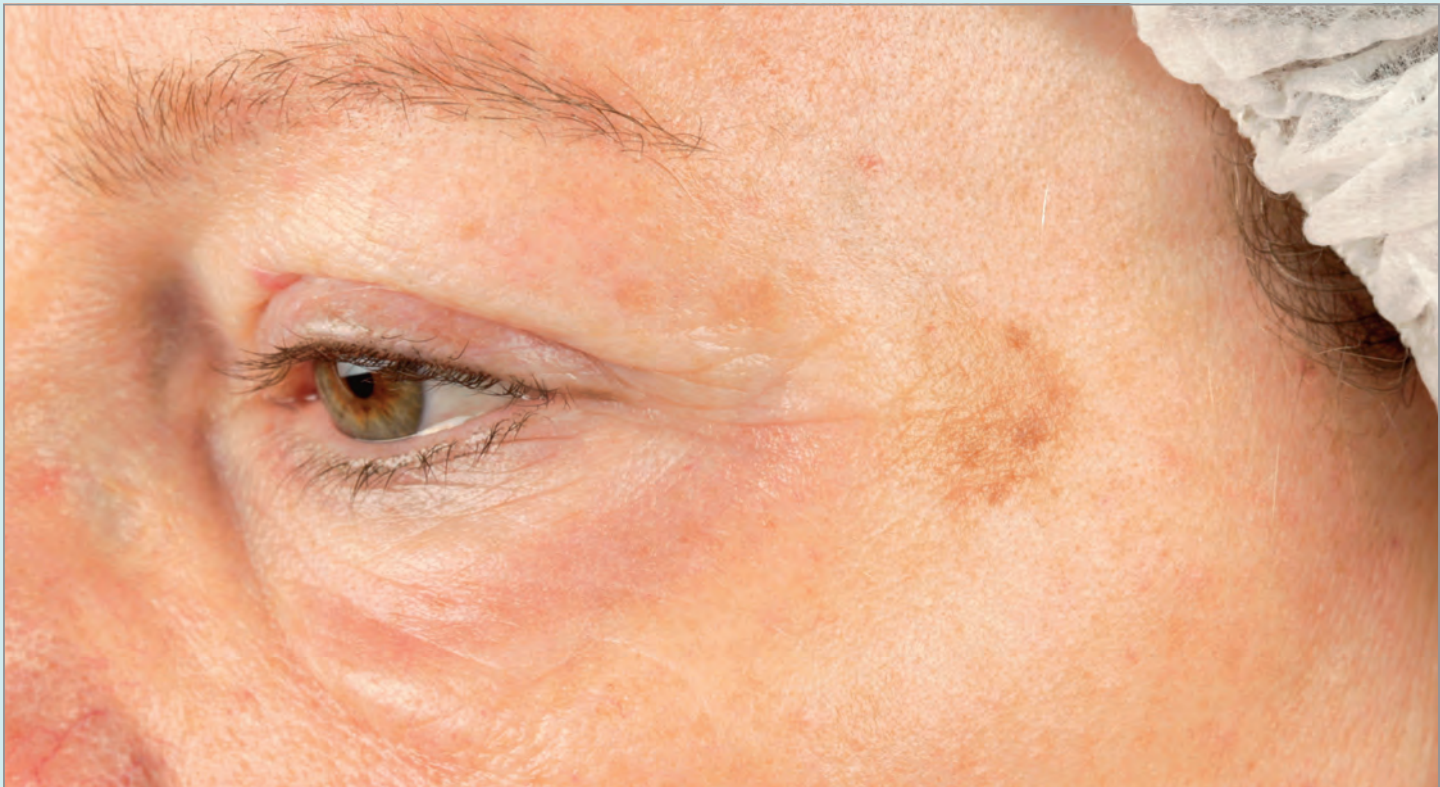
3

**Abb. 3.5** Klinisches Bild derselben Patientin 1 Tag nach NAFXL mit einem Er:Glass-Laser (dynamic application mode, Spotsize 10, Frequenz 150 Hz, Energie 15 mJ bis 150 MTZ/cm<sup>2</sup>). Einen Tag nach der Laserintervention findet sich ein minimales Erythem, unterhalb des Auges rechts diskret angegedetete Krusten.





Klinik der nicht ablativ fraktionalen Lasertherapie



3

Copyright by  
Not for Publication

gleich bekannt ist, dass mit zunehmender Energie und Coverage deutlichere klinische Effekte zu erzielen sind [144].

Auch ist noch nicht abschließend bekannt, inwiefern sich die derzeit angebotenen Systeme (CO<sub>2</sub>-, Er:YAG- und Er:YSGG-Laser) in ihrer Effektivität unterscheiden. In der gerade abgeschlossenen ClinFrax-Studie, die von einer Arbeitsgruppe an der Universität Leipzig unter Leitung des Autors durchgeführt wurde, zeigt sich eine Verringerung der Hautoberflächengröße (Maß für die Faltigkeit und die Hautrauheit) für wenig und auch stark ausgeprägte Falten bereits nach einer Therapie sowohl mit dem klassischen (kalten) fraktionierten Er:YAG-Laser, dem thermoablativen Er:YAG-Laser (warm) und dem CO<sub>2</sub>-Laser (heiß). Bis zur 3. Behandlung alle 4 Wochen kann eine weitere deutliche Faltenreduktion erreicht werden, und auch nachfolgend durchgeführte Behandlungen bis zu 6 Sitzungen konnten weitere Verbesserungen erbringen.

Im Vergleich der Laser zeigt sich, dass mit höherer Wärmeeintragung die Ergebnisse besser ausfallen. Im Umkehrschluss heißt dies, dass bei Notwendigkeit einer deutlichen Faltenreduktion der CO<sub>2</sub>-Laser bessere Ergebnisse liefert als der thermoablativ wirkende Er:YAG-Laser oder der Er:YSSG-Laser. Die weniger mit Wärme und Koagulation vergesellschafteten Wellenlängen haben ihren Vorteil bei weniger ausgeprägten Falten. Darüber hinaus sind die Nebenwirkungen im Vergleich zum CO<sub>2</sub>-Laser deutlich reduziert.

5

Erste Ergebnisse liefert eine dreiarmlige plazebokontrollierte Studie zur Auswirkung der mit ablativen fraktionalen Systemen in die Haut eingebrachten Wärme. Verwendet wurde ein CO<sub>2</sub>-Laser, ein „warmer“ Er:YAG-Laser, der die Wärme über eine Kombination ablativer und subablativer Pulse einbringt, und ein traditionell „kalter“ Er:YAG-Laser, der nur kalte – und somit ablativ – Pulse verwendet. Es zeigte sich eine deutliche Reduktion der Oberfläche entsprechend einer Faltenglättung nach 3 Behandlungen. Eine weitere Abnahme findet sich nach 6 Behandlungen. Die beiden Erbium-Laser führen ebenfalls zu einer Reduktion der Faltigkeit.

## 5.2 Klinische Veränderungen nach ablativer fraktionaler Therapie

Unserer Erfahrung nach sind die klinischen Ergebnisse in Abhängigkeit von der Indikation noch uneinheitlich zu bewerten. Zahlreiche der anvisierten oberflächlichen Hautveränderungen sind in ihrer Ausprägung schwierig reproduzierbar zu beurteilen [176] und werden leicht durch Umgebungsfaktoren (Lichteinfall, Mimik) verzerrt. Je nach Indikation ist eine Verbesserung zu unterschiedlichen Ausprägungen auf Vergleichsfotos sichtbar. Erste Studien, die eine Profilometrie zur Bewertung einsetzen, zeigen jedoch die Wirksamkeit der repetitiv angewendeten ablativen fraktionalen Lasertherapie. Offensichtlich gut geeignete Indikationen sind oberflächliche bis mitteltiefe Falten, Pigmentverschiebungen, senile Hämangiome und z. T. Melasma [48, 177].

In der Ära der flächig unfraktionierten Ablation wurde die Tiefe der applizierten Ablation als wesentlich für die klinische Effizienz bewertet [178, 179]. Dabei wurde dem CO<sub>2</sub>-Laser eine größere Wirksamkeit als dem Er:YAG-Laser bescheinigt [160, 180]. Generell spielen die Menge der Abtragung und der residuale thermische Schaden

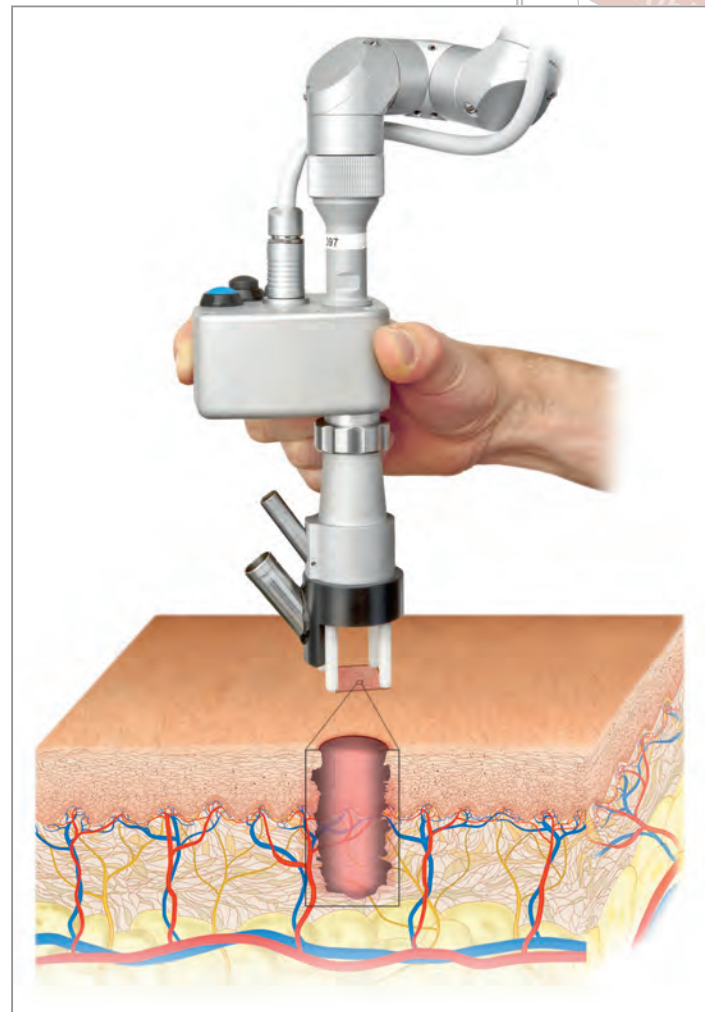


Abb. 5.26 CO<sub>2</sub>-Laser (Modell), der mit kleinem Spot und geeigneten Scannern sich sehr effektiv für die AFXL einsetzen lässt.

(Koagulation) eine entscheidende Rolle, wobei Eindringtiefen von bis zu 500 µm angestrebt werden. Klinisch korrelieren die unmittelbar nach der Therapie auftretende Schwellung und das Erythem mit der eingebrachten Energie.

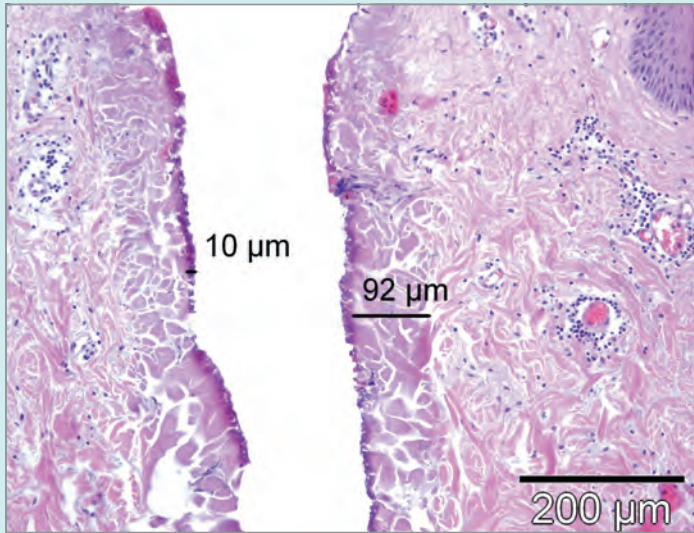
## 5.3 Fraktionale ablativ-koagulierende CO<sub>2</sub>-Laser

Der klassische CO<sub>2</sub>-Laser ist bestens hinsichtlich seiner Wirkungen an der menschlichen Haut untersucht. Die schnelle Abtragungsmöglichkeit auch größerer Flächen ohne nennenswerte Blutungsneigungen steht im Kontrast zu den häufig beklagten Nebenwirkungen. Es war damit nur eine Frage der Zeit, dass das neue Konzept der Fraktionierung auf diese Wellenlänge übertragen wurde. Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass der fraktionierte CO<sub>2</sub>-Laser ein Standardlaser in der Ästhetik werden wird. Erste Applikationen von Arrays ablativer und thermischer Pulse auf Haut ex vivo mit einem CO<sub>2</sub>-Prototypylaser (30 W, 0,12 mm Spotgröße, Pulsdauer 0,7 ms) resultierten in kleinen Läsionen von ca. 350 µm Breite und einer außerordentlichen Tiefe von bis zu 1 mm bei Anwendung von nur 23,3 mJ [163]. Die Kavitäten wurden im Abstand von ca. 500 µm gesetzt. Das dazwischen liegende Bindegewebe verblieb komplett vital. Zudem war das Stratum

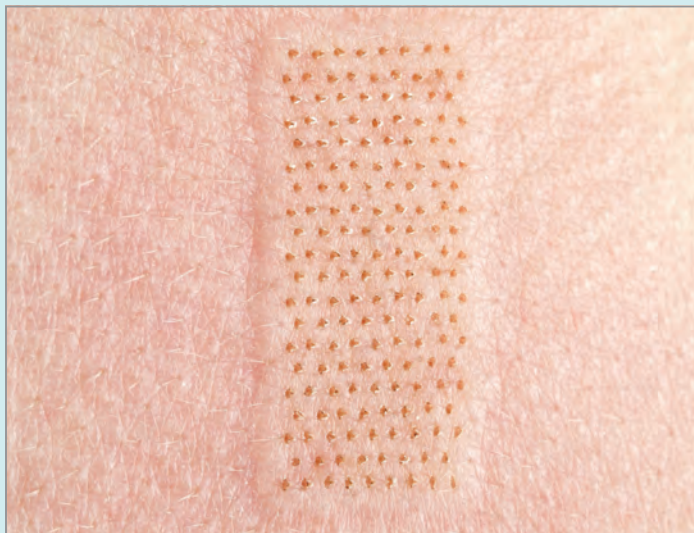




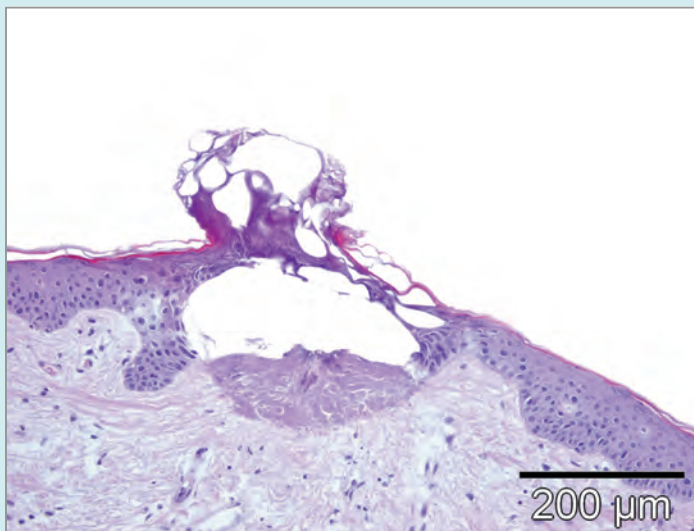
**Makroskopie und Mikroskopie der fraktional-ablativen Fotothermolyse**



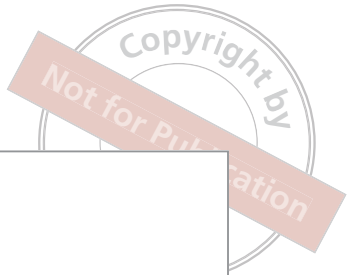
**Abb. 5.27** Klassisches histologisches Bild einer MTZ nach fraktionaler Ablation mit Darstellung der Ablationszone, der Nekrose und der Koagulationszone sowie umgebendes vitales Gewebe.



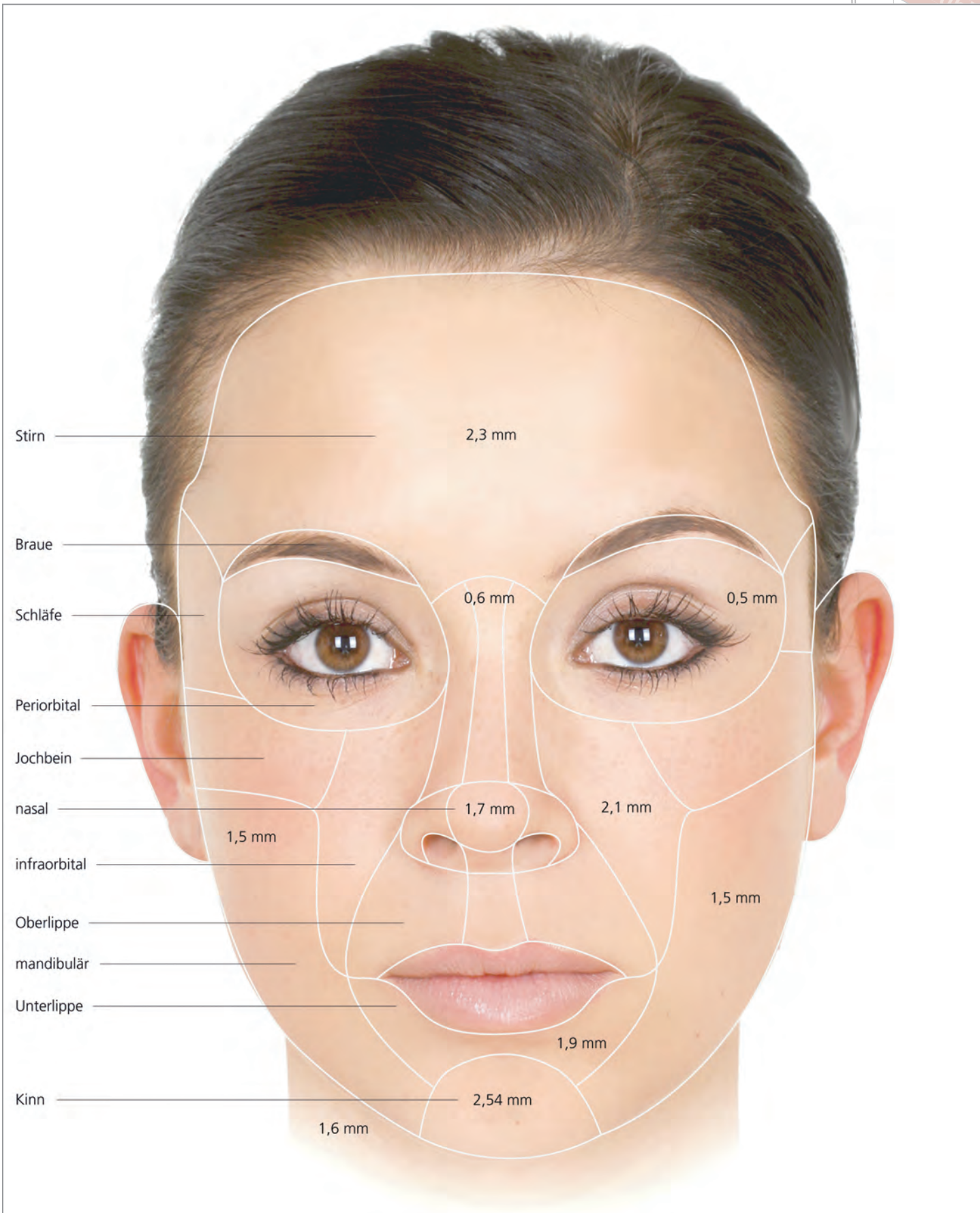
**Abb. 5.28** Unmittelbar nach der Lasereinwirkung sichtbare punktförmige Veränderungen der Haut entsprechen den MTZ nach AFXL, später tritt ein Ödem hinzu.



**Abb. 5.29** Erhaltung des „epidermalen Daches“ bei Verwendung niedriger Energien.



6



**Abb. 6.4** Ästhetische Zonen mit Angaben der ungefähren Hautdicke verändert nach [176, 210], die intraindividuell natürlich starken Schwankungen unterliegt und daher nur als Orientierung dienen kann.





### Checkliste Parameterwahl bei AFXL

#### Wellenlänge passend zur Indikation wählen

- Je stärker der Indikationsbefund desto mehr Wärme wird benötigt
- Effektivität: CO<sub>2</sub>-Laser ⇒ thermoablativer Er:YAG- und Er:YSGG-Laser ⇒ ablativer Er:YAG-Laser

#### Energiewahl nach Indikationsbefund

- Je stärker der Indikationsbefund desto mehr Energie wird benötigt
- Solange möglich, gewünschte Energie mit kürzester Pulsdauer erzielen
- Density nicht zu hoch wählen
- Reduktion der Behandlungsintensität in empfindlichen Hautregionen

#### Zahl der Behandlungen dem gewünschten Grad der Verbesserung anpassen

- Mit erster Therapie tritt meist schon eine klinische Verbesserung ein
- Repetitive Therapie von 3–6 Behandlungen zeigt stetige Verbesserung in Profilometrie

nen (CoolScan™) appliziert. Geeignet ist das System für feine Falten und oberflächliche Dyspigmentierungen. Die dünnen MAZ werden in zirkulärer Form entsprechend der gewählten geometrischen Form zur Therapie moderater bis tiefer Falten, Pigmentierungen und Narben eingebracht [144]. Inwiefern die Kombination tiefer MAZ mit einem zweiten Pass oberflächlich großflächiger MAZ tatsächlich wie periorbital gezeigt [194] bessere Erfolge bringt, bleibt abzuwarten.

Das System CO<sub>2</sub>RE (Syneron/Candela) liefert 60 W maximale Ausgangsleistung mit einer Fluence von bis zu 90 mJ/cm<sup>2</sup> und einer Pulsdauer von minimal 0,02 Sekunden. Zudem kann dieser Laser, der mit einem multifunktionalen Scanner ausgestattet ist, oberflächliche und tiefere MAZ nebeneinander einbringen. Systeme mit größerer Spotgröße und einer verfügbaren Leistung von 30 W erreichen gute klinische Resultate bei 40–80 mJ und einer Pulsdauer von 1–2 ms, wenn gleich deutliche Unterschiede im Gewebeschussprofil bestehen. Systeme mit geringerer Leistung und relativ langen Pulsdauern erzielen signifikante Verbesserungen bei repetitiver Therapie von atrophen Narben auch auf Hauttyp IV, jedoch mit der Konsequenz einer beinahe obligaten Induktion einer transienten 5-wöchigen Hyperpigmentierung [209].

Die wiederholte Therapie von Behandlungsarealen ist nicht mit einer höheren Frequenz von Nebenwirkungen verbunden [169].

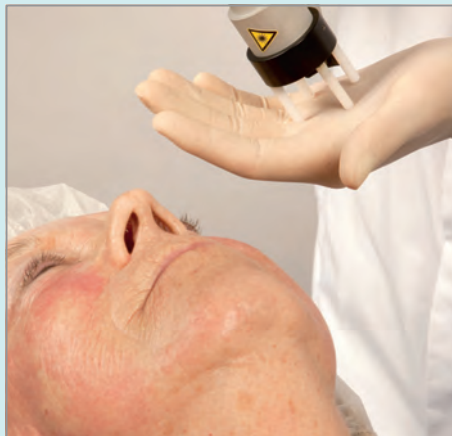
### In eigenen Studien verwendete Geräte und Zubehör



Abb. 6.5 Ablativ fraktionaler CO<sub>2</sub>-Laser (hier Lutronic Mosaic) mit diversen Tips und einem intuitiv zu verwendenden Touch Screen



**Ablauf des Eingriffs**



**Abb. 6.9** Im Bereich von Augen, Mund und Nase ist bei der fraktionalen Ablation besondere Vorsicht geboten. Der optimale Sitz der Augenschalen sollte fortwährend kontrolliert werden. Mund- und Nasenpartien sind besonders empfindlich. Eine gute Kühlung ist hier essenziell. Allerdings kann der kalte Luftstrom das Atmen des Patienten blitzartig enorm erschweren. Husten und Niesen bringen den Arbeitsablauf zum Stocken. Daher ist das vorausschauende Abdecken unabdingbar. Darüber hinaus sind fortwährende Erklärungen für den Patienten, der ja nicht sehen kann, was mit ihm passiert, sehr wichtig.

**6.2 Ablauf des Eingriffs**

Am Morgen vor dem Eingriff wurde idealerweise die Haut nicht eingecremt und kein Make-up aufgetragen. Wie bei jeder Lasertherapie muss der Patient vor Beginn des Eingriffes bequem gelagert werden. Da nicht wenig Material aus der Haut entfernt wird, empfiehlt sich,

Patienten mit langen Haaren eine Haube aufzusetzen, um einen unangenehmen Geruch zu vermeiden. Zudem danken es die Betroffenen, da Duschen zwar möglich ist, am ersten Tag aber nicht so gern in Anspruch genommen wird. Wichtig ist der korrekte Augenschutz, der bei Eingriffen in Augennähe immer mit Augenschalen ausgeführt werden sollte (s. Kap. 8.7.4, S. 162).



## Ablauf des Eingriffs



**Abb. 6.10** Bei allen ablativen fraktionalen Verfahren kann man schon unmittelbar nach der Laserapplikation das Ergebnis am Schussprofil sehen. Später entsteht ein deutlicherer Abdruck infolge des einschließenden Reflexerythems und der Schwellung. Wichtig ist, ständig kontrolliert ausgeführte Kühlung während der Behandlung (s. Kap. 8.7.6, S. 165). Es empfiehlt sich eine Assistenz, die die Kühltemperatur und die Absaugung überwacht. Die gleichzeitige parallele Absaugung der ablatierten Partikel ist wichtig, damit so wenig Rauch wie möglich in die Raum- und Atemluft gelangt (s. Kap. 8.7.7, S. 165 ff.).

Im nächsten Schritt sollte die Haut kurz entfettet und gereinigt werden. Danach wird das topische Lokalanästhetikum (z. B. EMLA®) aufgetragen (s. Kap. 8.7.2, S. 155 ff.) und ausreichend lang – ggf. unter Okklusion – zur Einwirkung gebracht. Unmittelbar vor Beginn der Lasertherapie wird das topische Lokalanästhetikum z. B. mit einem Hautdesinfiziers abgewischt. Als Nächstes müssen alle Sicherheits-

vorkehrungen für Patient und Personal überprüft und die Energieparameter individuell eingestellt werden. Zudem muss nochmals sichergestellt werden, dass der Pilotstrahl und die Kühlung einwandfrei funktionieren. Sind all diese vorbereitenden Schritte durchgeführt und die Kontrollen zur Zufriedenheit ausgefallen, wird das festgelegte Behandlungsareal zügig therapiert.



Copyright by  
Not for Publication

Klinischer Verlauf: CO<sub>2</sub>-Laser



6

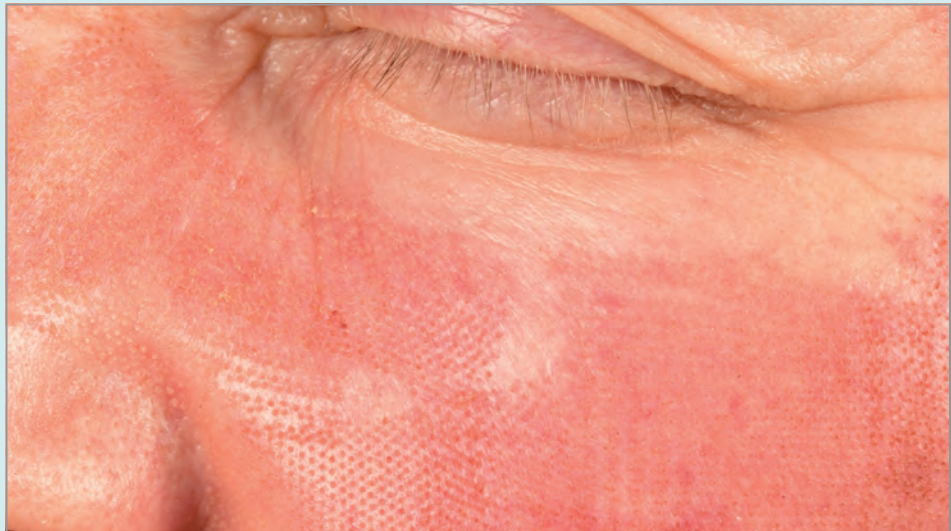


Abb. 6.21 Klinisches Bild 48 Stunden nach ablativer fraktionaler Lasertherapie mit einem CO<sub>2</sub>-Laser.





Klinischer Verlauf: CO<sub>2</sub>-Laser

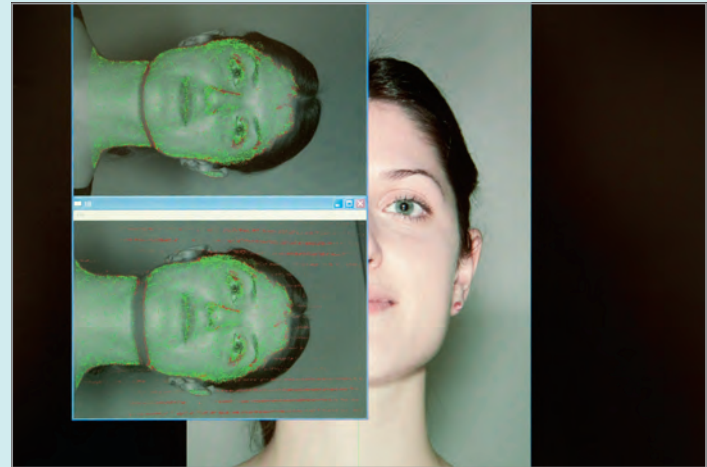
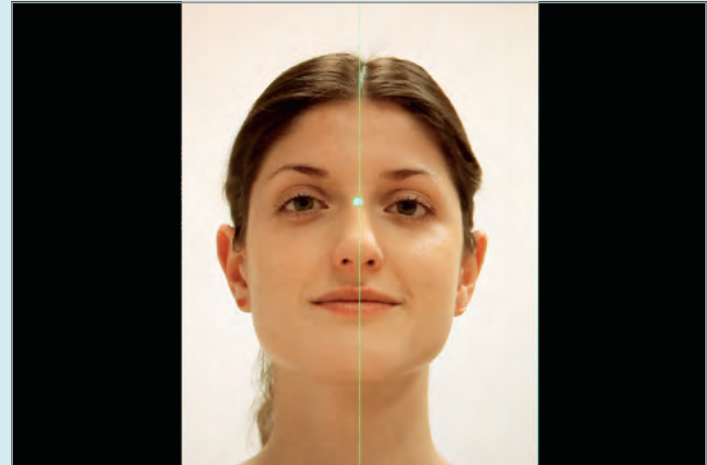


6

Abb. 6.22 Klinisches Bild 4 Wochen nach ablativer fraktionaler Lasertherapie mit einem CO<sub>2</sub>-Laser.

**Ablauf der 3-D-Fotografie**

**Abb. 8.27 (oben links u. rechts)** Das Positionierungssystem ist dann korrekt eingerichtet, wenn der grüne Zielstrahl auf der Haut erkennbar ist.



**Abb. 8.28 (unten rechts)** Nach Abschluss der Aufnahme erfolgt die Berechnung der Polygone zur Darstellung des 3-D-Bildes.

Einfach ausgedrückt ermöglicht die Software dem Therapeuten, eine dreidimensionale Abbildung des Aufnahmeobjekts zu erstellen. Wenn der Anwender mit dem Ergebnis zufrieden ist, kann er das Bild lokal oder auf dem Server speichern.

**8.5.7 Bildauswertung**

Module der Software ermöglichen die Ausmessung und Auswertung von Linien, Oberflächen und Volumina. Damit können die Resultate klinischer Prozeduren visualisiert und über verschiedene Zeitpunkte miteinander verglichen werden (s. Abbildungssequenz 8.29–8.35, S. 151 ff. sowie Abb. 8.36 u. 8.37, S. 155).

**8.5.8 Praktische Anwendung der 3-D-Fotografie**

Der Ausgangsbefund bzw. das Referenzbild ist der Grundstein im Konsultationsprozess. Im ersten Schritt wird die Referenzaufnahme generiert, welche den Ist-Zustand zum Zeitpunkt der Konsultation abbildet. Diese Referenzaufnahme bildet die Basis für alle Simulationen, die später durchgeführt werden. Ferner dient diese Aufnahme

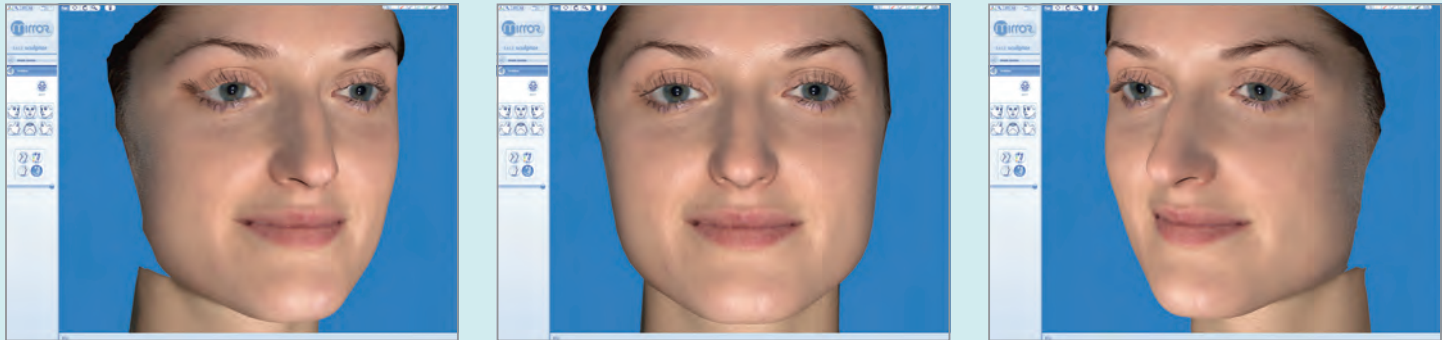
als Referenz, mit der die späteren Ergebnisse der Behandlung verglichen werden. Die Erstellung der Referenzaufnahme sollte daher mit großer Sorgfalt erfolgen, um sicherzustellen, dass der Ausgangsbefund die aktuelle körperliche Verfassung der Patientin in eindeutiger Weise repräsentiert.

Für die Durchführung der Referenzaufnahme müssen folgende Grundbedingungen vorhanden sein:

- Die Haut des Patienten sollte trocken, sauber und frei von allen kosmetischen Produkten sein.
- Wenn das Gesicht im Behandlungsfokus steht, sollten keine Haare diese Region verdecken.
- Starker künstlicher Lichteinfall oder direktes Sonnenlicht sollten vermieden werden.
- Die Patientin sollte sich in einer bequemen Aufnahmeposition befinden, um Bewegungen vor oder während der Aufnahme zu minimieren.
- Bei der Aufnahme des Gesichtsbereichs sollte die Patientin einen entspannten und neutralen Gesichtsausdruck haben. Gesichtsausdrücke wie Lächeln, Stirnrunzeln oder Grimassen führen zu



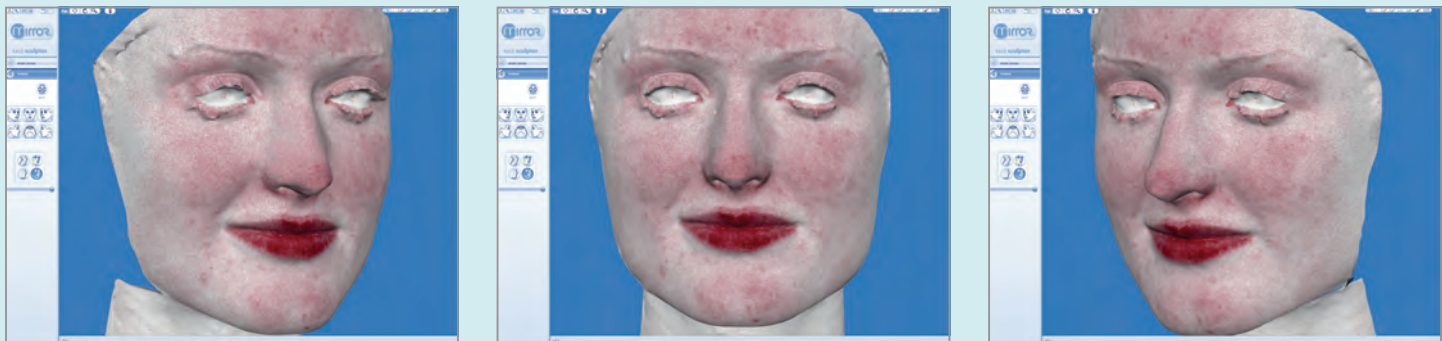
### Gegenüberstellung der verschiedenen Bildfilter



**Abb. 8.29** Die freie Beweglichkeit des Bildes via Maus oder Filmerstellung ermöglicht ein leichtes Demonstrieren spezifischer Hautareale zusammen mit dem Patienten.



**Abb. 8.30** Spezifische Softwarefilter erlauben die Darstellung von Pigmenten.



**Abb. 8.31** Spezifische Softwarefilter erlauben die Darstellung von Gefäßen.

einer nicht reproduzierbaren Verfälschung des Ausgangsbefunds. Dabei würden Merkmale, wie beispielsweise Falten und Gesichtsproportionen, verfälscht und hervorgehoben.

Die Folgeaufnahmen müssen ebenso sorgfältig erstellt werden. Beim Vergleich ist darauf zu achten, dass tatsächlich nur vergleichbare Fotografien und Areale der Auswertung zugeführt werden.

### 8.5.9 Foto-Archivierung

Während die Anfertigung digitaler Fotografien kein größeres Problem darstellt, kann die Archivierung derselben schnell zu einem sol-

chen werden. Fotodokumentationen benötigen daher ein Archivierungssystem.

Die Daten müssen zuverlässig gespeichert und schnell wiedergefunden werden. Hierfür gibt es für alle Anwendungsbereiche verschiedene spezialisierte Systeme und Vorgehensweisen. Folgende Grundsätze gelten beim Archivieren von Daten:

- Regelmäßige Sicherung der Daten
- Erstellung von mindestens zwei Kopien
- Aufbewahrung der Kopien an zwei unterschiedlichen Orten