

Die Hautfunktionsanalyse – Objektive Quantifizierung, Visualisierung und Bewertung spezifischer hautphysiologischer Parameter

Analysis of Skin Function – Objective Quantification, Visualization and Determination of Specific Skin-Physiological Parameters

Autor

M. Steinert

Institut

Laserklinik Dres. Steinert, Biberach

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1391350>
 Akt Dermatol 2015; 41: 134–142
 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York
 ISSN 0340-2541

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Markus Steinert
 (apl. Prof. A. Pető-Institut,
 Budapest)

Laserklinik Dres. Steinert
 Holzmarkt 6
 88400 Biberach
 m.steinert@drsteinert.de

Zusammenfassung

▼
 Objektive, quantifizierbare und reproduzierbare Analysen der Hautfunktion sind für die Charakterisierung des Hauttyps unverzichtbar. Die Messung und Dokumentation hautphysiologischer Parameter wie Hautfeuchtigkeit, Hautkolorit, Sebum, Transepidermaler Wasserverlust, Elastizität, Oberflächenstruktur und Hautstruktur ge-

Ziel eines jeden Behandlers sind individuell auf den Hauttyp abgestimmte Pflegeempfehlungen. Denn selbst das beste kosmetische Pflegeprodukt ist wirkungslos, wenn es nicht optimal auf den Hauttyp abgestimmt ist. Neben der visuellen Diagnose durch den erfahrenen Spezialisten sind daher nicht-invasive hautphysiologische Untersuchungsmethoden der Hautmesstechnik unverzichtbar. Reproduzierbare Messungen aller wichtigen hautphysiologischen Parameter ermöglichen eine objektive Bewertung und Quantifizierung spezifischer Funktionen der Haut und gewährleisten eine präzise Beurteilung der Haut, insbesondere der Hautalterung oder der Einflüsse verschiedener Pathomechanismen. Darüber hinaus sind In-vivo-Messungen eine wertvolle Unterstützung bei der Auswahl und Empfehlung geeigneter Pflegeprodukte [1–5]. Durch Nachmessungen in regelmäßigen Abständen können Ergebnisse evaluiert werden, die als Basis für die Entwicklung optimaler und effektiver Hautpflegekonzepte dienen. Der Einsatz moderner Geräte liefert aber nicht nur normierte Messergebnisse, mit denen die Wirksamkeit von Behandlungen oder Pflegeprodukten gezielt, objektiv und umfassend überprüft und beurteilt werden kann. Durch die Demonstration aller hautphysiologischen Parameter am Display des Messgerätes wird der Patient (Abb. 1) mit einbezogen. Die Geräte werden in unterschiedlichen Preissegmenten angeboten und bieten entsprechend ihrer Ausstattung viele Möglichkeiten zur Erfassung

währleisten die präzise Beurteilung von Hautfunktionen sowie Hautveränderungen und ermöglichen zielorientierte Behandlungs- und Pflegekonzepte. Durch Visualisierung der In-vivo-Messungen kann der Behandler dem Patienten zeigen, was „in ihm steckt“. Die optische Darstellung der Hautanalyse ist ein eindrucksvolles Beratungstool und Unterstützung bei Verkaufsgesprächen.

der wichtigsten Hautparameter. Diese Übersicht soll am Beispiel des Kombi-Messgerätes DermaLab® Combo der Fa. Cortex Technology aus Dänemark (Abb. 1) exemplarisch zeigen, was moderne Geräte im Praxistest leisten: die Hautfunktionsanalyse – objektive Quantifizierung, Visualisierung und Beurteilung spezifischer hautphysiologischer Parameter.

Welche Messungen sind sinnvoll?

▼
 Der hautphysiologische Zustand sollte durch Messungen der Hautfeuchtigkeit und des Sebums bestimmt werden. Die Ermittlung des transepidermalen Wasserverlustes (TEWL) erlaubt die Bewertung der Barrierefunktion der Hornschicht. Liegt eine Hautbarrierestörung vor, steigt die Gefahr von Irritationen, Entzündungen und Allergien. Objektive Aussagen über die Elastizität der Haut können durch viskoelastische Messungen getroffen werden. Außerdem sollten Parameter wie Oberflächenstruktur, Pigmentierung und Rötungsgrad der Haut bestimmt werden. Hochauflösender Ultraschall zur Visualisierung der Hautstrukturen komplettiert die präzise Hautanalyse (Tab. 1). Zur Charakterisierung des Hauttyps sind alle Messwerte zunächst an der unbehandelten Haut zu bestimmen. Um die durch den Abschmink- und Reinigungsprozess modifizierten Eigenschaften der Haut wie Regeneration von Hautfeuchtigkeit oder Fettgehalt der Hautober-



Abb. 1 Kombi-Messgerät DermaLab® Combo (Cortex Technology, Dänemark) mit Analyse-Sonden.

Hautfunktionsanalyse Parameter	Indikation
– quantitative Messung der Sebumabgabe einer definierten Hautfläche	– Untersuchung des Lipidfilmes der Haut
– Messung der Hautleitfähigkeit	– Erfassung des Feuchtigkeitsbedarfes als Beratungstool für geeignete Pflegeprodukte und deren Wirksamkeitsüberprüfung
– Ermittlung des transepidermalen Wasserverlustes (TEWL)	– Überprüfung der Hautbarrierefunktion bei Allergien, Irritationen der Haut, Produktempfehlung, Gutachten
– Viskoelastische Messung der Hautelastizität	– Visualisierung und Dokumentation von Verbesserungen während einer Therapie oder ästhetischen Behandlung – z. B. bei Cellulite
– Messung von Erythem und Melanin zur Bestimmung der Hautfarbe	– Überprüfung des Behandlungsfortschritts bei lang andauernden Therapien – z. B. bei Naevus flammeus, Rosacea und Tätowierungen – Messung des objektiven Pigmentierungsgrades bei subjektiver Bräunung zur Vermeidung von Nebenwirkungen einer Lasertherapie
– Visualisierung der Hautdicke und -dicke mit Ultraschall	– Kontrolle von Wirkung und Effektivität von Behandlungen oder Pflegeprodukten – optische Darstellung des Kollagenverlustes durch Hautalterung oder UV-Schäden ist ein eindrucksvolles Werkzeug bei der Aufklärung über Verhaltensänderungen gegenüber der Sonnenexposition
– Visualisierung der Hautoberfläche und der Haare	– Erkennung von Erosionen, Vergleich von unterschiedlichen Rückständen (Salbenreste) bei verschiedenen Produkten

Tab. 1 Charakterisierung des hautphysiologischen Zustands: Mess-Parameter und Indikationen.

fläche zu gewährleisten, sollten die Analysen frühestens 20 Minuten nach der Hautreinigung erfolgen. Die Kontrolle von Wirkung und Effektivität von Pflegeprodukten erfolgt unter Analysen an der behandelten Haut. So lässt sich dokumentieren und beurteilen, ob Pflegeprodukte optimal auf die individuellen Defizite der Haut abgestimmt sind und das Potenzial haben, diese Defizite effektiv auszugleichen.

Die Wasserbindungsfähigkeit bestimmt den Hautfeuchtigkeitsbedarf

▼ Die Hornschicht (*Stratum corneum*) verhindert als effektive Permeabilitätsbarriere das Eindringen von Mikroben, chemischen Substanzen, Schadstoffen oder Allergenen. Die äußere Schicht der Epidermis minimiert außerdem den transepidermalen Wasserverlust (TEWL) und schützt so die Haut vor dem Austrocknen und der vorzeitigen Hautalterung. *Perspiratio sensibilis*, *P. insensibilis* und andere endogene Vorgänge beeinflussen die Hautfeuchtigkeit ebenso wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und weitere andere Faktoren. Insbesondere die dauerhafte

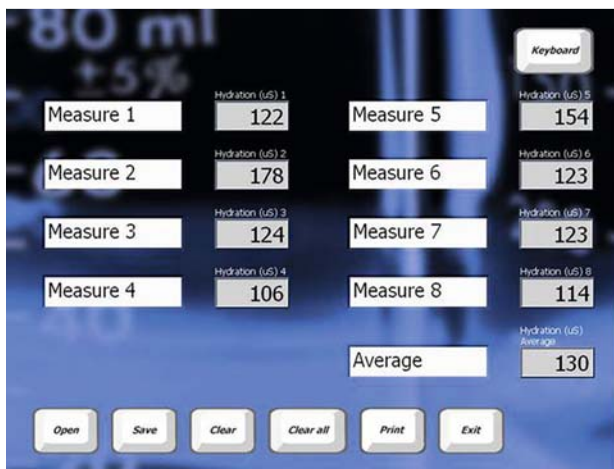


Abb. 2 Quantifizierung der Hautfeuchtigkeit mit der Pin-Sonde (DermaLab®, Cortex Technology) – das spezielle Design mit acht Pins ermöglicht die Messung der Hautleitfähigkeit selbst bei trockener und behaarter Haut.

Anwendung von Wasser und der Kontakt mit waschaktiven Substanzen können dazu führen, dass wasserbindende Inhaltsstoffe der Hornschicht ausgewaschen werden. In der Folge wird die Wasserbindungsfähigkeit der Haut vermindert [6]. Die Feuchtigkeit der Hornschicht kann mit verschiedenen Analysemethoden schnell und reproduzierbar gemessen werden. Physikalische Grundlage dieser Analysemethoden ist die lineare Abhängigkeit der epidermalen elektrischen Kapazität vom Wassergehalt der Epidermis. Wegen der hohen Dielektrizitätskonstante von Wasser lässt sich der Wassergehalt des *Stratum corneum* sehr gut bestimmen (► **Abb. 2**). Je trockener die Hornschicht, desto schwächer ist ihre dielektrische Eigenschaft. Der Kontakt mit Wasser beeinflusst die elektrische Kapazität der Epidermis und kann die zuverlässige Analyse stören. Der in der Sonde integrierte Kondensator baut zur Messung der Dielektrizitätskonstante der Haut zunächst ein elektrisches Feld auf. Sobald der Messkopf senkrecht auf die Hautoberfläche gedrückt wird, gelangt die Hornschicht in den Streubereich des Kondensatorfeldes. In Abhängigkeit vom Wassergehalt kommt es zu Kapazitätsänderungen des Messkondensators. Die in relativen Einheiten (Feuchtigkeitseinheiten 0–9999 μ Siemens) am Display angezeigten Messwerte sind immer proportional zum Feuchtigkeitsgehalt der Haut.

Fettarm oder seborrhoisch? Die Sebumetrie

Die Hautoberfläche wird von einem dünnen Hydrolipidfilm bedeckt. Diese Emulsionsschicht setzt sich aus Sebum- und Schweißbestandteilen, epidermalen Lipiden, transepidermal abgegebenem Wasser, Keratin- und Eiweißspaltprodukten aus dem Verhornungsprozess [7] sowie losen Hornhautschuppen zusammen. Das von den Talgdrüsen sezernierte Sebum wird über Haarfollikel einmündungen auf die Hautoberfläche transportiert [8]. Es besteht hauptsächlich aus Wachsesteren, Triacylglycerolen und Squalen [9]. Die Menge und Zusammensetzung der Hydrolipidemulsion wird von inneren Faktoren wie genetischer Disposition, Krankheiten und äußeren Einflüssen wie Tages- und Jahreszeit sowie der Luftfeuchte beeinflusst und variiert je nach Körperregion. Der Gesamtfettgehalt auf der Hautoberfläche transportiert Antioxidantien zur Hautoberfläche und bildet einen natürlichen Säureschutzmantel der Hautoberfläche (pH 5,5), der für das

Gleichgewicht der physiologischen Hautbakterien mitverantwortlich ist. Damit spielt er eine wichtige Rolle bei der antimikrobiellen Aktivität. Neben diesen wichtigen Funktionen beeinflusst der Hydrolipidfilm die Hautwasserabgabekapazität [10], indem er übermäßigen Wasserverlust des *Stratum corneum* verhindert. Zur Lipidmessung können verschiedene Messmethoden eingesetzt werden, die das Oberflächenfett erfassen. Beim Sebumeter-Messprinzip handelt es sich um eine direkte Messung der Talgsekretion, die auf dem Prinzip der Photometrie basiert. Die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit von Glas, Kunststoff oder mikroporösem Film durch eine Benetzung mit Fett kann gravimetrisch oder photometrisch gemessen werden. Der Oberflächenfettgehalt der Haut führt zu einer veränderten Transparenz auf einem Teststreifen. Zur Messung des Oberflächenfettgehalts werden ölabsorbierende, mikroporöse Sebum-Teststreifen verwendet. Dieser Polymer-Film wird vor der Messung kalibriert (Nullabgleich) und mit gleichbleibendem Andruck auf die zu messende Hautstelle gedrückt. Die Messung erfolgt im Fettmess-Schacht des Geräts, das die Lichtdurchlässigkeit des Streifens nach dem Prinzip der Transluzenzmessung mit einer Genauigkeit von 5 Prozent misst. Die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit ist dabei abhängig von der aufgetragenen Fettmenge und wird als Oberflächenfettgehalt am Gerätedisplay angezeigt. So lässt sich die Talgmenge exakt quantifizieren. Da Feuchtigkeit die Transparenz beeinflusst und somit das Ergebnis verfälschen kann, sollten spezielle Teststreifen verwendet werden, deren Oberfläche ausschließlich die Absorption von Fett zulässt (► **Abb. 3**). Die Sebummenge an der Hautoberfläche ist ein Maß für die Anzahl und Aktivität der Talgdrüsen im untersuchten Areal. Entsprechend dem Feuchtigkeitsbedarf von fettarmen oder seborrhoischen Hautstellen können Pflegekonzepte angepasst und Behandlungen im Verlauf optimiert werden. Darüber hinaus ermöglicht die Talgmengenbestimmung die Erfassung von Hautfunktionsstörungen wie Xerosis, Psoriasis, Neurodermitis. Die Sebumetrie ist deshalb ein häufig eingesetztes Verfahren bei der Evaluation der Wirksamkeit von Arzneistoffen und Dermatokosmetika mit potenziellem Einfluss auf die Sebumexkretion.

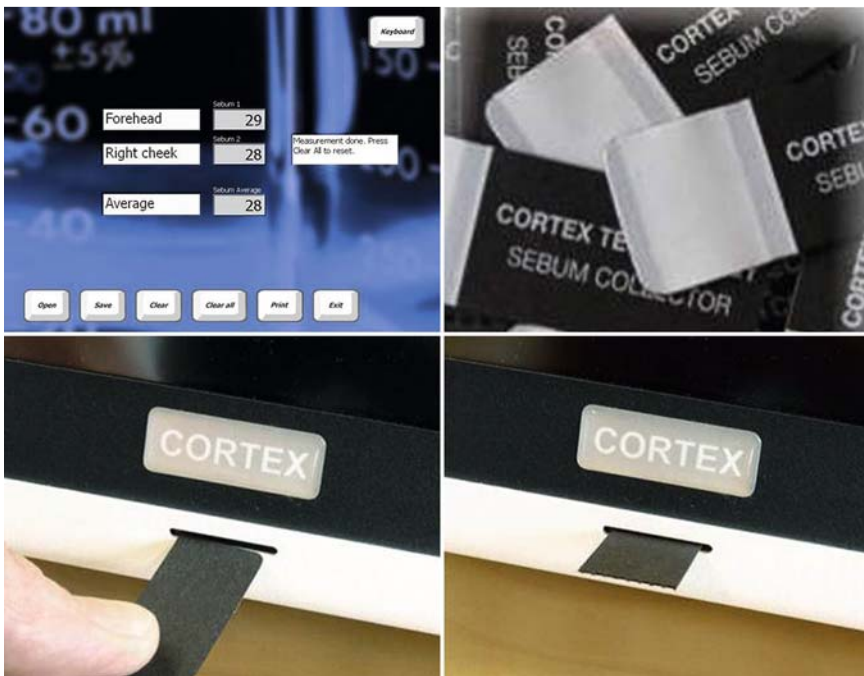


Abb. 3 Messung des Oberflächenfettgehalts der Haut mit ölabsorbierenden, mikroporösen Sebum-Teststreifen (DermaLab® Combo, Cortex Technology).

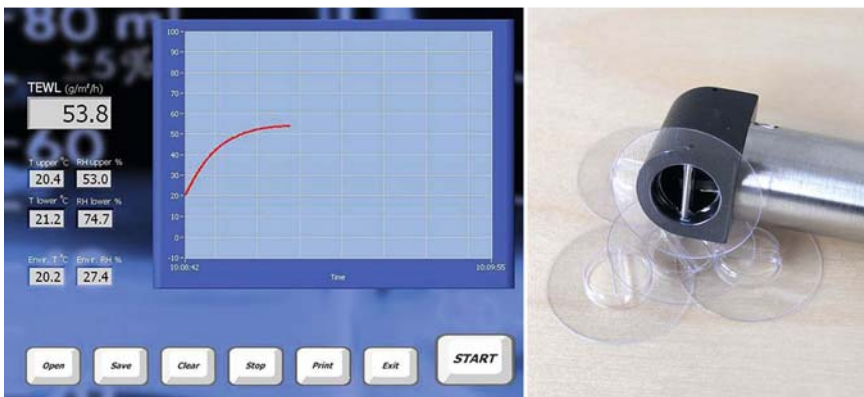


Abb. 4 Ermittlung des Transepidermalen Wasserverlusts (TEWL) zur Überprüfung der Hautbarrierefunktion (DermaLab® Combo, Cortex Technology).

Die Hautbarriere – Messung der Evaporation

Die Hornschicht der Haut ist von einem Wasser-Fett-Film bedeckt, der durch seinen pH-Wert von etwa 5,5 ein für Mikroorganismen ungünstiges Milieu schafft. Ideale Bedingungen für eine gesunde Hautflora. Kommt es durch längeren Wasserkontakt zur Dilution wasserbindender Substanzen, kann es zu einer Entfettung der Haut und in der Folge zur Quellung der Hornschicht kommen. Ist diese Barrierefunktion gestört, trocknet die Haut aus. Mit steigender Durchlässigkeit nimmt der transepidermale Wasserverlust (TEWL) zu [11–14]. Je größer der TEWL-Wert, desto trockener ist die Haut. Fremdstoffe können leichter in die tieferen Hautschichten gelangen und Irritationen auslösen. Die Evaporationsmessung erfolgt über die Bestimmung des Dampfdruckgradienten mit unventilierten oder ventilierten Kammern [15–20]. Spezielle Sensoren in zylindrischen Messsonden messen Luftfeuchte und Temperatur in unterschiedlichen Abständen senkrecht zur Hautoberfläche. Um Einflüsse der Raumluftfeuchtigkeit [21] auszuschließen, sollte eine Minimierung äußerer Störfaktoren sowohl bei offenen als auch geschlossenen Zylinderkammern gewährleistet sein. Die Sensoren sollten daher besonders gegen Störungen durch Luftströmung und einfallendes Licht geschützt sein (▶ **Abb. 4**). Unter idealen Raumbedingungen (22–24 °C, 40–

60% Luftfeuchtigkeit) kann der TEWL (0–250 g/m²/h) mit einer Standardabweichung von 5 Prozent berechnet werden. Die auf dem Markt angebotenen Messsonden können teilweise auf Hauttemperatur vorgewärmt werden, um die evaporierende Wassermenge noch präziser zu ermitteln. Die Messergebnisse werden als Hauptwert mit dazugehöriger Kurve am Monitor angezeigt.

Kollagenverlust sichtbar machen! Kontrolle von Wirkung und Effektivität bei Behandlungen oder Pflegeprodukten

Kollagen- und Elastinfasern bestimmen die viskoelastischen Fähigkeiten der Haut. Die biomechanischen Eigenschaften sind abhängig von Struktur, Gefüge, Größe und Form der Zellen und variieren je nach Zusammenhalt der einzelnen Schichten als auch dem Zusammenspiel von inneren Faserstrukturen und der Matrix [22–25]. Sowohl extrinsische als auch intrinsische Faktoren wie Alter, Sonnenexposition, Geschlecht, Körperregion, genetische Faktoren und Krankheiten haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Viskoelastizität der Haut und können zu Elastizitätsverlust, verzögerter Retraktionsfähigkeit nach vorangegangener Dehnung sowie der Ausprägung von Falten führen. Mit zu-

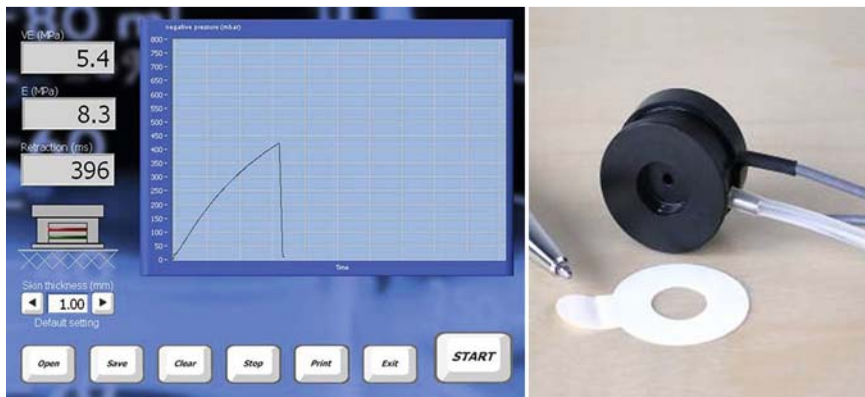


Abb. 5 Elastizität-Sonde mit Klebering (DermaLab® Combo, Cortex Technology) zur viskoelastischen Messung der Hautelastizität zur Darstellung von Viskoelastizität (VE), Young's Modulus (E) und Retraktionszeit (R).

nehmendem Alter verändern sich die enorm zugfesten Kollagenfaserbündel – sie werden schmäler, da sowohl Kollagensynthese als auch Kollagengehalt deutlich abnehmen. Aufgrund der Bindungsfähigkeit von Gewebsflüssigkeit verfügen Kollagenfasern über visköse Eigenschaften. Die aus Elastin und mikrofibrillären Proteinen aufgebauten Elastinfasern wirken wie elastische Federelemente. Nach Rücknahme der Kraftereinwirkung kehren sie vollständig in ihre Ausgangsform zurück und gewährleisten damit die Rückstellung der Kollagenfasern in ihren relaxierten Zustand. Durch Desorganisation elastischer Fasern oder degenerierte und verkürzte Kollagenfasern [26] kommt es zum Verlust an Festigkeit und Geschmeidigkeit und zur Ausbildung von Falten. Die Dehydratation der Epidermis reflektiert die Verlangsamung des Keratinozytenwachstums, in deren Folge sich die elastische Rückstellungsfähigkeit der Dermis verringert und der Turgor abnimmt [27, 28]. Der Mangel an Wasserbindungsfaktoren führt zu einer verminderten Plastizität der Hornschicht. Bei Altershaut ist die Hysterese stärker ausgeprägt, da das Verhalten der Ausgangsparameter variant verzögert ist. Relaxation, Kriechverhalten und Hysterese der Haut können mit unterschiedlichen Methoden nach dem Prinzip des Spannungs-Dehnungs-Modus gemessen werden. Folgende Messmethoden werden zur Bestimmung der plastischen und elastischen Eigenschaften der Haut eingesetzt: Saugmethode (Elongation), Verdrehung (Torsion), Eindruckversuch (Indentometrie), Ziehversuch (Lewarometrie), einachsige Scherbelastung (Extensometer) oder dynamische Zugbelastungen (Elektrodynamometer). Bei der Elongationsmethode wird in einer zylindrischen Messsonde zunächst ein Unterdruck mit Vakuum erzeugt. Bei der Messung der vertikalen Deformation der Haut wird der kapazitive Widerstand zwischen Hautoberfläche und Elektrode elektronisch erfasst. Die Fixierung der Sonde mit Kleberingen auf dem zu messenden Hautareal gewährleistet in der praktischen Anwendung eine präzise Applikation und verhindert eine Dislokation der Sonde (► **Abb. 5**). Mit Vakuum wird die Haut maximal 2,5 Millimeter angesaugt, gedehnt und wieder relaxiert. Die Auslenkung der Haut wird von Detektoren erfasst und kann unmittelbar am Monitor abgelesen werden. Das Ausdehnungsvermögen der Haut am Ende der Ansaugphase ist ein Maß für die Hautsteifigkeit, also die „elastische Dehnung“. Das Rückstellungsvermögen der Haut nach vorangegangener Dehnung (relatives elastisches Zurückziehen) reflektiert ihre „biologische Elastizität“. Bei der Auswertung und Interpretation der plastischen und elastischen Hauteigenschaften haben sich drei verschiedene Messparameter bewährt:

1. Rückstellvermögen der Haut – Viskoelastizität (VE)
2. Haut-Steifigkeit – Young's Modulus (E)
3. Rückstellzeit – Retraktionszeit (R)



Abb. 6 Videoscope (DermaLab® Combo, Cortex Technology) zur Darstellung der Oberflächenstruktur von Haut und Haaren.

Die Beschaffenheit der Oberflächenstruktur von Haut und Haaren

▼ Ein wichtiger Bestandteil der Hautdiagnose ist die genaue Betrachtung von Haut und Haaren mit dem Auge oder der Lupenleuchte. In der täglichen Praxis kommen häufig einfache Handlupen zum Einsatz, die eine etwa 10-fache Vergrößerung leisten. Grundsätzlich werden zur Dermatoskopie verschiedene Gerätetypen angeboten: auf Basis der Immersionstechnik oder unter Verwendung von polarisiertem Licht. Durch das optische System werden die oberen Hautschichten des *Stratum corneum* vergrößert, tiefer liegende Strukturen „beleuchtet“. Somit werden im dermatoskopischen Bild Strukturen und Farben sichtbar, die dem Untersucher bei rein klinischer Untersuchung nicht zugänglich sind. Details im Rahmen einer umfassenden Hautanalyse erfordern allerdings eine visualisierende Analysetechnik, die im Vergleich zur Lupe eine noch höhere optische Leistungsfähigkeit gewährleistet. Elektronische Video-Mikroskope (Videoscope) mit integrierter LED-Beleuchtung liefern hier unter Verwendung der Immersionstechnik qualitativ hochwertige Aufnahmen der Hautoberfläche mit einer 20–50-fachen Vergrößerung (► **Abb. 6**), die elektronisch gespeichert werden. Als nichtinvasive Untersuchungstechnik gewährleistet die Dermatoskopie-Technik dem behandelnden Arzt die präzise Beurteilung des Vorher- und



Abb. 7 Messung des objektiven Pigmentierungsgrades nach dem Prinzip der Reflektions-Spektroskopie (DermaLab® Combo, Cortex Technology) – Farbspektren E/M und CIELAB.

Nachher-Zustands der Haut und ermöglicht darüber hinaus die zuverlässige Früh- und Differenzialdiagnostik von malignen Hautveränderungen wie Melanomen oder Anomalitäten wie pigmentierten Läsionen. Selbst Falientiefen können im Verlauf einer Behandlung mit Antifaltenpräparaten visualisiert und unterschiedliche Resorptionsvermögen von Cremes und Salben anhand verbleibender Rückstände dokumentiert werden.

Die Bestimmung des objektiven Pigmentierungsgrades

Das Hautkolorit ist ein wichtiges blickdiagnostisches Kriterium im Rahmen der Hautanalyse. Pigmentierte und nicht pigmentierte Hautveränderungen stellen den Kliniker oftmals vor eine Herausforderung, da viele Details der Hautbeschaffenheit nicht ausreichend mit dem bloßen Auge beurteilt werden können. Farbmessungen eröffnen eine Betrachtungsebene, die für die Hautanalyse sehr hilfreich ist. Die Pigmentierung der Haut wird vor allem von genetischen Faktoren bestimmt, kann aber auch durch Umwelt- und endokrine Faktoren, Heilungsvorgänge, Hautalter, Temperatur und Lichtexposition beeinflusst werden. Menge, Art und Verteilung der Hautpigmente sind daher variabel und unterschiedlich ausgeprägt. Das in den Melanozyten der Epidermis synthetisierte Melanin wird in Form von kleinen Partikeln, den Melanosomen, an die Epidermalzellen abgegeben. Bei der Melaninsynthese entstehen zwei Varianten des Melanins: Eumelanin und Phäomelanin, wobei die Produktion der Melanintypen sowohl von melanogenen Regulatoren der Melanozyten als auch von Sekretionsfaktoren der Keratinozyten und Fibroblasten gesteuert wird. Das Verständnis dieser intrinsischen Mechanismen bildet eine wichtige Grundlage für Modifikationen der Hautpigmentierung, die im Fokus des kosmetischen Interesses stehen. Entgegen einem weit verbreiteten Irrtum kann der durch Farbmessungen ermittelte Melanin-Wert nicht einem bestimmten Hauttyp nach Fitzpatrick [29] zugeordnet werden. Der Hauttyp charakterisiert ein Verhalten, das sich nicht aus einer zeitlich einmaligen Messung bestimmen lässt. Hautrötungen (Erytheme) und Bräunungsgrad der Haut (Melanin) können prinzipiell mit verschiedenen Methoden quantifiziert werden: Gleichheitsverfahren, Spektralverfahren und Dreibereichsverfahren. Bei Farbbestimmungen nach dem Gleichheitsverfahren werden Hautfärbungen visuell mit valenzmetrisch bekannten Farbatlanten oder Farbkarten abgeglichen, während beim Spektralverfahren die Farbreizfunktionen spektralphotometrisch gemessen und daraus entsprechende Farbvalenzen errechnet werden. Die Farbmessung erfolgt beim Dreibereichsverfahren mit drei photoelek-

trischen Empfängern verschiedener Wellenlängenbereiche, deren spektrale Empfindlichkeiten den Normspektralwertkurven entsprechen. Das Messprinzip beruht auf dem Absorptionsprinzip [30]: Zunächst sendet eine Lichtquelle spezifische Wellenlängen aus. Die von der Haut absorbierten und diffus reflektierten Strahlen werden von einem Farbsensor nach dem Prinzip der Reflektions-Spektroskopie gemessen. Spezielle Messsonden mit integrierter LED-Beleuchtung und transparenter Sondenfront ermöglichen dabei eine besonders exakte Positionierung. Störende Einflüsse wie interne Reflexionseffekte oder externe Lichtquellen lassen sich durch eine optimale Fokussierung minimieren. Erfolgt die Standardisierung der Dioden nach den Richtlinien der CIE [20–34], werden die Ergebnisse vom Gerät automatisch auf Grundlage des CIELAB-Systems berechnet. Es handelt sich hierbei um das bekannte MINOLTA-Farbmessverfahren [35] (☛ **Abb. 7**). So können Bräunungsgrad und Rötung der Haut über den Erythem-/Melanin-Index berechnet und am Gerätemonitor angezeigt werden. Auf diese Weise lassen sich präzise Aussagen über Effekt und Erfolg einer Behandlung im Verlauf machen.

Hautanalyse mit hochauflösendem Ultraschall

Die aus Laminin, Kollagen, Proteoglykan, Nidogen und anderen Proteinen komplex aufgebaute Grenzfläche zwischen Epidermis und Dermis ist fest an das dermale Kollagenfasernetz verankert und gewährleistet einen festen Zusammenhalt zwischen Keratinozyten und Dermis. Kollagenfasern im Bindegewebe sind für die Elastizität der Haut verantwortlich und halten diese glatt und straff. Die Stützfasern aus Eiweißbausteinen sorgen dafür, dass nach der Bewegung unserer Muskeln die Haut wieder in ihre ursprüngliche Position zurückwandert. Außerdem können sie Wasser speichern und bewirken so, dass unsere Haut prall und fest aussieht – zumindest in jungen Jahren. Mit zunehmendem Alter ist die Produktion von Kollagen vermindert. Gleichzeitig werden die elastischen Fasern vermehrt abgebaut – der Kollagengehalt nimmt ab. Beschaffenheit und Veränderungen dieser Strukturen durch Hautalterung, UV-Schäden oder Hautverjüngung können durch das sogenannte Echo-Impuls-Verfahren ebenso dargestellt werden. Mit speziellen Ultraschallgeräten lassen sich Hautstrukturen bis zu einer Tiefe von einem Zentimeter sichtbar machen. So können Hautstrukturen oder Modifikationen – wie Hautalterung, Sonnenschäden oder der Schweregrad von Cellulite – objektiv bewertet werden, die äußerlich nicht erkennbar sind. Zur Visualisierung der Hautdicke und Hautdicke wird die Ultraschall-Sonde (≥ 20 MHz) senkrecht auf die Hautoberfläche aufgesetzt. Der Transducer in der Sonde vollzieht

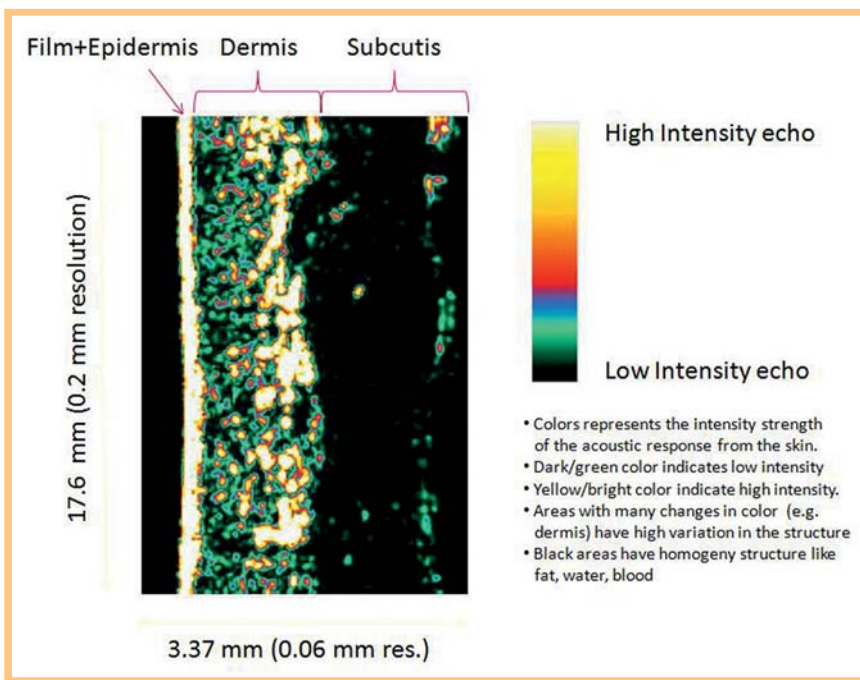


Abb. 8 20 MHz-Ultraschallbild mit rotierendem Transducer zur Visualisierung der Hautstrukturen bis 3,37 Millimeter Eindringtiefe.



Abb. 9 Hochauflösender Ultraschall (DermaLab® Combo, Cortex Technology): Vergleich sonnengeschützter Haut (links) mit stark sonnenexponierter Haut (rechts). Dicke und Dichte der UV-exponierten Haut sind sichtbar reduziert, deutliche Zunahme eines Low Echogenic Band (LEB) direkt unterhalb der Epidermis.

beim Scanvorgang eine rotierende bzw. lineare Bewegung, ohne dass die Sonde manuell bewegt werden muss. Die Rückstrahlung der ausgesendeten Ultraschallwellen wird als Echo empfangen. Nach der Umwandlung in elektronische Impulse werden die reflektierten Wellen automatisch verarbeitet und als 256-Farbcodiertes Bild angezeigt (◉ **Abb. 8** und ◉ **Abb. 9**). Die empfangene Echo-Intensität wird Farben zugeordnet: Die Farbpalette reicht von 256 (weiß=hohe Intensität der Reflektion) bis 0 (schwarz=keine Reflektion). Hautdicke- und Hautdickenmessung liefern mit einer hohen Auflösung (je nach Gerätetyp bis zu 384×768 Pixeln) somit präzise Aussagen über die Beschaffenheit von Dermis und Subkutis. Strukturen der Haut werden bis 11 Millimeter Eindringtiefe am Bildschirm angezeigt und ermöglichen die sofortige Beurteilung von Dichte, Dicke, Übergang und Kollagen- und Elastizitätsverlust, Veränderungen der Haut und Hautschädigungen können durch die Intensität der Reflektion objektiv bewertet und dokumentiert werden. Abnahmen der Hautdicke bei atrophischer Haut lassen sich ebenso darstellen und messen wie die Wirksam-

keit von kosmetischen Behandlungen oder Lasertherapien, die anhand dieser Bild-Analysen immer aktuell beurteilt, überprüft und im Behandlungsverlauf dokumentiert werden können.

Welches Messgerät ist für die präzise Analyse wichtiger Hautfunktionsparameter geeignet?

Zahlreiche Messsysteme zur Hautanalyse sind derzeit in verschiedenen Preissegmenten auf dem Markt erhältlich. Geräte verschiedener Hersteller wurden in der vorliegenden Übersicht praxisrelevant auf Zuverlässigkeit, Varianz der Messwerte und Handhabung getestet (Courage+Khazaka electronic GmbH, Deutschland; Cortex Technology, Dänemark) und deren Leistungsfähigkeit exemplarisch an einem der Geräte dargestellt. Bei der Wahl des geeigneten Gerätetyps sollten verschiedene Auswahlkriterien berücksichtigt werden. Mobilität, Reproduzierbarkeit und einfache Bedienung zeichnen die Qualität der Geräte aus. Im Gegensatz zu Einzelgeräten bieten Kombinationssysteme

unterschiedlich große Bandbreiten an integrierten Messungen an. Modulare Systeme können je nach Bedarf um weitere Bausteine ergänzt oder als Add-on-System mit unterschiedlichen Sonden auf den individuellen Bedarf erweitert werden. Die schnelle, einfache und präzise Analyse aller wichtigen Hautfunktionen wird insbesondere von Geräten ermöglicht, in denen sowohl klassische Hautmessungen als auch hochauflösender Ultraschall integriert sind. Durch das Anstecken der entsprechenden Sonde wird automatisch die Software aktiviert. Die Software ist teilweise bereits vom Hersteller auf ein definiertes Produktsortiment abgestimmt und zeigt sofort nach der Messung entsprechende Produktempfehlungen an. Vom Hersteller angebotenes Datenmaterial zu Vergleichszwecken ermöglicht eine erste Orientierung und kann die Interpretation von Messergebnissen erleichtern. Erfahrungswerte und Mehrfachmessungen garantieren bei der Hautanalyse eine gesicherte Charakterisierung des Hauttyps unterschiedlicher Hautpartien einer Mischhaut und helfen dabei, Messfehler auszuschließen. Dank integrierter USB-Schnittstellen können externe Geräte wie Drucker, Monitor oder auch Speichersticks angeschlossen werden.

Fazit für die Praxis

Für den effektiven und zielorientierten Erfolg jeder kosmetischen Behandlung sind individuell auf den Hauttyp abgestimmte Pflegeempfehlungen erforderlich. Exakte hautphysiologische Untersuchungsmethoden der Hautmesstechnik sind als Basis für jede objektive, quantifizierbare, parametrisch messbare sowie reproduzierbare Beurteilung der Hauteigenschaften unverzichtbar. Moderne Kompaktgeräte ermöglichen dem erfahrenen Spezialisten präzise Hautanalysen, die ohne großen apparativen Aufwand zuverlässig und schnell durchführbar sind. Bildschirmgeführte Schritt-für-Schritt-Anleitungen und die Touchscreen-Bedienung machen den täglichen Gebrauch einfach, unkompliziert und intuitiv. Die geräteunterstützten Hautanalysen reflektieren den aktuellen Hautzustand und liefern alle erforderlichen Daten zur Charakterisierung des Hauttyps. Damit gewährleisten sie ein zielorientiertes Behandlungs- und Pflegekonzept. Durch Visualisierung der Hautstrukturen können Wirkung und Effektivität von Behandlungen oder Pflegeprodukten gezielt, objektiv und umfassend quantifiziert, überprüft und beurteilt werden. Patienten glauben meist das, was sie auch wirklich sehen.

Interessenkonflikt

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht. Das Gerät „DermaLab® Combo“ der Firma Cortex Technology aus Dänemark wurde zunächst im Rahmen des Praxistests ausgeliehen und anschließend gekauft.

Abstract

Analysis of Skin Function – Objective Quantification, Visualization and Determination of Specific Skin-Physiological Parameters

Objective and reproducible analysis of skin function based on quantifiable measurements permit determination of the precise skin type. Skin-physiological parameters such as skin hydration, skin color, skin barrier, sebum, transepidermal water loss (TEWL), elasticity and skin micro-relief enable the advanced evaluation of skins function and changes. Reliable and target-driven treatment and care concepts are thus available. The optical representation is an effective consulting tool and support for the sales dialogue “skin values at a glance”.

Literatur

- Hanau A, Stucker M, Gambichler T et al. Nichtinvasive Diagnostik von Hautfunktionen. *Hautarzt* 2003; 54: 1211 – 1123
- Zuang V, Rona C, Distante F et al. The use of a capacitance device to evaluate the hydration of human skin. *J Appl Cosmetol* 1997; 15: 95 – 102
- Berardesca E, Distante F. Bioengineering: methods. In: Van Der Valk PGM, Maibach HI, eds. *The irritant contact dermatitis*. New York: CRC Press; 1996: 313 – 316
- Fartasch M, Bassukas ID, Diepgen T. Structural relationship between epidermal lipid lamellae, lamellar bodies and desmosomes in human epidermis: an ultrastructural study. *Br J Dermatol* 1993; 128: 1 – 9
- Fartasch M, Hüner A, Tepe A et al. Hautphysiologische Untersuchungsmethoden in der Berufsdermatologie. *Allergologie* 1993; 16: 25 – 34
- Fiedler F, Werle E. Activation, inhibition, and pH-dependence of the hydrolysis of alpha-N-benzoyl-L-arginine ethyl ester catalyzed by kallikrein from porcine pancreas. *Eur J Biochem* 1968; 7: 27 – 33
- Raab W, Kindl U, Daniels R. *Pflegekosmetik – Ein Leitfadens*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH; 1999
- Fluhr JW, Mao-Qiang M, Brown BE et al. Glycerol regulates stratum corneum hydration in sebaceous gland deficient (asebia) mice. *J Invest Dermatol* 2003; 120: 728 – 737
- Stewart M. Sebaceous glands lipids. *Seminars Dermatol* 1992; 11: 100 – 105
- Wille J, Kydonieus A. Palmitoleic acid isomer (C16: 1D6) in human skin sebum is effective against GRAMpositive bacteria. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 2003; 16: 176 – 187
- Freeman S, Maibach H. Study of irritant contact dermatitis produced by repeat patch test with sodium lauryl sulfate and assessed by visual methods, transepidermal water loss and laser doppler velocimetry. *J Am Acad Dermatol* 1988; 19: 496 – 502
- Elsner P, Wilhelm D, Maibach HI. Frictional properties of human forearm and vulvar skin: Influence of age and correlation with transepidermal water loss and capacitance. *Dermatologica* 1990; 181: 88 – 91
- Cua AB, Wilhelm KP, Maibach HI. Frictional properties of human skin: relation to age, sex and anatomical region, stratum corneum hydration and transepidermal water loss. *Br J Derm* 1990; 123: 473 – 479
- Lodén M, Olssen H, Axell T et al. Friction, capacitance and transepidermal water loss (TEWL) in dry atopic and normal skin. *Brit J Derm* 1992; 126: 137 – 141
- Scott RC, Oliver GJA, Dugard PH et al. A comparison of techniques for the measurement of transepidermal water loss. *Arch Dermatol Res* 1982; 274: 57
- Tagami H, Kobayashi H, Kikuchi K. A portable device using a closed chamber system for measuring transepidermal water loss: comparison with the conventional method. *Skin Res Technol* 2002; 8: 7
- Tupker RA, Pinnagoda J. Measurement of Transepidermal Water Loss by Semiopeb Systems. In: Serup J. *Handbook of Non-invasive methods and the skin*. New York: CRC Press; 2006
- Nilsson GE. On the measurement of evaporative water loss. Methods and clinical applications. Thesis, (1977a) Linköping University Medical Dissertations No. 48. Linköping, Schweden
- Nilsson GE. Measurement of water exchange through skin. *Medical and Biological Engineering and Computing* 1977; 15: 209 – 218

- 20 Nishi Y, Gagge AP. Effective temperature scale useful for hypo- and hyperbaric environments. *Aviat Space Environ Med* 1977; 48: 97–107
- 21 Pinnagoda J, Tupker RA, Anger T et al. Guidelines for transepidermal water loss (TEWL) measurement. *Contact Dermatitis* 1990; 22: 164–178
- 22 Purslow PP, Wess TJ, Hukins DW. Collagen orientation and molecular spacing during creep and stress-relaxation in soft connective tissues. *J Exp Biol* 1998; 201: 135–142
- 23 Wilhelmi BJ, Blackwell SJ, Mancoll JS et al. Creep vs. stretch: a review of the viscoelastic properties of skin. *Ann Plast Surg* 1998; 41: 215–219
- 24 Sasaki N, Odajima S. Stress-strain curve and Young's modulus of a collagen molecule as determined by the X-ray diffraction technique. *J Biomech* 1996; 29: 655–658
- 25 Hsu S, Jamieson AM, Blackwell J. Viscoelastic studies of extracellular matrix interactions in a model native collagen gel system. *Biorheology* 1994; 31: 21–36
- 26 Berardesca E, Farinelli N, Rabbiosi G et al. Skin Bioengineering in the Noninvasive Assessment of Cutaneous Aging. *Dermatologica* 1991; 182: 1–6
- 27 Randazzo SD, Dinotta F. Dry Skin: Pathophysiology and Treatment. *J Appl Cosmetol* 1993; 11: 121–126
- 28 Strianse SJ. Human skin – moisturizing mechanism and natural moisturizers. *Cosmet & Toilet* 1978; 93: 37–41
- 29 Fitzpatrick TB. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Archives of Dermatology* 1988; 124: 869–871
- 30 Fullerton A, Fischer T, Lahti A et al. Guidelines for measurement of skin colour and erythema. A report from the Standardization Group of the European Society of Contact Dermatitis. *Contact Dermatitis* 1996; 35: 1–10
- 31 CIE S 014-1/E:2006:Colorimetry – Part 1: CIE standard colorimetric observers.
- 32 CIE S 014-2/E:2006:Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants.
- 33 Robertson AR. The CIE 1976 colour difference formulas. *Color Res Appl* 1977; 2: 7–11
- 34 Weatherall IL, Coombs BD, Bernard D. Skin color measurements in terms of CIELAB color space values. *Journal of Investigative Dermatology* 1992; 99: 468–473
- 35 Minolta GmbH: Exakte Farbkommunikation. Vom Farbgefühl bis zur Objektiven Messung. Ahrensburg: 1996