

Öle und Fette in kosmetischen Produkten – Natur contra Petrochemie?

veröffentlicht in *Kosmetische Medizin* 2008 (2), 76-80

Schlüsselwörter: Kohlenwasserstoffe, Mineralöle, essenzielle Fettsäuren, Silikone, Hautgleichgewicht, Hautregeneration, Hautbarriere, TEWL, Barrierecremes, Barriere-wiederherstellung, Korneotherapie

Zusammenfassung: Fette und Öle sind wichtige Bestandteile in Hautpflegepräparaten. Die Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen und Silikonen werden den Triglyceriden pflanzlicher und synthetischer Provenienz gegenübergestellt. Die Einflüsse auf die hauteigene Regeneration und mögliche Langzeitauswirkungen werden beschrieben. Anhand der verfügbaren Literatur wird eine Bilanz aus physiologischer Sicht gezogen.

Ein Thema, das immer wieder kontroverse Diskussionen auslöst, ist die Verwendung von mineralölbasierten Kohlenwasserstoffen in kosmetischen Präparaten. Wodurch unterscheiden sich Öle und Wachse aus der Petrochemie von natürlichen Fetten und Ölen? Der folgende Beitrag versucht, anhand der zugänglichen Fachliteratur eine Bilanz aus Vor- und Nachteilen zu ziehen.

Das Vorbild – die menschliche Haut

Die menschliche Haut schützt sich hauptsächlich durch die im Stratum corneum befindlichen Barrierschichten, die aus Ceramiden, Fettsäuren und Cholesterin bestehen, sowie durch das Sebum der Talgdrüsen. Das Sebum setzt sich aus Triglyceriden (41%), Fettsäuren (16%), Wachsen (25%), Squalen (12%), Cholesterin (1,4%) und Cholesterinestern (2%) zusammen¹⁾, wobei die Angaben je nach Quelle leicht schwanken können. Das Sebum prägt den Lipidmantel der Haut.

Es kann vermutet werden, dass kosmetische Präparate, deren Zusammensetzungen den Barrierschichten und dem Sebum gleichen, für die Hautpflege optimal sind. In der Tat zeigen Untersuchungen mit auf die Haut applizierten Barrierebestandteilen dann ein Regenerationsoptimum, wenn das natürliche Mischungsverhältnis, d. h. ein molares Verhältnis von Ceramiden (50 Gew.%), Fettsäuren (15 Gew.%), Cholesterin (Gew.25%) = 1:1:1, eingehalten wird²⁻⁵⁾. Der Einfluss der Sebum-Lipide ist heute noch weitgehend unklar. Im Zweifelsfall dürfte aber die Berücksichtigung der individuellen physiologischen Verhältnisse von Vorteil sein.

Triglyceride und Kohlenwasserstoffe im Sebum

Die Sebum-Triglyceride gleichen den fetten pflanzlichen Ölen, wobei deren Triglyceride mehr ungesättigte Fettsäuren wie Ölsäure, Linolsäure, alpha- und gamma-Linolensäure in gebundener Form enthalten. Anders als die Triglyceride ist das hauteigene Squalen ein reiner flüssiger Kohlenwasserstoff (KW), d. h. es enthält nur Kohlenstoff und Wasserstoff ($C_{30}H_{50}$). Squalen⁶⁾ gehört zur Gruppe der Triterpene und ist biologisch die Vorstufe des Cholesterins, das mit $C_{27}H_{46}O$ ein "Fast-Kohlenwasserstoff" ist. In der Kosmetik wird das ungesättigte, d. h. Doppelbindungen enthaltende Squalen in der Regel durch das weniger sauerstoffempfindliche Squalan ($C_{30}H_{62}$) ersetzt, das aus pflanzlichem Squalen durch Hydrierung hergestellt wird.

Das aus den Talgdrüsen der Schafe stammende Lanolin ist ebenfalls KW-haltig, allerdings enthält es im Gegensatz zum menschlichen Sebum nur Spuren (< 1%)⁷⁾.

Kohlenwasserstoffe - pflanzlich

Squalen und niedermolekulare, zum Teil sogar gasförmige KW's sind im Pflanzenreich weit verbreitet. Einige dieser KW's spielen als Obst-Aromastoffe mit balsamischer, würziger, kiefernartiger Note eine Rolle⁸⁾. Das Carotin ($C_{40}H_{56}$) ist z. B. auch ein ungesättigter KW. Viele Pflanzenwachse enthalten KW's unterschiedlicher Zusammensetzung. Bienenwachs: 15% (unter anderem lineare und verzweigte Paraffine⁹⁾), Candelillawachs: 45%¹⁰⁾, Carnaubawachs: 2%¹¹⁾; die KW's bestehen neben Paraffinen häufig aus Terpenen oder von diesen abgeleiteten Komponenten. Andere, vor allem gesättigte und damit reaktionsträge KW's

bilden eher die Ausnahme. Die Wachse auf der Schale von Früchten enthalten neben Wachsestern, Wachsalkoholen und freien Fettsäuren auch KW's¹²⁾.

Kohlenwasserstoffe - mineralisch

Gesättigt und reaktionsträge sind auch mineralische, aus Erdöl und Erdwachsen gewonnene KW's wie Paraffin (Paraffinum solidum, fest), Paraffinöle (Paraffinum subliquidum, dickflüssig; Paraffinum perliquidum, dünnflüssig) und Vaseline (Petrolatum)^{13,14)}. Sie zeichnen sich durch ein sehr breites Spektrum an Einzelkomponenten aus und werden aus Erdöl durch fraktionierte Destillation oder Extraktion abgetrennt und durch spezielle Verfahren, unter anderem chemische Hydrierung, Entfernung aromatischer KW's und Entschwefelung von unerwünschten, teils cancerogenen oder mutagenen Komponenten befreit. Hochgereinigte Fraktionen haben als Salben- und Zäpfchengrundlagen Eingang in die Arzneibücher gefunden¹³⁾. Ihre Hautverträglichkeit ist durchweg ausgezeichnet, wobei allerdings weiße Vaseline in reiner Form einen deutlich erhöhten Akanthrose-Faktor besitzt¹⁴⁾. D. h. es tritt nach 10 Tagen Behandlungsdauer eine Verdickung der Epidermis bei gleichzeitig verbreitertem Stratum spinosum auf. Inwieweit es sich dabei um eine Folge der Okklusivität mit nachfolgender Hautquellung handelt, ist unklar. Erhöhte Akanthose-Faktoren werden gelegentlich auch bei einzelnen pflanzlichen Triglyceriden wie z. B. Rizinusöl beobachtet, wenn sie in reiner Form auf die Haut appliziert werden¹⁵⁾. Da Öle und Fette nur in seltenen Fällen in 100%iger Form eingesetzt werden, sind diese Befunde in ihrer praktischen Bedeutung für kosmetische Cremes vermutlich weniger relevant. In der Vergangenheit spielten allerdings bei der Verträglichkeit der Paraffinöle die Gehalte an polycyclischen, aromatischen Kohlenwasserstoffen eine große Rolle, da sie unter anderem ein hohes cancerogenes Potential besitzen. Durch die gegenwärtigen Aufbereitungsverfahren der Rohöle haben diese schädlichen Nebenwirkungen vermutlich mehr historische Bedeutung und konzentrieren sich dementsprechend auf die ältere Fachliteratur.

Kohlenwasserstoffe versus Triglyceride

Was spricht gegen den Einsatz der preisgünstigen mineralischen KW's in Kosmetika anstatt empfindlicher pflanzlicher Öle, wenn selbst der menschliche Körper KW's produziert? Dazu eine kurze Zusammenfassung der Eigenschaften der Triglyceride pflanzlicher Öle und Fette in ihrer Funktion als Bestandteil in der Hautpflege:

- Pflanzliche Öle sind auf der Haut kein Fremdkörper. Sie integrieren sich in das Triglycerid-Gleichgewicht der Haut und können demzufolge auch abgebaut werden.
- Pflanzenöle enthalten physiologische Säuren wie die in der Hautbarriere vorkommende Palmitinsäure und (ungesättigte) essenzielle Omega-6- sowie ggf. auch Omega-3-Säuren, die einen starken Wirkstoffcharakter haben. So verstärkt Linolsäure indirekt die Hautbarriere, da sie in das Ceramid I eingebaut wird¹⁶⁾. Linolsäure, alpha-Linolensäure und gamma-Linolensäure bilden in der Haut starke entzündungshemmende Metaboliten¹⁷⁾. Diese Metaboliten werden nur über die kutane Applikation der Öle wirksam, während die Säuren oral zu Arachidonsäure bzw. Eicosapentaensäure und deren Folgeprodukten metabolisiert werden.
- Viele Pflanzenöle enthalten als Nebenkomponten Phytosterine, die strukturell dem hauteigenen Cholesterin sehr nahe stehen und es ersetzen können, wenn es fehlt. Weitere vorteilhafte natürliche Begleitstoffe können unter anderem Vitamine wie Vitamin E sein.
- Durch den Fettcharakter wirken pflanzliche Triglyceride hautglättend. Die Fettung bewirkt eine moderate Senkung des transepidermalen Wasserverlustes (TEWL), was vor allem im Winter bei niedrigen Luftfeuchten in geschlossenen Räumen erwünscht ist. Zu starke Senkungen des TEWL sind jedoch eher unerwünscht, da die Haut zur Aufrechterhaltung ihrer natürlichen Funktionen noch "atmen" können muss (siehe unten).

Pflanzliche Triglyceride vermitteln daher nicht nur Fettung, sondern auch eine multifaktorielle Wirkung, die sich naturgemäß je nach Pflanzenöl unterscheidet. Ein Nachteil der ungesättigten Pflanzenöle ist ihre Empfindlichkeit gegenüber Luftsauerstoff; sie werden daher durch antioxidative Vitamine oder deren Derivate stabilisiert. Wasserhaltige Präparate mit pflanzlichen Triglyceriden sind nur begrenzt haltbar, da auch eine sehr langsame Spaltung der Triglyceride stattfindet, die sich durch die Veränderung der Geruchseigenschaften bemerkbar machen kann. Eine Mindesthaltbarkeit

von maximal 30 Monaten kann für den Handel ein Hindernis bedeuten.

Dagegen besitzen Paraffinöl & Co eine hohe chemische Stabilität gegenüber Luftsauerstoff, Wasser und mikrobiellem Abbau. Wirkstoffcharakter haben mineralische KW's nicht. D. h. mineralische KW's sind für langlebige, preiswert zu produzierende Produkte geeignet, die sich vor allem auf die Hautglättung fokussieren.

Regeneration – eine Definitionsfrage

Zur Regeneration der gestörten Hautbarriere tragen Mineralöle nicht bei. Dabei ist allerdings der Begriff Regeneration genau zu definieren. In der Kosmetik ist hierunter die hauteigene (endogene) Regeneration zu verstehen. KW's führen zweifellos zu einer exogenen Regeneration in der Form, dass Mineralöle und Vaseline tröpfchenförmig in die oberen Barrierschichten eingebaut werden können^{18,19)}, vor allem wenn die Barriere wie bei trockener Haut gestört ist, d. h. die einzelnen Barrierschichten (Bilayer) unterbrochen sind. Emulgatoren unterstützen naturgemäß diesen Prozess durch die Feinverteilung der Tröpfchen. Die geschilderte, oberflächliche Reparatur der Barrierschicht entspricht selbstverständlich nicht der Physiologie des natürlichen Vorbilds, führt aber zunächst zu der gewünschten Absenkung des transepidermalen Wasserverlustes (TEWL) und zur Erhaltung der Hautfeuchte. Inwieweit stärker okklusive Effekte - erkennbar an der weiteren Erniedrigung des TEWL - ausgelöst werden, hängt von der Dosierung der Mineralölprodukte ab. Den stärksten okklusiven Effekt und damit eine extreme Senkung des TEWL zeigt Vaseline.

Wenn nach Barriestörungen undurchlässige Filme auf der Haut appliziert werden, wird die Erhöhung der epidermalen Fettsäure-Synthese verhindert^{20,21)} und die natürliche Anregung der DNA-^{22,23)} und der mRNA-Aktivitäten²⁴⁾ der Haut unterbunden. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Stoffe, die wie reine Vaseline den TEWL stark erniedrigen, ähnliche Effekte auslösen. In der kosmetischen Praxis entspricht dies der praktischen Erfahrung, dass die Benutzer(innen) hoch mineralöhlhaltiger Cremes ihre Haut überdurchschnittlich als sehr trocken einschätzen.

Wenn Mineralöle auch tröpfchenförmig Lücken in den Barrierschichten füllen können, so sind sie dennoch nicht in der Lage, wie pflanzliche Öle resorbiert zu werden. Die vergleichsweise schnelle Resorption pflanzlicher Triglyceride wird durch die teils enzymatische Spaltung in ihre Einzelbestandteile (Glycerin und Fettsäuren) begünstigt. Dies führt dazu, dass sich

KW's bei Mineralöl-Triglycerid-Mischungen in den oberflächennahen Schichten anreichern und dort eine längere Aufenthaltsdauer als pflanzliche Triglyceride haben. Das glättende Gefühl hält dementsprechend länger an – anwendungstechnisch und sensorisch ein Vorteil. Das natürliche Gleichgewicht und die hauteigene Regenerationsbereitschaft werden aber dadurch gehemmt²⁵⁾. Durch die starke Senkung des TEWL bei okklusiver Abdeckung wird die epidermale Zellreife verzögert und der Säureschutzmantel gestört. Da die meisten Kosmetika nur selten sehr hohe KW-Mengen enthalten, relativiert sich dieser Effekt jedoch in Abhängigkeit vom Gehalt an KW's²⁶⁾.

Natürliche Fettstoffe und mineralische Öle verfolgen daher unterschiedliche Ziele. Geht es um reinen Hautschutz, sind Mineralöle eine ökonomisch und sensorisch günstige Entscheidung – mit dem Preis einer träger werdenden Haut. In den letzten Jahren tendiert die Auffassung dahin, dass auf lange Sicht die Aufrechterhaltung einer möglichst hohen Regenerationsbereitschaft der Haut Vorrang vor dem reinen Hautschutz haben sollte²⁷⁾. Dies führte unter anderem zur Entwicklung neuartiger Barrierecremes mit pflanzlichen Triglyceriden ohne Emulgatoren, deren physikalische Struktur den Barrierschichten gleicht²⁸⁾. Seitdem häufen sich Beobachtungen, dass nicht nur gestörte Barrierschichten, sondern auch Haut, die zu Verhornungsstörungen neigt – Aknehaut gehört z. B. dazu – davon langfristig profitiert. Vor allem, wenn als "Additiv" Linolensäure-haltige Triglyceride eingesetzt werden, die als Substrat für den Ceramid I-Anteil der Barrierschichten dienen¹⁶⁾.

Ein Review über die Homöostase und die Regeneration der Haut hat K. R. Feingold kürzlich publiziert²⁹⁾.

Verwandte Kohlenwasserstoffe und Silikone

Den Paraffinprodukten verwandt sind mikrokristallines Wachs sowie mineralische Erdwaxse wie Ozokerit³⁰⁾ und Ceresin³¹⁾ (raffiniertes Ozokerit). Ihre Einsatzgebiete gleichen dem des Petrolatums.

Eine interessante Stoffgruppe, mit vergleichbaren Eigenschaften sind die Poly-alpha-olefine (PAO). Hierbei handelt es sich um synthetische Kohlenwasserstoffe wie z. B. Polypropylen, Polybuten, Polydecen, die durch gezielte Polymerisation auf praktisch jede gewünschte Viskosität, d. h. von leichtflüssig über dickflüssig zu halbfest eingestellt werden können^{32,33)}. Zwar ist auch hier letztendlich die Ausgangsbasis Erdöl (über Crackprozesse), jedoch handelt es sich bei den Endprodukten nicht um Stoffgemische, sondern um ganz einheitliche

KW's mit definierter Kettenlänge ohne störende Verunreinigungen. PAO's werden zunehmend auch zur Schmierung von Wälz- und Gleitlagern in der Lebensmittelindustrie eingesetzt und lösen vor allem dort die medizinischen Weißöle (Paraffinöle) ab, wo ein unmittelbarer Kontakt mit Lebensmitteln nicht auszuschließen ist. Die ADI-Werte (ADI = acceptable daily intake) von PAO's sind vergleichsweise günstiger zu beurteilen. Sie werden daher auch in Lippenstiften eingesetzt (siehe unten).

In einem Atemzug mit den Mineralprodukten werden vielfach auch Silikone genannt, wenn es um fettende Komponenten (Emollients) in Kosmetika geht. Silikone – in Wirklichkeit handelt es sich um sogenannte Polysiloxane mit Silizium-Sauerstoff-Ketten und KW-Resten an den Siliziumatomen - sind eine sehr umfangreiche synthetische Stoffgruppe mit unterschiedlichsten Anwendungen^{34,35}. Es gibt darunter flüchtige und flüssige, die zum bequemen Verteilen kosmetischer Präparate dienen, und hochmolekulare, die einerseits ein exzellentes Hautgefühl vermitteln, und andererseits ähnlich wie die Mineralöle filmartig auf der Hautoberfläche zurückbleiben. Die glättende und anhaftende Wirkung ist ausgeprägter als bei den Mineralölen. Daher kommen sie inzwischen sehr häufig als rückfettende Substanzen bei Reinigungspräparaten zum Einsatz. Während es bei injizierten Silikonen (Faltenreduktion, Schönheitschirurgie) immer wieder Probleme gegeben hat, werden Silikone in topisch applizierten Präparaten völlig reaktionslos vertragen und als sicher bewertet. Aufgrund der hohen Effizienz sind schon kleine Dosierungen für den gewünschten Effekt ausreichend. Vor allem die hydrophobe Wirkung bei gleichzeitig samtigem Gefühl wird vom Verwender als sehr angenehm wahrgenommen. Wie die Mineralöle sind Silikone jedoch nicht physiologisch und am Stoffgleichgewicht der Haut nicht beteiligt. D. h. das angenehme Gefühl korreliert nicht mit einer realen, endogenen Regeneration der Haut.

Die Haltbarkeit der Silikone ist praktisch unbegrenzt, da sie während des Gebrauchs weder chemisch durch Luftsauerstoff oder Wasser, noch mikrobiologisch in nennenswertem Umfang angegriffen werden.

Orale Aufnahme und Aspiration von KW's

Während Pflanzenöle ein ständiger Nahrungsbestandteil sind, stellt sich bei den unphysiologischen KW's und Silikonen immer wieder die Frage, was bei einer unbeabsichtigten oralen Aufnahme passiert. So existieren je nach Land und Institution unterschiedliche Empfehlungen

hinsichtlich der ADI-Werte zu den einzelnen KW's und Silikonen.

Wegen der kontinuierlichen Aufnahme geringer Mengen über einen langen Zeitraum, z. B. beim Gebrauch von Lippenstiften, von denen ohne weiteres mehrere pro Frau und Jahr "verkonsumiert" werden, ist vor allem die Langzeitverträglichkeit von Bedeutung. Bei längerem Gebrauch von Paraffinöl-haltigen Abführmitteln wurden z. B. im Intestinaltrakt granulomatöse Veränderungen beschrieben¹³. Weil sich die Qualitätsanforderungen immer wieder erhöht haben und die genauen Zusammensetzungen der unter Versuchsbedingungen applizierten Öle größtenteils nicht exakt bekannt sind, ist die Literatur aber nicht repräsentativ.

Es wurde unter anderem ein Einzelfall einer Aspiration (Spray) mit nachfolgender Pneumonie berichtet¹³. Zu dieser Beobachtung muss kritisch bemerkt werden, dass sämtliche, vom Körper nicht abbaubare Stoffe bei bestimmten Teilchengrößen zu vergleichbaren Reaktionen führen können. Mit anderen Worten: die Reaktionen sind nicht unbedingt KW-spezifisch. Sprays mit körperlich nicht abbaubaren Komponenten sind in der Kosmetik nicht akzeptabel.

Sogenannte "Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische", zu denen unter anderem Trennöle in der kosmetischen und Lebensmittelindustrie gehören, spielen im täglichen Leben eine große Rolle. Daher beschäftigen sich die Berufsgenossenschaften seit längerer Zeit mit den Expositionsrisiken von KW's³⁶. Die Problematik dieser Öle liegt darin, dass ihre Zusammensetzung je nach Provenienz und Aufbereitung immer wieder variieren kann und eine 100%ige Analytik aus Kostengründen praktisch unmöglich ist.

Paraffinische KW's und Siloxane werden vom Körper in Spuren oral oder perkutan resorbiert^{13,35}. Da sie nicht verstoffwechselt werden, können sie im Fettgewebe gespeichert werden bzw. unverändert wieder ausgeschieden. Die vorhandene Literatur lässt aufgrund der ungenauen Rahmenbedingungen keine endgültigen Aussagen zu. Dementsprechend gibt es bis heute keine Auflagen für die Hersteller kosmetischer Präparate. Die geringfügige Resorption dürfte wie bei anderen Stoffgruppen bei niedermolekularen Komponenten ausgeprägter als bei hochmolekularen sein.

Säureschutzmantel der Haut

Die natürliche Haut ist das Substrat für eine natürliche Hautflora. Okklusive Bedingungen verändern die Flora gravierend^{37,38}. Die natürliche Flora erzeugt mittels der ihr eigenen Lipasen und Esterasen aus Triglyceriden freie

Säuren und damit den niedrigen pH, der wiederum gegen äußerliche Infektionen durch pathogene Keime schützt. Interessant ist, dass eine wichtige Quelle der freien Säuren unter anderem Phospholipide sind, die während des Verhornungsprozesses die Säuren freisetzen³⁸⁾.

Daher ist es vorteilhaft, eher eine physiologische Strategie bei der Hautpflege zu favorisieren und hinsichtlich der Hautfettung Triglyceride den KW's vorzuziehen, um die Symbiose mit der Hautflora zu fördern. Emulgatorfreie Konzepte²⁸⁾ nutzen häufig Phosphatidylcholin, das zur Gruppe der Phospholipide gehört, zur Erzeugung Hautbarriere-ähnlicher Strukturen.

Fazit

Aus der Perspektive der modernen Korneotherapie³⁹⁾, vor allem in ihrer erweiterten Form¹⁷⁾ sind natürliche Öle und Fette in kosmetischen Präparaten vorzuziehen, auch wenn die sensorischen Eigenschaften wie die Hautglättung im Langzeitgebrauch manchmal nicht an die (Petro)chemie heranreichen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung von Pflanzenölen ist aber eine sorgfältige Abstimmung der zu verwendenden Öle auf eine vorausgehende Hautanalyse. Nicht jedes Öl ist im Einzelfall geeignet. Gegebenenfalls müssen auch Empfindlichkeiten auf Begleitstoffe berücksichtigt werden. Je nach Raffinationsverfahren und Provenienz können Öle gleicher Deklaration unterschiedliche Eigenschaften haben⁴⁰⁾. Eine fundierte, produktbegleitende Beratung ist für das Pflege-Ergebnis ausschlaggebend.

Bei mineralölfreien Produktkonzepten sind manchmal Kompromisse notwendig, die technisch bedingt sind. So sind langkettige KW's oder Silikone z. Zt. noch unverzichtbarer Träger für Pigmente bei wisch- und wasserfesten, elastischen Camouflage-Produkten. Pigmenthaltige, atmungsaktive Foundations (Make-up) lassen sich dagegen ohne weiteres alternativ mit Triglyceriden realisieren⁴¹⁾.

Für den Haut- und Kälteschutz im Winter benötigt die Haut stärker fetthaltige Präparate. Neben wasserhaltigen Cremes bieten sich bei extremen Verhältnissen auch wasserfreie Produkte an. Wasserfreie Produkte haben den Vorteil, dass sie keine Emulgatoren enthalten, die das Auswaschen von Creme- und Hautbestandteilen bei der Hautreinigung fördern. Diesbezüglich gibt es zu Vaselinepräparaten mittlerweile Triglycerid-Alternativen, die gegenüber wasserhaltigen Barrierecremes wesentlich fettreicher sind. Es handelt sich dabei um Oleogele, die Phosphatidylcholin (siehe oben) enthalten, das aufgrund seiner Penetra-

tionsförderung ein rasches Einziehen in die Haut ermöglicht⁴²⁾.

Literatur

- 1) Wilfried Umbach, Kosmetik und Hygiene, 87, Verlag Wiley-VCH, Weinheim 2004
- 2) M. Man, K. R. Feingold, C. R. Thornfeldt und P. M. Elias, Optimization of physiological lipid mixtures for barrier repair, J. Invest. Dermatol. 1996;106:1096-1101
- 3) M. Man, K. R. Feingold und P. M. Elias, Exogenous lipids influence permeability recovery in acetone-treated murine skin, Arch. Dermatol. 1993;129:728-738
- 4) L. M. Yang, M. Mao-Qiang, M. Taljebini, P. M. Elias and K. R. Feingold, Topical stratum corneum lipids accelerate barrier repair after tape stripping, solvent treatment and some but not all types of detergent treatment, Br. J. Dermatol. 1995;133:679-685
- 5) P. W. Wertz, Biochemistry of human stratum corneum lipids, in Skin Barrier (Herausgeber P. Elias und K. Feingold), 33-42, Verlag Taylor & Francis, New York 2006
- 6) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 1353-1354, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 7) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 853-855, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 8) H.-D. Belitz, W. Grosch, Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 332, Springer Verlag, Berlin 1992
- 9) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 256-257, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 10) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 308-309, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 11) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 328-329, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 12) H.-D. Belitz, W. Grosch, Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 171, Springer Verlag, Berlin 1992
- 13) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 970, 1061-1062, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 14) Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas, 1096-1098, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- 15) R. Voigt, Lehrbuch der pharmazeutischen Technologie, 636, Verlag Chemie, Weinheim 1984

- ¹⁶⁾ Proksch, E., Ungesättigte Fettsäuren. In: Korting, H. C., Sterry, W. (Hrsg.), *Therapeutische Verfahren in der Dermatologie: Dermatika und Kosmetika*, 183 – 188, Blackwell Berlin 2001,
- ¹⁷⁾ H. Lautenschläger, *Angewandte Korneotherapie in der Hautpflege – ein Leitfaden für die Anti-Aging-Behandlung, Ästhetische Dermatologie* 2007;3:8-16
- ¹⁸⁾ M. Loden und E. Barany, *Skin-identical Lipids Versus Petrolatum in the Treatment of Tape-stripped and Detergent-perturbed Human Skin*, *Acta Derm. Venereol.* 2000;80:412-415
- ¹⁹⁾ R. Ghadially, H. Sorensen und P. M. Elias, *Effects of petrolatum on stratum corneum structure and function*, *J. Am. Acad. Dermatol.* 1992;26:387-396
- ²⁰⁾ K. R. Feingold, *Permeability Barrier Homeostasis: Its Biochemical Basis and Regulation*, *Cosmetics & Toiletries* 1997;7:49-59
- ²¹⁾ G. Grubauer, K. R. Feingold und P. M. Elias, *The relationship of epidermal lipogenesis to cutaneous barrier function*, *J. Lipid Res.* 1987;28:746-752
- ²²⁾ E. Proksch, K. R. Feingold, M. Q. Man und P. M. Elias, *Barrier function regulates epidermal DNA synthesis*, *J. Clin. Invest.* 1991;87:1668-1673
- ²³⁾ E. Proksch, W. M. Holleran, G. K. Menon, P. M. Elias und K. R. Feingold, *Barrier function regulates epidermal lipid and DNA synthesis*, *Brit. J. of Dermatology* 1993;128 (5):473-482
- ²⁴⁾ I. R. Harris, A. M. Farrell, C. Grunfeld, W. M. Holleran, P. M. Elias und K. R. Feingold, *Permeability Barrier Disruption Coordinately Regulates mRNA Levels for Key Enzymes of Cholesterol, Fatty Acid and Ceramide Synthesis in the Epidermis*, *J. Invest. Dermatol.* 1997;109:783-787
- ²⁵⁾ P. Elias. *Fixing the Barrier – Theory and Rational Deployment*, 591-599, in *Skin Barrier*, Verlag Taylor & Francis, New York 2006
- ²⁶⁾ *DermaTopics* 2001 (4), *Organ der GD – Gesellschaft für Dermopharmazie e.V.*, *Potenzial der Okklusion durch Paraffinöl in Kosmetika*
- ²⁷⁾ H. Lautenschläger, *Hautschutz – neue Entwicklungen und Erkenntnisse*, *Mineralöltechnik* 2000;5:1-13
- ²⁸⁾ H. Lautenschläger, *Membranhaltige Barrierecremes - Wie die Haut so der Schutz*, *Kosmetische Praxis* 2006;4:12-14
- ²⁹⁾ K. R. Feingold, *Skin Lipids. The role of epidermal lipids in cutaneous permeability barrier homeostasis*, *J. Lipid Res.* 2007;48:2531-2546
- ³⁰⁾ *Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas*, 1054, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- ³¹⁾ *Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas*, 355, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- ³²⁾ *Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas*, 1136, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- ³³⁾ S. Motta, M. Monti und L. Rigano, *Polydecene oligomers versus mineral oils: The rationale of use in dermatological preparations*. In: Y. Yazan, *Skin care and Aesthetics in the Millenium*, 101-104, Istanbul: ESCAD & TCOS 2003
- ³⁴⁾ J. Blakely und I van Reeth, *Silicones – A Key Ingredient in Cosmetic and Toiletry Formulations*, *Handbook of Cosmetic Science and Technology* (A. O. Barel, M. Paye and H. I. Maibach), 289-298, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton 2006
- ³⁵⁾ *Fiedlers Encyclopedia of Excipients of Pharmaceuticals, Cosmetics and Related Areas*, 1295-1298, Editio Cantor Verlag, Aulendorf 2007
- ³⁶⁾ H. Lautenschläger, *Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische, Teil 4 – Zusammensetzung, Exposition und Überlegungen zu Schutzmaßnahmen*, *BIA-Report (Sankt Augustin)* 1997;8:63-82
- ³⁷⁾ A. M. Kligman, J.J. Leyden und K. J. McGinley, *Bacteriology*, *J. Invest. Dermatol.* 1976;67:160-168
- ³⁸⁾ J. W. Fluhr, J. Kao, M. Jain, S. K. Ahn, K. R. Feingold und P. M. Elias, *Generation of Free Fatty Acids from Phospholipids Regulates Stratum Corneum Acidification and Integrity*, *J. Invest. Dermatol.* 2001;117:44–51
- ³⁹⁾ H. Lautenschläger, *Geschichte und aktuelle Gesichtspunkte der Korneotherapie*, *Kosmetische Medizin* 2005;26 (2):58-60
- ⁴⁰⁾ H. Lautenschläger, *Essenzielle Komponenten – pflanzliche Öle und Extrakte*, *Kosmetische Praxis* 2007;4:8-10
- ⁴¹⁾ H. Lautenschläger, *Dermopharmazie – Dekorative Kosmetik für die Problemhaut*, *Pharmazeutische Zeitung* 2008;153 (8):28-30
- ⁴²⁾ H. Lautenschläger, *Oleogele - was wasserfreie Präparate leisten können*, *Kosmetische Praxis* 2004;4:6-7

Hans Lautenschläger