

Altes und Neues zu wiederkehrenden Fragen

Sonnenschutz

Prof. Dr. phil. nat. Christian Surber^{a,b}, Prof. Dr. med. Ralph P. Braun^b

^a Dermatologische Klinik, Universitätsspital Basel; ^b Dermatologische Klinik, Universitätsspital Zürich



Der Sommer steht vor der Tür und damit steigt auch die Sonnenexposition primär empfindlicher und/oder nicht an Sonne gewöhnter Haut – «Outdoor»-Aktivitäten, Reiselust sowie der Wunsch nach «gesunder» Bräune tragen ihren Teil dazu bei. Zudem werden zahlreiche Erkrankungen direkt oder indirekt durch die Sonnenstrahlung beeinflusst. Gründe genug, das Thema Sonnenschutz genauer zu beleuchten.

Einführung

Der Sonnenschutz ist alljährlich im Frühling ein stark beachtetes Thema in den Print-Medien sowie im Internet in Blogs und auf YouTube. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass die Qualität der verbreiteten Information unzureichend ist. So sind je nach Medium 20–30% der Aussagen zum Sonnenschutz mangelhaft oder irreführend [1–3]. Besonders die Leistungsmerkmale von Sonnenschutzprodukten werden häufig nicht oder nicht richtig verstanden.

Nachfolgender Beitrag soll einige Grundlagen des exogenen und endogenen Sonnenschutzes erläutern und die Bedeutung des topischen Sonnenschutzes für den Schutz vor Hautkrebs und Hautalterung sowie vor primären und sekundären Lichtdermatosen diskutieren. Ein separater Abschnitt ist der Wichtigkeit des Sonnenschutzes für Kinder gewidmet. Die Leistungsmerkmale sowie unerwünschten Wirkungen von Sonnenschutzmitteln werden erörtert und abschliessend der regulatorische Status von Sonnenschutzprodukten und deren Bedeutung für die Vermarktung erläutert.

Sonnenschutz von aussen (exogene Photoprotektion)

Die drei Säulen der exogenen Photoprotektion umfassen (1) den begrenzten Aufenthalt in der Sonne, (2) das Tragen von Kleidung und Sonnenbrille sowie (3) die Anwendung von Sonnenschutzmittel (geordnet nach Wirkung!). In weiten Kreisen der Bevölkerung wird jedoch als Mittel der ersten Wahl das Auftragen von Sonnenschutzprodukten auf die Haut genannt. Auf dieses Missverständnis sollte in der ärztlichen Beratung immer wieder hingewiesen werden und die grosse Bedeutung des begrenzten Aufenthalts in der Sonne und des Tragens von Kleidung und Sonnenbrille hervorgehoben werden.



Christian Surber

Bei der exogenen Photoprotektion geht es in erste Linie darum, die Strahlung im Ultraviolett(UV)-Bereich (UV 290–400 nm) des Sonnenlichtes zu reduzieren. Neueren Datums sind Schutzkonzepte für den Infrarot(IR)-Bereich (IR 760–4000 nm). Für die exogene Photoprotektion stehen im UV-Bereich des Sonnenlichtes knapp 30 von Behörden zugelassene Filter zur Verfügung, die in einer Vielzahl unterschiedlicher Formulierungen angeboten werden. Umgangssprachlich wird bei Sonnenschutzprodukten häufig zwischen Produkten mit «physikalischen» und «chemischen» Filtern unterschieden. Diese Unterscheidung ist etwas unglücklich, da einerseits alle Filter chemische Substanzen sind und andererseits die Begriffe positiv (physikalisch) respektive negativ (chemisch) konnotiert sind. Produkte mit physikalischen Filtern werden dann gelegentlich und fälschlicherweise auch als «natürliche» oder «nicht chemische» Produkte vermarktet. Auch die Unterscheidung zwischen Produkten mit anorganischen Filtern (früher oft als physikalische Filter bezeichnet) und Produkten mit organischen Filtern (früher oft als chemische Filter bezeichnet) greift zu kurz. Mit den anorganischen Filtern sind Zinkoxid und Titandioxid gemeint, die als Mikro- und Nanopartikel in Sonnenschutzprodukte eingearbeitet werden. Da es aber auch einen sehr guten nanopartikulären organischen Filter gibt (Tinosorb[®]M), ist auch die Unterscheidung zwischen anorganischen und organischen Filtern ungeeignet. Die Filter in *nicht lösliche* und *lösliche* Substanzen aufzuteilen, ist nach unserer Meinung die einfachste und korrekte Art. Die Wirksamkeit der nicht löslichen Filter beruht auf Reflexion, Streuung und Absorption des Lichtes. Die Wirksamkeit der löslichen Filter beruht auf der Absorption von UV-Strahlung durch konjugierte Doppelbindungen im Filtermolekül. Die aufgenommene Energie wird in Form von Wärme und Fluoreszenzlicht wieder frei gegeben. Je nach Absorptionsspektrum der Filter spricht man von UVA-, UVB- oder Breitbandfiltern. Klinisch

relevante exogene Photoprotektion muss sich heute über die gesamte Breite der relevanten Wellenlängen (290–400 nm) erstrecken. Daher werden immer mehrere UV-Filter mit unterschiedlichen Absorptionsmaxima kombiniert.

Die Schutzleistung von Sonnenschutzprodukten ist dem Konsumenten von heute vor allem über den auf der Packung angegebenen Licht- oder Sonnenschutzfaktor (LSF, SSF, SPF [«sun protection factor»]) bekannt und bezieht sich vorwiegend auf den Schutzeffekt gegen *UVB-Strahlen*. Die Angabe des SPF hat vor allem in den USA und Asien zu einem Wettlauf der SPF geführt. Produkthanbieter überbieten sich mit immer höheren SPFs und in einigen Ländern ist die magische Grenze von 100 überschritten worden. Theoretisch und praktisch ist die Steigerung der Schutzleistung innerhalb bestimmter realistischer Grenzen möglich. Höhere SPF werden vor allem durch höhere Filtermengen erreicht. Bei Produkten mit SPF 50+ ist die Filterkonzentration nicht selten über 25% (Gewicht/Gewicht). Behörden gewisser Regionen der Erde (Europa, Australien) sind dazu übergegangen, Sonnenschutzprodukte gemäss ihrer Schutzleistung in Schutzkategorien einzuteilen (niedrig → SPF 6, 10; mittel → SPF 15, 20, 25; hoch → SPF 30, 50; sehr hoch → 50+). Diese durchaus sinnvolle Vereinfachung wird von Konsumenten und Produkthanbietern nur teilweise übernommen und die Schutzkategorie kaum als Entscheidungskriterium beim Kauf eines Produktes berücksichtigt. Zusätzlich wird dieser Trend durch Konsumentenschutzorganisationen unterstützt, die SPF-Testmessungen statt Kategorie-Testmessungen durchführen und so die Bedeutung des SPF anstelle derjenigen der Schutzkategorie hochhalten. Heute ist der SPF neben der kosmetischen Akzeptanz nach wie vor eine der wichtigsten Kaufkriterien für den Konsumenten. Obwohl die negativen Folgen der *UV-A Exposition* durchaus bekannt sind – unter anderem Hautalterung, Förderung der Hauttumorgenese – und die Gesamtexposition weit grösser ist als bei UV-B, wurde dem topischen



Abbildung 1: Das offizielle Logo, das den ausreichenden UV-A-Schutz deklariert [35, 36]. Daneben existieren auch Logo-Nachahmungen, die den UV-A-Schutz eher vortäuschen. Angaben auf Packungen «mit UV-A-Schutz» oder «mit Breitbandschutz» garantieren den Schutz, wie er in [35, 36] definiert ist, nicht unbedingt.

Schutz vor UV-A bisher weit weniger Beachtung geschenkt. Dieses Leistungsmerkmal kann entweder mit einem speziellen Logo (Abb. 1) oder mit einer Zahl («persistent pigment darkening» [PPD]) ausgelobt werden. Sowohl die Bedeutung, aber auch die Notwendigkeit, sich im UV-A-Bereich zu schützen, sowie die entsprechenden Kennzeichnungen sind in der Bevölkerung weitgehend unbekannt.

Seit einigen Jahren werben einzelne Sonnenschutzmittelanbieter mit *IR-Schutz*-Konzepten. IR-Strahlung ist energieärmer als ultraviolettes Licht, dringt aber im Vergleich zum UV-Licht tiefer in die Haut ein – und zwar unabhängig vom Hauttyp. Dort soll sie die Kollagenstruktur schädigen und dadurch die Hautalterung beschleunigen.

Die oben genannten Leistungsmerkmale werden später im Artikel genauer dargestellt.

Topischer Sonnenschutz wird heute immer öfter auch für die Tageskosmetik propagiert. Positive Langzeiteffekte sind durchaus denkbar. Häufig fehlt aber die offizielle Deklaration eines UV-B- und UV-A-Schutzes auf den Tageskosmetikprodukten. Der Konsument erhält somit keine klare Information über die Schutzleistung. Untersuchungen haben auch gezeigt, dass gerade der UV-A-Schutz in Tageskosmetikprodukten häufig ungenügend ist [4]. Patienten, die auf einen zuverlässigen Sonnenschutz angewiesen sind, sollten korrekt gekennzeichnete Sonnenschutzprodukte verwenden und auf Tageskosmetik mit integriertem Sonnenschutz (ohne klare Kennzeichnung) verzichten.

Sonnenschutz von innen (endogene Photoprotektion)

Von grossem Interesse ist der systemische Sonnenschutz, der den gleichmässigen, verlustfreien Schutz des ganzen Körpers zum Ziel hat.

«Sonnenschutz aus der Küche» (Nahrungs- oder Nahrungsergänzungsmittel)

Man liest immer wieder Folgendes in Unterhaltungsjournalen oder im Internet: «Tomate statt Creme? Wer gerne Pizza oder Pasta isst, hat zukünftig noch einen weiteren guten Grund, italienisches Essen zu geniessen: Gerichte mit Tomatenmark liefern einen hervorragenden Sonnenschutz» oder «Astaxanthin (Carotinoid aus der Xanthophyll-Klasse) kann unsere Haut von innen heraus vor Sonnenbrand schützen, sodass man mit Astaxanthin länger in der Sonne bleiben kann» [3, 5]. Dies ist gefährlich denn hier wird dem Laien eine Sicherheit vorgegaukelt. Der Hinweis, dass man dann sogar länger an der Sonne sein kann, ist unserer Meinung nach geradezu fahrlässig [5].

Es gibt eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten [6, 7] die tatsächlich den Nachweis erbringen, dass beispielsweise Carotinoide synthetischen Ursprungs oder auch als Teil von Nahrungsmitteln – teilweise mit Vitaminen und anderen Stoffen kombiniert und ergänzt – die Lichtempfindlichkeit der Haut beeinflussen. In einer Metaanalyse zeigen Köpcke und Krutmann [8], dass Betakaroten vor Sonnenbrand schützen kann und die Schutzwirkung deutlich von der Einnahmedauer vor der Sonnenexposition abhängig ist. Ein Minimum von zehn Wochen ist erforderlich! Man geht davon aus, dass der Wirkmechanismus der Carotinoide in der Fähigkeit besteht, freie Sauerstoffradikale zu neutralisieren ist [9].

Da man eine sehr grosse Menge dieser Nahrungs- oder Nahrungsergänzungsmittel einnehmen muss, die Einnahmetreue der Konsumenten oder Patienten unsicher und die resultierende Schutzwirkung gering ist, muss man von einem systemischen Sonnenschutz durch Nahrungs- oder Nahrungsergänzungsmittel grundsätzlich und dringendst abraten.

«Der Sonnenschutz aus dem Urwald»

Gestützt auf Erfahrungen indigener Völker werden häufig Pflanzenextrakte mit vielfältigen Wirkungen angepriesen. So soll beispielsweise ein Extrakt der Farnpflanze – *Polypodium leucotomos* – entzündliche Erkrankungen der Haut mildern. Seit Ende der 1990er-Jahre berichten diverse Arbeiten über die topische und systemische Wirkung dieses Farnextraktes, Sonnenschäden und phototoxische Reaktionen zu verhindern oder zu mildern [10]. Der Extrakt soll unter anderem die lokale Entstehung von freien Sauerstoffradikalen verhindern sowie die Bildung von Pyrimidindimeren, Entzündungen, den Abbau von Langerhans-Zellen oder Apoptosis nach UV-Bestrahlung vermindern.

Der Charakter der anfänglich enthusiastischen Anpreisungen hat sich seit der Einführung gemässigt. Das Produkt HELIOCARE™, wie es in den USA vertrieben wird, wirbt auf der Packung mit «*Natural Anti-Aging Supplement with Antioxidant Effects on the Skin*». Gleichzeitig aber wird mit einer Fussnote darauf hingewiesen: «*These statements have not been evaluated by the Food and Drug Administration. This product is not intended to diagnose, treat, cure, or prevent any disease*». In Vorträgen oder in Presseberichten wird die Sonnenschutzwirkung mit 2–3 SPF angegeben, das heisst für einen Menschen des Hauttyps 1 mit einer Eigenschutzzeit von zehn Minuten die Erhöhung auf 20–30 Minuten. Im Vergleich dazu: Bei der Anwendung eines topischen Sonnenschutzproduktes mit SPF 50 erhöht sich bei korrekter Anwendung die Schutzzeit auf theoretisch 500 Minuten [5].

Sonnenschutz auf Rezept

Für Patienten mit sehr lichtempfindlicher Haut ist ein gleichmässiger, verlustfreier und vor allem zuverlässiger Schutz des ganzen Körpers von grösstem Interesse. Afamelanotid – ein Analogon des Alpha-Melanozyten stimulierenden Hormons – war die letzten Jahren im Fokus der Wissenschaft. Phase-II- und -III-Untersuchungen bei Lichturtikaria, Vitiligo, erythropoetischer Protoporphyrin, polymorpher Lichtdermatose (PLD) und in der Prävention von aktinischer Keratose bei Organtransplantierten sind abgeschlossen [11, 12]. Seit 2012 vertreibt Clinuvel AG in Baar das Produkt unter dem Namen SCENESSE® (16 mg Afamelanotid-Implantat) für die prophylaktische Behandlung bei Patienten mit der seltenen, genetisch bedingten Erkrankung erythropoetische Protoporphyrin, die zu einer absoluten Lichtunverträglichkeit der Haut der betroffenen Patienten führt. Das Produkt hat den Orphan-Drug-Status und wird teilweise von Krankenkassen übernommen.

Der Wirkstoff wird auch von Menschen mit Tanorexie erworben, um den Gehalt an Melanozyten in der Haut zu erhöhen. Er ist unter dem Namen «Barbie Drug» relativ leicht über das Internet erhältlich [5].

Die konzeptionellen Vorzüge des systemischen Sonnenschutzes sind unbestritten. Für bestimmte Patientengruppen stellt der Einsatz von Afamelanotid sicher einen grossen Fortschritt dar. Von einem etablierten endogenen Schutzkonzept, das auf Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmittel basiert, sind wir heute weit entfernt. Dies gilt für den Schutz der lichtbedingten Hautalterung wie auch für den Schutz vor Sonnenbrand und Hautkrebs.

Schutz vor Hautkrebs und Hautalterung

Im Zusammenhang mit Sonnenschutz taucht immer wieder die Frage auf, ob nun der Schutz vor Hautkrebs und Hautalterung durch Sonnenschutzprodukte erwiesen sei. Dass topisch aufgetragener Sonnenschutz vor Sonnenbrand und bestimmten UV-bedingten Zellschäden schützt, wurde bereits vor Jahrzehnten nachgewiesen [13]. Nur ganz wenige Langzeitstudien belegen, dass die regelmässige Anwendung von topischen Sonnenschutzmitteln vor Hautkrebs und Hautalterung schützt [14–16]. Die Daten dieser gross angelegten Studien stammen allesamt aus den 1990er-Jahren. Die Sonnenschutzmittel aus jener Zeit sind jedoch mit der Schutzleistung und dem Schutzcharakter der heutigen Mittel nur bedingt vergleichbar. Heutige Produkte liefern ein deutliches Mehr an Schutzleistung (heute SPF 50+, damals maximal SPF 20). Damalige Produkte lieferten auch keinen ausreichenden und stabilen UV-A-Schutz. Vor diesem Hintergrund darf man davon ausgehen,

dass ein Schutz vor Hautkrebs und Hautalterung heute besser nachweisbar wäre. Allerdings lassen sich heutzutage solche Studien kaum mehr organisieren (z.B. keine Plazebogruppe möglich) und finanzieren. Die deutlich verbesserte Schutzleistung und der breitere Schutzcharakter moderner Sonnenschutzmittel haben allerdings bei besonders Sonnenhungrigen dazu geführt, die Sonnenexposition weiter zu erhöhen.

Primäre und sekundäre Lichtdermatosen

Zahlreiche Erkrankungen werden direkt oder indirekt durch die Sonnenstrahlung beeinflusst. Sie können durch UV-Strahlung induziert werden, exazerbieren oder aber abheilen [17]. Akute und chronische Hautreaktionen, die mit der Sonnenstrahlung zusammenhängen, reichen vom Sonnenbrand über phototoxische und photoallergische Erkrankungen bis zu den benignen und malignen chronischen Lichtschäden der Haut.

Primäre Lichtdermatosen beruhen auf einer qualitativ abnormen Reaktion gegenüber Sonnen-/UV-Strahlung. Sie entstehen durch Vermittlung von photosensibilisierenden Substanzen, die endo- oder exogenen Ur-

sprungs sein können (z.B. PLD [idiopathisch] oder phototoxische Reaktion). Umgangssprachlich wird die PLD auch Licht- oder Sonnenallergie genannt. PLD gehört zu den häufigsten Lichtdermatosen (bis 20% der Bevölkerung) und manifestiert sich im Frühjahr auf primär nicht an Sonne gewöhnter Haut. Die Mallorca-Akne (*Acne aestivalis*) ist eine Sonderform der PLD. Die Entstehung wird häufig mit den lipophilen Bestandteilen von topischen (Sonnenschutz-)Produkten in Verbindung gebracht. Der systematisch-experimentelle Nachweis für diese Aussage ist beim Menschen allerdings noch nicht erbracht worden. Neben diesen primären Lichtdermatosen, bei denen elektromagnetische Strahlung der entscheidende pathogenetische Faktor ist, existieren sekundäre Lichtdermatosen, die durch Sonnenstrahlung induziert werden können, jedoch grundsätzlich eine andere Genese haben. Dies sind häufig internistische und rheumatologische Erkrankungen, wie etwa das auf Enzymdefekten beruhende Xeroderma pigmentosum (XP), oder die Autoimmunerkrankungen Lupus erythematoses (LE). Durch die Anwendung von topischen Sonnenschutzprodukten kann Menschen mit PLD (Abb. 2) oder auch kutanem LE (Abb. 3) sehr ein-

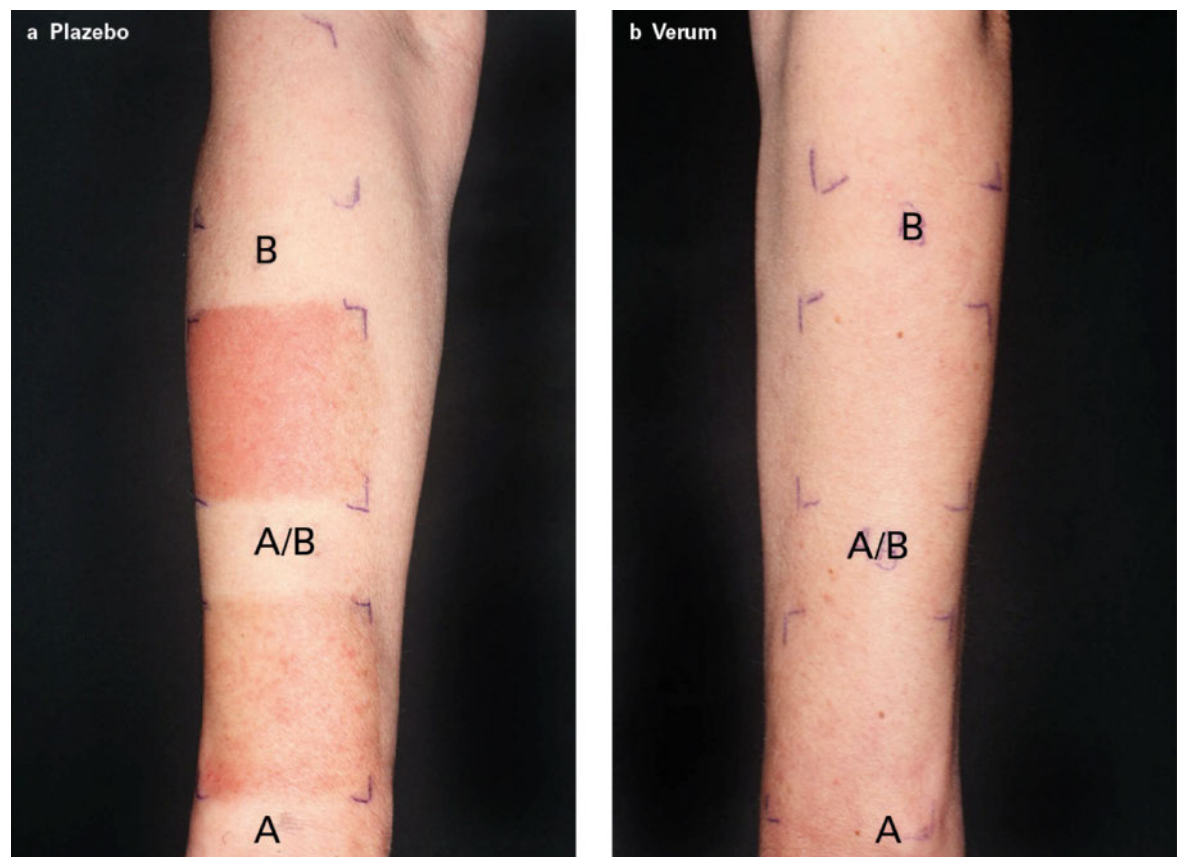


Abbildung 2: Prävention der polymorphen Lichtdermatose durch ein Sonnenschutzprodukt unter standardisierten photodiagnostischen Bedingungen [18]. **a)** Plazebo: Der Patient zeigt eine positive Reaktion auf UV-A- sowie UV-A-/UV-B-, aber nicht auf UV-B-Provokation. Dies verdeutlicht die Bedeutung der UV-A-Strahlung sehr eindrücklich. **b)** Verum: Durch ein Sonnenschutzprodukt mit ausreichendem UV-A-Schutz kann die Reaktion verhindert werden.

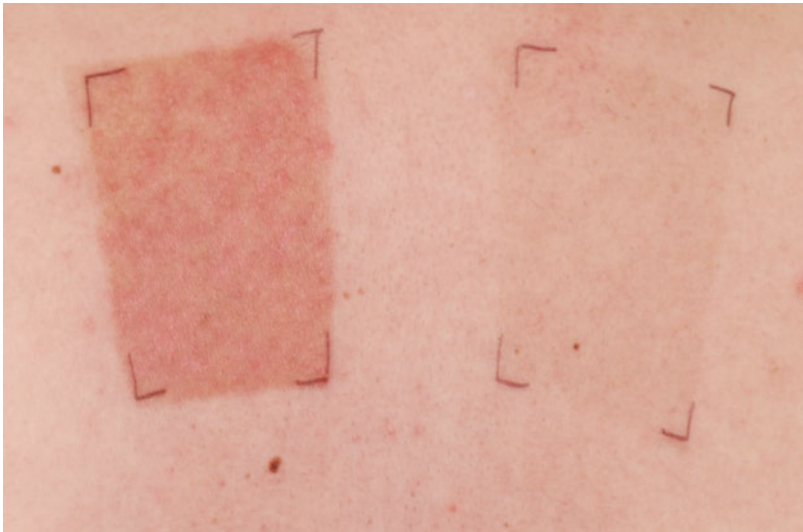


Abbildung 3: Induktion und Prävention von spezifischen Hautläsionen (links, ohne Sonnenschutzprodukt) beim Lupus erythematoses (rechts, Anwendung eines Sonnenschutzproduktes mit sehr hohem Schutz gegen UV-B und UV-A 20 Minuten vor Bestrahlung) 17 Tage nach einer Photoprovokationstestung unter standardisierten Bedingungen [19].

drücklich geholfen werden [18, 19]. Nebst konsequentem Meiden von Sonnenlicht ist insbesondere bei XP-Patienten, aber auch bei LE-Patienten die tägliche Anwendung von topischem Sonnenschutz ein absolutes Muss [20].

Sonnenschutz bei Kindern und Jugendlichen

Beim Sonnenschutz für Kinder herrscht immer wieder grosse Verunsicherung. Dabei wird die besondere Verletzlichkeit der kindlichen Haut hervorgehoben. Diese ist im Vergleich zu Erwachsenen bei Kindern durch Unterschiede im strukturellen Aufbau der Haut gut begründet (z.B. Dicke des Stratum corneum, erhöhte Exposition von Stammzellen in der Basalmembran) [21, 22]. Kein Unterschied besteht bei der minimalen Erythemdosis [23]. Schon im ersten Lebensjahr ist die Hautbräunung durch die Sonne möglich. Die maximale Konzentration des schützenden Melanins in der Haut wird ab dem zweiten Lebensjahr erreicht. Da Bräunung der Haut immer von DNA-Schädigungen begleitet wird, darf man davon ausgehen, dass letztere bereits im ersten Lebensjahr entstehen können [24, 25]. Eine direkte Sonnenexposition der Haut von Kindern unter 2–3 Jahren sollte deshalb vermieden werden. Epidemiologische Studien legen nahe, dass neben der Empfindlichkeit der Haut gegenüber der Sonne (Phototyp) und der Anzahl von Nävi (Muttermale), die Anzahl erlittener Sonnenbrände im Kindes- und Jugendalter das Risiko stark erhöhen, im späteren Leben an Hautkrebs, insbesondere an einem Melanom, zu erkranken

[26–29]. Vor diesem Hintergrund sollte das konsequente Vermeiden von Sonnenbränden im Kindes- und Jugendalter von Eltern mit aller höchster Priorität beachtet werden. Darüber hinaus sollten sich Kinder und Jugendliche mit mehr als 50 Nävi regelmässig von einem Dermatologen untersuchen lassen. Die Einhaltung von Sonnenschutzmassnahmen bei Kindern und Jugendlichen obliegt in erster Linie den Erziehungsbeauftragten (Eltern, Lehrer, Betreuer). Leider ist diese oft lückenhaft. Auffällig ist auch, dass mit einsetzender Pubertät – vor allem bei Mädchen und jungen Frauen – das Interesse für die Bräunung der Haut einsetzt. In verschiedenen Studien wird berichtet, dass Sonnenbrände in Kauf genommen werden, um dafür braun zu werden [30]. Aufklärung ist hier besonders wichtig.

Sonnenschutz und seine Leistungsmerkmale

Heutigen Konsumenten ist das Leistungsmerkmal «Sonnenschutzfaktor» – das alle Sonnenschutzprodukte auszeichnet – weitgehend bekannt und zu einem entscheidenden Kaufkriterium geworden. Der SPF beschreibt den Schutz vor allem vor UV-B-Strahlung. Weniger Beachtung findet der Schutz vor UV-A-Strahlung. Seit einigen Jahren wird von einigen Sonnenschutzmittelanbietern neu auch der Schutz vor IR-Strahlung propagiert. Die Eigenschaft eines Sonnenschutzmittels, auch nach Wasserkontakt und im Wasser zu schützen, ist für viele Eltern ein wichtiges Kaufkriterium. Im folgenden Abschnitt sollen die Leistungsmerkmale UV-B-, UV-A- und IR-Schutz sowie die Wasserresistenz von Sonnenschutzmitteln erklärt und diskutiert werden. Daran anschliessend werden Vor- und Nachteile verschiedener Formate (Cremen, Lotionen, Gele, Sprays, etc.) von Sonnenschutzmitteln erläutert.

UV-B-Schutz

Der SPF ist der Quotient aus der Erythemswellenzeit mit Sonnenschutz und der Erythemswellenzeit ohne Sonnenschutz. Der Schutz bezieht sich vor allem auf die UV-B-Strahlung. Leider gibt es viele falsche Vorstellungen dazu, was diese Zahlen tatsächlich aussagen. Beispielsweise wird oft angenommen, dass sich die Schutzleistung von SPF 15 auf SPF 30 respektive SPF 60 nicht verdoppelt respektive vervierfacht, da der prozentuale Anteil an herausgefilterter (absorbierter) UV-Strahlung lediglich um 5% steigt. Das hiesse: Die Schutzleistung verbessert sich bei steigendem SPF nur unwesentlich. Die Schutzleistung bezieht sich jedoch nicht auf die durch das Sonnenschutzprodukt absorbierte Strahlung, sondern auf die Strahlung, die tatsächlich in die Epidermis/Dermis eindringt. Bei SPF 15

dringen ca. 6,7%, bei SPF 30 etwa 3,3% und bei SPF 60 rund 1,7% der UV-Strahlung in die Epidermis/Dermis ein – dies entspricht einer Verdoppelung beziehungsweise Vervierfachung der Lichtschutzleistung (Abb. 4). Trotz Aufklärung in den Fach- und Laienmedien [31, 32] hält sich das Missverständnis hartnäckig [33].

Der SPF wird für jedes Produkt experimentell an freiwilligen Probanden in klinischen Untersuchungszentren bestimmt. Die Bestimmungen erfolgen nach genau festgelegten Regeln und Normen [34]. Der SPF gibt an, um wievielfach sich die Eigenschutzzeit der Haut gegenüber der UV-Strahlung verlängert. Die Eigenschutzzeit ist abhängig vom Hauttyp. Beim Hauttyp I beträgt sie 5–10 Minuten, das heisst theoretisch, dass sich bei der Anwendung eines Sonnenschutzproduktes mit SPF 50 der Schutz auf 250–500 Minuten erweitert. Dieser Schutz wird im Alltag allerdings nicht erreicht. Drei Gründe sind hierfür zu nennen. Die notwendigen 2 mg/cm², die bei der experimentellen SPF-Bestimmung verwendet werden müssen, werden vom Konsumenten selten erreicht. Bei Applikation von Sonnenschutzprodukt bleiben schlecht erreichbare Hautareale häufig unbehandelt. Darüber hinaus geht Sonnenschutzprodukt durch mechanischen Abrieb (abwischen von Schweiß, sich trocken nach dem Baden) wieder ver-

loren. Diesen Umständen kann man nur damit begegnen, indem man sich vor der Sonnenexposition zweimal einstreicht (nur so werden die notwendigen ca. 2 mg/cm² erreicht) und sich nach dem Abtrocknen oder heftigem Schwitzen wieder eincremt. Das Nachcremen verlängert die Expositionszeit nicht, sondern erhält bestenfalls den gewählten Sonnenschutz (SPF) aufrecht.

UV-A-Schutz

Aus dermatologischer Sicht ist es ebenfalls wichtig, sich gegenüber UV-A-Strahlung zu schützen. Es stehen unterschiedliche Methoden zur Messung dieser Schutzleistung zur Verfügung. Die älteste Methode ist der «australische Standard», bei dem mindestens 90% der UV-A-Strahlung (320–360 nm) absorbiert werden müssen. Es handelt sich um eine reine In-vitro-Methode. Die Photostabilität der Filter in der Formulierung sowie die Reaktionen der Haut oder Wechselwirkungen der Grundlage mit der Haut werden hier nicht berücksichtigt. Die Reaktion der persistierenden Hautbräunung («persistent pigment darkening» [PPD]) ist eine leider wenig verwendete In-vivo-Methode. Analog zur Bestimmung des UV-B-Schutzes wird der UV-A-Schutzfaktor aus dem Quotienten des minimalen UV-A-PPD

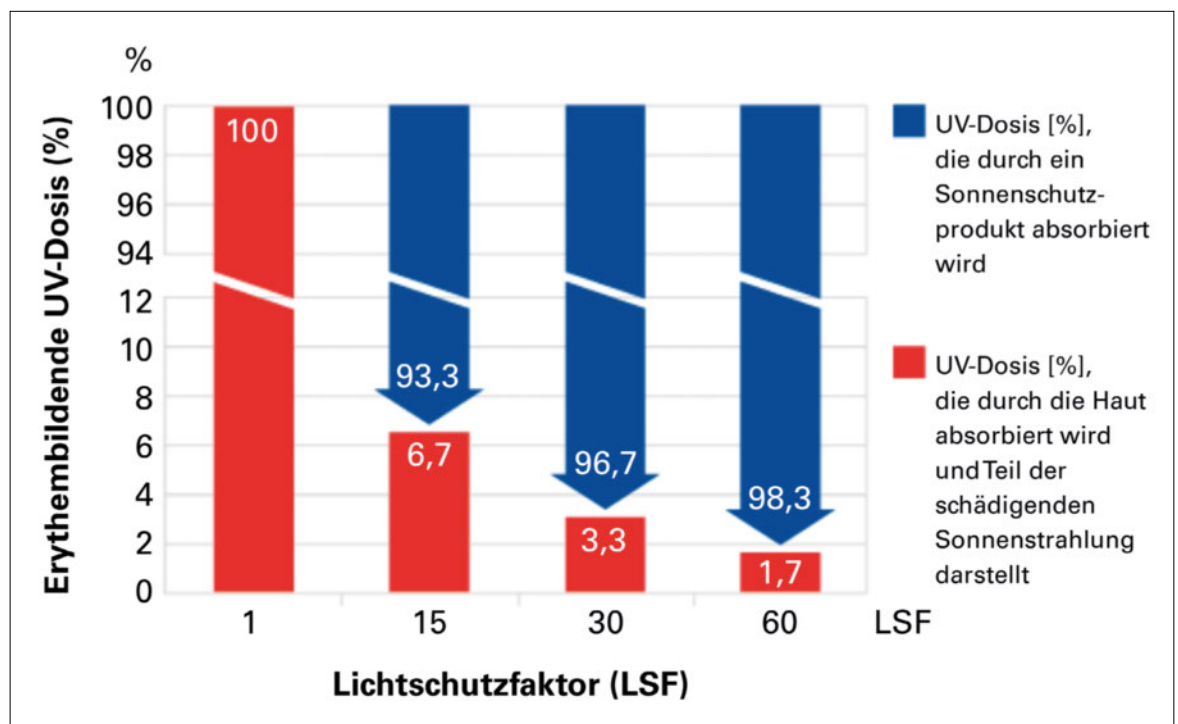


Abbildung 4: Die Angabe der Schutzleistung bezieht sich auf die Strahlung, die bei aufgetragenem Sonnenschutz in die Epidermis/Dermis eindringt (im Bild rot) und für die Entstehung des Erythems verantwortlich ist. Bei SPF 15 erreichen ca. 6,7% der UV-Strahlung die Epidermis/ Dermis, bei SPF 30 ca. 3,3% und bei SPF 60 (SPF 50+) rund 1,7%. Dies entspricht einer Verdoppelung bzw. Vervierfachung der Lichtschutzleistung (s. dazu auch die YouTube-Sequenz: <http://www.youtube.com/watch?v=8cc8qRr7oMQQ>) [31, 32].

mit und ohne Sonnenschutzmittel errechnet. Als Bezugsgrösse dient hier die Pigmentierung und nicht das Erythem [35]. Heute werden meist In-vitro-Methoden zur Bestimmung der UVA-Schutzleistung verwendet [36]. In diesem Messsystem wird eine definierte Menge Sonnenschutzprodukt auf ein «Hautäquivalent» (eine definiert aufgeraute Kunststoffplatte) aufgetragen und spektrometrisch (320–400 nm) vor und nach einer spezifischen Bestrahlungsdauer analysiert. Dabei wird die Transmission, also diejenige Lichtmenge, die durch die Plastikplatte dringt, bei jeder einzelnen Wellenlänge gemessen, integriert und schliesslich ein UV-A-Schutzfaktor (UVA-PF) berechnet. Ein entsprechendes UV-A-Logo (Abb. 1) signalisiert, dass ein UV-A Schutz vorliegt, der mindestens ein Drittel des ausgewiesenen SPF (UV-B-Schutz) beträgt.

Infrarot(IR)-Schutz

In den vergangenen Jahren wurde viel über den IR-Schutz berichtet [37] und einige Sonnenschutzmittelanbieter werben mit IR-Schutz-Konzepten. IR-Strahlung ist energieärmer als ultraviolettes Licht, dringt aber im Vergleich zum UV-Licht tiefer in die Haut ein – und zwar unabhängig vom Hauttyp. Dort schädigt sie die Kollagenstruktur und beschleunigt dadurch die Hautalterung. Bei der IR-bedingten Hautschädigung spielen die Mitochondrien eine besondere Rolle. Die IR-Strahlung bewirkt in den Mitochondrien die Bildung von reaktiven Sauerstoffradikalen, die ihrerseits eine «retrograde Signaltransduktion» auslösen. Die Signaltransduktion führt letztlich dazu, dass die Expression des Enzyms Matrixmetalloproteinase-1 (MMP-1, Kollagenase-1) gesteigert wird, was zu einem Abbau von Kollagen in der Haut und damit zur beschleunigten Hautalterung führt. Ob der IR-induzierte erhöhte oxidative Stress auch mit einer gesteigerten Kanzerogenität einhergeht, ist zurzeit noch unklar. Verschiedene Gruppen haben spezielle Mischungen unterschiedlicher Antioxidantien kreiert, welche die durch kurzweiliges IR-Licht entstandenen reaktiven Sauerstoffradikale in Hautzellen und deren Bestandteilen neutralisieren sollen. Diese Effekte sind in zahlreichen In-vitro-Systemen an sich gut dokumentiert. In der bisher einzigen klinischen Studie ist diese Wirkung allerdings bescheiden [38]. Die bisherigen Daten werden auch infrage gestellt, da die experimentell eingesetzte IR-Strahlenmenge, die IR-Strahlenmenge, die ein Sonnenhungriger am Strand oder ein Arbeiter bestimmter Berufsgruppen (Glasbläser, Eisenarbeiter) abbekommen, bei Weitem übertrifft [39]. Eine Normierung der Schutzleistung wie beim SPF oder beim PPD ist nicht etabliert. Aus diesen Gründen stellt sich die Frage, ob ein topischer IR-Schutz überhaupt einen Sinn ergibt.

Beim IR-Schutz handelt es sich um die Neutralisierung eines durch IR-Strahlung neu entstandenen körpereigenen schädigenden Agens (reaktive Sauerstoffradikale), während es beim UV-Schutz um die Absorption eines schädigenden exogenen Agens (Photonen) geht. Es gibt auch keine IR-Filtersubstanzen, die sich in Sonnenschutzprodukte einarbeiten lassen! Verkürzt heisst das: Beim IR-Schutz handelt es sich um eine Schadensbegrenzung und beim UV-Schutz um eine Schadensverhinderung. Aufgrund der bisher vorliegenden Daten sind die Bedeutung und der Nutzen des topischen IR-Schutz noch unklar.

Wasserresistenz

Die Testung der Wasserresistenz erfolgt nach genormten Methoden an freiwilligen Probanden in klinischen Untersuchungszentren [40]. Das Kriterium «wasserresistent» ist erfüllt, wenn der SPF nach zwei 20-minütigen Wasserbehandlungen im Whirlpool mindestens 50% der ursprünglichen Schutzleistung auf trockener Haut beträgt, das heisst ein Produkt mit SPF 50 muss nach der Wasserbehandlung mindestens einen SPF 25 erreichen. Das Kriterium «extra wasserresistent» ist erfüllt, wenn diese Schutzleistung auch noch nach vier 20-minütigen Wasserbehandlungen erreicht wird. Entscheidend für das Verbleiben eines Sonnenschutzmittels auf der Haut sind produktspezifische Eigenschaften der Gesamtformulierung – Ingredienzien der Grundlage spielen hier eine entscheidende Rolle. Umgangssprachlich wird anstelle des Begriffs «wasserresistent» viel häufiger der Begriff «wasserfest» respektive «extra wasserfest» verwendet. Diese im Alltag verwendeten Begriffe suggerieren dem Verbraucher, dass ein Applizieren von Sonnenschutzprodukten nach dem Baden nicht unbedingt nötig sei. Da sich die meisten Menschen nach dem Baden abtrocknen und damit die Schutzwirkung nochmals drastisch vermindern, ist ein erneutes Auftragen von Sonnenschutzmittel unabdingbar.

Wahl eines Sonnenschutzmittels

Die Auswahl an topischen Sonnenschutzmitteln mit ihren unterschiedlichen Formaten (Cremen, Lotionen, Gele, Schäume, Sprays und Puder) ist riesig und unübersichtlich. Für den Anwender sollten zwei Kriterien bei der Wahl im Vordergrund stehen. Einerseits die drei Leistungsmerkmale – Sonnenschutzfaktor (SSF oder SPF), ausreichender UVA-Schutz (gekennzeichnet mit dem UVA-Logo) sowie gegebenenfalls die Wasserresistenz – und andererseits die angenehme Haptik (Format) des Sonnenschutzmittels. Nur die drei oben genannten Leistungsmerkmale sind standardisiert und behördlich genormt. Weitere Leistungsmerkmale (befeuchtend, antioxidativ etc.) werden ebenfalls erwähnt, sind aber

häufig nicht oder nur schlecht belegt. Die deklarierten Leistungsmerkmale gelten immer für das entsprechende Produkt und sind unabhängig vom Format.

Nach dem Motto «nur Sonnenschutzmittel, die man anwendet, wirken» sollten Patienten und Konsumenten dazu motiviert werden, selbst durch Probieren das für sie angenehmste Sonnenschutzmittel (Format) zu finden. Zurzeit erfreuen sich Sprays grösster Beliebtheit. In den Augen der Autoren weist dieses Format allerdings einige Nachteile auf. Da Sprays oft leichtflüchtige Hilfsstoffe enthalten, «trocknet» das Produkt lokal sehr schnell ein, dabei wird der Schutz oft unregelmässig. Ausserdem geht ein grosser Teil des Produkts an die Umgebung verloren und erreicht die Haut gar nicht.

Applikation von Sonnenschutzmittel

Der SSF oder SPF wird im Rahmen von klinischen Untersuchungen an Probanden nach behördlich festgelegten Regeln mit 2 mg/cm² bestimmt. Im Alltag wird meist viel weniger aufgetragen – meist sogar weniger als 1 mg/cm². Damit ist die Schutzleistung sehr viel geringer als auf der Packung angegeben. Vor diesem Hintergrund empfiehlt das zweimalige Eincremen vor der Sonnenexposition. Der Leistungsverlust eines Sonnenschutzmittels auf der Haut ist durch Abrieb (Wasser, Stoffe) sehr gross. Nach Wasserkontakt oder starkem Schwitzen sowie Abtrocknen sollte immer nachgcremt werden. Dabei verlängert sich die Schutzzeit nicht, der gewählte Sonnenschutz (z.B. SPF 30) wird aufrechterhalten. Oft wird empfohlen, das Sonnenschutzmittel 15 bis 20 Minuten vor der Sonnenexposition aufzutragen. Dieser Empfehlung sollte man folgen, denn das Sonnenschutzmittel sollte auf der Haut «antrocknen» – vom Konsumenten oft als «Einziehen» beschrieben. Nach der Applikation verdunsten alle volatilen Bestandteile (40–60% der Formulierung) und es bildet sich so eine relativ stabile Schutzschicht. Als Metapher könnte man das Antrocknen von Dispersionsfarbe an einer Wand erwähnen. Die häufig kolportierte Erklärung, dass Sonnenschutzmittel erst nach 15 bis 20 Minuten wirken, ist falsch. Gelöste Filtermoleküle absorbieren immer.

Unerwünschte Wirkung von Sonnenschutzmitteln

Jeden Frühling beschäftigen den Konsumenten *Nanopartikel* in Sonnenschutzprodukten, die mögliche Verminderung der *Vitamin-D*-Produktion in der Haut durch die Anwendung von Sonnenschutzmittel sowie ein allfälliger *östrogener Effekt*. Im folgenden Abschnitt sollen diese Themen erklärt und diskutiert werden.

Vitamin D und Sonnenschutz

In den letzten Jahren hat sich unser Wissen über die Bedeutung des Vitamin-D-Stoffwechsels für den menschlichen Organismus wesentlich erweitert. Es gilt als gesichert, dass Vitamin-D-Mangel mit einem erhöhten Risiko für Erkrankungen des Knochen- und Kalziumstoffwechsels einhergeht [41]. Das erhöhte Risiko für zahlreiche weitere Krankheiten wie kardiovaskuläre Erkrankungen sowie Krebs-, Infektions- und Autoimmunkrankheiten wird derzeit diskutiert [42]. Es hat sich ebenfalls gezeigt, dass der Vitamin-D-Mangel europaweit ein endemisches Ausmass angenommen hat. Aktuelle Zahlen belegen, dass in Mitteleuropa mehr als die Hälfte der Bevölkerung an Vitamin-D-Defizienz (25(OH)-D₃-Serumkonzentration <20 ng/ml) oder Vitamin-D-Insuffizienz (25(OH)-D₃-Serumkonzentration <30 ng/ml) leidet [43–45]. Hauptgründe für diese Unterversorgung in unseren Breitengraden sind die unzureichende Eigensynthese in der Haut, fehlende Quellen in der Nahrung und eventuell die zunehmende Fettleibigkeit der Bevölkerung [46].

Rund 90% des Vitamin-D-Bedarfs wird durch UVB-Strahlung vermittelte, körpereigene Synthese in der Haut abgedeckt [47]. Vor diesem Hintergrund liegt es deshalb nahe, dass unsere Haut ausreichend, aber dennoch massvoll der Sonne ausgesetzt werden sollte. Einige Autoren empfehlen beispielsweise Personen mit Hauttyp II eine etwa fünfminütige Exposition von knapp 20% der Körperoberfläche (z.B. Hände, Arme und Gesicht) zwei- bis dreimal pro Woche mit einer Dosis von bis zu einem Drittel oder einer halben minimalen Erythemdosis im Frühjahr, Sommer und Herbst [48, 49]. Solche Empfehlungen sind für den Alltag allerdings wenig hilfreich und verleiten manche, für sich persönliche Expositionsdaten zu errechnen. Die Anregung, sich tagsüber jede Woche – auch bei weniger gutem Wetter – zwei bis drei Spaziergänge zu gönnen, wäre eine pragmatische Alternative.

Neben der existenziellen Bedeutung der UVB-Strahlung für die körpereigene Vitamin-D-Synthese, ist die UV-Strahlung aber auch als Karzinogen der Stufe 1 (IARC-Klassifikation) – krebserregend für Menschen – anerkannt [50, 51]. Die übermässige UV-Exposition stellt deshalb einen wesentlichen Faktor für die Entstehung von epithelialen Hauttumoren dar. In diesem Spannungsfeld wird in der Fach- wie in der Laienpresse die Frage diskutiert, ob und inwieweit topischer Sonnenschutz die Bildung von Vitamin D verhindert.

Vor rund 30 Jahren wurden drei Arbeiten publiziert, die über eine Sonnenschutzmittel-bedingte Reduktion der Vitamin-D-Produktion berichten. Es kamen Sonnenschutzmittel mit einem SPF ≤15 zum Einsatz. Die Stichproben waren für eine statistische Auswertung ungenü-

gend und die Beurteilung stützte sich nicht immer auf die relevante 25(OH)-D3-Konzentration im Serum. Die Untersuchungen weisen, gemessen an heutigen Standards, auch viele methodische Schwächen auf [52–54]. Zwischen 1995 und 2008 wurden weitere Arbeiten publiziert, die über den Einfluss der Langzeitanwendung von Sonnenschutzmitteln auf die Vitamin-D-Produktion in grösseren Untersuchungskollektiven berichten [55–61]. In diesen Studien wurde bei regelmässiger Anwendung von Lichtschutzmitteln (SPF<20) keine Reduktion der Vitamin-D-Produktion gemessen (25(OH)-D3-Konzentration im Serum). Allerdings wurde eine deutliche Abnahme der 25(OH)-D3-Konzentration nach begrenztem Aufenthalt im Freien sowie beim Tragen von schützender Kleidung festgestellt [62]. Die Daten zeigen, dass bei Langzeitanwendung von Sonnenschutzmitteln eine Reduktion der Vitamin-D-Produktion unwahrscheinlich ist. Darüber hinaus werden Sonnenschutzmittel meist an nur wenigen Tagen im Jahr und zeitlich begrenzt angewendet [63]. Es gibt weitere Alltagsbedingungen und -situationen, die dazu führen, dass trotz Anwendung von Sonnenschutz noch eine UV-B-vermittelte körpereigene Vitamin-D-Synthese stattfinden

Die Daten zeigen, dass bei einer Langzeitanwendung von Sonnenschutzmitteln eine Reduktion der Vitamin-D-Produktion unwahrscheinlich ist.

kann. Die drei wichtigsten Argumente sind: (1) Produkte mit SPF 50 und höher blockieren die UV-Strahlung nicht vollständig (s. Abschnitt «Sonnenschutz und seine Leistungsmerkmale»); (2) die erforderliche Menge (2 mg/cm²) Sonnenschutzprodukt, um einen bestimmten Schutz zu gewährleisten (z.B. SPF 30), wird im Alltag meist nicht aufgetragen; (3) beim Applizieren von Sonnenschutzprodukt bleiben viele Hautstellen unvollständig behandelt.

Empfehlungen, den topischen Sonnenschutz zu reduzieren, um die körpereigene Vitamin-D-Synthese nicht zu behindern, oder gar Solarien zu besuchen, um eine mögliche Vitamin-D-Insuffizienz abzuwenden, sind daher irreführend, falsch und gefährden einzig die Gesundheit. Dem endemischen Vitamin-D-Mangel kann in erster Linie durch einfache Supplementierung begegnet werden. Sie ist völlig unkompliziert und sehr kostengünstig.

An dieser Stelle sei noch Folgendes vermerkt: Viele prospektive Studien haben eine Assoziation zwischen niedrigen 25(OH)Vitamin-D-Konzentrationen und einer Reihe von akuten und chronischen Erkrankungen aufgezeigt. Allerdings konnte eine ähnlich grosse Zahl von randomisierten Studien den Nachweis nicht erbrin-

gen, dass deren Auftreten durch Erhöhung der Vitamin-D-Konzentration verhindert werden kann [64].

Nanopartikel und Sonnenschutz

Der Begriff «nano» kommt aus dem Griechischen und bedeutet «Zwerg». Ein Nanometer (nm) ist ein Milliardstel eines Meters (10⁻⁹). Ein DNS-Strang ist ca. 2,5 nm, ein Proteinmolekül ca. 5 nm, ein Erythrozyt 7000 nm und ein menschliches Haar 80 000 nm dick. Meist wird die Bezeichnung «nano» für Materialien in einer Grössenordnung von bis zu 100 nm verwendet. Als Nanomaterialien werden dabei Stoffe definiert, deren Grösse in einer oder mehreren Dimensionen (Höhe, Breite, Länge) 100 Nanometer oder weniger beträgt. Die Definition ist nicht endgültig. Es bestehen weltweit signifikante nationale Unterschiede. Oft werden neben der Dimension (nm) auch nanospezifische Materialeigenschaften (z.B. weich, hart) in die Definition mit eingeschlossen. Im Bereich des Sonnenschutzes kommen die beiden anorganischen Substanzen Zinkoxid und Titandioxid sowie die organische Substanz Bisocitriazole (Tinosorb[®]M) breit zur Anwendung. Aufgrund der kleinen Grösse lassen sich die Substanzen gut in Cremes und Lotionen dispergieren, lassen sich regelmässig auf der Haut verteilen und sind aufgrund ihrer Grösse weitgehend unsichtbar. Die Partikel reflektieren, streuen und absorbieren die UV-Strahlung. Enthält ein Sonnenschutzprodukt Nanomaterialien, sind diese auf der Verpackung zu deklarieren – z.B. Zinkoxid [nano]. Schlagzeilen wie «Nano klingt cool – und kann so schaden wie Asbest» [65] oder ähnlich tauchen häufig zum Sommerbeginn in den Medien auf, lassen sich über lange Zeiträume im Internet zurückverfolgen und haben in der Bevölkerung nachhaltig Ängste verankert. Sonnenschutzprodukten mit Nanopartikeln wird nicht selten mit einer gewissen Zurückhaltung begegnet, während Liposomen – die auch zu den Nanopartikeln zählen – in Kosmetika und Sonnenschutzprodukten als undenklich wahrgenommen werden. Nanopartikel in Sonnenschutzprodukten sind im Vehikel (Creme, Lotion) eingebettet und verbleiben dort, während Nanopartikel aus anderen alltäglichen Quellen (Strassenverkehr, Kopiermaschinen) frei in der Luft schweben und folglich eingeatmet werden können [66]. Sicherheitsbedenken bezüglich nanopartikulären UV-Filtern beziehen sich auf zwei Aspekte: (1) perkutane Absorption und systemische Toxizität sowie (2) Phototoxizität durch Bildung reaktiver Sauerstoffradikale unter UV-Exposition. Zinkoxid und Titandioxid werden seit mehr als 20 Jahren in Sonnencremes verwendet, ohne dass Berichte über unerwünschte Wirkungen dokumentiert wurden. Zahlreiche dermale Absorptionsstudien sprechen übereinstimmend dafür,

dass nanopartikuläre UV-Filter die Hornschicht nicht durchdringen und somit weder lebende Hautzellen noch die systemische Zirkulation erreichen. Die Morphologie der Hautbarriere (Räume zwischen Hornschichtzellen, Schweißdrüsenöffnungen oder Haarschaft) bietet keinen Raum für das Eindringen von Nanopartikeln. Die Freisetzung von Nanopartikeln aus einem auf der Haut «angetrockneten» Sonnenschutzmittel ist ebenfalls unmöglich. Durch die kontinuierliche Abschilferung von Hornschichtzellen kommt es auch nicht zur Akkumulation in den obersten Hautschichten. Unbehandeltes Zinkoxid und Titandioxid zeigen photokatalytische Aktivität, die zur Entstehung von freien Radikalen führen kann. Um dies zu verhindern, werden die Zinkoxid- und Titandioxid-Partikel mit Silikon-, Silizium- oder Aluminiumverbindungen «ummantelt» [67]. Dieses Qualitätsmerkmal wird allerdings selten deklariert, auch besteht dafür keine Pflicht.

Nationale und internationale Kommissionen haben wiederholt die diversen Bedenken überprüft und kein öffentliches Gesundheitsrisiko festgestellt. In zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen wurde belegt, dass Nanopartikel von Sonnenschutzprodukten auf der Hautoberfläche verbleiben und die Haut nicht durchdringen. Wegen ihres enormen Nutzens wäre ein Verzicht auf partikuläre Filter unverantwortlich [68–70].

Sonnenschutzfilter als hormonaktive Stoffe

Aufgrund ihrer chemischen Strukturverwandtschaft mit Sexualhormonen gerieten gewisse UV-Filter in den Verdacht, im menschlichen Körper Hormonwirkung zu entfalten. In In vitro- und Tierstudien konnten für einzelne UV-Filter tatsächlich östrogene Effekte nachgewiesen werden, wobei diese schwach und die verwendeten Filterdosen unrealistisch hoch waren. Trotz der seit Jahrzehnten weltweit verbreiteten Verwendung von Sonnencreme gibt es bisher keinerlei Hinweise, dass UV-Filter im Menschen zu klinisch relevanten Störungen der Hormonhomöostase führen. Die Frage, welche Bedeutung die Sonnenschutzfilter neben vielen anderen Substanzen wie Konservierungsmittel, hormonelle Verhütungsmittel und Arzneimittel, die unterdessen in fast allen Flüssen, Seen und an Meeresküsten nachweisbar sind, auf unsere Gesundheit haben, ist noch weitgehend unklar. Darüber hinaus lässt sich beispielsweise der Sonnenschutzfilter – Benzophenone-3 (wird in der Schweiz kaum eingesetzt) – seit mehr als zehn Jahren im Urin der meisten US-Bewohner nachweisen. Sonnenschutzfilter der letzten Generation – wie sie heute häufig eingesetzt werden – sind sehr lipophil, weisen ein grösseres Molekulargewicht auf und dringen deshalb nur in die alleroberste Schicht des

Stratum corneum ein. Aufgrund dieser Eigenschaften ist es unmöglich, dass die Filter in tiefere hydrophilere Schichten penetrieren. Im Markt der Sonnenschutzprodukte spielt das «Ansehen» eines Sonnenschutzfilters in der Bevölkerung ebenfalls eine grosse Rolle. Werden bestimmte Eigenschaften von Filtern oder anderen Substanzen von der Presse aufgenommen und kritisch – zu Recht oder zu Unrecht – hinterfragt, verschwinden die Substanzen ziemlich schnell aus den Produkten, um keinen Wettbewerbsnachteil zu erleiden. Die Pressenkampagnen können manchmal auch hexenjagdartige Formen annehmen und wissenschaftliche Argumente verlieren ihren Wert [71–73].

Medizinprodukte und Sonnenschutz

Im Gegensatz zu den USA oder Australien, wo Sonnenschutzprodukte als Arzneimittel eingestuft sind, werden diese Produkte in Europa und der Schweiz als Kosmetika oder kosmetische Mittel deklariert. Erstmals in der Schweiz (2007) und später in ganz Europa wurden neu gewisse Sonnenschutzmittel auch als Medizinprodukte beworben. Was steckt hinter dieser Kategorie *Medizinprodukte* und welchen Nutzen bieten solche Produkte? Ein Blick in die aktuelle Gesetzgebung hilft hier weiter. In der Schweiz werden Medizinprodukte im Bundesgesetz über Arzneimittel und Medizinprodukte (812.21, Heilmittelgesetz, HMG) geregelt. Sie sind definiert als Produkte, «die für die medizinische Verwendung bestimmt sind ... und deren Hauptwirkung *nicht* durch ein Arzneimittel erreicht wird». Das schweizerische und europäische Gesetz regelt hier eine ungeheuer grosse Produktklasse. Das Regelwerk ist dementsprechend umfangreich und komplex. Stark verkürzt sind Medizinprodukte zur Anwendung für folgende Zwecke bestimmt: Erkennung, Verhütung, Überwachung, *Behandlung oder Linderung von Krankheiten*; ... und deren bestimmungsgemässe Hauptwirkung im oder am menschlichen Körper weder durch pharmakologische oder immunologische Mittel noch metabolisch erreicht wird.

Von dieser Gruppe lassen sich *kosmetische Mittel* abgrenzen. Kosmetische Mittel sind in der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV; SR 817.02) definiert als Stoffe oder Zubereitungen, die dazu bestimmt sind, äusserlich mit den verschiedenen Teilen des menschlichen Körpers (Haut, Behaarungssystem, Nägel, Lippen und intime Regionen) oder mit den Zähnen und den Schleimhäuten der Mundhöhle in Berührung zu kommen, und zwar zu dem ausschliesslichen oder überwiegenden Zweck, diese zu reinigen, zu parfümieren, ihr Aussehen zu verändern oder den Körpergeruch zu beeinflussen oder um sie zu schützen

oder in gutem Zustand zu halten. Hinweise irgendwelcher Art auf eine krankheitsheilende, -lindernde oder -verhütende Wirkung von Gebrauchsgegenständen (z.B. medizinische oder therapeutische Eigenschaften, desinfizierende oder entzündungshemmende Wirkungen, ärztliche Empfehlungen) sind verboten (Art. 31 Abs. 3 LGV). Ausnahmen gibt es! Bei Zahn- und Mundpflegemitteln sind Hinweise auf kariesverhütende sowie auf andere zahnmedizinisch vorbeugende Eigenschaften erlaubt, wenn sie wissenschaftlich belegt werden können (Art. 31 Abs. 4 LGV). Für kosmetische Mittel sieht das Lebensmittelgesetz zur Zeit keinen generellen Täuschungsschutz vor. Unzulässig ist die Täuschung nur dann, wenn sie eine Schädigung der Gesundheit zur Folge haben kann. Ein typisches Beispiel wäre die Sonnencreme, die nicht den angegebenen Schutzfaktor aufweist.

Die Gesetzestexte lassen schnell klarwerden, dass im Gegensatz zu kosmetischen Mitteln bei Medizinprodukten bei der Bewerbung ein sogenanntes Heilversprechen gemacht werden darf. Die Actinca®-Lotion der

Firma Spirig Pharma AG (heute Galderma S.A.) war das erste Sonnenschutzmittel, das in der Schweiz und Europa als Medizinprodukt notifiziert und vermarktet wurde. In klinischen Studien wurden a) ein wirksamer Schutz vor verschiedenen Arten des hellen Hautkrebses nachgewiesen (so der Rückgang aktinischer Keratosen um 53% sowie keine neuen invasiven Plattenepithelkarzinome innerhalb von zwei Jahren nach regelmässiger Anwendung des Produktes) sowie b) die Prävention der Symptome des kutanen LE [74, 75]. In der Schweiz ist unterdessen ein weiteres kosmetisch sehr ansprechendes Produkt – SunsiMed von Pierre Fabre – auf den Markt gekommen, das die Vorbeugung gegen aktinische Keratosen, Hautkrebs (ausser Melanom) und lichtbedingte Hautalterung promoviert. Europaweit sind zahlreiche weitere, ähnliche Medizinprodukte auf dem Markt erschienen. Gemäss schweizerischer und europäischer Gesetzgebung muss für jedes Produkt eine klinische Bewertung vorliegen. Diese basiert a) auf einer kritischen Bewertung der Ergebnisse sämtlicher durchgeführten klinischen Prüfungen oder b) auf einer kritischen Bewertung der einschlägigen derzeit verfügbaren wissenschaftlichen Literatur über Sicherheit, Leistung, Auslegungsmerkmale und Zweckbestimmung des Produkts. Dabei soll die Gleichartigkeit des Produkts mit demjenigen Produkt nachgewiesen werden, auf das sich die Daten beziehen. Es lässt sich erahnen, dass hier ein grosser Spielraum besteht, viele wissenschaftliche Untersuchungen in eine Bewertung einzubeziehen. Um den Zusatznutzen solcher Produkte zu erkennen und zu bewerten ist es empfehlenswert, sich eine komplette Sammlung der publizierten klinischen Daten *mit* dem beworbenen Medizinprodukt geben zu lassen.

Das Wichtigste für die Praxis

- Die Bedeutung von Kleidung, Kopfbedeckung und Sonnenbrille als bessere Alternative zum topischen Sonnenschutz sollte immer wieder in Erinnerung gerufen werden.
- Für eine Empfehlung und den Kauf eines Sonnenschutzmittels sind die entscheidenden Leistungsmerkmale (1) der Sonnenschutzfaktor (SSF, SPF), (2) ausreichender UVA-Schutz (gekennzeichnet mit dem UVA-Logo) und gegebenenfalls (3) die Wasserresistenz.
- Die Empfehlung bestimmter Produkte ist nicht möglich. Nach dem Motto «nur Sonnenschutzmittel, die man anwendet, wirken» sollten Patienten und Konsumenten dazu motiviert werden, selbst durch Probieren das für sie angenehmste Sonnenschutzprodukt zu finden.
- Der Leistungsverlust eines Sonnenschutzmittels auf der Haut ist durch Abrieb (Wasser, Stoffe) sehr gross. Nach Wasserkontakt, starkem Schwitzen sowie Abtrocknen sollte immer nachgcremt werden. Dabei verlängert sich die Schutzzeit nicht, aber der gewählte Sonnenschutz wird aufrechterhalten.
- Der SSF oder SPF wird im Rahmen von klinischen Untersuchungen an Probanden nach festgelegten Regeln mit 2 mg/cm² bestimmt. Im Alltag wird meist viel weniger aufgetragen – oft sogar <1 mg/cm². Damit ist die Schutzleistung weit geringer als auf der Packung angegeben. Deshalb empfiehlt es sich, sich zweimal vor der Sonnenexposition einzucremen.
- Von endogenem Sonnenschutz durch Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmittel sollte grundsätzlich abgeraten werden.
- Das Risiko, an Hautkrebs oder an einem Melanom zu erkranken, geht mit der Anzahl Sonnenbrände im Kindes- und Jugendalter einher. Vor diesem Hintergrund hat das Vermeiden von Sonnenbränden im Kindes- und Jugendalter die allerhöchste Priorität.

Schlussfolgerung

Heutzutage stellt die Industrie hochentwickelte und sehr effektive Produkte für den exogenen Sonnenschutz zur Verfügung. Die UV-B- und die UV-A-Strahlung kann erfolgreich reduziert werden. Es gilt als weitgehend gesichert, dass konsequenter topischer Sonnenschutz vor bestimmten Formen des Hautkrebses und vor Hautalterung schützt. Primäre und sekundäre Lichtdermatosen können mit Sonnenschutzprodukten mit hohem SPF und breitem Wirkspektrum sehr eindrücklich verhindert werden. Da schwach und unzuverlässig, sollte von endogenem Sonnenschutz durch Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmitteln generell abgeraten werden. Theoretisch ist eine Reduktion der Vitamin-D-Synthese in der Haut durch Anwendung von topischen Sonnenschutzmittel möglich. Da aber auch bei sehr hohen Sonnenschutzfaktoren noch UV-Licht in die Haut eindringt, wird die Vitamin-

D-Synthese nicht gestoppt. Empfehlungen, den Sonnenschutz zu reduzieren, um die körpereigene Synthese des VitaminD nicht zu behindern, oder gar Solarien zu besuchen, um eine mögliche Vitamin-D-Insuffizienz abzuwenden, gefährden die Gesundheit. Die Morphologie der Hautbarriere bietet keinen Raum für das Eindringen von Nanopartikeln. Die Freisetzung von Nanopartikeln aus einem auf der Haut «angetrockneten» Sonnenschutzmittel ist nicht möglich. Nationale und internationale Kommissionen haben wiederholt die diversen Bedenken überprüft und kein öffentliches Gesundheitsrisiko festgestellt. Bei Sonnenschutzprodukten, die als Medizinprodukte ausgezeichnet sind, ist eine Bewerbung mit einem Heilversprechen möglich, zum Beispiel wirksamer Schutz vor verschiedenen Arten des hellen Hautkrebses. Eine solche Bewerbung ist bei Sonnenschutzprodukten, die als Kosmetika ver-

trieben werden, nicht gestattet. Trotz sehr effektiver topischer Sonnenschutzprodukte bleibt die Anwendungsbereitschaft und die -treue von Patienten und Sonnenhungrigen das schwächste Glied in der Massnahmenkette gegen unerwünschte Wirkungen der Sonne! Es sollten die wirksameren Massnahmen wie der begrenzte Aufenthalt in der Sonne, das Tragen von Kleidung, Kopfbedeckung und Sonnenbrille immer wieder in Erinnerung gerufen werden.

Disclosure statement

Prof. Dr. phil. nat. Christian Surber ist Mitarbeiter der Dermatologischen Universitätsklinik Basel und Zürich; keine Interessenskonflikte in Bezug auf diesen Artikel. Prof. Dr. med. Ralph Braun ist Mitarbeiter der Dermatologischen Universitätsklinik Zürich; keine Interessenskonflikte in Bezug auf diesen Artikel.

Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie in der Online-Version des Artikels unter www.medicalforum.ch.

Korrespondenz:
Prof. Dr. phil. nat.
Christian Surber
Dermatologische
Universitätsklinik
Universitätsspital Basel
Petersgraben 4
CH-4031 Basel
[christian.surber\[at\]unibas.ch](mailto:christian.surber[at]unibas.ch)

Literatur

- 1 Ruppert L, Køster B, Siegert AM, Cop C, Boyers L, Karimkhani C, et al. YouTube as a source of health information: Analysis of sun protection and skin cancer prevention related issues. *Dermatol Online J*. 2017;23(1). pii: 13030/qt91401264. PMID: 28329465.
- 2 Reinau D, Villa S, Meier CR, Surber C. Internet forums as an information source on sun protection. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2016;14(1):64–6. doi: 10.1111/ddg.12711.
- 3 Reinau D, Meier CR, Blumenthal R, Surber C. Skin Cancer Prevention, Tanning and Vitamin D: A Content Analysis of Print Media in Germany and Switzerland. *Dermatology*. 2016;232(1):2–10. doi: 10.1159/000435913.
- 4 Wang SQ, Goulart JM, Lim HW. Lack of UV-A protection in daily moisturizing creams. *Arch Dermatol*. 2011;147(5): 618–20. doi: 10.1001/archdermatol.2010.406.
- 5 Surber C. Sonnenschutz – Update. *SZD*. 2014;3:1–4
- 6 Stahl W, Sies H. Mol Nutr Food Res. Photoprotection by dietary carotenoids: concept, mechanisms, evidence and future development. 2012;56(2):287–95. doi: 10.1002/mnfr.201100232.
- 7 Stahl W, Sies H. β -Carotene and other carotenoids in protection from sunlight. *Am J Clin Nutr*. 2012;96(5): 1179–84. doi: 10.3945/ajcn.112.034819.
- 8 Köpcke W, Krutmann J. Protection from sunburn with beta-Carotene – a meta-analysis. *Photochem Photobiol*. 2008;84(2):284–8. PMID: 18086246.
- 9 Meinke MC, Friedrich A, Tscherch K, Haag SF, Darvin ME, Vollert H, et al. Influence of dietary carotenoids on radical scavenging capacity of the skin and skin lipids. *Eur J Pharm Biopharm*. 2013;84(2):365–73. doi: 10.1016/j.ejpb.2012.11.012.
- 10 Gonzalez S, Gilaberte Y, Philips N. Mechanistic insights in the use of a Polypodium leucotomos extract as an oral and topical photoprotective agent. *Photochem Photobiol Sci*. 2010;9(4):559–63. doi: 10.1039/b9pp00156e.
- 11 Fabrikant J, Toulouei K, Brown SM. A review and update on melanocyte stimulating hormone therapy: afamelanotide. *J Drugs Dermatol*. 2013;12(7):775–9. PMID: 23884489.
- 12 Kim ES, Garnock-Jones KP. Afamelanotide: A Review in Erythropoietic Protoporphyrria. *Am J Clin Dermatol*. 2016;17(2):179–85. doi: 10.1007/s40257-016-0184-6.
- 13 Thompson SC, Jolley D, Marks R. Reduction of solar keratoses by regular sunscreen use. *N Engl J Med*. 1993;329(16):1147–51. PMID: 8377777.
- 14 Lin JS, Eder M, Weinmann S, Zuber SP, Beil TL, Plaut D, Lutz K. Behavioral Counseling to Prevent Skin Cancer: Systematic Evidence Review to Update the 2003 U.S. Preventive Services Task Force Recommendation [Internet]. *Ann Intern Med*. 2011;154:190–201. PMID: 21542545.
- 15 Green AC, Williams GM, Logan V, Strutton GM. Reduced melanoma after regular sunscreen use: randomized trial follow-up. *J Clin Oncol*. 2011;29(3):257–63. doi: 10.1200/JCO.2010.28.7078.
- 16 Hughes MC, Williams GM, Baker P, Green AC. Sunscreen and prevention of skin aging: a randomized trial. *Ann Intern Med*. 2013;158(11):781–90. doi: 10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00002.
- 17 Lehmann P, Schwarz T. Photodermatoses: diagnosis and treatment. *Dtsch Arztebl Int*. 2011;108(9):135–41. doi: 10.3238/arztebl.2011.0135
- 18 Schleyer V, Weber O, Yazdi A, Benedix F, Dietz K, Röcken M, Berneburg M. Prevention of polymorphic light eruption with a sunscreen of very high protection level against UVB and UVA radiation under standardized photodiagnostic conditions. *Acta Derm Venereol*. 2008;88(6):555–60. doi: 10.2340/00015555-0509.
- 19 Patsinakidis N, Wenzel J, Landmann A, Koch R, Gerß J, Luger TA, et al. Suppression of UV-induced damage by a liposomal sunscreen: a prospective, open-label study in patients with cutaneous lupus erythematosus and healthy controls. *Exp Dermatol*. 2012;21(12):958–61. doi: 10.1111/exd.12035.
- 20 Kuhn A, Wenzel J, Bijl M. Lupus erythematosus revisited. *Semin Immunopathol*. 2016;38(1):97–112. doi: 10.1007/s00281-015-0550-0.
- 21 Stamatias GN, Nikolovski J, Luedtke MA, Kollias N, Wiegand BC. Infant skin microstructure assessed in vivo differs from adult skin in organization and at the cellular level. *Pediatr Dermatol*. 2010;27(2):125–31. doi: 10.1111/j.1525-1470.2009.00973.x.
- 22 Volkmer B, Greinert R. UV and children's skin. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011;107(3):386–8. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2011.08.011.
- 23 Cox NH, Diffey BL, Farr PM. The relationship between chronological age and the erythral response to ultraviolet B radiation. *Br J Dermatol*. 1992;126(4):315–9. PMID: 1571251.
- 24 Gilchrist BA. Molecular aspects of tanning. *J Invest Dermatol*. 2011;131(E1):E14–7. doi: 10.1038/skinbio.2011.6.
- 25 Mack MC, Tierney NK, Ruvolo E Jr, Stamatias GN, Martin KM, Kollias N. Development of solar UVR-related pigmentation begins as early as the first summer of life. *J Invest Dermatol*. 2010;130(9):2335–8. doi: 10.1038/jid.2010.104.
- 26 Thomas NE, Edmiston SN, Alexander A, Millikan RC, Groben PA, Hao H, et al. Number of nevi and early-life ambient UV exposure are associated with BRAF-mutant melanoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2007;16(5):991–7. PMID: 17507627.
- 27 Veierød MB, Adami HO, Lund E, Armstrong BK, Weiderpass E. Sun and solarium exposure and melanoma risk: effects of age, pigmentation characteristics, and nevi. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010;19(1):111–20. doi: 10.1158/1055-9965.
- 28 Quatrano NA, Dinulos JG. Current principles of sunscreen use in children. *Curr Opin Pediatr*. 2013;25(1):122–9. doi: 10.1097/MOP.0b013e32835c2b57.
- 29 Youl P, Aitken J, Hayward N, Hogg D, Liu L, Lassam N, Martin N, Green A. Melanoma in adolescents: a case-control study of risk factors in Queensland, Australia. *Int J Cancer*. 2002 Mar 1;98(1):92–8. PMID: 11857391.
- 30 Reinau D, Meier C, Gerber N, Hofbauer GF, Surber C. Sun protective behaviour of primary and secondary school students in North-Western Switzerland. *Swiss Med Wkly*. 2012;142:w13520. doi: 10.4414/smw.2012.13520]
- 31 Reinau D, et al. The meaning and implication of sun protection factor. *Br J Dermatol*. 2015;173(5):1345. doi: 10.1111/bjd.14015.
- 32 www.youtube.com/watch?v=8cc8qRr7oMQ
- 33 THE WALL STREET JOURNAL, 11./12. Juli 2015.
- 34 ISO 24444:2010 Cosmetics – protection test methods – In vivo determination of the sun protection factor (SPF).
- 35 Standard EN ISO 24442:2011 Cosmetics – Sun protection test methods – in vivo determination of sunscreen UVA protection.
- 36 Standard EN ISO 24443:2012 Cosmetics – Determination of sunscreen UVA photoprotection in vitro.
- 37 Schroeder P, Krutman J. IRA-Schutz: Notwendigkeit und Möglichkeiten. *Hautarzt*. 2009;60(4):301–4. doi: 10.1007/s00105-008-1626-8.
- 38 Grether-Beck S, Marini A, Jaenicke T, Krutmann J. Effective photoprotection of human skin against infrared A radiation by topically applied antioxidants: results from a vehicle controlled, double-blind, randomized study. *Photochem Photobiol*. 2015;91(1):248–50. doi: 10.1111/php.12375.
- 39 Diffey B. An appraisal of the need for infrared radiation protection in sunscreens. *Photochem Photobiol Sci*. 2016;15(3):361–4. doi: 10.1039/c5pp00451a
- 40 COLIPA – The European Cosmetic Toiletry and Perfumery Association. Guideline for evaluation sun product water resistance, Belgium. December 2005.

- 41 <http://www.nationalacademies.org/hmd/Reports/2010/Dietary-%C2%ADReference-%C2%ADIntakes-for-Calcium-and-Vitamin-D.aspx>
- 42 Holick MF. Vitamin D deficiency. *NEJM*. 2007;357:266–81. PMID: 17634462.
- 43 Rabenberg M, et al. Vitamin D status among adults in Germany – results from the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *BMC Public Health*. 2015;15:641. doi: 10.1186/s12889-015-2016-7.
- 44 Merlo C, Trummel M, Essig S, Zeller A. Vitamin D Deficiency in -Unselected Patients from Swiss Primary Care: A Cross-Sectional Study in Two Seasons. *PLoS One*. 2015 Sep 15;10(9):e0138613. doi: 10.1371/journal.pone.0138613.
- 45 van Schoor NM, Lips P. Worldwide vitamin D status. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2011 Aug;25(4):671–80. doi: 10.1016/j.beem.2011.06.007.
- 46 Savastano S, Barrea L, Savanelli MC, Nappi F, Di Somma C, Orio F, Colao A. Low vitamin D status and obesity: Role of nutritionist. *Rev Endocr Metab Disord*. 2017 Feb 23. doi: 10.1007/s11154-017-9410-7.
- 47 Holick MF. Vitamin D deficiency. *NEJM*. 2007;357:266–81. PMID: 17634462
- 48 Holick MF. Evolution and function of vitamin D. *Recent Results Cancer Res*. 2003;164:3–28. PMID: 12899511.
- 49 Reichrath J. Protecting against adverse effects of sun protection. *J Am Acad Dermatol*. 2003;49(6):1204–6. PMID: 14639432.
- 50 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
- 51 El Ghissassi F, Baan R, Straif K, Grosse Y, Secretan B, Bouvard V, et al. WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. A review of human carcinogens – part D: radiation. *Lancet Oncol*. 2009;10(8):751–2. PMID: 19655431.
- 52 Matsuoka LY, Ide L, Wortsman J, MacLaughlin JA, Holick MF. Sunscreens suppress cutaneous vitamin D₃ synthesis. *J Clin -Endocrinol Metab*. 1987;64(6):1165–8. PMID: 3033008.
- 53 Matsuoka LY, Wortsman J, Hanifan N, Holick MF. Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D. A preliminary study. *Arch Dermatol*. 1988;124(12):1802–4. PMID: 3190255.
- 54 Matsuoka LY, Wortsman J, Hollis BW. Use of topical sunscreen for the evaluation of reginal synthesis of vitamin D₃. *J Am Acad Dermatol*. 1990;22:772–5. PMID: 2161436.
- 55 Marks R, Foley PA, Jolley D, Knight KR, Harrison J, Thompson SC. The effect of regular sunscreen use on vitamin D levels in an Australian population. *Arch Dermatol* 1995;131:415–21. PMID: 7726582.
- 56 Marks R. Sunlight and health. Use of sunscreen does not risk vitamin D deficiency. *BMJ*. 1999;319:1066. PMID: 10521210.
- 57 Farrerons J, Barnadas M, Rodríguez J, Renau A, Yoldi B, López-Navidad A, Moragas J. Clinically prescribed sunscreen (SPF 15) does not decrease serum vitamin D concentration sufficiently either to induce changes in parathyroid function or in metabolic markers. *Br J Dermatol*. 1998;139:422–7. PMID: 9767286.
- 58 Farrerons J, Barnadas M, López-Navidad A, Renau A, Rodríguez J, Yoldi B, Alomar A. Sunscreen and risk of osteoporosis in the elderly: a two-year follow-up. *Dermatology*. 2001;202:27–30. PMID: 11244224.
- 59 Harris SS, Dawson-Hughes B. Reduced sun exposure does not explain the inverse association of 25-hydroxyvitamin D with percent body fat in older adults. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92:3155–7. PMID: 17535990.
- 60 Kligman EW, Watkins A, Johnson K, Kronland R. The impact of lifestyle factors on serum 25 hydroxy vitamin D levels in older adults: a preliminary study. *Fam Pract Res*. 1989;9:11–9. PMID: 2610008.
- 61 Kimlin M, Harrison S, Nowak M, Moore M, Brodie A, Lang C. Does a high UV Environment ensure adequate vitamin D status? *J Photochem Photobiol Biol*. 2007;89:139–47. PMID: 17964181.
- 62 Cusack C, Danby C, Fallon JC, Ho WL, Murray B, Brady J, et al. Photoprotective behaviour and sunscreen use: impact on -Vitamin D levels in cutaneous lupus erythematosus. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2008;24:260–7. doi: 10.1111/j.1600-0781.2008.00373.x.
- 63 Thieden E, Philipsen PA, Sandby-Møller J, Wulf HC. Sunscreen use related to UV exposure, age, sex, and occupation based on personal dosimeter readings and sun exposure behaviour diaries. *Arch Dermatol*. 2005;141:967–73. PMID: 16103325.
- 64 Autier P, Boniol M, Pizot C, Mullie P. Vitamin D status and ill health: a systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014;2(1):76–89. doi: 10.1016/S2213-8587(13)70165-7.
- 65 DIE WELT, 28. September 2009 (<http://www.welt.de/gesundheit/article4208429/Nanoklingt-cool-und-kann-so-schaden-wie-Asbest.html>)
- 66 Martin J, Bello D, Bunker K, Shafer M, Christiani D, Woskie S, Demokritou P. Occupational exposure to nanoparticles at commercial photocopy centers. *J Hazard Mater*. 2015;298:351–60. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.06.021.
- 67 Carlotti ME, Ugazio E, Sapino S, Fenoglio I, Greco G, Fubini B. Role of particle coating in controlling skin damage photoinduced by titania nanoparticles. *Free Radic Res*. 2009;43(3):312–22. doi: 10.1080/10715760802716633.
- 68 Nohynek GJ, Lademann J, Ribaud C, Roberts MS. Grey goo on the skin? Nanotechnology, cosmetic and sunscreen safety. *Crit Rev Toxicol*. 2007;37(3):251–77. PMID: 17453934.
- 69 Schilling K, Bradford B, Castelli D, Dufour E, Nash JF, Pape W, et al. Human safety review of «nano» titanium dioxide and zinc oxide. *Photochem Photobiol Sci*. 2010;9:495–509. doi: 10.1039/b9pp00180h.
- 70 Leite-Silva VR, Sanchez WY, Studier H, Liu DC, Mohammed YH, Holmes AM, et al. Human skin penetration and local effects of topical nano zinc oxide after occlusion and barrier impairment. *Eur J Pharm Biopharm*. 2016;104:140–7. doi: 10.1016/j.ejpb.2016.04.022.
- 71 Witorsch RJ, Thomas JA. Personal care products and endocrine disruption: A critical review of the literature. *Crit Rev Toxicol*. 2010 Nov;40 Suppl 3:1–30. doi: 10.3109/10408444.2010.515563.
- 72 Kim S, Choi K. Occurrences, toxicities, and ecological risks of benzophenone-3, a common component of organic sunscreen products: a mini-review. *Environ Int*. 2014 Sep;70:143–57. doi: 10.1016/j.envint.2014.05.015.
- 73 Zamoiski RD, Cahoon EK, Michal Freedman D, Linet MS. Self-reported sunscreen use and urinary benzophenone-3 concentrations in the United States: NHANES 2003–2006 and 2009–2012. *Environ Res*. 2015;142:563–7. doi: 10.1016/j.envres.2015.08.006.
- 74 Ulrich C, Jürgensen JS, Degen A, Hackethal M, Ulrich M, Patel MJ, et al. Prevention of non-melanoma skin cancer in organ transplant patients by regular use of a sunscreen: a 24 months, prospective, case-control study. *Br J Dermatol*. 2009;161 Suppl 3:78–84. doi: 10.1111/j.1365-2133.2009.09453.x.
- 75 Zahn S, Graef M, Patsinakidis N, Landmann A, Surber C, Wenzel J, Kuhn A. Ultraviolet light protection by a sunscreen prevents interferon-driven skin inflammation in cutaneous lupus erythematosus. *Exp Dermatol*. 2014;23(7):516–8. doi: 10.1111/exd.12428.