

Themenheft UV-Strahlung

Ausgabe 2 • 2012

Juni 2012





Aktionsprogramm
Umwelt und Gesundheit
(APUG)

UMID

Ausgabe 2 • 2012

UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst ist ein Beitrag zum "Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit" (APUG) und Teil der Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 2/2012

ISSN 2190-1120 (Print), ISSN 2190-1147 (Internet)

Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR),
Robert Koch-Institut (RKI), Umweltbundesamt (UBA)

Druck: Umweltbundesamt

Redaktion für diese Ausgabe:

Dr. Cornelia Baldermann	Kerstin Gebuhr M. A.
Dipl.-Ing. Dipl.-Soz. Helmut Jahraus	Umweltbundesamt
Bundesamt für Strahlenschutz	Corrensplatz 1
Ingolstädter Landstraße 1	14195 Berlin
85764 Oberschleißheim (Neuherberg)	E-Mail: kerstin.gebuhr[at]uba.de
E-Mail: cbaldermann[at]bfs.de	
hjahraus[at]bfs.de	

Redaktion:

Dr. Suzan Fiack	Dr. med. Ute Wolf
Bundesinstitut für Risikobewertung	Robert Koch-Institut
Thielallee 88-92	General-Pape-Straße 62-66
14195 Berlin	12101 Berlin
E-Mail: pressestelle[at]bfr.bund.de	E-Mail: u.wolf[at]rki.de
Dipl.-Ing. Dipl.-Soz. Helmut Jahraus	Dr. phil. Dipl.-Ing. Hedi Schreiber
Bundesamt für Strahlenschutz	Umweltbundesamt
Ingolstädter Landstraße 1	Corrensplatz 1
85764 Oberschleißheim (Neuherberg)	14195 Berlin
E-Mail: hjahraus[at]bfs.de	E-Mail: hedi.schreiber[at]uba.de

Bitte beachten Sie: Um Spam-Mails vorzubeugen, werden alle Mailadressen im UMID nicht mit dem @-Zeichen, sondern in der Form "vorname.name[at]einrichtung.de" angegeben.

E-Mail für UMID: [umid\[at\]uba.de](mailto:umid[at]uba.de)

UMID im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/umid/index.htm>

UMID im ÖGD-Intranet: <http://www.uminfo.de> (Bereich Literatur)

UMID auf apug.de: <http://www.apug.de/risiken/umweltmedizin/umid.htm>

Gedruckt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen "Blauer Engel".

Titelfotos: Logo „Sonne – aber sicher“ / BfS. Alle Fotos siehe auch www.pixelio.de.

UMID erscheint jährlich in 3 bis 4 Ausgaben im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit (APUG) und kann kostenfrei abonniert werden. Er dient der Information von Behörden und Institutionen, die im Bereich Umwelt und Gesundheit arbeiten, außerdem auf dem Gebiet der Umweltmedizin tätigen Fachkräften sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern.

Die Zeitschrift sowie die in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Vervielfältigung, Verbreitung und öffentliche Wiedergabe zu gewerblichen Zwecken ist untersagt. Die Verwertung der Beiträge im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten bedarf der Zitierung des Autors in Verbindung mit den bibliografischen Angaben. Die inhaltliche Verantwortung für einen Beitrag trägt ausschließlich der Autor/die Autorin. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Herausgeber übereinstimmen. Die am Ende eines Beitrags angegebene Kurzbezeichnung der Institution verweist auf das für die redaktionelle Betreuung zuständige Redaktionsmitglied.

INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

Das UV-Bündnis	5
The UV alliance	
<i>Cornelia Baldermann</i>	

Grundlagen

Wirkungen von UV-Strahlung	10
Effects of UV radiation	
<i>Monika Asmuß</i>	
UV-Strahlung und Vitamin D.....	15
UV radiation and vitamin D	
<i>Monika Asmuß, Cornelia Baldermann</i>	
Wie stark ist die UV-Strahlung? – Der UV-Index	20
How intensive is the UV radiation? – The UV index	
<i>Ingo Mayer</i>	

Risiken

Hautkrebserkrankungen – ein noch weit unterschätztes Gesundheitsrisiko	25
Skin cancer diseases – a still underestimated health risk	
<i>Britta Löpker, Markus Anders, Eckhard Wilhelm Breitbart, Beate Volkmer, Rüdiger Greinert</i>	
Hautkrebs – Epidemiologie und Früherkennung	30
Malignant neoplasms of the skin – epidemiology and screening programme	
<i>Klaus Kraywinkel, Ute Wolf, Alexander Katalinic</i>	
Schönheit ohne Risiko – Aktuelle Probleme bei der Bewertung von UV-Filtersubstanzen in der EU	35
Beauty without risk – current state of the art of the risk assessment of UV absorbing substances in the EU	
<i>Bernd Schäfer, Annegret Blume, Matthias Peiser, Petra Apel, Thomas Platzek</i>	
Nanomaterialien in Sonnenschutzmitteln: Konsequenzen für die Umwelt?	41
Nanomaterials in sunscreens: impacts on the environment?	
<i>Wolfgang Dubbert, Kathrin Schwirn, Doris Völker</i>	

Vorsorge

Das Hautkrebs-Screening in Deutschland.....	46
Skin cancer screening in Germany	
<i>Britta Löpker, Markus Anders, Eckhard Wilhelm Breitbart, Beate Volkmer, Rüdiger Greinert</i>	
Schutz vor solarer UV-Strahlung im beruflichen Bereich.....	51
Protection against solar UV expositions at outdoor workers	
<i>Günter Ott, Peter Knuschke</i>	
„Sonne – Aber sicher!“ – UV-Schutzkampagnen in Deutschland	59
„Sun – but do it safely!“ – UV prevention campaigns in Germany	
<i>Cornelia Baldermann, Bernd Grosche</i>	
Prävalenz von Sonnenbrand, UV-Exposition und Sonnenschutzverhalten von Eltern bei ihren Kindern: Aktuelle Ergebnisse aus Bayern	64
Prevalence of sunburn, sun exposure and parental sun protection behaviour for children: up to date results from Bavaria, Germany	
<i>Swaantje Klostermann, Gabriele Bolte</i>	

Kommunikation

Mehr als Wissen und Risikowahrnehmung: Sonnenschutz effektiv kommunizieren.....	70
More than knowledge and risk perception: communicating sun protection effectively	
<i>Constanze Rossmann, Natalie Schütz</i>	

Poster

Die Sonnenschutzregeln. So schützen Sie Ihr Kind und sich richtig!	77
--	----

Bestellformular

Bestellung von kostenlosen Informationsmaterialien	78
--	----

Das UV-Bündnis

The UV alliance

Cornelia Baldermann

Abstract

The Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) initiated an interdisciplinary UV alliance of experts from science and medicine. Goal of the alliance is to promote a health aware behaviour concerning solar and artificial UV exposure. This alliance involves among others the Federal Centre for Health Education (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, BZgA) as well as professionals in radiation protection, cancer research and medicine from various organisations. Some of them have been advocating precautionary measures concerning the health risks of UV exposure for many years. The experts united in this UV alliance jointly emphasize the prudent use of sun exposure based on clear scientific evidence.

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat ein fachübergreifendes UV-Bündnis von Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Medizin ins Leben gerufen. Ziel des Bündnisses ist, gemeinsam für einen verantwortungsvollen Umgang mit UV-Strahlung der Sonne und künstlicher Quellen (u. a. Solarien) einzutreten. Im Bündnis arbeitet das BfS zusammen mit der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) sowie den in verschiedensten Organisationen tätigen Fachleuten aus den Bereichen Strahlenschutz, Krebsforschung und Medizin. Die Bündnispartner setzen sich seit Jahren aktiv für den UV-Schutz und die Prävention von Hautkrebs ein. Gemeinsames Ziel ist es, langfristig die Zahl der Neuerkrankungen an Hautkrebs und anderen Gesundheitsschäden durch UV-Strahlung zu reduzieren.

Warum ein UV-Bündnis?

Wahrnehmung von Risiken und das Wissen um Risiken sowie ein adäquates Verhalten stimmen oft nicht überein. Dies zeigt sich beispielhaft beim UV-Schutz.

Wenn die Sonne scheint, dann zieht es viele nach draußen, in die Wärme und das Licht. Doch trotz des Wissens um die schädlichen Wirkungen der UV-Strahlung wird hier oft übertrieben: Kinder spielen viel zu lange und ungeschützt in der Sonne, der Sonnenbrand nach Sport und Gartenarbeit wird hingenommen, und den Freibad-Besuch lässt man sich nicht dadurch verderben, dass nicht ausreichend Schattenplätze zur Verfügung stehen. Zudem gilt häufig noch die Devise ‚Braun ist gesund‘ – und darum gehen vor allem junge Frauen, aber auch junge Männer, in Sonnenstudios, um nachzuhelfen.

Übermäßige UV-Bestrahlung durch Sonne und Solarium erhöht aber das Risiko für sofortige und langfristige Gesundheitsschäden an Augen und Haut. Für die Augen sind dies akute Reaktionen wie Binde- oder Hornhautentzündungen und langfristig

der Graue Star. Die akuten Folgen für die Haut sind zum Beispiel Sonnenbrände bis hin zu Verbrennungen und Sonnenallergien. Spätfolgen sind vorzeitige Hautalterung mit übermäßiger Faltenbildung und im schlimmsten Fall Hautkrebs.

In Deutschland erkranken bereits etwa 224.000 Menschen an hellem und schwarzem Hautkrebs (aktuelle Hochrechnungen für 2012 auf der Grundlage der Daten aus dem Jahr 2009 des Krebsregisters Schleswig-Holstein). Die statistischen Auswertungen der epidemiologischen Krebsregister Deutschlands zeigen, dass sich die altersstandardisierten Erkrankungsraten von Frauen und Männern seit den 1980er Jahren mehr als verdreifacht haben (siehe Beitrag S. 30ff. in diesem Heft). Immer mehr jüngere Menschen – und hier vor allem die jungen Frauen – erkranken am schwarzen Hautkrebs (malignes Melanom), der Metastasen bildenden Hautkrebsart, die pro Jahr bis zu 3.000 Menschen in Deutschland das Leben kostet.

Hautkrebsprävention muss daher stärker beachtet und öffentlich bekannt gemacht werden: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wie auch Ärztinnen und Ärzte, Organisationen, Institutionen, Behörden und Verbände müssen gemeinsam über Wirkung und Risiken der UV-Strahlung aufklären. Ein allgemeines Umdenken hin zu einer aktiven Verhaltensänderung ist erforderlich mit dem Ziel, UV-Schutz selbstverständlich werden zu lassen. Denn um das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken, für sich selbst und die eigenen Kinder zu minimieren, ist es notwendig, die gesundheitlichen Wirkungen der UV-Strahlung zu kennen und den richtigen UV-Schutz im täglichen Leben zu praktizieren.

Umfragen zufolge sind Wirkung und Risiko der UV-Strahlung bei einem Großteil der Bevölkerung bekannt – ein Umstand, der auf die bisherige Aufklärungsarbeit zurückgeführt werden kann. Aber noch zu selten wird ein verantwortliches Verhalten praktiziert, das vor den gesundheitsschädlichen Folgen schützen würde, oder werden Maßnahmen ergriffen, die den notwendigen Sonnenschutz erleichtern beziehungsweise ermöglichen würden. Kindergärten, Schulen oder Freizeiteinrichtungen wie Freibäder oder Sportplätze haben zum Beispiel in vielen Fällen keine oder nicht ausreichend Schattenplätze – eine der am einfachsten und nachhaltigsten umzusetzenden Sonnenschutzmaßnahmen überhaupt.

Aber es scheint, als ob die Warnungen und Informationen der einzelnen Akteure der ärztlichen Praxis, in Wissenschaft, Behörden und Organisationen nur bedingt wahrgenommen werden. Es gilt daher, die einzelnen Stimmen zu bündeln, das heißt in diesem Zusammenhang die einzelnen Akteure im Bereich „UV-Schutz“ und „Hautkrebsprävention“ zu vernetzen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) lud darum Akteure aus dem Bereich „UV-Schutz“, „Gesundheitsschutz“ und „Hautkrebsprävention“ zur Mitarbeit in einem fachübergreifenden UV-Bündnis ein. Die Reaktion war überaus positiv: Spontan sagten alle 13 angefragten Akteure zu. So wurde im Jahr 2011 das UV-Bündnis ins Leben gerufen, in dem das BfS mit der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) sowie Organisationen aus Wissenschaft und Medizin zusammenarbeitet. Die Bündnispartner treten mit der Kernaussage „UV-Schutz ist Pflicht“ gemeinsam für einen verantwortlichen Umgang mit der Sonne und für einen gelebten UV-Schutz ein.

Ziel und Arbeitsweise des UV-Bündnisses

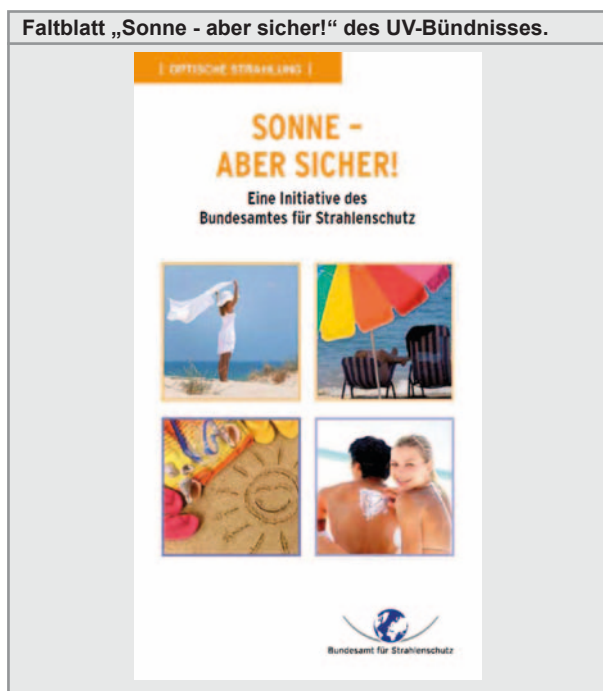
Ziel des Bündnisses ist es, fachübergreifend einheitlich über die Risiken eines zu sorglosen Umgangs mit UV-Strahlung und über den notwendigen UV-Schutz zur Prävention von Hautkrebs zu informieren. Das UV-Bündnis will darauf hinwirken, dass jede Person auf der Basis einer informierten Entscheidung ihr Verhalten nachhaltig hin zu einem gelebten UV-Schutz ändert. Langfristig soll dadurch die Zahl der Neuerkrankungen an Hautkrebs und anderen Gesundheitsschäden durch UV-Strahlung reduziert werden.

Basis für die Arbeit des UV-Bündnisses sind wissenschaftlich gesicherte Aussagen zum UV-Schutz und zur Prävention UV-bezogener Gesundheitsrisiken. Durch die Arbeit des Bündnisses soll die Bereitschaft zu Verhaltensveränderungen bei Bürgerinnen und Bürgern geweckt werden. Die Arbeit des UV-Bündnisses will jedoch nicht nur eine nachhaltige Verhaltensänderung bei jedem Einzelnen bewirken, sondern auch zu Änderungen im öffentlichen Raum führen, zum Beispiel zur Schaffung von Schattenplätzen oder zur Einführung von auf den UV-Schutz ausgerichteten Aufenthaltszeiten im Freien.

Die Partner im UV-Bündnis sehen als zentralen Punkt ihrer Arbeit, sich auf gemeinsame, gleichlautende Botschaften zur UV-Strahlung und deren Wirkung sowie Empfehlungen für effektive Schutzmaßnahmen zur Hautkrebsprävention zu verständigen. Diese sollen lebensnah, einfach und klar formuliert sein. Gemeinsame Aktionen des UV-Bündnisses sollen dazu beitragen, die Bevölkerung für Gesundheitsrisiken durch UV-Strahlung weiter zu sensibilisieren.

Da wirkungsvolles Sonnenschutzverhalten um so selbstverständlicher wird, je eher man es erlernt und einübt, sind in erster Linie Kinder und Jugendliche, deren Eltern, Erzieherinnen und Erzieher, Träger von Kindergärten, Lehrkräfte, Schulleitungen und Vereine (zum Beispiel Sportvereine) Ansprechpartner des UV-Bündnisses.

Die wichtigsten Aussagen zur Wirkung von UV-Strahlung und Empfehlungen zum notwendigen UV-Schutz hat das UV-Bündnis in einem Faltblatt kurz und verständlich zusammengefasst. Dieses Faltblatt ist auf den Internetseiten des BfS (<http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschue->



ren/optische_strahlung/uv_buendnis_flyer.html; Abrufdatum: 23.05.2012) veröffentlicht. Es kann dort als PDF-Dokument heruntergeladen oder kostenlos bestellt werden. Der Flyer eignet sich gleichermaßen als Informationsblatt für alle Personengruppen, für Kindergärten, Schulen, öffentliche Einrichtungen und als Patienteninformation in Arztpraxen.

Die Arbeit des UV-Bündnisses wird durch eine Koordinierungsstelle im BfS betreut, hier können weitere Organisationen ihr Interesse bekunden (siehe Kontakt).

Die Bündnispartner



Das **Bundesamt für Strahlenschutz** (BfS) ist eine selbständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Das Amt arbeitet für die Sicherheit und den Schutz der Menschen und der Umwelt vor Schäden durch ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung. Im Bereich der ionisierenden Strahlung geht es zum Beispiel um die Röntgendiagnostik in der Medizin, die Sicherheit beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und den Schutz vor erhöhter natürlicher Radioaktivität. Zu den Arbeitsfeldern

im Bereich nicht-ionisierender Strahlung gehören unter anderem der Schutz vor UV-Strahlung, die Auswirkungen des Mobilfunks und des Ausbaus der Stromnetze. Internetseite: <http://www.bfs.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).

Mit dem Bundesamt für Strahlenschutz arbeiten derzeit folgende 13 Institutionen, Organisationen und Verbände im UV-Bündnis zusammen (in alphabetischer Reihung):

ARBEITSGEMEINSCHAFT DERMATOLOGISCHE PRÄVENTION



Die **Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e. V.** (ADP) ist ein Verband, dem Fachleute aus dem gesamten Bundesgebiet

angehören. Ziel des Verbandes ist, den Gedanken der dermatologischen Prävention auf breiter Basis sowohl medizinischen Laien als auch Ärzten und Wissenschaftlern nahe zu bringen. Neben wissenschaftlichen Projekten führt die ADP auch Maßnahmen zur Aufklärung und Veranstaltungen durch. Die ADP arbeitet unter anderem eng mit der Deutschen Krebshilfe zusammen. Internetseite: <http://www.unserehaut.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Dem **Berufsverband der Deutschen Dermatologen e. V.** (BVDD)

gehören circa 96% der rund 3.600 in Deutschland in der Patientenversorgung tätigen Hautärztinnen und Hautärzte an. Die Hautkrebsprävention haben sie seit Jahren als eine ihrer wichtigsten Aufgaben auf ihre Fahne geschrieben. Sie sind auch diejenigen, die die Diagnose stellen und die Behandlung von Hautkrebs durchführen. Zweck des 1952 gegründeten Berufsverbandes ist laut Satzung „die Wahrung, Pflege und Förderung aller beruflichen und wirtschaftlichen Interessen“ der Fachgruppe. Dazu zählt insbesondere auch die medizinische Fortbildung im Rahmen der Deutschen Dermatologischen Akademie (DDA). Internetseite: <http://www.bvdd.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Bundeszentrale
für
gesundheitliche
Aufklärung

Die **Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)** ist eine obere Bundesbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) und nimmt für den Bund Aufgaben der Prävention und Gesundheitsförderung wahr. Als Fachbehörde für Prävention und Gesundheitsförderung entwickelt

sie Strategien und setzt diese in Kampagnen, Programmen und Projekten um. Internetseite: <http://www.bzga.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Die **Deutsche Dermatologische Gesellschaft – Vereinigung deutschsprachiger Dermatologen e. V. (DDG)** ist die wissenschaftliche Fachgesellschaft deutschsprachiger Dermatologinnen und Dermatologen. Die Ziele der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft sind die Förderung der wissenschaftlichen und praktischen Dermatologie, Venerologie und Allergologie und ihrer Spezialgebiete. Die Deutsche Dermatologische Gesellschaft berät in wissenschaftlichen und fachlichen Fragen. Internetseite: <http://www.derma.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR KINDER- UND JUGENDMEDIZIN e.V.

Die **Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e. V. (DGKJ)** ist die wissenschaftliche Fachgesellschaft der gesamten Kinderheilkunde und Jugendmedizin in Deutschland. Sie fördert die wissenschaftlichen und fachlichen Belange der Kinder- und Jugendmedizin und unterstützt die Aus- und Fortbildung und die Berufsausübung der Kinder- und Jugendärzte sowie die pädiatrische Forschung. Ziel ist die bestmögliche medizinische Versorgung der Kinder und Jugendlichen in Deutschland. Internetseite: <http://www.dgkj.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



DEUTSCHER
HAUSÄRZTEVERBAND

Der **Deutsche Hausärzterverband e. V.** ist mit rund 30.000 Mitgliedern inzwischen der größte Berufsverband niedergelassener Hausärzte in Deutschland und in Europa. Neben der politischen Arbeit legt der Deutsche Hausärzterverband besonderen Wert auf qualitativ hochwertige Fortbildungen. Diese werden durch das Institut für hausärztliche Fortbildung (IhF) im Deutschen Hausärzterverband geprüft und zertifiziert. Internetseite: <http://www.hausaerzterverband.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



DEUTSCHES
KREBSFORSCHUNGSZENTRUM
IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Das **Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ)**, Stiftung des öffentlichen Rechts des Landes Baden-Württemberg mit Sitz in Heidelberg, widmet sich als größte biomedizinische Forschungseinrichtung in Deutschland und Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren ganz der Aufgabe, Krebsforschung

zu betreiben. Internetseite: <http://www.dkfz.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Die **Deutsche Krebsgesellschaft e. V. (DKG)** ist die größte wissenschaftlich-onkologische

Fachgesellschaft in Deutschland. Die Deutsche Krebsgesellschaft ist eine gesundheitspolitische Institution, die Informationen über das komplexe Thema Krebs verbreitet, Gesundheitskampagnen initiiert, die onkologische Forschung unterstützt, verbindliche Standards zur Diagnose und Behandlung von Krebserkrankungen erarbeitet, Projekte zur Therapieoptimierung in der Versorgung Krebskranker durchführt und Qualitätssicherung im Bereich „Klinische Studien“ betreibt. Unter dem Dach der Deutschen Krebsgesellschaft arbeiten die Landeskrebsgesellschaften der 16 Bundesländer und 29 wissenschaftliche Arbeitsgemeinschaften zusammen, die zu übergreifenden Themen der Krebsgrundlagenforschung und zu speziellen Aspekten der einzelnen Tumorentitäten Stellung nehmen. Für Fragestellungen zur Hautkrebsprävention sind die Arbeitsgemeinschaften für Dermatologische Onkologie (ADO) und für Prävention und Integrierte Onkologie (PRIO) zuständig. Direkte Ansprechpartner ‚vor Ort‘ sind die Landeskrebsgesellschaften. Internetseite: <http://www.krebsgesellschaft.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Deutsche Krebshilfe
HILFEN. FORSCHEN. INFORMIEREN.

Die **Deutsche Krebshilfe e. V.** setzt sich seit über 37 Jahren für die Belange krebserkrankter Menschen ein. Die gemeinnützige Organisation fördert nach dem Motto „Helfen. Forschen. Informieren.“ Projekte zur Verbesserung der Prävention, Früherkennung, Diagnose, Therapie, medizinischen Nachsorge und psychosozialen Versorgung einschließlich der Krebs-Selbsthilfe. Im Bereich Hautkrebsprävention arbeitet die Deutsche Krebshilfe eng mit der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention zusammen. Internetseite: <http://www.krebshilfe.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Die **European Skin Cancer Foundation (ESCF)** hat es sich zur Aufgabe gemacht, einheitliche Präventionsmaßnahmen, diagnostische Verfahren und Behandlungstherapien für Hautkrebs in Europa zu entwickeln

und zu unterstützen. Internetseite: <http://www.escf-network.eu/en> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Die **European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN)** ist ein unabhängiger, wissenschaftlicher, europäischer Verein, dessen prinzipielles Ziel die Reduzierung der Hautkrebs-Neuerkrankungsraten (Inzidenzen) und der -Sterblichkeitsraten ist. Die Aktivitäten von EUROSKIN sind auf die Harmonisierung primärer und sekundärer Präventionsmaßnahmen in diesem Zusammenhang fokussiert. Internetseite: <http://www.euroskin.eu> (Abrufdatum: 23.05.2012).



In der **Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GEKID)** arbeiten alle epidemiologischen Krebsregister Deutschlands sowie das im Robert-Koch-Institut (RKI) angesiedelte Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) zusammen. Vorrangige Aufgabe dieser Gesellschaft ist es, trotz unterschiedlicher landesgesetzlicher Regelungen bundesweit eine weitgehende methodische Einheitlichkeit durch inhaltliche Standards zu erlangen. Darüber hinaus ist die GEKID ein gemeinsamer Ansprechpartner der epidemiologischen Krebsregister bei länderübergreifenden Fragestellungen. Internetseite: <http://www.gekid.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).



Verband Deutscher
Betriebs- und Werksärzte e.V.
Berufsverband
Deutscher Arbeitsmediziner

Der **Verband deutscher Betriebs- und Werksärzte e. V. (VDBW)** ist der Berufsverband Deutscher Arbeitsmediziner und der größte arbeitsmedizinische Fachverband Europas. Er vertritt seit über 60 Jahren die Interessen seiner rund 3.000 Mitglieder.

Zu den Aufgaben des VDBW gehören die Förderung der Qualität arbeitsmedizinischer Betreuung, die Integration des präventiven Fachgebietes Arbeitsmedizin in das medizinische Versorgungssystem und die Unterstützung von Maßnahmen der Gesundheitsförderung und Prävention in den Betrieben. Der VDBW unterstützt gemeinsam mit anderen maßgeblichen Fachdisziplinen und Institutionen die Gewinnung und Auswertung neuester arbeitsmedizinischer Erkenntnisse sowie deren Weitergabe in die Praxis und wirkt an der Gestaltung arbeitsmedizinischer Programme mit. Internetseite: <http://www.vdbw.de> (Abrufdatum: 23.05.2012).

Kontakt Koordinierungsstelle UV-Bündnis

Dr. Cornelia Baldermann
Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.4,
Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [cbaldermann\[at\]bfs.de](mailto:cbaldermann[at]bfs.de)

[BfS]

Wirkungen von UV-Strahlung

Effects of UV radiation

Monika Asmuß

Abstract

Solar radiation includes visible light, infrared, and UV radiation, the most energy rich part of the optical spectrum. Moderate exposure to sunlight can improve our mood and UVB triggers the synthesis of vitamin D. But there is some shade as well. Sunburn, DNA damage, premature skin aging and enhanced skin cancer risk belong to the deleterious effects of too much UV exposure. Having a look at the various biological effects of UV-radiation can help to avoid or at least to minimize adverse health effects.

Zusammenfassung

Zur Sonnenstrahlung gehören sichtbares Licht, Wärme (Infrarot) und ultraviolette (UV)-Strahlung – der energiereichste Teil des optischen Spektrums. Es ist dieses Gesamtpaket, das auf uns einwirkt. In Maßen genossen, steigert Sonnenlicht das Wohlbefinden. Die darin enthaltene UV-B-Strahlung regt die Vitamin-D-Bildung an. Aber es gibt auch Schattenseiten. UV-Strahlung kann sofort auftretende Schäden an Auge und Haut wie Bindehautentzündungen beziehungsweise Sonnenbrand verursachen. Langfristig trägt sie zur vorzeitigen Alterung der Haut bei und im schlimmsten Fall erhöht sie das Risiko für Hautkrebs. Ein Blick auf die biologischen Wirkungen von UV-Strahlung zeigt die Zusammenhänge und kann helfen, unerwünschte Folgen für die Gesundheit zu vermeiden oder zumindest zu minimieren.

Was ist UV-Strahlung und wie wirkt sie?

UV-Strahlung ist der energiereichste Teil der nicht-ionisierenden Strahlung mit Wellenlängen von 100 bis 400 Nanometer (nm) (**Tabelle 1**). Innerhalb des elektromagnetischen Spektrums steht sie am Übergang zur ionisierenden Strahlung. Sie macht nur wenige Prozentanteile der Sonnenstrahlung aus, ist aber für viele ihrer Wirkungen verantwortlich.

Die biologischen Wirkungen von UV-Strahlung hängen von der Wellenlänge ab. Je kürzer die Wellenlänge, desto energiereicher ist die Strahlung und desto stärker ist ihr Schädigungspotenzial. UV-C-Strahlung ist der energiereichste Anteil der UV-Strahlung. Sie wird jedoch fast vollständig in der Atmosphäre absorbiert.

Die Wellenlänge der UV-Strahlung bestimmt ihre Eindringtiefe im Gewebe. Die langwelligere UV-A-Strahlung dringt tiefer in Gewebe ein als UV-B. Hauptzielorgane sind die Haut und die Augen, allerdings treten auch systemische, den Gesamtorganismus beeinflussende Wirkungen auf. Moleküle, die durch die aufgenommene Energie chemisch modifiziert werden können, bezeichnet man als Chromophore. Zu den Chromophoren gehören un-

Tabelle 1: Unterteilung des UV-Bereichs nach Wellenlängen.

UV-Bereich	Wellenlänge	UV-Durchlässigkeit der Atmosphäre
UV-A	315 – 400 nm	gelangt fast vollständig auf die Erdoberfläche
UV-B	280 – 315 nm	wird zu circa 90% durch das Ozon absorbiert
UV-C	200 – 280 nm	wird fast vollständig in der Atmosphäre absorbiert

ter anderem die DNA und verschiedene Proteine. Abhängig von der Art des modifizierten Moleküls können DNA-Schäden, oxidativer Stress, Absterben von Zellen (Apoptose), aber auch biopositive Effekte wie die Bildung des für den Körper wichtigen Prävitamin D₃ die Folge sein.

Einige dieser Wirkungen sind unmittelbar erkennbar, wie der bekannte „Sonnenbrand“ (Erythem), andere nehmen wir jedoch nicht unmittelbar wahr. Ihre Auswirkungen zeigen sich erst langfristig im Laufe des Lebens.

1. DNA-Schäden

DNA-Schäden werden vom gesamten UV-Bereich verursacht, die Schadensspektren sind jedoch wellenlängenabhängig. Wird die Photonen-Energie der UV-Strahlung direkt vom DNA-Molekül absorbiert, können Doppelbindungen gelöst und dafür Einfachbindungen zwischen benachbarten Basen (Thymidin-Dimer-Bildung) geknüpft werden. Diese Art von Schaden ist charakteristisch für UV-B-Strahlung, sie kann aber auch – in höheren Dosen und deutlich seltener – von UV-A-Strahlung verursacht werden (Mouret et al. 2006).

Typisch für UV-A-Strahlung sind Schäden, die auf indirektem Weg entstehen. Die Energie der UV-A-Photonen wird zunächst von zelleigenen Chromophoren aufgenommen. Diese erzeugen im angeregten Zustand in Wechselwirkung mit molekularem Sauerstoff reaktive Sauerstoffverbindungen, die ihrerseits oxidative DNA-Schäden verursachen können.

Durch solche Veränderungen gehen an dieser Stelle der DNA-Sequenz Informationen verloren. Die Zelle ‚weiß‘ bei der nächsten Verdoppelung des DNA-Strangs nicht mehr, welchen DNA-Baustein sie gegenüber der Schadensstelle einfügen soll. Grundsätzlich können Zellen mit solchen Ereignissen umgehen. Schäden werden von effizienten zelleigenen Reparatursystemen erkannt und behoben. Allerdings: Wer arbeitet, macht auch Fehler. Und bei fehlerhafter oder unvollständiger Reparatur können Mutationen, das heißt bleibende Veränderungen des Erbguts, entstehen, die letztlich das Risiko für die Entstehung von Krebszellen erhöhen.

2. Zelltod, Apoptose

Wird ein für die Zelle verkraftbares Maß an Schäden überschritten, führt das zum Zelltod. Geschieht dieses Absterben in einem vergleichsweise strukturierten Abbauprozess, spricht man von Apoptose. Auch dieser Effekt wird vom gesamten UV-Spektrum ausgelöst, jedoch auf unterschiedlichen Wegen und in unterschiedlicher Ausprägung. Apoptotische Keratinozyten, sogenannte „Sonnenbrandzellen“, können vor allem nach UV-B-Bestrahlung vermehrt in der Haut nachgewiesen werden. Ihr Auftreten charakterisiert histologisch akute UV-Schäden in der Epidermis.

3. Wirkungen auf das Immunsystem

Die immunsuppressive Wirkung von UV-Strahlung wurde bereits 1974 von Kripke et al. gezeigt und seitdem in zahlreichen Studien bestätigt (Norval et al. 2008). Dabei steht die Schwächung der zellvermittelten Immunantwort im Vordergrund, die zum Beispiel die Empfindlichkeit für bestimmte virale Erkrankungen wie Herpes erhöht. Auch kann sich die Fähigkeit des Organismus, Krebszellen zu erkennen und zu eliminieren, vermindern. Das genaue Zusammenwirken der verschiedenen Anteile des UV-Spektrums an den immunmodulatorischen Prozessen und deren Folgen – speziell die Rolle des UV-A beziehungsweise das Zusammenwirken von UV-B und UV-A – ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. So ergeben sich auch Hinweise darauf, dass zwar einerseits die zellvermittelte Immunantwort geschwächt, andererseits die Bildung antimikrobieller Peptide in der Haut durch UV-Strahlung gefördert wird (Schwarz 2010).

4. Photoallergische und phototoxische Reaktionen

Photoallergische Reaktionen gehen auf eine überschießende Antwort des Immunsystems gegenüber photochemisch aktivierten Substanzen zurück. Sichtbare Zeichen sind Rötungen, Schwellungen, Nässen oder Blasenbildung auf der Haut. Als Auslöser kommen Medikamente, aber auch Bestandteile von Kosmetika in Frage. Ist die Haut einmal sensibilisiert, bleibt eine solche Photoallergie in der Regel bestehen. Für das Auslösen einer photoallergischen Reaktion können bereits UV-Dosen unterhalb der Erythemschwelle genügen.

Bei der sogenannten ‚Sonnenallergie‘ (polymorphe Lichtdermatose) handelt es sich nach derzeitigem Kenntnisstand übrigens nicht um eine echte Allergie. Ausgelöst wird sie vor allem durch UV-A-Strahlung, tritt meist im Frühjahr oder Frühsommer auf und klingt im Laufe des Jahres meist ab. Die genauen Wirkmechanismen, die zur polymorphen Lichtdermatose führen, sind noch nicht bekannt.

Bei phototoxischen Reaktionen erhöhen bestimmte Substanzen die Empfindlichkeit der Haut, besonders für UV-A-Strahlung. Auch hier kommen Medikamente oder Bestandteile von Kosmetika als Auslöser in Frage. Anders als bei einer Photoallergie klingt die phototoxische Reaktion nach

Tabelle 2: Minimale Erythemdosis (MED) für die mitteleuropäischen Hauttypen I, II, III und IV (in Joule pro Quadratmeter).				
Hauttyp	I	II	III	IV
MED	200 J/m ²	250 J/m ²	350 J/m ²	450 J/m ²

Ausscheiden oder Abbau der sensibilisierenden Substanz wieder ab.

5. Erythembildung (Hautrötung, Sonnenbrand)

Erytheme gehören zu den bekanntesten akuten Effekten von UV-Strahlung. Im Unterschied zur unmittelbar auftretenden Hautrötung, die vor allem auf die vorübergehende Erweiterung von Blutgefäßen und die verstärkte Durchblutung der Haut zurückgeht, bildet sich das UV-B-induzierte Erythem – der klassische Sonnenbrand – erst mehrere Stunden nach der UV-Exposition aus. Es handelt sich dabei um eine entzündliche Reaktion der Haut, die je nach Schweregrad mit Schwellung, Schmerzen, Juckreiz und gegebenenfalls Blasenbildung einhergeht.

Die Erythemschwellen-Dosis ist die Dosis der UV-Strahlung, die 24 Stunden nach der Exposition eine sich gerade gegenüber der umgebenden Haut abhebbende Rötung hinterlässt. Bei nicht vorbestrahlter Haut ist diese Dosis gewöhnlich am niedrigsten und wird als Minimale Erythemdosis (MED) bezeichnet. Die MED ist hauttypabhängig, variiert jedoch auch innerhalb eines Hauttyps individuell, weshalb die in **Tabelle 2** angegebenen Werte nur als Orientierung zu verstehen sind.

Abbildung 1: Diese Grundschulkinder lernen früh, wie UV-Strahlung wirkt und wie man sich richtig schützen kann. Das BfS hat sich an von der Schule durchgeführten Projekttagen zum Thema Sonnenschutz mit seinem UV-Info-Mobil beteiligt.



Eine Verbindung zwischen DNA-Schäden und Erythem gilt als nachgewiesen (Heenen et al. 2001). Das Auftreten eines Sonnenbrandes kann also als sichtbares Indiz für die Induktion substantieller DNA-Schäden herangezogen werden (Young Walker 2000). Sonnenbrände erhöhen das Hautkrebsrisiko.

Der Umkehrschluss, dass *unterhalb* der Schwelle für ein wahrnehmbares Erythem *keine* DNA-Schäden entstehen, kann hingegen nicht gezogen werden.

6. Selbstschutz der Haut

Sonnenstrahlung kann – abhängig von individuellen Faktoren wie Hauttyp, Alter und Gesundheitszustand – einen gewissen Selbstschutz der Haut induzieren, der als UV-Adaptation bezeichnet wird. Zu diesem Schutz trägt einerseits die Pigmentierung der Haut („Bräunung“) und zum anderen eine Verdickung der Hornschicht („Lichtschwiele“) bei. Auch diese Effekte sind wellenlängenabhängig. Bei der schnell auftretenden, aber auch schnell wieder abklingenden Bräunung durch UV-A wird bereits in den Hautzellen vorhandenes Pigment (Melanin) über oxidative Prozesse nachgedunkelt. Eine echte Melanin-Neubildung wird vor allem durch UV-B induziert. Diese „Spätbräunung“ hält länger an als die UV-A-induzierte Schnellbräunung. Durch Pigmentierung und Hornschichtverdickung kann zwar die Schwelle bis zum Eintreten eines Sonnenbrandes erhöht werden, Wirkungen auf die oben genannten suberythemalen Effekte (DNA-Schäden, Zellschäden, Modulation des Immunsystems) sollten jedoch nicht überschätzt werden. Kinderhaut verfügt – ebenso wie Hauttyp I – nicht über diesen Selbstschutz. Ein Grund dafür, weshalb Sonnenschutz für diese Personengruppen so wichtig ist. Schulen und Kindergärten können einen wichtigen Beitrag zur Hautkrebsprävention leisten (**Abbildung 1**). Die Erfahrungen zeigen, dass gerade bei jüngeren Kindern nicht nur das Wissen über die Risiken von UV-Strahlung gefördert, sondern auch das Verhalten in Bezug auf Sonnenschutz positiv beeinflusst werden kann.

7. Vitamin-D-Bildung

Als biopositiver Effekt ist die Induktion der Vitamin-D-Synthese durch UV-B-Strahlung zu betrachten. Das Wirkungsspektrum des UV-induzierten Vitamin D₃ ist auf den Bereich < 315 nm (also auf UV-B) begrenzt, mit einem Maximum um 295 nm. Dies ist genau der Wellenlängenbereich, der auch die negativen Wirkungen, wie DNA-Schäden oder Erytheme, besonders wirksam induziert. Biopositive und negative Wirkungen von UV-Strahlung sind also nicht voneinander zu trennen.

Auf die Rolle, die UV-Strahlung bei der Vitamin-D-Bildung in der Haut spielt, wird in einem eigenen Artikel dieses Heftes ausführlicher eingegangen (siehe Beitrag S. 15ff. in diesem Heft). Exzessives Sonnenbaden jedenfalls ist für eine ausreichende Vitamin D-Versorgung nicht nötig!

8. Kollagenstoffwechsel, vorzeitige Hautalterung

Eine langfristige Wirkung von UV-Strahlung, die sich auf ihr Aussehen bedachte Sonnenhungrige oder Besucherinnen und Besucher von Solarien wohl nicht wünschen, ist die vorzeitige Hautalterung. UV-Strahlung, insbesondere das tiefer in die Haut eindringende UV-A, kann den Kollagenstoffwechsel beeinflussen. Dabei wird einerseits die Kollagensynthese gebremst, andererseits werden Kollagen abbauende Enzyme (Matrix-Metalloproteasen) induziert (Krutmann 2000). Diese Effekte scheinen maßgeblich für die UV-bedingte vorzeitige Hautalterung verantwortlich zu sein. Die Haut verliert ihre Elastizität und wird dünner, die Faltenbildung wird beschleunigt, es kommt zu Gefäßerweiterung, Bindegewebsschädigung und Pigmentverschiebungen (Hautflecken).

9. Hautkrebs

Die schwerwiegendste Spätfolge von UV-Strahlung ist die Entstehung von Tumoren. Beim Hautkrebs werden die nichtmelanozytären ‚hellen‘ Tumoren (NMSC = non melanoma skin cancer) wie Basalzellkarzinom (BCC) und Plattenepithelkarzinom (SCC) einerseits und der pigmentierte ‚schwarze‘ Hautkrebs, das maligne Melanom, andererseits unterschieden. Während beim ‚hellen‘ Hautkrebs vor allem eine chronische Exposition gegenüber

UV-B-Strahlung als risikoerhöhend betrachtet wird, werden beim malignen Melanom, das auch an normalerweise bedeckten Körperteilen auftritt und die gefährlichste Hautkrebisform darstellt, eher intermittierende Sonnenexposition und Sonnenbrände als Risikofaktor gesehen (Gandini et al 2005). Mittlerweile wurde das gesamte UV-Spektrum, sei es natürlichen oder künstlichen Ursprungs, von der International Agency for Research on Cancer (IARC) in die höchste Gruppe I als krebserregend beim Menschen eingestuft (IARC 2009). Die altersstandardisierten Erkrankungsrate für das maligne Melanom haben sich laut der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland (GEKID) seit den 1980er Jahren mehr als verdreifacht. Vermutet wird, dass verändertes Freizeitverhalten in Bezug auf UV-Exposition dabei eine wesentliche Rolle spielt. 2008 erkrankten allein in Deutschland 17.800 Menschen neu an einem malignen Melanom. Hinzu kommen noch etwa 5.000 Fälle von In-situ-Melanomen, das heißt Melanome, die auf die Epidermis beschränkt sind und keine Metastasen gebildet haben (GEKID RKI 2012).

Zu den individuellen Faktoren, die das Hautkrebsrisiko erhöhen, gehören:

- empfindliche Hauttypen I und II, rötliche beziehungsweise blonde Haare, Neigung zu Sommersprossen oder Sonnenflecken,
- mehr als 40–50 Pigmentmale (Muttermale und Leberflecke) oder atypische Leberflecke,
- Auftreten von malignem Melanom in der Familie,
- intermittierende UV-Expositionen,
- häufige Sonnenbrände und UV-Überexpositionen im Kindes- und Jugendalter.

Auf das Thema Hautkrebs gehen weitere Artikel dieses Heftes detailliert ein (siehe Beiträge S. 25–34 und S. 46ff. in diesem Heft).

10. Wirkungen auf das Auge

Zwar stellt die Haut das größte Zielorgan für UV-Strahlung dar, die Wirkungen auf die Augen sind jedoch keinesfalls zu vernachlässigen. Der größte Teil der UV-B-Strahlung wird von Hornhaut und Linse absorbiert, ein Teil der UV-A-Strahlung gelangt bis zur Netzhaut. Dieser Anteil ist bei Kindern größer als bei Erwachsenen. In der Netzhaut können Sinneszellen durch photochemische Ver-

änderungen geschädigt werden. Durch Oxidation und Aggregation von Crystallinen in der Augenlinse kann langfristig eine Linsentrübung (Katarakt, Grauer Star) entstehen (Simpanya et al. 2008). UV-Strahlung kann weiterhin zu Tumoren am Augenlid (Basalzellkarzinome oder Plattenepithelkarzinome) führen. Eine Beteiligung von UV-Strahlung an Gewebswucherungen der Bindehaut (Pterygium conjunctivae) wird vermutet. Akut können durch starke UV-Strahlung Photokeratitis und Photokonjunktivitis auftreten. Dabei handelt es sich um schmerzhafte, vorübergehende Entzündungen an Hornhaut oder Bindehaut des Auges. Eine geeignete Sonnenbrille hilft, negative Wirkungen von zu viel UV-Strahlung auf die Augen zu vermeiden. Hinweise zum Augenschutz finden Sie unter http://www.bfs.de/de/uv/uv2/schutz_vor_uv/augen.html (Abrufdatum: 11.04.2012).

Fazit

Die beschriebenen Wirkungen von UV-Strahlung liefern gute Gründe für ein angemessenes Sonnenschutzverhalten. Einen Verzicht auf die Sonne bedeutet das jedoch nicht. Wirkungsvoller Schutz ist mit geringem Aufwand möglich – etwa durch geeignete Bekleidung und Sonnenschutzmittel. Auf der Internetseite des Bundesamtes für Strahlenschutz http://www.bfs.de/de/uv/uv2/schutz_vor_uv (Abrufdatum: 11.04.2012) finden Sie entsprechende Tipps.

Literatur

Gandini S, Sera F, Cattaruzza MS, Pasquini P, Picconi O, Boyle P, Melchi CF (2005): Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. In: Eur J Cancer 41(1): 45–60.

GEKID und RKI (2012): Krebs in Deutschland 2007/2008. http://www.ekr.med.uni-erlangen.de/GEKID/Doc/krebs_in_deutschland_2012.pdf (Abrufdatum: 11.04.2012).

Heenen M, Giacomoni PU, Golstein P (2001): Individual variations in the correlation between erythral threshold, UV-induced DNA damage and sun-burn cell formation. In: J Photochem Photobiol B: Biology 63: 84–87.

IARC (2009): Special report: policy, A review of human carcinogens – Part D: radiation. In: Lancet, 10: 751–752.

Krutmann, J (2000): Ultraviolet A radiation-induced biological effects in human skin: relevance for photoaging and photodermatosis. In: J Dermatol Science 23, Suppl.1: 22–26

Mouret S, Baudouin C, Charveron M, Favier A, Cadet J, Douki T (2006): Cyclobutane pyrimidine dimers are predominant DNA lesions in whole human skin exposed to UVA radiation. In: PNAS 103 (37): 13765–13770.

Norval M, McLoone P, Lesiak A, Narbutt J (2008): The effect of chronic ultraviolet radiation on the human immune system. In: Photochem Photobiol 84: 19–28.

Schwarz T (2010): The dark and the sunny sides of UVR-induced immunosuppression: photoimmunology revisited. In: J of Investigative Dermatology 130: 49–54. DOI:10.1038/Jid.2009.217.

Simpanya MF, Ansari R, Leverenz V, Giblin FJ (2008): Measurement of lens protein aggregation in vivo using dynamic light scattering in a guinea pig/UVA model for nuclear cataract. In: photochemistry and photobiology 84: 1589–1595.

Young AR, Walker SL (2000): Protection given by sunscreens. In: Radiat Protect Dosim 91: 265–269.

Kontakt

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.4.
Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

[BfS]

UV-Strahlung und Vitamin D

UV radiation and Vitamin D

Monika Asmuß, Cornelia Baldermann

Abstract

On the one hand ultraviolet (UV) radiation is a proven carcinogen and the dominant risk factor for skin cancer. On the other hand one fraction of total UV, i.e. UVB radiation, is necessary for the endogenous synthesis of vitamin D, a hormone-like substance, playing a key role mainly in calcium and phosphate metabolism and in bone health. The UV action spectra for DNA damage, erythema and vitamin D photo-synthesis are very similar. Therefore it is impossible to achieve the positive effect without getting some of the negative effects as well. But which level of vitamin D is really relevant for health? How much UV radiation do we need to reach this level? And do we have to pay for this with a higher risk for skin cancer? Our conclusion: Healthy people with ordinary leisure time activities neither need excessive sunbathing nor extra indoor tanning to produce adequate amounts of vitamin D. For longer stays in the sun adequate UV protection is necessary to minimize skin cancer risks. If there is a personal risk for vitamin D deficiency, oral vitamin D intake should be preferred.

Zusammenfassung

Auf der einen Seite ist ultraviolette Strahlung (UV) krebserregend (kanzerogen) für den Menschen. Auf der anderen Seite ist ein Teil der UV-Strahlung, die UV-B-Strahlung, notwendig für den Aufbau des körpereigenen Vitamin D. Vitamin D spielt eine wichtige Rolle im Calcium- und Phosphatstoffwechsel und speziell bei der Knochengesundheit. Die Wirkungsspektren der UV-Strahlung für DNA-Schäden, Sonnenbrand- (Erythem-) Bildung und der Bildung des Provitamins D_3 in der Haut (Vitamin-D-Photosynthese) sind sich sehr ähnlich. Deshalb sind die biopositiven Effekte unmittelbar mit den negativen Wirkungen verknüpft. Aber: Wie viel Vitamin D braucht der Mensch wirklich? Wie viel UV-Strahlung ist notwendig, um diese Mengen zu erreichen? Und ist der Preis dafür ein höheres Hautkrebsrisiko? Unser Fazit: Bei gesunden Menschen mit normalem Freizeitverhalten sind weder exzessive Sonnenstrahlung noch zusätzliche Solarienbesuche erforderlich, um die gesundheitlich notwendige Vitamin-D-Menge produzieren zu können. Für längere Aufenthalte in der Sonne ist ein angemessener UV-Schutz zur Hautkrebsprävention notwendig. Einem nachgewiesenen, individuellen Vitamin-D-Mangel sollte möglichst unter ärztlicher Aufsicht mittels Vitamin-D-Präparaten begegnet werden.

Was ist Vitamin D?

Unter dem Begriff „Vitamin D“ werden mehrere fettlösliche Substanzen verstanden, die den Steroiden nahestehen und hormonell wirksam sind. Die beiden wichtigsten Formen sind Vitamin D_3 (Cholecalciferol) und Vitamin D_2 (Ergocalciferol). Genau genommen handelt es sich nicht um ein „Vitamin“ im eigentlichen Sinne, da es nicht nur aus der Nahrung aufgenommen, sondern auch vom Körper selbst produziert werden kann.

Vitamin D wird vor allem für den Calcium- und Phosphatstoffwechsel, insbesondere für den Knochenaufbau benötigt, ist jedoch ebenfalls an Prozessen wie Zelldifferenzierung, Zellvermehrung oder Immunmodulation beteiligt (Reichrath et al.

2007). Unter anderem sorgt Vitamin D für die Aufnahme von Kalzium aus dem Dünndarm ins Blut. Diskutiert werden weitere biopositive Wirkungen, zum Beispiel auf das Herz-Kreislauf-System oder auf Autoimmunerkrankungen.

Eine Arbeitsgruppe der International Agency For Research On Cancer (IARC) hat sich mit der Frage beschäftigt, ob eine ursächliche Beziehung zwischen dem Vitamin-D-Status und dem Krebsrisiko besteht, also der Hypothese, dass ein niedriger Vitamin-D-Status das Risiko zum Beispiel für Darmkrebs erhöhen könnte. Viele der Daten, die eine Verbindung zwischen Vitamin-D-Status und Krebserkrankungen nahelegen, stammen aus

Tabelle 1: Übersicht über verschiedene Angaben zu Vitamin-D-Mengen.		
Endpunkt	Einheit	Umrechnung
25(OH)D Gehalt im Blutserum	Nanogramm pro Milliliter [ng/ml] oder Nanomol pro Liter [nmol/l]	1 ng/ml = 2,5 nmol/l
Vitamin-D-Zufuhr über die Ernährung	Mikrogramm [µg] oder Internationale Einheiten [IU]	1 µg = 40 IU; 1 IU = 0,025 µg

ökologischen Studien, die die Beziehung zwischen Breitengrad und Krebserkrankungen untersucht haben. Vermutet wird, dass ein höherer Breitengrad mit einem niedrigeren Vitamin-D-Spiegel verbunden ist. Allerdings ist es problematisch, aus ökologischen Studien ursächliche Zusammenhänge abzuleiten, weil andere, möglicherweise relevante Risikofaktoren, wie zum Beispiel Lebensstil und Ernährungsgewohnheiten, ebenfalls mit dem Breitengrad variieren und Ergebnisse verzerren könnten.

Die IARC-Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass derzeit die Schlüsselfrage, ob ein vergleichsweise niedriger Vitamin-D-Status ursächlich das Risiko für Krebs oder andere chronische Erkrankungen wie Diabetes erhöht, oder eher ein Symptom für einen schlechten Gesundheitszustand darstellt, noch nicht befriedigend geklärt ist und hält weitere Forschung auf diesem Gebiet für notwendig (IARC 2008).

Wie wird der Vitamin-D-Status bestimmt?

Üblicherweise wird das stabile Zwischenprodukt 25-Hydroxyvitamin-D (25(OH)D) im Blutserum erfasst. 25(OH)D ist international als geeigneter Biomarker für den Vitamin-D-Status anerkannt. Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass es sich dabei um ein Stoffwechsel-Zwischenprodukt handelt, das möglicherweise die Komplexität des individuellen Vitamin-D-Stoffwechsels nicht vollständig widerspiegelt.

Für die Messung von 25(OH)D im Serum stehen verschiedene analytische Verfahren zur Verfügung. In den meisten Fällen erfolgt die Bestimmung entweder mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) – was als genauere Methode gilt – oder mit sogenannten Antikörper-Assays. Da die Messverfahren nicht standardisiert sind, können die Ergebnisse erheblich variieren, was ihre Vergleich-

barkeit einschränkt. Weiterhin können die unterschiedlichen Einheiten verwirrend sein, was zum Beispiel beim Vergleich von Publikationen beachtet werden muss. Eine Übersicht bietet **Tabelle 1**.

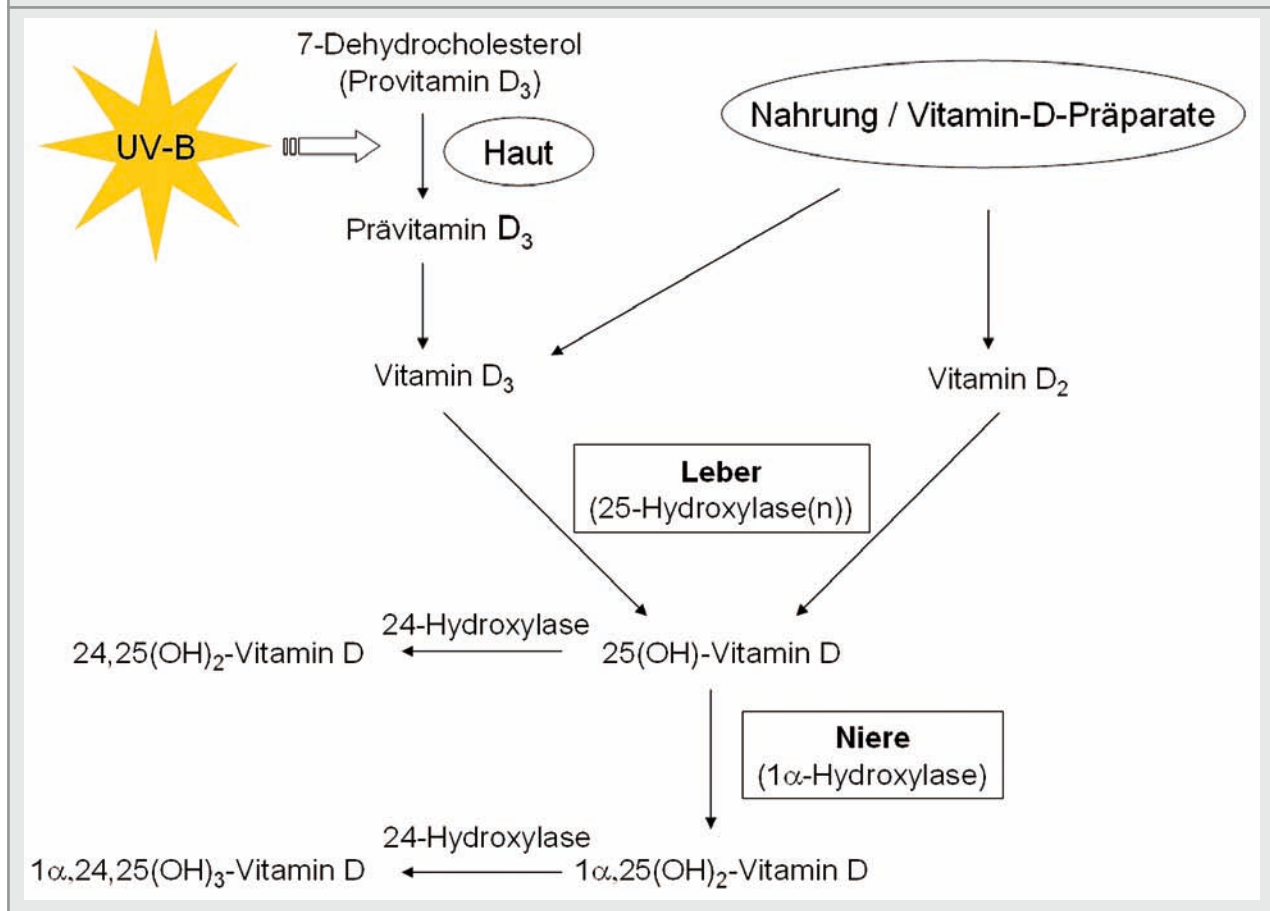
Welche Rolle spielt UV-Strahlung bei der Vitamin-D-Synthese?

Durch UV-B-Strahlung wird aus einer Vorläufersubstanz, dem 7-Dehydrocholesterol (7-DHC, Provitamin D₃) das sogenannte Prävitamin D₃ gebildet, aus dem Vitamin D₃ entsteht. Hieraus wird in der Leber das stabile 25-Hydroxyvitamin-D (25(OH)D) gebildet, dessen Konzentration im Blutserum als Marker für den Vitamin-D-Spiegel herangezogen wird. Nach weiteren Umsetzungsschritten wird hauptsächlich in der Leber und den Nieren, aber anteilig auch in Keratinozyten, das heißt den hornbildenden Zellen der Oberhaut (Lehmann 2000), die aktive Form des Vitamins, das 1,25-Dihydroxyvitamin D (Calcitriol) gebildet (**Abbildung 1**).

Die effektivste Vitamin-D-Synthese ermöglichen jene UV-Wellenlängen, die besonders wirksam die DNA schädigen. Die Maxima der photobiologischen Wirkung liegen sowohl für die Vitamin-D-Synthese als auch für die wichtigsten UV-bedingten DNA-Schäden (Pyrimidindimere und 6,4-Photoprodukte) sowie für die Erythembildung im UV-B-Bereich zwischen 280 und 315 nm (MacLaughlin et al. 1982; Wolpowitz Gilchrest 2006). UV-A-Strahlung oberhalb von 315 nm trägt praktisch nichts zur Vitamin-D-Bildung bei. Im Gegenteil: In der Literatur finden sich Hinweise darauf, dass das Aktionsspektrum des Vitamin-D-Abbaus (der Photodegradation) in den langwelligen Bereich, das heißt in Richtung UV-A verschoben ist (Webb et al. 1989).

Jahreszeitliche Schwankungen des Vitamin-D-Spiegels treten in unseren geografischen Breiten natürlicherweise auf, weil sich im Jahresverlauf die spektrale Verteilung der Sonnenstrahlung ändert.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bildung von Vitamin D.



So wird die für die Vitamin-D-Synthese relevante UV-B-Strahlung in den Wintermonaten auf ihrem längeren Weg durch die Atmosphäre praktisch vollständig absorbiert. Deshalb findet im Winter kaum eine Photosynthese von Vitamin D statt. Untersuchungen an Probanden zeigen, dass das Verhältnis der Vitamin-D-Photosynthese Sommer : Winter circa 40 : 1 beträgt (persönliche Mitteilung Knuschke, AG experimentelle Photobiologie, Universitätsklinikum Dresden). Allerdings kann Vitamin D im Fettgewebe und in geringerem Maße auch im Muskelgewebe gespeichert werden. Die biologische Halbwertszeit beträgt circa zwei Monate (Jones 2008).

Der UV-B-Anteil der Sonnenstrahlung ist nicht nur von der geografischen Breite und der Jahreszeit abhängig. Auch die Tageszeit und andere Variablen wie Ozongehalt, Aerosole und Bewölkung spielen eine Rolle.

Für die Vitamin-D-Synthese ist der Anteil der UV-B-Strahlung im Sonnenlicht, das heißt die Intensität der UV-B-Strahlung entscheidend. Wie kann

man aber wissen, wie hoch die Intensität der UV-B-Strahlung gerade ist? Eine einfache Orientierung – auch im Hinblick auf empfohlene Schutzmaßnahmen – bietet der international einheitlich festgelegte UV-Index (http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/uvi; Abrufdatum 21.05.2012). Er beschreibt den am Boden erwarteten Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung, spricht der UV-B-Strahlung. Auf den UV-Index geht der Artikel S. 20ff. in dieser UMID-Ausgabe ein. Hier sei nur darauf hingewiesen, dass ein hoher Wert des UV-Index eine starke Intensität der UV-B-Strahlung und damit eine effektive Vitamin-D-Synthese, aber gleichzeitig auch ein hohes Risiko für UV-bedingte Schäden bedeutet.

Neben diesen physikalischen Bedingungen, die Spektrum und Intensität der UV-Strahlung beeinflussen, tragen individuelle Faktoren wie Hauttyp und Bräunungsgrad zum Vitamin-D-Status bei. Auch das Alter könnte eine Rolle spielen. Bei Bräunung wirkt der Hautfarbstoff Melanin ähnlich wie ein UV-Filter und verringert die photochemische Aktivierung von 7-Dehydrocholesterol (7-DHC).

Auch die Konzentration dieser der Vitamin-D-Synthese zugrundeliegenden Ausgangsverbindung in der Haut ist individuell und zudem vermutlich in verschiedenen Körperregionen unterschiedlich. Natürlich spielen auch das Verhalten, der Lebensstil und Kleidungsgewohnheiten eine Rolle.

Je mehr UV-B, desto mehr aktives Vitamin D?

So einfach ist es leider nicht, denn UV-B-Strahlung (möglicherweise auch UV-A) induziert nicht nur die Bildung von Prävitamin D₃, sie bewirkt in höheren Dosen auch eine Umwandlung von Prävitamin D₃ in die biologisch inaktiven Formen Tachysterol und Lumisterol (Holick et al. 1981). Dadurch wird ein Überschuss an Vitamin D₃ vermieden.

Die maximal induzierbare 25(OH)D-Konzentration wird nach Einschätzung von Gilchrest et al. bereits von UV-Dosen < 1 MED erreicht (Gilchrest 2008). 1 MED (Minimale Erythemdosis) entspricht der minimalen Bestrahlungsdosis, die zum Auslösen eines Erythems, das heißt einer entzündlichen Hautrötung, notwendig ist. Diese Dosis ist für verschiedene Hauttypen unterschiedlich und kann selbst bei Menschen mit gleichem Hauttyp stark variieren.

Man muss also für eine ausreichende Vitamin-D-Versorgung keinen Sonnenbrand riskieren und der Vitamin-D-Spiegel steigt mit längerer Verweildauer in der Sonne auch nicht weiter an.

Wie viel Vitamin D braucht der Mensch?

Hierzu existieren unterschiedliche Einschätzungen und Empfehlungen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) gibt aktuell die in **Tabelle 2** aufgeführten Schätzwerte für eine angemessene Vitamin-D-Zufuhr **bei fehlender endogener Synthese** – das heißt wenn kein körpereigenes Vitamin D gebildet und das gesamte Vitamin D über die Nahrung aufgenommen werden müsste – an.

Diese Vitamin-D-Zufuhr über die Ernährung reicht demnach aus, um einen 25(OH)D-Gehalt im Serum von mindestens 50 nmol/l (= 20 ng/ml) zu gewährleisten, der laut Literatur überwiegend als ausreichend betrachtet wird. Ein Optimum wird häufig

oberhalb von 75 nmol/l angesiedelt (DGE et al. 2012).

Allerdings werden diese Werte nur von einer Minderheit in der Bevölkerung tatsächlich erreicht. Laut einer Studie der DGE weisen in Deutschland etwa 62 % der Jungen und 64 % der Mädchen zwischen 1 und 17 Jahren sowie 57 % beziehungsweise 58 % der 18- bis 79-jährigen Männer beziehungsweise Frauen in Deutschland im Jahresdurchschnitt 25(OH)D-Serumkonzentrationen unter 50 nmol/l (20 ng/ml), also einen Vitamin-D-Mangel auf (Lins-eisen et al. 2011).

Derzeit wird dennoch davon ausgegangen, dass in den meisten Regionen Mitteleuropas zumindest im Sommerhalbjahr kurze tägliche Sonnenlichtexpositionen genügen, um ausreichende Vitamin-D-Spiegel durch solare UV-Exposition zu erzielen. Diese Einschätzung beruht im Wesentlichen auf Arbeiten von M.F. Holick: Danach entspricht der erreichte Vitamin-D-Spiegel im Serum nach solarer UV-Exposition des ganzen Körpers (Hauttyp II) in Badekleidung mit einer minimalen Erythemdosis (1 MED) in etwa der oralen Einnahme zwischen 10.000 und 25.000 IU Vitamin D₂. Eine tägliche Sonnenexposition mit circa 25 % der individuellen minimalen Erythemdosis (MED) auf 25 % der Körperoberfläche (zum Beispiel Hände, Gesicht und Arme oder Arme und Beine) reicht demzufolge aus, um Vitamin-D-Spiegel zu erzeugen, die einer oralen Aufnahme von etwa 1.000 IU Vitamin D entsprechen (Holick 2004; Webb Engelsen, 2006).

Auf diesen Überlegungen basieren diverse, leider recht uneinheitliche Aussagen über empfohlene Aufenthaltsdauern für die unterschiedlichen Hauttypen bei unterschiedlichen UV-Index-Werten. Dahinter steckt der verständliche Wunsch, möglichst konkrete, vermeintlich einfach zu kommunizierende

Tabelle 2: Schätzwerte für eine angemessene Vitamin-D-Zufuhr laut Deutscher Gesellschaft für Ernährung e.V.

	angemessene Vitamin-D-Zufuhr
Säuglinge (0 bis unter 12 Monate)	10 µg/Tag, das heißt 400 IU
Kinder, Jugendliche, Erwachsene, Schwangere, Stillende	20 µg/Tag, das heißt 800 IU

IU: International Unit = Internationale Einheit

Handlungsempfehlungen zu geben, beziehungsweise zu bekommen.

Der oben skizzierten Vielzahl von Variablen und individuellen Einflussfaktoren können derartige ‚Schubladenempfehlungen‘ jedoch nicht wirklich gerecht werden. Hinzu kommt die Erfahrung, dass Empfehlungen für konkrete Aufenthaltszeiten in der Sonne häufig als ‚auszuschöpfendes Limit‘ missverstanden werden. Deshalb wird seitens des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) von konkreten zeitlichen Empfehlungen Abstand genommen. Allerdings hält es das BfS für notwendig, alltagsrelevante Einflüsse auf die Realisierung eines optimalen Vitamin-D-Status bei minimierter solarer UV-Exposition weiter wissenschaftlich zu untersuchen, um seine Empfehlungen zu UV-Strahlung und Vitamin-D-Status optimieren zu können.

Fazit

Das BfS gibt seine Empfehlungen zum Sonnenschutzverhalten nach wie vor auf dem wissenschaftlichen Kenntnisstand, dass UV-Strahlung krebserregend für den Menschen ist. Daher vertritt es die Auffassung, dass für die durch UV-B-Strahlung in der Haut eingeleitete Produktion von Vitamin D im Sommer nur kurze tägliche UV-Expositionen der menschlichen Haut durch die Sonne nötig sind. Bei gesunden Menschen mit einem normalen Freizeitverhalten sind für die körpereigene Vitamin-D-Synthese weder exzessive Sonnenbestrahlung noch Solarienbesuche nötig, um die gesundheitlich notwendigen Vitamin-D-Mengen zu produzieren. Zur Hautkrebsprävention ist bei längeren Aufenthalten in der Sonne ein angemessener UV-Schutz gemäß den Empfehlungen zum UV-Index notwendig.

Im Falle eines individuellen Vitamin-D-Mangels wird davon abgeraten, diesen durch zusätzliche UV-Expositionen und Solariennutzung zu kompensieren. Hierdurch würde sich das Hautkrebsrisiko erhöhen. Einem Vitamin-D-Mangel sollte über die Ernährung vorgebeugt werden.

Literatur

DGE, ÖGE, SGE, SVE (2012): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Vitamin D. <http://www.dge.de/pdf/ws/Referenzwerte-2012-Vitamin-D.pdf> (Abrufdatum: 21.05.2012).

Gilchrest BA (2008): Sun exposure and vitamin D sufficiency. In: *Am J Clin Nutr* 88 (suppl): 570S–7S.

Holick MF (1981): The cutaneous photosynthesis of previtamin D₃: a unique photoendocrine system. In: *J Invest Dermatol* 77(1): 51–58.

Holick MF (2004) Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease and osteoporosis. In: *Am J Clin Nutr* 79: 362–71.

IARC (2008): Vitamin D and Cancer, Working Group Reports Vol. 5. http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wrk/wrk5/Report_VitD.pdf (Abrufdatum: 21.05.2012).

Lehmann B, Knuschke P, Meurer M (2000): UVB-induced conversion of 7-dehydrocholesterol to 1 α ,25-dihydroxyvitamin D₃ (calcitriol) in the human keratinocyte line HaCaT. In: *Photochem Photobiol* 6: 803–809.

Jones G (2008): Pharmacokinetics of Vitamin D toxicity. In: *Am J Clin Nutr* 88 (2): 582S–586S.

Linseisen J, Bechthold A, Bischoff-Ferrari HA et al (2011): Vitamin D und Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten. <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-VitD-111220.pdf> (Abrufdatum: 21.05.2012).

MacLaughlin JA, Anderson RR, Holick MF (1982): Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D₃ and its Photoisomers in human skin. In: *Science* 216: 1001–1003.

Reichrath J, Lehmann B, Carlberg C, Varani J, Zouboulis CC (2007): Vitamins as hormones. In: *Horm Metab Res* 39: 71–84.

Webb AR, Engelsen O (2006): Calculated Ultraviolet Exposure Levels for a Healthy Vitamin D Status. In: *Photochemistry and Photobiology* 82: 1697–1703.

Webb AR, DeCosta BR, Holick MF (1989): Sunlight regulates the cutaneous production of vitamin D₃ by causing its photodegradation. In: *J Clin Endocrinol Metab* 68(5): 882–887.

Wolpowitz D, Gilchrest B (2006): The Vitamin D questions: How much do you need and how should you get it? In: *J Am Acad Dermatol* 54: 301–317.

Kontakt

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.4.
Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

[BfS]

Wie stark ist die UV-Strahlung? – Der UV-Index

How intensive is the UV radiation? – The UV index

Ingo Mayer

Abstract

Sunlight is perceived as pleasant – but they hold also risks. UV radiation of sunlight is responsible for the adverse health effects. UV radiation can cause damage on eye and skin like sunburn or skin cancer. In consideration of these photo biological effects UV radiation shows a definitive dependency on wavelength. Therefore, the intensity of UV radiation has to be measured specially and in order to assess the risk potential of UV radiation these values have to be weighted according to their photo biological effectiveness. In this article, the complexity of the UV measurements is illustrated. Based on such weighted values the UV index is deduced which is the international harmonised measure for the maximum of the daily biologically effective irradiation from the sun.

Zusammenfassung

Sonnenstrahlen werden als angenehm empfunden, bergen aber auch Gefahren in sich. Verantwortlich hierfür ist die im Sonnenlicht enthaltene ultraviolette (UV) Strahlung. UV-Strahlung kann Augenschäden und Hautschäden vom Sonnenbrand bis hin zum Hautkrebs verursachen. Hinsichtlich dieser photobiologischen Wirksamkeit zeigt die UV-Strahlung eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Wellenlänge. Für eine Beurteilung des Gefährdungspotenzials der UV-Strahlung ist es darum zum einen notwendig, die Intensitäten der UV-Strahlung spektral, das heißt wellenlängenabhängig zu messen und zum anderen diese Messwerte hinsichtlich der photobiologischen Wirkung wellenlängenabhängig zu gewichten. Der hierdurch verursachte Aufwand der UV-Intensitätsmessungen wird in diesem Artikel erläutert. Aus den gewichteten Messwerten wird der UV-Index abgeleitet – eine international einheitliche Größe, die der Abschätzung der auf einen Tag bezogenen maximalen biologisch wirksamen Bestrahlungsstärke durch die Sonnenstrahlung dient.

Bewertung der UV-Strahlung

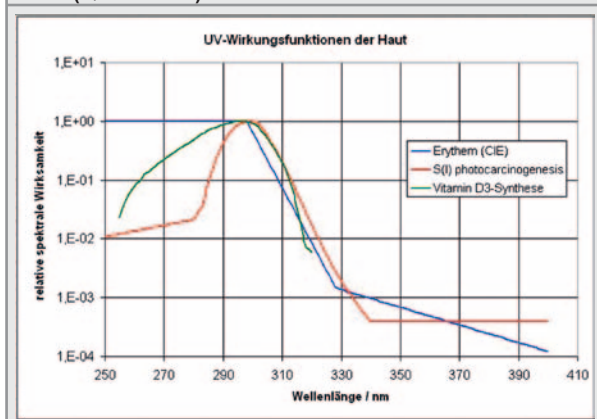
Die photobiologische und damit gesundheitsrelevante Wirksamkeit der UV-Strahlung ist stark von der Wellenlänge abhängig. Einerseits nimmt mit kürzeren Wellenlängen die Photoenergie zu und damit das Potenzial chemische Bindungen aufzu-

brechen, also auch DNA-Schäden zu verursachen, andererseits nimmt mit kürzeren Wellenlängen aber auch die Eindringtiefe in die Hautschichten ab. Diese Wellenlängenabhängigkeit kann durch Wirkungsspektren beschrieben werden. Durch Multiplikation eines solchen Wirkungsspektrums mit dem Spektrum der rein physikalischen Bestrahlungsstärke $E(\lambda)$, erhält man das bewertete Spektrum $E_{\text{eff}}(\lambda)$, aus dem sich durch Integration über die Wellenlänge die jeweils bewertete Bestrahlungsstärke E_{eff} berechnen lässt.

Abbildung 1 zeigt wichtige Bewertungsspektren der Haut wie

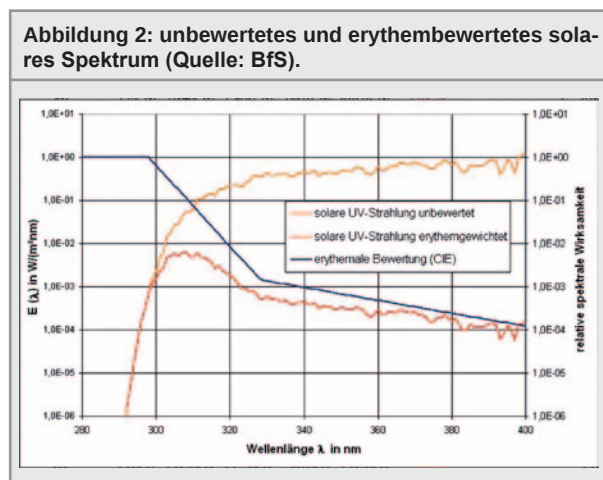
- Sonnenbrand (Erythem) (CIE),
- Vitamin D₃-Synthese,
- Photokarzinogenese (durch UV-Strahlung eingeleitete Tumorentwicklung) (SCUP-h).

Abbildung 1: Relative spektrale Wirkungenfunktionen der Haut (Quelle: BfS).



Im natürlichen Sonnenspektrum auf der Erdoberfläche sind nur die Wellenlängen größer 290 nm relevant, da UV-Strahlung unterhalb dieser Wellenlänge auch bei stark ausgedünnter Ozonschicht durch die Atmosphäre vollständig ausgefiltert wird.

Zur Bewertung der Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch die natürliche UV-Strahlung wird in erster Linie die sonnenbrandwirksame (erythemale) UV-Strahlung herangezogen. **Abbildung 2** zeigt ein unbewertetes solares und das entsprechende erythem bewertete Spektrum.



Die unbewertete UV-Strahlung fällt durch die Filterwirkung des Ozons im UV-B-Bereich (280–315 nm) um mehrere Zehnerpotenzen ab. Dieser Effekt wird als UV-B-Kante bezeichnet. Die erythem gewichtete Strahlung erreicht jedoch bei etwa 310 nm ein Maximum. Während abhängig vom Sonnenstand (mit abnehmendem Sonnenstand nimmt auch der UV-B-Anteil ab) und weiterer Parameter die UV-B-Strahlung nur etwa 3 % der unbewerteten natürlichen UV-Strahlung ausmacht, beträgt der Anteil der UV-B-Strahlung an der erythem bewerteten UV-Strahlung über 70 %. Durch eine ausgedünnte Ozonschicht verschiebt sich die UV-B-Kante zu kürzeren Wellenlängen hin. Während die unbewertete UV-Strahlung dadurch nur minimal zunimmt, kann sich die erythemale UV-Strahlung um bis zu 20 % erhöhen. Um die UV-Strahlung hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit möglichst exakt bewerten zu können, ist es daher notwendig, spektral aufgelöst zu messen.

Messverfahren

Spektrale Messung

Bei der spektralen Messung im UV-Messverbund des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) und des Umweltbundesamtes (UBA) werden Spektralradiometer mit Doppel-Monochromatoren eingesetzt, die mit Hilfe drehbarer optischer Gitter aus dem Spektrum der UV-Strahlung jeweils einen kleinen Wellenlängenbereich (typisch $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$) auf den Detektor abbilden. Als Detektoren für den UV-Bereich haben sich sogenannte Photomultiplier etabliert, die auf geringste Bestrahlungsstärken reagieren. Um aus den Spektren die erythemale UV-Strahlung möglichst exakt berechnen zu können, muss das Messsystem Werte von 10^{-6} bis über $1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{nm})$ erfassen, also eine Dynamik über sechs Zehnerpotenzen. Auf ein alltägliches Beispiel übertragen, müsste ein Wegstreckenzähler Werte von einem Millimeter bis zu einem Kilometer mit der gleichen relativen Genauigkeit erfassen können. Der Nachteil dieser technisch anspruchsvollen Spektralmessung ist, dass die Aufnahme eines Spektrums zum Teil mehr als 60 Sekunden dauert. Es können also innerhalb eines Zeitraumes nur eine bestimmte Anzahl an Spektren aufgenommen werden, und die Spektren können verfälscht werden, wenn sich während der Aufnahme die UV-Bestrahlung zum Beispiel durch vorbeiziehende Wolken verändert.

Breitbandige Messung

Sowohl für den privaten wie auch für den gewerblichen und wissenschaftlichen Bereich sind Messgeräte erhältlich, mit der sich die erythemale UV-Strahlung unmittelbar bestimmen lässt. Hierzu werden optische Filter eingesetzt, um die erythemale Bewertungskurve nachzubilden. Solche Filtersysteme sind aber bislang im Vergleich zu spektralen Messsystemen mit größeren Ungenauigkeiten behaftet, sodass mit Messfehlern weit im zweistelligen Prozentbereich zu rechnen ist. Zudem weisen die verwendeten Detektoren (meist Photodioden oder -transistoren) meist nicht die erforderliche Messdynamik über sechs Zehnerpotenzen auf. Eine durch ein lokales Ozonloch verursachte Zunahme der erythemalen UV-Strahlung wird durch solche Messgeräte daher kaum erfasst werden. Insbesondere einfache Messgeräte für den Privatgebrauch sind ungeeignet, die persönliche UV-Exposition zu bestimmen und daraus einen Zeitraum für einen gefahrlosen Aufenthalt in der Sonne zu berechnen.

Messung auf Filter-Modellbasis

Als Alternative zur Messung mit Spektralradiometern wurden Radiometer auf Filter-Modellbasis entwickelt. Hierbei wird durch schmalbandige optische Filter für verschiedene schmale Wellenlängenbereiche (meist werden fünf Wellenlängenbereiche herangezogen) innerhalb des UV-Spektrums die jeweilige Bestrahlungsstärke gemessen. Unter Kenntnis des jeweiligen Sonnenstandes zur Zeit der Messung kann daraus mit einem aufwendigen Verfahren das jeweilige natürliche UV-Spektrum errechnet werden. Die Dauer für die Aufnahme eines Spektrums liegt im Sekundenbereich, sodass innerhalb eines Zeitraums wesentlich mehr Spektren aufgenommen werden können als mit einem Spektralradiometer. Ein weiterer Vorteil solcher Radiometer ist, dass sie bei akzeptabler Genauigkeit Spektren liefern, die photobiologisch bewertet werden können, dabei gegenüber Spektralradiometern vergleichsweise einfach aufgebaut sind und damit über einen langen Zeitraum zuverlässig und verschleißfrei arbeiten. Messgeräte auf Filter-Modellbasis können nur zum Einsatz kommen, wenn das zu messende Spektrum hinsichtlich seines relativen Verlaufs in etwa bekannt ist. Bereits die Beeinflussung des Sonnenspektrums durch eine Fensterscheibe (Absorptionsspektrum) macht die Modellierung unmöglich. Für die Erfassung unbekannter künstlicher UV-Spektren, etwa für die Bewertung von Solarien, sind solche Messgeräte ungeeignet.

Einflussgrößen auf die erythemwirksame UV-Strahlung

Die erythemwirksame UV-Strahlung ist in erster Linie vom Sonnenstand, also von der Jahreszeit, der Tageszeit und vom geografischen Breitengrad abhängig. Die höchsten Werte gibt es daher im Sommer bei klarem Himmel um die Mittagszeit am Äquator. Diese Abhängigkeit von der Sonnenhöhe hat zwei Gründe. Zum einen verteilt sich die schräg einfallende Strahlung auf eine größere horizontale Fläche, zum anderen wird bei niedrigem Sonnenstand der Weg der Strahlung durch die Atmosphäre länger, sodass die Filterwirkung durch die Ozonschicht zunimmt. Weitere Einflussgrößen sind die Meereshöhe (je höher, desto höher auch die UV-Strahlung) und die Dicke der Ozonschicht in der Stratosphäre über dem jeweiligen Messpunkt (je dünner die Ozonschicht, um so höher die UV-Strahlung). Die Ozonschicht über Deutschland ist im langjährigen Mittel zum Frühlingsbeginn am dicksten und zum Herbstanfang am dünnsten, kann

aber von Tag zu Tag besonders im Frühling und Frühsommer stark schwanken.

Eine weitere Einflussgröße ist die Bewölkung, wobei dieser Effekt auf die Reduzierung der UV-Strahlung, insbesondere bei leichter Bewölkung, häufig überschätzt wird. Während starke und dichte Bewölkung die UV-Strahlung deutlich reduziert, kann leichte Bewölkung durch Rückstreuung die UV-Strahlung sogar erhöhen, insbesondere auch im vermeintlich sicheren Schatten, zum Beispiel unter einem Baum oder Sonnenschirm.

Der UV-Index (UVI)

Ermittlung des UV-Index

Prinzipiell ist die sonnenbrandwirksame (erythemale) UV-Bestrahlungsstärke E_{ery} das Maß zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch die UV-Strahlung. An einem sonnigen Tag in Deutschland erreicht diese Werte von etwa $E_{\text{ery}} = 0,2 \text{ W/m}^2$. Dies ist für Bürgerinnen und Bürger im Allgemeinen ein recht abstrakter Wert. Es ist schwer zu vermitteln, dass eine natürliche Strahlung mit einer solch geringen Bestrahlungsstärke (zum Vergleich: die ungewichtete Gesamtstrahlung beträgt dann etwa 1.000 W/m^2) eine ernsthafte Gesundheitsgefährdung darstellen soll. Um der Bevölkerung ein geeignetes Instrument zur Beurteilung der eigenen UV-Belastung an die Hand zu geben, wurde der UV-Index (UVI) entwickelt (Matthes 1998).

Der UVI ist ein dimensionsloser, ganzzahliger Wert. Er beschreibt die maximale erythemwirksame

Abbildung 3: Bei bestimmten Bewölkungssituationen kann die UV-Belastung größer sein als bei klarem Himmel. Die Reflektion auf dem Wasser erhöht die UV-Belastung zusätzlich (Foto: I. Meyer, BfS).



me UV-Strahlung eines Tages auf eine horizontale Fläche bei freiem Horizont. Um kurzzeitige Spitzen zum Beispiel durch einzelne kleine Wolkenlücken auszugleichen, wird die UV-Strahlung, die im bundesweiten UV-Messnetz zur Bestimmung des UV-Index gemessen wird, jeweils über eine halbe Stunde gemittelt. Andere Institutionen, die UVI-Messwerte verbreiten, verwenden eine solche Mittelung häufig nicht, sodass es hier zu Abweichungen der UVI-Werte kommen kann. Der UVI errechnet sich aus dem Wert der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke (angegeben in W/m^2) und dem Faktor $k_{\text{er}} = 40/\text{m}^2\text{W}^{-1}$ und wird auf ganze Zahlen gerundet:

$$\text{UV-Index (UVI)} = k_{\text{er}} \cdot \int_{280\text{nm}}^{400\text{nm}} E(\lambda) \cdot s_{\text{ery}}(\lambda) \cdot d(\lambda)$$

Der oben angegebene Wert $E_{\text{ery}} = 0,2 \text{ W/m}^2$ entspricht somit einem UVI von 8.

Worin bestehen die Grenzen des UV-Index?

Der UV-Index ist eine Größe, die der Abschätzung der maximalen Bestrahlungsstärke durch die Sonne

dient. Da sich der UVI standardmäßig auf eine waagerechte, nach oben ausgerichtete Fläche mit freiem Horizont bezieht, werden möglicherweise höhere Bestrahlungsstärken, die sich bei Ausrichtung auf die Sonne ergeben könnten, nicht berücksichtigt. Auch wenn helle Untergründe oder Wasseroberflächen die Sonnenstrahlung reflektieren, beeinflusst dies meist den UVI nicht. Dadurch kann die UV-Bestrahlungsstärke auf der Haut zum Beispiel beim Skifahren, einer Bootsfahrt oder auf einem hellen Sandstrand, deutlich höher sein, als dies unter anderen Umgebungsbedingungen bei gleichem UVI der Fall wäre.

Der UVI orientiert sich zwar an empfindlichen Hauttypen, er kann aber nicht die unterschiedlichen individuellen Empfindlichkeiten berücksichtigen.

Der UVI ist also eine wichtige Orientierungsgröße zur Abschätzung des UV-Risikos, aber keine individuell exakte Berechnungsgröße. Er darf nicht dazu missbraucht werden, um individuell „sichere“ Aufenthaltzeiten in der Sonne zu berechnen.

Abbildung 4: Gemessene UVI-Werte an den 10 Stationen im bundesweiten UV-Messnetz (Quelle: BfS).

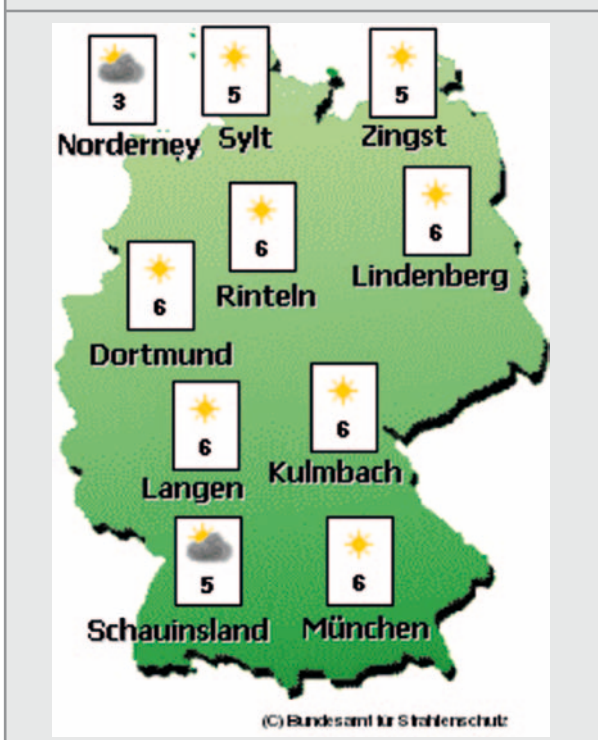
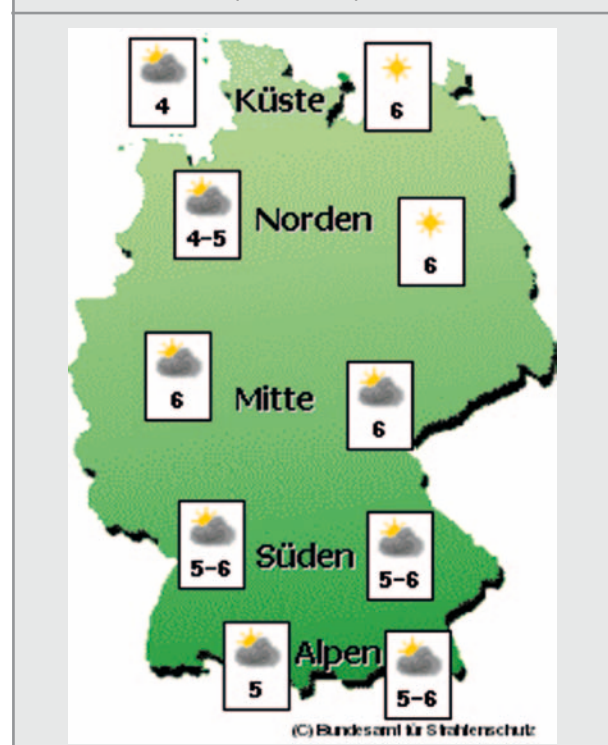


Abbildung 5: Prognostizierte UVI-Werte für 10 ausgewählte Wetterzonen (Quelle: BfS).



Wie wird der UV-Index verbreitet?

Die im bundesweiten UV-Messnetz mit Spektralradiometern ermittelten UV-Werte werden im Internet unter http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz/uvi/messnetz.html (Abrufdatum: 29.05.2012) veröffentlicht. Die Werte für Bayern (Kulmbach und München) werden zusätzlich im Videotext des Bayerischen Rundfunks (Tafel 637) veröffentlicht.

Während der UV-Saison wird jeweils montags, mittwochs und freitags zudem eine 3-Tagesprognose erstellt und im Internet veröffentlicht, in der die zu erwartenden UVI-Werte angegeben werden. Bei den Prognosegebieten handelt es sich um ausgewählte Wetterzonen. Damit können meteorologische beziehungsweise klimatische Besonderheiten der jeweiligen Region berücksichtigt werden. Die UVI-Prognose beruht auf einem spezifischen Verfahren des BfS. Dabei werden die zu erwartende Gesamt Ozonkonzentration, die Messergebnisse der letzten Jahre, sowie die durch das BfS spezifisch angepasste Bewölkungsprognose auf Basis von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) berücksichtigt. Die UVI-Werte geben Mittelwerte für die jeweiligen Regionen an. Insbesondere bei sich schnell ändernden Wettersituationen können im Einzelfall auch höhere oder niedrigere UVI-Werte auftreten.

Weiterführende Informationen finden Sie hier:

- DIN 5031-10 (2000): Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik. Teil 10: Photobiologisch wirksame Strahlung – Größe, Kurzzeichen und Wirkungsspektren.
- Steinmetz M (2009): Solare UV-Strahlung im Zeichen des erwarteten Klimawandels. In: UMID 3/2009: 24–28.
- Stick C, Pielke-Harms L, Sandmann H (2008): Sonnen-Exposition, UV-Exposition. In: Kappas M. (Hrsg.): Klimawandel und Hautkrebs. Stuttgart. ibidem-Verlag. ISBN 978-3-89821-874-0. 118–144.

Literatur

Matthes R, Sliney D (Hrsg.) (1998): Measurements of Optical Radiation Hazards, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e.V. (ICNIRP). A Reference Book based on Presentations given by Health and Safety Experts on Optical Radiation Hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1-3, 1998; ISBN: 3-9804789-5-5.

Kontakt

Ingo Mayer
Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.2.
Dosimetrie der NIR, Betrieb des UV-Messnetzes
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [imayer\[at\]bfs.de](mailto:imayer[at]bfs.de)

[BfS]

Hautkrebserkrankungen – ein noch weit unterschätztes Gesundheitsrisiko

Skin cancer diseases – a still underestimated health risk

*Britta Löpker¹, Markus Anders¹, Eckhard Wilhelm Breitbart^{1,2},
Beate Volkmer^{1,2}, Rüdiger Greinert^{1,2}*

Abstract

Malignant skin tumors (basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma and malignant melanoma) represent the most common type of cancer worldwide. The incidence rate of skin cancer has increased constantly during the last decades. An increasing exposure of skin to natural and artificial ultraviolet radiation is considered as main reason. Skin cancer constitutes the most serious defect that can be induced by UV radiation. The two most common forms of skin cancer are basal cell carcinoma and squamous cell carcinoma. Together, these two are also referred to as nonmelanoma skin cancer. Melanoma is generally the most serious form of skin cancer because it tends to spread throughout the body quickly. The etiology of skin cancer is very complex. However, all forms of skin cancer have a basis in UV induced mutations in the human genome. This knowledge offers new possibilities in therapy. Because UV radiation is known to be the most important risk factor, primary prevention is an essential tool to reduce the burden of skin cancer and early detection of skin cancer (secondary prevention) decreases morbidity and mortality of skin cancer.

Zusammenfassung

Unter dem Begriff Hautkrebs werden verschiedene Krebserkrankungen der Haut zusammengefasst, die in vielfältigen Erscheinungsformen auftreten. Maligne Neubildungen der Haut zählen zu den weltweit am häufigsten auftretenden Krebsarten. Dazu gehören Basalzellkarzinom, Stachelzellkarzinom und malignes Melanom. In den letzten Jahrzehnten stiegen die Inzidenzen dieser Erkrankungen stetig an. Hauptursache hierfür ist eine zunehmende Belastung der Haut durch natürliche und künstliche UV-Strahlung. Hautkrebs stellt den schwerwiegendsten Schaden dar, der durch UV-Strahlung induziert werden kann. Die Ursachen des Hautkrebses sind komplex. Allen Hautkrebsformen ist aber gemein, dass sie auf UV-induzierten Mutationen im menschlichen Genom beruhen. Diese Kenntnis eröffnet neue Möglichkeiten für die Therapie. Da der Hauptrisikofaktor – UV-Strahlung – bekannt ist, sind Maßnahmen der primären Prävention ein essentielles Werkzeug, die Belastung durch Hautkrebs zu reduzieren. Früherkennung (sekundäre Prävention) von Hautkrebs ist in der Lage, langfristig die Morbidität und Sterblichkeit an Hautkrebs zu vermindern.

Einleitung

Auch wenn gebräunte Haut in Deutschland noch immer als Schönheitsideal gilt, spricht vieles für einen vorsichtigen Umgang mit der UV-Strahlung: So sehr die warmen Sonnenstrahlen unsere Laune heben und für Wohlbefinden sorgen – sie verursachen auch Sonnenbrand, Falten und sogar Hautkrebs. Hautkrebs ist die weltweit am häufigsten auftretende Krebserkrankung in der weißen Be-

völkerung. Für das maligne Melanom („schwarzer Hautkrebs“) nimmt die Zahl der Neuerkrankungen/Jahr (Inzidenz) stärker zu als für alle anderen Krebsarten. Allein in Deutschland verdoppelt sich die Inzidenz alle 10 bis 15 Jahre (Greinert 2008).

Hierzulande erkrankt etwa jeder Achte (jeder siebte Mann und jede neunte Frau) bis zum Alter von

¹ Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) e.V., Cremon 11, 20457 Hamburg

² Elbeklinikum Buxtehude, Am Krankenhaus 1, 21614 Buxtehude

75 Jahren an Hautkrebs – Tendenz steigend. Zu diesem Trend trägt in immer größerem Maße auch die Nutzung von künstlicher UV-Strahlung in Solarien bei.

Unter dem Begriff Hautkrebs werden bösartige (maligne) Neubildungen zusammengefasst, die aus unterschiedlichen Zelltypen der Haut entstehen. Für die Entstehung von Hautkrebs spielt UV-Strahlung die entscheidende Rolle. Dieser Zusammenhang wird durch eine Vielzahl von epidemiologischen Studien, Tierexperimenten und Untersuchungen an Zellkulturen eindeutig belegt (IARC 2012). Die International Agency for the Research on Cancer (IARC) hat daher im Jahr 2009 die UV-Strahlung der Sonne und künstliche UV-Strahlung in Solarien in die Klasse 1 der krebserregenden Substanzen aufgenommen („carcinogenic to humans“) (El Ghissassi et al. 2009).

Es steht also außer Frage, dass UV-Strahlung beim Menschen Hautkrebs auslösen kann. Allerdings müssen die genauen Entstehungsmechanismen von Hautkrebs noch weiter untersucht werden, um dieses noch immer unterschätzte Gesundheitsrisiko besser zu verstehen.

Entstehungsmechanismen von Hautkrebs

Die Ursachen von Hautkrebs sind komplex. UV-B- und UV-A-Strahlung können im Genom des Menschen spezifische Mutationen induzieren, die zum Funktionsverlust oder zu fehlerhafter Überfunktion bestimmter Gene führen. Allen Hautkrebsformen ist aber gemein, dass sie auf (UV-) induzierten Veränderungen in Genen beruhen, die jene Proteine codieren, die für die DNA-Reparatur, Zellzyklus-Kontrolle und ihre verantwortlichen Signalübertragungs-Ketten oder die Zelldifferenzierung, Alterungsprozesse (Seneszenz) beziehungsweise epigenetische Regulation verantwortlich sind. In den letzten Jahren wird immer deutlicher, dass diese Veränderungen besonders schwerwiegende Folgen besitzen, wenn sie in Stammzellen der Haut auftreten (Ruetze et al. 2011).

Malignes Melanom

Der wohl bekannteste und zugleich bösartigste Hautkrebs ist das maligne Melanom („schwarzer

Hautkrebs“), das sich aus den pigmentbildenden Zellen der Haut (Melanozyten) entwickelt. Die Erkrankungsrate (Inzidenz) des malignen Melanoms nimmt schneller zu als die anderer Tumoren. Es bildet häufig Tochtergeschwülste (Metastasen). In Deutschland erkranken jedes Jahr etwa 26.000 Menschen neu daran. Rund 2.600 Menschen sterben jährlich an dieser Erkrankung.

Es gilt als nachgewiesen, dass UV-Strahlung ein entscheidender Risikofaktor für das maligne Melanom ist. UV-Strahlung spielt bei Veränderungen in solchen Genen eine bedeutende Rolle, die für die Kontrolle der Zellteilung und des Zellwachstums verantwortlich sind. Das betrifft sogenannte Tumorsuppressorgene (z. B. CDKN2A) oder Gene, die bei der Steuerung wichtiger zellulärer Signal-Übertragungsketten von Bedeutung sind. So weiß man zum Beispiel seit einigen Jahren, dass circa 60% aller Melanompatienten Mutationen im sogenannten BRAF-Gen aufweisen. Ob diese Mutationen auftreten oder nicht, hängt von der Lokalisation des Melanoms auf der Haut und vom Muster der UV-Exposition ab (chronisch oder eher Sonnenbrand-abhängig). Erst kürzlich konnte in der ersten vollständigen Sequenzierung eines Genoms aus einer menschlichen Melanom-Metastase nachgewiesen werden, dass ein Großteil der dabei nachgewiesenen Mutationen UV-spezifisch sind (Peasance et al. 2011).

UV-Strahlung kann darüber hinaus zu Chromosomenbrüchen, Chromosomenverlusten oder Umordnungen des genetischen Materials in den Chromosomen der pigmentbildenden Zellen führen, die zur Entstehung des malignen Melanoms beitragen.

Anders als beim Basalzell- und Stachelzellkarzinom (siehe unten), deren Entstehung von einer über viele Jahre aufgenommenen UV-Gesamtdosis abhängt, scheinen beim malignen Melanom kurze, intensive UV-Belastungen die Ursache zu sein. In letzter Zeit mehren sich aber Hinweise, dass auch die über die Zeit sich aufsummierende (kumulative) UV-Belastung für die Entstehung des malignen Melanoms von Bedeutung sein kann.

Für das maligne Melanom können bestimmte genotypische beziehungsweise phänotypische Risikofaktoren benannt werden (Greinert 2008). Den größten Risikofaktor für das maligne Melanom der Haut stellt die Anzahl der vorhandenen Pigmentmale (Nävi)

dar. Menschen mit mehr als 100 Nävi tragen ein 7- bis 15-fach höheres Risiko, am malignen Melanom zu erkranken. Personen mit hellem Hauttyp, mit rötlichen beziehungsweise blonden Haaren, mit Neigung zu Sommersprossen, Sonnenflecken oder einem familiären malignen Melanom haben, je nach Kombination der Risikofaktoren, ein mehr als 100-fach erhöhtes Risiko, einen schwarzen Hautkrebs zu entwickeln. Sonnenbrände in der Kindheit und Jugend erhöhen das Risiko für die Entstehung eines malignen Melanoms um das 2- bis 3-fache.

Maligne Melanome können auf den ersten Blick harmlosen Pigmentmalen ähneln (**Abbildung 1 und 2**). Oft unterscheiden sie sich aber in ihrer ‚Berandung‘, Größe und Farbe von diesen. Sie treten auch an normalerweise bekleideten Körperstellen auf und können auch am behaarten Kopf, unter Finger- und Fußnägeln sowie an den Fußsohlen entstehen.

Abbildung 1: Dünnes Melanom 0,76 mm.

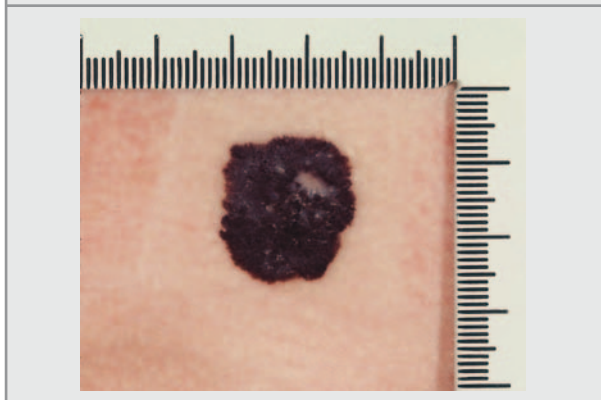
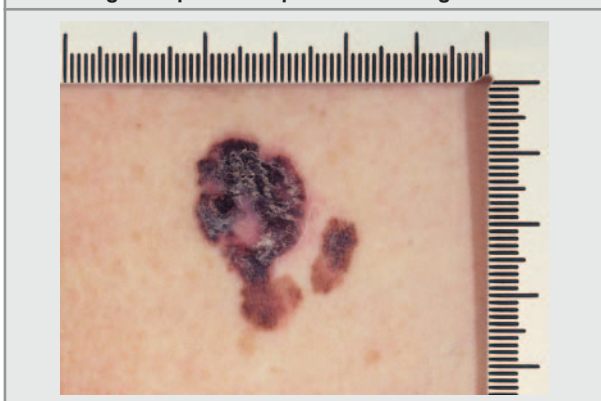


Abbildung 2: Superfiziell spreitendes malignes Melanom.



Häufig wird bei der Beurteilung von Pigmentmalen zur Früherkennung des malignen Melanoms die ABCD-Regel angewandt (**Abbildung 3**).

Abbildung 3: Die ABCD-Regel.

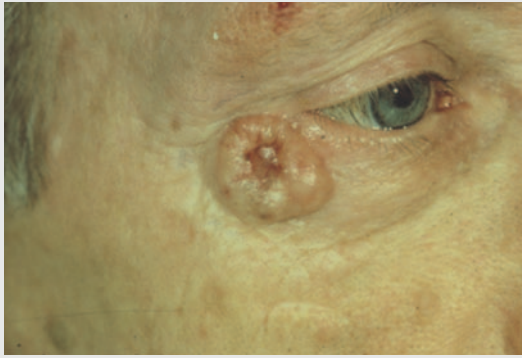


Das maligne Melanom kann schon in relativ frühem Erwachsenenalter auftreten. In letzter Zeit wird ein deutlicher Trend der Zunahme der Melanomhäufigkeit bei jungen Frauen beobachtet. Neue Untersuchungen deuten stark darauf hin, dass dieser Trend mit der häufigeren Nutzung von Solarien bei jungen Frauen einhergeht (regelmäßige Nutzung vor dem 30. Lebensjahr) (IARC 2006).

Nicht-melanozytärer Hautkrebs

Sehr viel häufiger als das maligne Melanom, das in den Melanozyten der Haut entsteht, sind Hautkrebsarten, die sich aus anderen Zellen der Haut, den Keratinozyten, entwickeln und unter dem Begriff „nicht-melanozytäre Hautkrebs“ („heller Hautkrebs“) zusammengefasst werden. Diese bilden nur sehr selten Tochtergeschwülste (Metastasen) und führen meist nicht zum Tode. Trotz der geringen Sterblichkeit an nicht-melanozytären Hautkrebskrankungen stellen diese eine große Belastung für die Betroffenen dar: Operative Eingriffe, insbesondere im Gesicht, beeinträchtigen die Lebensqualität oftmals über einen langen Zeitraum. Zu den häufigsten Formen gehören dabei das Basalzellkarzinom und das Stachelzellkarzinom (spinozelluläres Karzinom).

Abbildung 4: Basalzellkarzinom.



Basalzellkarzinom

Das **Basalzellkarzinom** (**Abbildung 4**) ist der häufigste bösartige Tumor der Haut. Über 133.000 Menschen erkranken jedes Jahr in Deutschland neu an diesem Hautkrebs.

Die Ursache fast aller Basalzellkarzinome ist die langjährige intensive Sonnenbestrahlung. Besonders betroffen sind deshalb Personen, die im Freien arbeiten oder sich in ihrer Freizeit intensiv der UV-Strahlung aussetzen. Menschen mit heller Haut, blonden oder roten Haaren und blauen Augen tragen ein erhöhtes Risiko. Zwar bildet das Basalzellkarzinom keine Tochtergeschwülste, doch kann es sich langsam durch Haut und Knochen fressen, wenn es nicht rechtzeitig erkannt und behandelt wird. Das Basalzellkarzinom entsteht in den Basalzellen, die sich in der untersten Schicht der Oberhaut (Epidermis) befinden, und kann überall am Körper auftreten. Meist beginnt es als sehr kleiner porzellanfarbener Knoten, durchzogen mit winzigen Blutgefäßen. Später sinkt die Oberfläche dieses Knotens in der Mitte ein. Es entsteht eine Mulde mit wallartigem Rand. Das Basalzellkarzinom kann allerdings auch in anderen Erscheinungsformen auftreten. Am häufigsten entsteht es auf den sogenannten ‚Sonnenterrassen‘, also an Körperstellen, die häufig der UV-Strahlung ausgesetzt sind, wie zum Beispiel Nase, Ohren, Unterlippen, Nacken und Hände. Der Krebs braucht Jahrzehnte, bis er sich entwickelt. Am häufigsten erkranken deshalb Menschen um das 60. Lebensjahr. Da die Neuerkrankungsraten am Basalzellkarzinom sehr hoch sind und unsere Bevölkerung immer älter wird, ergibt sich hier ein schwerwiegendes Problem für unsere Gesundheitswesen in zukünftigen Jahren. Für das Basalzellkarzinom können wieder UV-abhängige Mutationen in wichtigen Genen verantwortlich

gemacht werden, die die Regulation der Zellteilung steuern (z. B. PTCH, SMOH, SHH) (IARC 2012).

Stachelzellkarzinom

Das **Stachelzellkarzinom** (**Abbildung 5**) ist der zweithäufigste Hautkrebs. Rund 65.000 Menschen erkranken jedes Jahr in Deutschland neu an diesem Hautkrebs, Tendenz steigend. Die Vorstellungen darüber, welche Faktoren das Stachelzellkarzinom entstehen lassen, sind relativ genau: UV-Strahlung schädigt die DNA von Hautzellen und verändert in einer komplizierten Abfolge genetischer Prozesse im Zellkern die Information der Gene, die die Reparaturprozesse im menschlichen Erbgut (DNA) in den Zellen kontrollieren und für die Zellteilung und -tötung entscheidend sind (besonders wichtig ist hier zum Beispiel das p53-Gen; IARC 2012). Für das Stachelzellkarzinom ist eine Vorstufe bekannt, die sogenannte aktinische Keratose. Typisch für diese Vorstufe ist eine schuppige oder krustige Erhebung auf der Hautoberfläche, die sich wie Sandpapier anfühlt. Sie ist nicht bösartig und lässt sich sehr gut behandeln, beispielsweise mit speziell hierfür entwickelten Salben und Bestrahlung. Durch zusätzliche UV-Strahlung können jedoch im Erbgut geschädigter Zellen einer aktinischen Keratose weitere Veränderungen auftreten, die zu unkontrolliertem Zellwachstum und zum Auftreten eines Stachelzellkarzinoms führen. Mit welcher Wahrscheinlichkeit eine aktinische Keratose in ein Stachelzellkarzinom übergeht, und welche molekularen Mechanismen dafür verantwortlich sind, ist noch nicht genau geklärt. Wer sich über viele Jahre intensiver UV-Strahlung aussetzt, trägt ein besonders hohes Risiko, an einem Stachelzellkarzinom zu erkranken. Betroffen sind deshalb vor allem Personen, die im Freien arbeiten oder regelmäßig Sonnenbäder nehmen. Menschen mit heller Haut,

Abbildung 5: Stachelzellkarzinom.



blonden oder roten Haaren und blauen oder grünen Augen tragen ein erhöhtes Risiko. Am häufigsten erkranken Menschen um das 70. Lebensjahr, doch auch jüngere Patienten sind zunehmend betroffen.

Hautkrebs ist in der Summe aus Basalzell- und Stachelzellkarzinom sowie malignem Melanom der häufigste Krebs in Deutschland (Greinert 2008). Trotzdem wird er oftmals als Gesundheitsrisiko unterschätzt, obwohl die hohe Inzidenz eine hohe Krankheitslast induziert und von großer gesundheitsökonomischer Bedeutung ist. Neue Erfolge in der Weiterentwicklung der Therapie gerade des malignen Melanoms in späten (metastasierenden) Stadien geben Hoffnung, dass hier das Überleben der Betroffenen verlängert werden kann. Da aber der Hauptrisikofaktor für das Auftreten von Hautkrebs – UV-Strahlung – bekannt ist und früh erkannter Hautkrebs zu fast 100 % heilbar ist, bieten sich große Möglichkeiten im Bereich der primären und sekundären Prävention. Das bedeutet einerseits, dass das Verhalten der Bevölkerung durch Information und Aufklärung in Richtung einer bewussten, risikoarmen UV-Exposition geändert werden muss und/oder andererseits, dass durch bauliche und andere planerische Vorhaben Möglichkeiten zu verringerter UV-Exposition geschaffen werden müssen (Schatten, Sonnensegel etc.). Früherkennungsprogramme (siehe Beitrag S. 46ff. in diesem Heft) ermöglichen darüber hinaus, Hautkrebs im frühen Stadium zu erkennen und damit gut therapieren zu können.

Literatur

El Ghissassi F et al. (2009): A review of human carcinogens – part D: radiation. In: *Lancet Oncol*: 10: 751–752.

Greinert R (2008): Ultraviolette Strahlung und Hautkrebs. In: *Einfluss der Natürlichen Strahlenexposition auf die Krebsentstehung in Deutschland. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission. Band 62*: 219–313.

IARC (2012): Solar and Ultraviolet radiation. In: *IARC Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 100D: A review of human carcinogens: Radiation*: 35–101.

IARC: (2006) The association of use of sunbeds with cutaneous malignant melanoma and other skin cancers: A systematic review. In: *Int. J. Cancer* 120: 1116–1122.

Peasance ED et al. (2011): A comprehensive catalogue of somatic mutations from a human cancer genome. In: *Nature* 463: 191–196.

Ruetze M et al. (2011): Damage at the root of cell renewal – UV sensitivity of epidermal stem cells. In: *J Dermatol Sci* 64: 16–22.

Kontakt

Dr. Rüdiger Greinert
Head of Dept. Mol. Cellbiology
Center of Dermatology
Elbekliniken Stade/Buxtehude
Klinikum Buxtehude
Am Krankenhaus 1
21614 Buxtehude
E-Mail: ruediger.greinert[at]elbekliniken.de

[BfS]

Hautkrebs – Epidemiologie und Früherkennung

Malignant neoplasms of the skin – epidemiology and screening programme

Klaus Kraywinkel¹, Ute Wolf¹, Alexander Katalinic^{2,3}

Abstract

Among skin cancers, one must discriminate between the more common basal cell and squamous cell carcinomas and the much more dangerous melanomas. The latter are responsible for approximately 1 % of all cancer deaths in Germany. In Germany, it is estimated that approximately 18.000 new melanoma cases are diagnosed annually. The remaining invasive forms of skin cancer, as well as in-situ tumors, are registered less reliably and together account for at least 200.000 new cases per year. UV radiation is the most important exogenous risk factor for the development of skin cancer. Through the introduction of skin cancer screening in 2008, the incidence rate of this cancer jumped up considerably. This programme strives over the long term towards a reduction in skin cancer mortality. Particular focus should be put on the prevention of skin cancer, especially through sufficient protection from UV radiation (solariums, sun) during leisure-time activities, but also while working outdoors.

Zusammenfassung

Beim Hautkrebs ist zwischen den häufigeren Basalzellkarzinomen und Plattenepithelkarzinomen einerseits und den weitaus gefährlicheren malignen Melanomen andererseits zu unterscheiden. Letztere sind für etwa 1 % aller Krebstodesfälle in Deutschland verantwortlich. Für das invasive maligne Melanom ist in Deutschland von etwa 18.000 Neuerkrankungen jährlich auszugehen. Die übrigen invasiven Hautkrebsformen sowie die In-situ-Tumoren werden weniger zuverlässig erfasst, zusammen dürften sie mindestens 200.000 Neuerkrankungen pro Jahr ausmachen. UV-Strahlung ist der wichtigste exogene Risikofaktor für die Entstehung von Hautkrebs. Durch das 2008 in Deutschland eingeführte Hautkrebs-Screening ist die Hautkrebshäufigkeit sprunghaft angestiegen, langfristig wird ein Rückgang der Sterblichkeit an Hautkrebs angestrebt. Besonderes Augenmerk sollte auf die Prävention von Hautkrebs gelegt werden, insbesondere durch ausreichenden Schutz vor UV-Strahlung (Solarien, Sonne) bei Freizeitaktivitäten, aber auch bei Arbeit im Freien.

Einleitung

Hautkrebserkrankungen lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen, die malignen Melanome der Haut (umgangssprachlich ‚schwarzer Hautkrebs‘), die aus den pigmentbildenden Zellen der Haut entstehen, und den **epithelialen Hautkrebs** (umgangssprachlich ‚weißer Hautkrebs‘). Letztere Gruppe setzt sich aus **Basalzellkarzinomen** (BCC etwa 80 %) und **Plattenepithelkarzinomen** (= Spinalzellkarzinom, SCC etwa 20 %) sowie einer sehr kleinen ‚sonstigen‘ Gruppe mit selteneren Hautkrebsformen zusammen. So wie bei anderen Krebserkrankungen auch, ist zwischen den Frühformen, die noch lokal begrenzt sind (In-situ-Karzinome),

und den invasiven Formen, die zerstörend ins Gewebe einwachsen, zu unterscheiden.

Mehr als die Hälfte aller Hautmelanome entsteht auf einer vorher nicht auffallend veränderten Haut. Sie können auch von bereits bestehenden Pigmentmalen (erworbene und kongenitale oder dysplastische Nävi) ausgehen. Als wichtigster exogener Risikofaktor für ein malignes Melanom ist die natürliche oder künstliche UV-Exposition zu nennen, vor allem im Kindes- und Jugendalter. Des Weiteren können genetische Faktoren zur Melanom-Entstehung beitragen. Auch die Exposition gegenüber

¹ Zentrum für Krebsregisterdaten im Robert Koch-Institut, Berlin

² Institut für Klinische Epidemiologie, Universität Lübeck, Lübeck

³ Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V.

ultravioletter Strahlung am Arbeitsplatz, zum Beispiel bei Schweißarbeiten, wird als Risikofaktor für ein malignes Melanom angesehen. Die Prognose dieser Erkrankung ist vom histologischen Subtyp und vom Tumorstadium bei Diagnosestellung abhängig. Bei Vorliegen von Fernmetasten (bevorzugt in Lunge, Leber, Knochen oder Gehirn) ist sie äußerst ungünstig. Das Wiederauftreten (Rezidiv) eines Melanoms ist auch nach erfolgreicher Primärtherapie nicht selten.

Sehr viel häufiger als das maligne Melanom tritt der ‚weiße‘ oder ‚helle‘ Hautkrebs (epithelialer Hautkrebs) auf, zu dem die Basalzellkarzinome und Plattenepithelkarzinome zählen. Beide Krebserkrankungen steigen mit zunehmendem Alter stark an. Verursacht werden sie hauptsächlich durch jahrelange intensive UV-Exposition, insbesondere bei Arbeiten im Freien. Betroffen ist häufig das Gesicht. Durch ein verändertes Freizeitverhalten sind zunehmend auch jüngere Personen betroffen. Basalzellkarzinome bilden so gut wie nie, Plattenepithelkarzinome sehr selten Tochtergeschwülste (Metastasen).

Um die Erkrankung Hautkrebs klinisch, aber auch bevölkerungsbezogen besser verstehen sowie den Versorgungsbedarf für Früherkennung, Diagnose, Therapie und Nachsorge entsprechend ableiten zu können, sind epidemiologische Maßzahlen, wie die Häufigkeit der Erkrankung, Daten zur Geschlechts- und Altersverteilung, zur geographischen Verteilung, zur Sterblichkeit und zum Überleben, entscheidend. Notwendige Daten dazu werden in Deutschland regional in den epidemiologischen Krebsregistern (EKR) der Länder erfasst und länderspezifisch ausgewertet. Die EKR übermitteln ihre Daten gemäß Bundeskrebsregisterdatengesetz in anonymisierter Form an das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) im Robert Koch-Institut (RKI). Im ZfKD werden diese Daten für Schätzungen und Berechnungen für ganz Deutschland genutzt. Daneben liegen Zahlen für Deutschland auch von der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister e. V. (GEKID) und für Hautkrebs aus dem Krebsregister Schleswig-Holstein (KRSH) vor.

Mit dem vorliegenden Beitrag soll die aktuelle Epidemiologie von Hautkrebs in Deutschland näher beschrieben werden.

Methode

Zur Beschreibung der Epidemiologie von Hautkrebs in Deutschland wurden Daten aus folgenden Quellen verwendet:

- Schätzungen des Zentrums für Krebsregisterdaten (ZfKD) zum malignen Melanom bis 2008 (<http://www.krebsdaten.de>; Abrufdatum: 30.05.2012),
- GEKID-Krebsatlas und Rohdaten zum malignen Melanom und zu den epithelialen Hautkrebserkrankungen bis 2009 (<http://www.gekid.de>; Abrufdatum: 30.05.2012),
- Krebsregister Schleswig-Holstein (KRSH), Hautkrebs in Schleswig-Holstein, Datenbanken bis 2009 (<http://www.krebsregister-sh.de>; Abrufdatum: 30.05.2012),
- Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes (<http://www.gbe-bund.de>; Abrufdatum: 30.05.2012).

Für das invasive maligne Melanom wurde nach der Kodierung der Internationalen Klassifikation für Krankheiten (10. Version), der ICD-10-Kode C43 und für das In-situ-Karzinom D03 zugrunde gelegt. Der epitheliale Hautkrebs wurde nach ICD-10 C44 (invasiv) beziehungsweise D04 (in situ) kodiert. Die Unterteilung in Basalzellkarzinom (BCC) und Plattenepithelkarzinom (SCC) erfolgte anhand der spezifischen histologischen Angaben der internationalen onkologischen Klassifikation (ICD-O, 3. Version).

Neben den absoluten Fallzahlen werden rohe Erkrankungsdaten pro 100.000 Personen dargestellt. Diese Indikatoren sind besonders geeignet, um die Krankheitslast in der Bevölkerung zu beschreiben. Altersstandardisierte Erkrankungsdaten sind über das Zentrum für Krebsregisterdaten beziehungsweise die Landeskrebsregister abrufbar.

Aktuelle Daten zur Häufigkeit (Inzidenz) und Sterblichkeit (Mortalität) bei Hautkrebs

Nach Angaben der International Agency for Research on Cancer (IARC) erkranken jährlich weltweit etwa 200.000 Männer und Frauen neu an einem malignen Melanom (IARC, Globocan 2008). Demnach hat Australien die höchsten Erkrankungsdaten zu verzeichnen (54 pro 100.000 Personen). In der Europäischen Union liegt die Rate bei etwa

14 Neuerkrankungsfällen auf 100.000 Personen. Zum epithelialen Hautkrebs gibt es nur sehr grobe Schätzungen, konservativ ist weltweit von jährlich zwei bis drei Millionen Erkrankungsfällen auszugehen.

Für ganz Deutschland existieren bislang noch keine flächendeckenden Daten zur Häufigkeit der verschiedenen Hautkrebsformen. Daher ist man für die Bewertung der Hautkrebsepidemiologie derzeit noch auf Schätzungen angewiesen. Schätzungen und Hochrechnungen zur Hautkrebshäufigkeit in Deutschland liegen derzeit vom Zentrum für Krebsregisterdaten (RKI, GEKID 2012), der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister (<http://www.gekid.de>) und aus dem Krebsregister Schleswig-Holstein (KRSH) (<http://www.krebsregister-sh.de>) vor. Während das ZfKD und die GEKID ihre Schätzungen für Deutschland auf der Basis eines Pools von epidemiologischen Krebsregistern (EKR) der Länder vornehmen, verwendet das Krebsregister Schleswig-Holstein ausschließlich die Daten aus dem eigenen Bundesland. In Schleswig-Holstein hat die Registrierung von Hautkrebs eine lange Tradition, insbesondere bedingt durch die Aktivitäten zum Hautkrebs-Screening seit 1998. Alle Dermatologen sind zur Meldung an das Krebsregister sensibilisiert, dies betrifft auch die vollzählige Übermittlung von Frühformen des malignen Melanoms und des epithelialen Hautkrebses an das Register. Insofern ist davon auszugehen, dass diese Zahlen, zumindest für epitheliale und In-situ-Tumoren, möglicherweise belastbarer als in anderen Regionen Deutschlands sind.

Tabelle 1 fasst die aktuell vorhandenen Schätzungen für Deutschland zusammen. Beim invasiven

malignen Melanom, für das die Erfassung in allen deutschen epidemiologischen Krebsregistern bereits sehr gut sein dürfte, ergibt sich ein relativ einheitliches Bild. Demnach ist derzeit mit etwa 18.000 invasiven malignen Melanomen pro Jahr zu rechnen, wobei Männer und Frauen etwa zu gleichen Teilen betroffen sind (**Abbildung 1**). Für In-situ-Melanome finden sich größere Unterschiede, auf Basis der Daten aus Schleswig-Holstein dürften es pro Jahr bis zu 8.400 Fälle sein.

Für den invasiven epithelialen Hautkrebs ist von größeren Unterschieden im Erfassungsgrad auszugehen, da die Einbeziehung ambulant behandelter Fälle in den Registern unterschiedlich gut gelingt. Schätzungen, die auf einem (KRSH) beziehungsweise mehreren Registern (ZfKD) mit eher höheren Inzidenzraten beruhen, sind daher wahrscheinlich realistischer als gepoolte Analysen aus Registern mit zuverlässiger Erfassung der übrigen Krebsarten (GEKID). Allerdings lassen sich mögliche regionale Unterschiede, die diese Schätzungen verzerren könnten, nicht wie bei anderen Krebslokalisationen über die (hierfür zu geringe) Mortalität darstellen. Eine jährliche Zahl von mehr als 150.000 Neuerkrankungen an ‚weißem‘ oder ‚hellem‘ Hautkrebs erscheint jedoch nach jetzigem Stand durchaus realistisch. Noch größer dürften die Unterschiede bei der Erfassung von In-situ-Tumoren in den Registern sein, hier liegen die Schätzungen zwischen 4.200 und 8.400 für das Melanom und zwischen 10.000 und 30.000 für das Plattenepithelkarzinom (SCC), wobei auch hier die höheren Zahlen wahrscheinlich realistischer sind.

Hautkrebs verursacht insgesamt bei Frauen und Männern in Deutschland etwa 1 % aller Krebsto-

Tabelle 1: Erkrankungsfälle an Hautkrebs in Deutschland.			
	ZfKD 2008	GEKID 2009	KRSH 2009
Malignes Melanom			
Invasiv	17.800	18.000	17.200
In situ	5.000	4.200	8.400
Gesamt	22.800	22.200	25.600
Epithelialer Hautkrebs			
Invasiv	160.000-170.000	119.197	167.800
BCC	-	-	133.000
SCC	-	-	34.800
In situ (SCC)	-	10.532	30.100
Gesamt	-	129.729	197.900
Alle Hautkrebsformen	-	151.896	223.500

Abbildung 1: Absolute Zahl der Neuerkrankungs- und Sterbefälle an malignem Melanom nach Geschlecht, Deutschland 1999–2008 (Quelle: RKI/GEKID 2012).



desfälle. Im Jahr 2010 waren es 3.332 Sterbefälle, das heißt etwa 4 pro 100.000 Einwohner (Statistisches Bundesamt 2012). Für diese sind zu mehr als 80 % maligne Melanome verantwortlich.

Trends beim malignen Melanom

Der Anteil maligner Melanome der Haut an allen Krebsneuerkrankungen beträgt etwa 4 %. Das mittlere Erkrankungsalter liegt für Frauen bei 60 und für Männer bei 66 Jahren.

Die altersstandardisierten Erkrankungsraten haben sich sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern seit den 1980er Jahren nach RKI-Schätzungen mehr als verdreifacht, wobei hier auch eine Verbesserung der Erfassung eine Rolle gespielt haben könnte. Seit 1999 war der Anstieg vor allem bei den Frauen deutlich verringert, jedoch sind im Jahr 2008, dem Jahr der Einführung des neuen Früherkennungsprogramms zum Hautkrebs, die Erkrankungsraten zu-

nächst sprunghaft (um 15–20 %) angestiegen. 2008 erkrankten in Deutschland etwa 22 von 100.000 Personen neu an einem malignen Hautmelanom.

Die Sterblichkeit am malignen Melanom ist seit 1980 nach Altersstandardisierung bei den Männern leicht (von 2 auf 3/100.000 Personen) gestiegen, bei den Frauen dagegen mit Werten um 1.5/100.000 konstant geblieben. Im Jahr 2010 verstarben 1.568 Männer und 1.143 Frauen an dieser Erkrankung (**Tabelle 2**).

Am malignen Melanom versterben Erkrankte im Mittel 10 Jahre früher als Patienten mit Basalzellkarzinomen oder Plattenepithelkarzinomen. Derzeit wird jedes zweite maligne Melanom in einem noch frühen Tumorstadium (T1) diagnostiziert, was auch zu dem inzwischen sehr günstigen relativen 5-Jahresüberleben bei Frauen (über 90 %) und Männern (ca. 87 %) beiträgt (RKI GEKID 2012).

Trends beim epithelialen Hautkrebs

Für den epithelialen Hautkrebs lassen sich aufgrund der Datenlage nur unsichere Aussagen zu langfristigen zeitlichen Trends oder zur Verteilung der Tumorstadien bei Erstdiagnose machen. Daten des Krebsregisters Saarland deuten auch für den epithelialen Hautkrebs einen deutlichen Anstieg der Erkrankungshäufigkeit in den letzten 30 Jahren an (<http://www.krebsregister.saarland.de>; Ab-

Tabelle 2: Sterbefälle an Hautkrebs in Deutschland im Jahr 2010 nach ICD-10 und Geschlecht.

	Männlich	Weiblich	Gesamt
C43 Bösartiges Melanom der Haut	1.568	1.143	2.711
C44 Sonstige bösartige Neubildungen der Haut	346	275	621
Quelle: Statistisches Bundesamt			

rufdatum: 30.05.2012). Die Erkrankungsraten für den epithelialen Hautkrebs dürften heute bei etwa 200 Neuerkrankungen pro 100.000 Männern beziehungsweise Frauen liegen (KISH 2011). Auswertungen des Krebsregisters Schleswig-Holstein lassen darauf schließen, dass die Überlebenseinsichten für Patienten mit Basalzellkarzinom, mit Einschränkungen auch für solche mit Plattenepithelkarzinomen, gegenüber der Allgemeinbevölkerung nicht eingeschränkt sein dürften (KISH 2011).

Diskussion und Fazit

In den letzten 30 Jahren gab es in Deutschland einen deutlichen Anstieg der Inzidenz an malignen Melanomen der Haut, die Sterblichkeit stieg altersstandardisiert bei den Männern an. Ähnliche Trends finden sich auch für andere europäische Länder, zum Beispiel Skandinavien (NORDCAN 2012). Innerhalb Europas finden sich höhere Inzidenz- und Sterberaten in den nördlichen Ländern, vermutlich eine Folge des dort häufig anzutreffenden helleren Hauttyps. Für die häufigeren, allerdings auch günstiger verlaufenden übrigen invasiven Hautkrebskrankungen sowie die In-situ-Tumoren der Haut erlaubt die Datenlage sowohl national als auch international noch keine sicheren Trenddarstellungen. Daten aus dem Saarland deuten aber auch für den epithelialen Hautkrebs einen deutlichen Anstieg an.

Im Rahmen des Hautkrebs-Screenings, das in Deutschland für etwa 45 Millionen Anspruchsberechtigte ab 35 Jahren im Juli 2008 intensiviert wurde, wird vom Haus- oder Hautarzt inzwischen per Ganzkörperuntersuchung gezielt nach bösartigen Tumoren der Haut gesucht. Ziel ist es, Vorstufen und Frühstadien von Hautkrebs aufzudecken, um frühzeitig und optimal behandeln zu können und dadurch die Heilungschancen und auch die Lebensqualität Betroffener zu verbessern. Eine erste beobachtbare Auswirkung des Screenings war ein sprunghafter Anstieg der Inzidenzraten beim malignen Melanom, was zumindest darauf hindeutet, dass in der ersten Screeningrunde eine erhebliche Anzahl an Tumoren entdeckt wurde. Über die Wirksamkeit des Screenings für ganz Deutschland bezüglich eines Rückgangs der Mortalität wird man erst in einigen Jahren erste Aussagen treffen können. Für Schleswig-Holstein, wo bereits in den Jahren 2003–2004 ein Pilotprojekt zum Screening durchgeführt wurde, liegen bereits erste Hinweise auf einen Rückgang der Hautkrebs-Mortalität vor (Breitbart et al. 2011;

Katalinic et al. 2012). Besonderes Augenmerk sollte angesichts gestiegener Erkrankungszahlen auf die Primärprävention von Hautkrebs durch natürliche und künstliche UV-Strahlung (Solarien) gelegt werden, insbesondere durch ausreichenden Sonnenschutz (unter anderem entsprechende Kleidung, Kopfbedeckung, Sonnencremes mit ausreichendem Lichtschutzfaktor) bei allen Freizeitaktivitäten und Arbeit im Freien.

Literatur

Breitbart EW, Waldmann A, Nolte S, Capellaro M, Greinert R, Volkmer B, Katalinic A (2012): Systematic skin cancer screening in Northern Germany. In: J Am Acad Dermatol. 2012 Feb;66(2):201–11.

GEKID (2012): Atlas der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. <http://www.gekid.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

IARC (2012): International Association for Research on Cancer. Globocan 2008. <http://globocan.iarc.fr/> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Katalinic A, Waldmann A, Weinstock MA, Geller AC, Eisemann N, Greinert R, Volkmer B, Breitbart E (2012): Does skin cancer screening save lives?: An observational study comparing trends in melanoma mortality in regions with and without screening. In: Int. J. Cancer. doi: 10.1002/cncr.27566 (epub ahead of print 19/12/2012).

KISH (Hrsg.) (2011): Krebs in Schleswig-Holstein. Band 9. Mortalität und Inzidenz im Jahr 2008. Krebsregister Schleswig-Holstein. <http://www.krebsregister-sh.de> (Abrufdatum: 30.05.2012).

Krebsregister Saarland (2012): Online Datenbank. <http://www.krebsregister.saarland.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

NORDCAN (2012): <http://www-dep.iarc.fr/nordcan.htm> (Abrufdatum: 30.05.2012).

RKI, GEKID Hrsg. (2012): Krebs in Deutschland 2007/2008. 8. Ausgabe. Robert Koch-Institut (Hrsg.) und Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (Hrsg.). Berlin.

Statistisches Bundesamt Wiesbaden (2012): <http://www.gbe-bund.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Kontakt

Prof. Dr. Alexander Katalinic
Institut für Klinische Epidemiologie
Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck
E-Mail: alexander.katalinic[at]uksh.de

Dr. Klaus Kraywinkel
Zentrum für Krebsregisterdaten
Robert Koch-Institut
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: k.kraywinkel[at]rki.de

[RKI]

Schönheit ohne Risiko – Aktuelle Probleme bei der Bewertung von UV-Filtersubstanzen in der EU

Beauty without risk – current state of the art of the risk assessment of UV absorbing substances in the EU

Bernd Schäfer¹, Annegret Blume¹, Matthias Peiser¹, Petra Apel², Thomas Platzek¹

Abstract

To protect human health from UV radiation mostly coming from natural sources (sunlight) cosmetics may contain UV filter substances. The protective effect results either from the chemical or the physical properties of organic compounds and of particles respectively. According to the new cosmetics directive (EG) Nr. 1223/2009, cosmetics marketed within the EU may only contain UV filters that are included in annex VI. In addition to UV filters which were added to protect the human skin, other UV absorbing compounds may be added to increase photostability of the products. Yet, the occurrence of UV absorbing compounds is not only restricted to sunscreen products. The new cosmetics directive addresses nano-materials and substances with endocrine activity for the first time. The following article will summarize the current state of the art of the discussion around UV absorbing substances with endocrine activity and nanoscaled materials used as UV filter substances.

Zusammenfassung

In kosmetischen Mitteln werden Filtersubstanzen eingesetzt, die den Menschen vor allem vor UV-Strahlung aus natürlichen Quellen (Sonne) schützen sollen. Der schützende Effekt dieser Substanzen wird aufgrund der chemischen oder der physikalischen Eigenschaften bestimmter organischer Verbindungen oder von Partikeln erzielt. Nach der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 dürfen innerhalb der EU in kosmetischen Mitteln als UV-Filter nur Stoffe verwendet werden, die im Anhang VI genannt sind. Neben Substanzen, die für den Schutz der Haut bestimmt sind, werden den Produkten zudem Substanzen zugesetzt, die dem Produktschutz dienen. UV-absorbierende Stoffe finden sich daher nicht nur in Sonnenschutzprodukten. In der neuen Kosmetik-Verordnung werden Nanomaterialien sowie endokrin wirksame Substanzen erstmals berücksichtigt. Der nachfolgende Artikel fasst den aktuellen Stand der Diskussion über die gesundheitliche Bewertung von UV-Filtersubstanzen mit endokrinem Wirkpotential sowie von nanoskaligen UV-Filtersubstanzen zusammen.

Einleitung

In den letzten Jahren haben durch erhöhte Exposition des Menschen gegenüber UV-Strahlung aus dem Sonnenlicht entzündliche Reaktionen der Haut (Sonnenbrand oder Photoallergien), aber auch Tumoren (Plattenepithelkarzinome, Bowenkarzinome, aktinische Keratosen, Basaliome, maligne Melanome, Lymphome der Haut) stark zugenommen. Grundsätzlich können Hautreaktionen oder Hauttumoren sowohl nach Einwirkung von UV-Strahlung aus künstlichen Quellen als auch aus natürlichen Quellen (Sonne) auftreten. Insbesondere für die

kanzerogene Wirkung sind die Strahlungsintensität, die Höhe der Strahlungsdosis und die Wellenlänge von Bedeutung. Im Allgemeinen unterscheidet man UV-C- (100–280 nm), UV-B- (280–315 nm) und UV-A-Strahlung (315–400 nm).

In kosmetischen Mitteln werden Filtersubstanzen eingesetzt, die den Menschen vor ultravioletter Strahlung schützen sollen. Als „UV-Filter“ werden gemäß der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 Stoffe bezeichnet, die ausschließ-

¹ Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin, Abteilung „Sicherheit von verbrauchernahen Produkten“

² Umweltbundesamt (UBA), Dessau/Berlin, Fachgebiet II 1.2 „Gesundheitlicher Umweltschutz, Schutz der Ökosysteme“

lich oder überwiegend dazu bestimmt sind, die Haut durch Absorption, Reflexion oder Streuung von UV-Strahlung gegen bestimmte UV-Strahlung zu schützen (EU 2009). Dies kann aufgrund der chemischen Eigenschaften bestimmter organischer Verbindungen erzielt werden, wobei diese UV-Filter die energiereiche Strahlung absorbieren und sie als energieärmere, langwelligere Strahlung wieder abgeben. Solche UV-Filter sind häufig Derivate von Campher, Salicylsäure oder Zimtsäure. Eine weitere Klasse von UV-Filtern schützt die Haut aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften, indem sie UV-Strahlung reflektieren oder streuen. Kleine, im Produkt suspendierte Titandioxid- und Zinkoxid-Pigmente (Mikropigmente) sind die wichtigsten Vertreter dieser physikalischen UV-Filter. Innerhalb der EU dürfen gemäß der neuen Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 in kosmetischen Mitteln nur Stoffe als UV-Filter verwendet werden, die im Anhang VI dieser Verordnung genannt sind. Da die einzelnen Substanzen in der Regel keinen Schutz über das gesamte UV-Spektrum hinweg bieten, werden meist mehrere Stoffe kombiniert.

Eine Entscheidung über die Aufnahme in die Positivliste der in kosmetischen Mitteln zugelassenen UV-Filter durch die EU-Kommission erfolgt nach einer Risikobewertung. Sie wird auf europäischer Ebene vom Scientific Committee of Consumer Safety (SCCS, früher SCC, SCCNFP, SCCP) vorgenommen, das die EU-Kommission berät. In der Regel basiert die Risikobewertung auf einem Dossier der Industrie. Die Grundlage für die Risikobewertung bilden die Notes of Guidance (SCCS 2010).

Bestimmte Substanzen werden aber auch zum Produktschutz (Photostabilität) zugesetzt. UV-absorbierende Stoffe finden sich daher nicht nur in Sonnenschutzprodukten, sondern werden vermehrt auch in Haar- und Gesichtspflegeprodukten sowie in Lippenstiften und Lippenpflegestiften eingesetzt. Einige Benzophenonderivate werden zum Beispiel zur Verbesserung der Photostabilität (Produktschutz) und gleichzeitig als UV-Filter (Hautschutz) verwendet. Einige Präparate enthalten zusätzlich Antioxidantien (wie Vitamin E, Vitamin C), die die Folgereaktionen der UV-Einwirkung (oxidativer Stress durch Sauerstoffradikale) abschwächen sollen.

In der neuen Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 werden Nanomaterialien sowie endokrin wirksame Substanzen erstmals berücksichtigt.

Im Folgenden soll daher auf UV-Filtersubstanzen mit endokrinem Wirkpotential sowie auf nanoskalige UV-Filtersubstanzen eingegangen werden. Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis sind die zugelassenen UV-Filter bei bestimmungsgemäßem Gebrauch gesundheitlich unbedenklich.

UV-Filter mit endokriner Aktivität

Substanzen, die eindeutig schädliche Effekte auf die Gesundheit eines Organismus oder seiner Nachkommen als Folge einer endokrinen Wirkung ausüben, sind innerhalb der EU in der Regel verboten oder sind gesetzlich so reguliert, dass ein gesundheitliches Risiko nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand ausgeschlossen werden kann. Allerdings sind solche Substanzen strukturell äußerst heterogen, sodass ihr endokrines Wirkpotential nicht ohne Weiteres anhand ihrer Struktur erkennbar ist. Weiterhin stehen bislang noch nicht für alle Hormonsysteme validierte Testmethoden zur Verfügung. Zudem existieren bislang keine einheitlichen Kriterien zur Bewertung solcher Substanzen. In der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 ist festgeschrieben, dass, sobald geeignete Kriterien für die Bestimmung von Stoffen mit endokrin wirksamen Eigenschaften zur Verfügung stehen, spätestens aber am 11. Januar 2015, die Verordnung hinsichtlich der Stoffe mit endokrin wirksamen Eigenschaften überprüft wird.

3-Benzylidencampher (3-BC)

3-Benzylidencampher ist zurzeit nach der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 bis zu einer Konzentration von 2 % als UV-Filter in Sonnenschutzmitteln zugelassen (Nr. 19, Anlage VI). Von der französischen Sicherheitsbehörde AFSSAPS wurde 3-BC in kosmetischen Mitteln im August 2011 verboten (AFSSAPS 2011). Die Entscheidung wurde mit einem unzureichenden Sicherheitsabstand (Margin of Safety), einer unvollständigen Gefahrencharakterisierung sowie der endokrinen Wirksamkeit des Stoffes begründet. 3-BC war 1998 von SCCNFP bewertet worden (SCCNFP 1998). Seither ist eine Vielzahl von neuen Publikationen insbesondere zur perkutanen Absorption und zu endokrinen Wirkungen des Stoffes erschienen. Beschrieben wurden insbesondere östrogene Wirkungen sowie eine Aktivität von 3-BC als Inhibitor der 17 β -Hydroxysteroid-Dehydrogenase Typ 1, -2 und -3 sowie des Androgen-Rezep-

tors (Nashev et al. 2010; Schlumpf et al. 2004a; Schlumpf et al. 2004b). Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat deshalb empfohlen, die Substanz vom SCCS unter Einbeziehung der neuen Daten erneut bewerten zu lassen.

3-(4'-Methylbenzyliden)-DL-campher (4-Methylbenzylidencampher, 4-MBC)

Die Substanz ist in der europäischen Kosmetik-Richtlinie als zugelassener UV-Filter für kosmetische Produkte gelistet (Nr. 18 im Anhang VI der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009). 4-MBC ist seit langem in der Diskussion, weil es immer wieder Studien gibt, die 4-MBC als endokrin aktive Substanz beschreiben. Diskutiert werden eine östrogene Wirkung sowie ein Eingriff in das Profil von Schilddrüsenhormonen. Seit 2004 gab es eine Reihe von Stellungnahmen des SCCP beziehungsweise SCCS, die sich mit der Problematik auseinandersetzen. Auch das BfR hatte in einer Stellungnahme zu UV-Filtern vom Gebrauch von 4-MBC in Sonnenschutzmitteln aus Gründen des vorbeugenden Verbraucherschutzes abgeraten (BfR 2005). In der vorläufig letzten Stellungnahme des SCCS zu diesem Thema (SCCP 2008) wurde einem Vorschlag gefolgt, für die Bewertung von 4-MBC in Sonnenschutzmitteln einen toxikokinetisch-basierten Sicherheitsabstand (MoS) zu verwenden. Demnach wurde 4-MBC als sicher für den Gebrauch in Sonnenschutzmitteln bis zu einer Konzentration von 4 % bewertet. Dabei wurde speziell betont, dass diese Bewertung nur für die dermale Applikation von Sonnenschutzmitteln auf den Körper, nicht aber für die orale Route (Verwendung in Lippenpflegemitteln) oder für die inhalative Route (Verwendung in Sprays oder Aerosolen) gilt.

2-Ethylhexyl-4-Methoxycinnamat (Octinoxat, Octylmethoxycinnamat, OMC)

Gemäß Nr. 12 im Anhang VI der europäischen Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 EU ist ein Gehalt in Kosmetikprodukten von bis zu 10 % zugelassen. Das Ethylhexyl-Methoxycinnamat (CAS-Nr. 5466-77-3) kann aufgrund seines konjugierten π -Bindungssystems kurzwellige Strahlung im UV-B- und UV-A-Bereich absorbieren. Die Substanz ist eine der am häufigsten benutzten UV-Filtersubstanzen aus der Klasse der Zimtsäurederivate. Sie wird in Kosmetikprodukten wie Sonnenschutzcremes verwendet, um die Haut gegen UV-Strahlung zu schützen. Zusätzlich wird OMC bestimmten Produkten wie Waschlotionen zum Produktschutz beigefügt.

Ethylhexyl-Methoxycinnamat zeigt *in vitro* zum Beispiel im Proliferationstest mit humanen MCF-7-Brustkrebszellen (E-Screen-Assay) sowie im ER α -Transaktivierungs-Assay (Schreurs et al. 2002) und *in vivo* (uterotrophe Effekte nach oraler Applikation von OMC bei der Ratte) östrogene Eigenschaften (Schlumpf et al. 2001). Eine aktuelle Bewertung durch den SCCS beziehungsweise durch das BfR liegt nicht vor.

Nanopartikel in Sonnenschutzprodukten

In der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 wird Nanomaterial als ein „*unlösliches oder biologisch beständiges und absichtlich hergestelltes Material mit einer oder mehreren äußeren Abmessungen oder einer inneren Struktur in einer Größenordnung von 1 bis 100 Nanometern*“ definiert. In einer allgemeinen Empfehlung vom 18. Oktober 2011 hat die EU-Kommission diese Definition noch einmal präzisiert. Danach wird als Nanomaterial ein „*natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei dem mindestens 50 % der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1 nm bis 100 nm haben*“, definiert. In besonderen Fällen kann der Schwellenwert von 50 % für die Anzahlgrößenverteilung durch einen Schwellenwert zwischen 1 % und 50 % ersetzt werden, wenn Umwelt-, Gesundheits-, Sicherheits- oder Wettbewerbserwägungen dies rechtfertigen.

Gegenwärtig existieren nur unzureichende Informationen über die mit der Verwendung von Nanomaterialien verbundenen Risiken. Über die spezifischen Eigenschaften von nanoskaligen Substanzen ist noch zu wenig bekannt, um gesundheitliche Risiken abschließend bewerten zu können. Dies liegt daran, dass die Charakterisierung sowohl der verwendeten Partikel als auch der Dosierung über viele Jahre nur unzureichend durchgeführt werden konnte, unter anderem weil entsprechende analytische Methoden nicht zur Verfügung standen. Es sind bislang nur wenige toxikologische Studien verfügbar, bei denen Materialien unter Berücksichtigung nanospezifischer Aspekte experimentell untersucht wurden. Viele ältere Studien erfüllen die Standards einer modernen Toxikologie nicht und können daher nicht zur Bewertung gesundheitlicher

Risiken herangezogen werden. Besonders die Verwendung nanoskaliger Inhaltsstoffe in Sprays ist problematisch, weil die Wirkungen von nanoskaligen Materialien, die über die Atemwege (inhalative Exposition) aufgenommen werden, bislang noch nicht ausreichend untersucht sind.

Nach Artikel 16 der Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 müssen kosmetische Mittel, die Nanomaterialien enthalten, ab 11.01.2013 der EU-Kommission vorab gemeldet werden. Es müssen dabei umfassende Informationen zum Nanomaterial (Spezifikation der physikalischen und chemischen Eigenschaften, Schätzung der Inverkehr-gebrachten Mengen, vorhersehbare Expositionsbedingungen, sowie das toxikologische Profil und Sicherheitsdaten) vorgelegt werden und eine entsprechende Angabe im Verzeichnis der Inhaltsstoffe erfolgen. Ausgenommen sind allerdings Stoffe gemäß Anhang III sowie Farbstoffe, Konservierungsstoffe und UV-Filter, für die eine Zulassungspflicht besteht.

Titandioxid- und Zinkoxid-Nanopartikel

Neben organischen UV-Filtersubstanzen, die das UV-Licht absorbieren, werden seit vielen Jahren Metalloxide wie Titandioxid (TiO_2) und Zinkoxid (ZnO) eingesetzt, die ihre Funktion durch Reflexion oder Streuung des Lichts erfüllen. TiO_2 und ZnO decken zusammen ein breites Spektrum ab, das auch den UV-A- und den UV-B-Bereich umfasst. In letzter Zeit werden TiO_2 und ZnO zudem auch in nanoskaliger Form eingesetzt. TiO_2 ist in der neuen EU-Kosmetik-Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 unter Nr. 27 im Anhang VI reguliert. Danach kann TiO_2 , unabhängig von der Größe der Partikel, als UV-Filter in Konzentrationen bis zu 25 % in Kosmetik-Produkten verwendet werden.

Für nanoskaliges ZnO liegt, abhängig vom Herstellungsverfahren, die Größenverteilung der entweder als unregelmäßige Stäbchen vorliegenden oder sphärisch/kugeligen Primärpartikel zwischen 15–200 nm bei einer Oberfläche von 12–60 m^2/g . Die Löslichkeit der Partikel ist unter anderem von der Zusammensetzung und dem pH-Wert des Mediums sowie vom Coating (Beschichtung) der Partikel abhängig. Die Partikel sind photostabil und haben eine Tendenz zur Agglomeration. Die als mikrofeine ZnO -Partikel bezeichneten Partikel enthalten meist nanoskalige Corepartikel (Primärpartikel) in einer Größenordnung von etwa 20–60 nm, die zusätzlich beschichtet sind. Durch diese Beschichtungen ver-

größern sich die Partikeldurchmesser. Ferner aggregieren Partikel in den Sonnenschutzmitteln und bilden Aggregate/Agglomerate aus mehreren Partikeln in Größenordnungen von circa 200–500 nm. Die Beschichtungen bestehen zum größten Teil aus mineralischen Komponenten, insbesondere Aluminiumoxid (Al_2O_3), Siliziumdioxid (SiO_2), aber zum Teil auch aus organischen Materialien (z. B. Cyclo-methicon). Durch diese Modifikationen sollen die Photostabilität und die Dispersionseigenschaften verbessert werden.

Haut-Penetrations-Studien zeigen, dass ZnO -Nanopartikel das *Stratum corneum* der gesunden Haut nur in geringem Umfang durchdringen können. Allerdings gibt es allgemeine Hinweise, dass sehr kleine Nanopartikel die intakte Hornschicht passieren und in tiefer gelegene Schichten der Haut gelangen können. Huang et al. konnten zeigen, dass Gold-Nanopartikel mit einem Durchmesser von 5 nm durch die Hornschicht intakter Mäusehaut hindurch gelangen können (Huang et al. 2010). Ryman-Rasmussen et al. beobachteten an Schweinen, dass Quantum Dots (4,5–12 nm) bis in die Lederhaut vordringen können (Ryman-Rasmussen et al. 2006). Da die Lederhaut gut durchblutet ist und dort sensorische Nervenendigungen (neuronaler Transport) sowie Makrophagen anzutreffen sind, bestehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten für einen Transport von Nanopartikeln in verschiedene Organe des Körpers. Derzeit sind jedoch keine Sonnenschutzprodukte bekannt, die derartig kleine Nanopartikel enthalten.

Experimente zeigten, dass ZnO -Nanopartikel bei intakter Haut in den oberen Schichten der Hornschicht in den Haarfollikeln abgelagert werden. Von dort werden sie, bedingt durch das Wachstum der Haare, nach einigen Tagen wieder an die Hautoberfläche transportiert und abgerieben. Die Partikelform, die Formulierung des Sonnenschutzmittels und die Expositionszeit hatten keinen signifikanten Effekt auf die Hautpenetration. Verletzte, mechanisch beanspruchte oder durch Sonnenbrand beeinträchtigte Haut hingegen ließ Nanopartikel bis in tiefere Hautschichten durch. Dies bedeutet, dass bei Hauterkrankungen, bei Sonnenbrand (Monteiro-Riviere et al. 2011), bei Anwendung von Enthaarungscreme (Ravichandran et al. 2011) oder nach dem Rasieren der Haut (Zhang et al. 2008; Zhang Monteiro-Riviere 2008) nicht von einer intakten Barriere-Funktion der Hornschicht ausgegangen werden kann. Allerdings ist bis heute unklar, in

welcher Konzentration die Nanopartikel oder aus ihnen herausgelöste Ionen tiefere Hautschichten aus lebenden Zellen erreichen können. Angesichts der offenen Fragen bei der Anwendung von Sonnenschutzcremes mit Nanopartikeln, wenn eine Beeinträchtigung der Hautbarrierefunktion gegeben ist, können mögliche gesundheitliche Risiken bislang noch nicht abschließend bewertet werden.

Die systemische Toxizität von ZnO erscheint gering. Es gibt keine Anzeichen auf Mutagenität oder Photomutagenität *in vivo*. Eine abschließende Bewertung durch das SCCS steht allerdings noch aus.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Anwendung von Sonnenschutzcremes mit Nanopartikeln unter den oben beschriebenen Bedingungen für die gesunde Haut nach jetzigem Wissensstand unproblematisch ist. Das SCCP kommt zu der Einschätzung, dass eine Anwendung von mikrofeinen ZnO-Partikeln (>100 nm Durchmesser) als sicher gelten kann, wenn dabei eine Höchstkonzentration von 25 % für ZnO als UV-Filter in Sonnenschutzmitteln nicht überschritten wird. Jedoch ist die Datenlage für Anwendungen auf erkrankter oder strapazierter Haut nicht ausreichend. Eine abschließende Bewertung hierzu wird vom SCCS erwartet.

Nanoskaliges ETH 50 (1,3,5-Triazine, 2,4,6-tris[1,1'-biphenyl]-4-yl-)

Dieser organische UV-Filter ist ein neuer Stoff, der in Sonnenschutzmitteln verwendet werden soll. Die Substanz soll in Konzentrationen von bis zu 10 % eingesetzt werden und bietet Schutz sowohl gegen UV-A- als auch gegen UV-B-Strahlung. Im kommerziellen Produkt liegt ETH 50 in nanopartikulärer Form mit einer mittleren Größe von 81 nm vor. ETH 50 wurde im Dezember 2011 vom SCCS bewertet. Demnach ist die perkutane Penetration der Substanz so niedrig, dass sie teilweise unter der verlässlich zu quantifizierenden Menge lag. Die orale Bioverfügbarkeit ist ebenfalls sehr niedrig. Systemische Effekte wurden nach oraler oder dermalen Exposition gegenüber bis zu 500 mg ETH 50/kg Körpergewicht/Tag nicht beobachtet. Aufgrund der niedrigen Bioverfügbarkeit von ETH 50 sah der SCCS eine Risikobewertung basierend auf einem NOAEL (no observed adverse effect level) aus den oralen Studien unter Anwendung einer Route-to-Route-Extrapolation nicht als angemessen an. Stattdessen wurde der NOAEL einer 13-Wochen-Studie an Ratten zur Berechnung einer internen Dosis

herangezogen, und basierend auf einem Vergleich der internen Dosen bei Mensch und Ratte, dem NOAEL der 13-Wochen-Studie und der systemischen Exposition beim Menschen die Verwendung von ETH 50 bis zu einer Konzentration von 10 % als sicher für die dermale Applikation bewertet. Vorläufig ausdrücklich ausgenommen von dieser Bewertung wurde die Applikation als Spray, da die Datenlage zur Bewertung der inhalativen Exposition nicht ausreichend war (SCCS 2011).

Zusammenfassung / Schlussfolgerungen

Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis sind die zugelassenen UV-Filter bei bestimmungsgemäßem Gebrauch gesundheitlich unbedenklich. Gleichwohl empfiehlt das BfR, UV-Filter und Inhaltsstoffe in den Formulierungen so zu kombinieren, dass sowohl die Menge der einzelnen Filter als auch die Summe der eingesetzten Filter für den angestrebten Schutz so gering wie möglich gehalten werden können. Um die Gesamtexposition zu minimieren, sollte aus Gründen des vorsorgenden Verbraucherschutzes auf die Verwendung von 4-MBC in Lippenstiften und Lippenpflegestiften verzichtet werden. Die Kombination verschiedener UV-Filter insbesondere aber auch die Formulierung des kosmetischen Mittels spielen eine entscheidende Rolle für die Photostabilität. Das BfR empfiehlt, grundsätzlich die Stabilität der UV-Filter in Fertigprodukten unter möglichst anwendungsnahen Bedingungen zu testen. Das BfR empfiehlt weiter, den Lichtschutzfaktor (LSF, UV-B-Schutz) in Sonnenschutzprodukten für die gesunde Haut zu begrenzen. Der auf dem Produkt deklarierte Lichtschutzfaktor sollte auch unter Anwendungsbedingungen erreicht werden. Produkte mit hohem UV-B-Schutz sollten ebenfalls einen hohen UV-A-Schutz aufweisen. Das BfR weist die Verbraucherinnen und Verbraucher vorsorglich darauf hin, dass Sonnenschutzmittel keinen vollständigen Schutz vor UV-Strahlung bieten. Ihre Verwendung sollte daher nicht zu einer verlängerten Sonnenexposition führen oder den textilen Sonnenschutz ersetzen. Dies gilt insbesondere für Kinder. Säuglinge und Kleinkinder sollten dem direkten Sonnenlicht nach Möglichkeit nicht ausgesetzt werden.

Literatur

AFSSAPS (2011): DECISION du 24 août 2011 relative au retrait et à l'interdiction de la fabrication, l'importation, l'exportation, la distribution en gros, la mise sur le marché à titre gratuit ou onéreux, la détention en vue de la vente ou de la distribution à titre gratuit et l'utilisation de produits cosmétiques contenant la substance 3-benzylidene camphor (CAS : 15087-24-8).

BfR (2005): Informationen, Tipps und Empfehlungen zu Sonnenschutzmitteln. Stellungnahme des BfR Nr. 035/2005 vom 22.08.2005.

EU (2009): Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel. Amtsblatt der Europäischen Union L 342/59.

Huang Y, Yu F, Park YS, Wang J, Shin MC, Chung HS, Yang VC (2010): Co-administration of protein drugs with gold nanoparticles to enable percutaneous delivery. In: *Biomaterials* 31: 9086–9091.

Monteiro-Riviere NA, Wiench K, Landsiedel R, Schulte S, Inman AO, Riviere JE (2011): Safety evaluation of sunscreen formulations containing titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in UVB sunburned skin: an in vitro and in vivo study. In: *Toxicol Sci* 123: 264–280.

Nashev LG, Schuster D, Laggner C, Sodha S, Langer T, Wolber G, Odermatt A (2010): The UV-filter benzophenone-1 inhibits 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 3: Virtual screening as a strategy to identify potential endocrine disrupting chemicals. In: *Biochem Pharmacol* 79: 1189–1199.

Ravichandran S, Mortensen LJ, DeLuise LA (2011): Quantification of human skin barrier function and susceptibility to quantum dot skin penetration. In: *Nanotoxicology* 5: 675–686.

Ryman-Rasmussen JP, Riviere JE, Monteiro-Riviere NA (2006): Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. In: *Toxicol Sci* 91: 159–165.

SCCNFP (1998): Opinion of the SCCNFP (Scientific Committee on Cosmetic and non-food products intended for Consumers) concerning 3-benzylidenebornan-2-one adopted by the plenary session of 21 January 1998. XXIV/1374/96, 1/98.

SCCP (2008): Opinion on 4-methylbenzylidene camphor (4-MBC). SCCP/1184/08.

SCCS (2010): The SCCS's notes of guidance for the testing of cosmetic ingredients and their safety evaluation (7th Revision). adopted at its 9th plenary meeting of 14 December 2010.

SCCS (2011): Opinion on 1,3,5-Triazine, 2,4,6-tris[1,1'-biphenyl]-4-yl-. SCCS/1429/11.

Schlumpf M, Cotton B, Conscience M, Haller V, Steinmann B, Lichtensteiger W (2001): In vitro and in vivo estrogenicity of UV screens. In: *Environ Health Perspect* 109: 239–244.

Schlumpf M, Jarry H, Wuttke W, Ma R, Lichtensteiger W (2004a): Estrogenic activity and estrogen receptor beta binding of the UV filter 3-benzylidene camphor. Comparison with 4-methylbenzylidene camphor. In: *Toxicology* 199: 109–120.

Schlumpf M, Schmid P, Durrer S, Conscience M, Markel K, Henseler M, Gruetter M, Herzog I, Reolon S, Ceccatelli R, Faass O, Stutz E, Jarry H, Wuttke W, Lichtensteiger W (2004b): Endocrine activity and developmental toxicity of cosmetic UV filters – an update. In: *Toxicology* 205: 113–122.

Schreurs R, Lanser P, Seinen W, van der Burg B (2002): Estrogenic activity of UV filters determined by an in vitro reporter gene assay and an in vivo transgenic zebrafish assay. In: *Arch Toxicol* 76: 257–261.

Zhang LW, Monteiro-Riviere NA (2008): Assessment of quantum dot penetration into intact, tape-stripped, abraded and flexed rat skin. In: *Skin Pharmacol Physiol* 21: 166–180.

Zhang LW, Yu WW, ColvinVL, Monteiro-Riviere NA (2008): Biological interactions of quantum dot nanoparticles in skin and in human epidermal keratinocytes. In: *Toxicol Appl Pharmacol* 228: 200–211.

Kontakt

Prof. Dr. Bernd Schäfer
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung „Sicherheit von verbrauchernahen Produkten“/ Fachgruppe „Toxikologie“
Max-Dohrn-Str. 8-10
10589 Berlin
E-Mail: bernd.schaefer[at]bfr.bund.de

[BfR]

Nanomaterialien in Sonnenschutzmitteln: Konsequenzen für die Umwelt?

Nanomaterials in sunscreens: impacts on the environment?

Wolfgang Dubbert, Kathrin Schwirn, Doris Völker

Abstract

Modern sunscreens often contain nanosized mineral UV filters. From an environmental perspective this is a particularly sensitive application since the nanoparticles exist unbound in these products and thus can be released into the environment. The interaction of nanomaterials with the aquatic and terrestrial environment is very complex, so that a general statement about the behavior in the environment is not possible. In order to prove the possible environmental impact by nanomaterial containing sunscreens nanospecific adapted test guidelines and adequate, routine measuring methods to detect nanomaterials in the environmental compartments are necessary. These are current aims of intensive national and international research efforts.

Zusammenfassung

Moderne Sonnenschutzmittel enthalten heute verbreitet mineralische UV-Filter im nanoskaligen Bereich. Aus Umweltsicht stellen sie einen besonders sensiblen Einsatzbereich für Nanopartikel dar, da diese ungebunden in den Produkten vorliegen und dadurch in die Umwelt gelangen können. Die Wechselwirkungen von Nanomaterialien mit der aquatischen und terrestrischen Umwelt sind sehr komplex, sodass allgemeingültige Aussagen zum Verhalten in der Umwelt nicht möglich sind. Für einen Nachweis der möglichen Umweltbelastung durch in Sonnenschutzmitteln enthaltenen Nanomaterialien fehlen derzeit noch nanospezifisch angepasste Testmethoden und geeignete, standardisierte Messverfahren zur Bestimmung von Nanomaterialien in den Umweltkompartimenten. Dies ist zurzeit Ziel intensiver nationaler und internationaler Forschungsanstrengungen.

Einleitung

Sonnenschutzcremes gehören zu den Kosmetikprodukten und bestehen aus Duftstoffen, Emulgatoren und Feuchtigkeitsspendern. Sie setzen sich vor allem aus den Grundbestandteilen Öl, Wasser und UV-Filter zusammen. Auf organische UV-Filter, die das schädliche UV-Licht absorbieren, können viele Menschen allergisch reagieren. Sie stehen zudem in Verdacht, aufgrund ihrer chemischen Struktur natürliche Hormone nachzuahmen und somit störenden Einfluss auf den Hormonhaushalt von Mensch und Tier zu nehmen. Sie haben außerdem den Nachteil, dass sie nach dem Einreiben zum großen Teil in Hautfalten abfließen und so erhöhte Hautpartien schlecht schützen. Physikalische UV-Filter aus mineralischen Bestandteilen wie Titandioxid und/oder Zinkoxid legen sich dagegen mantelartig auf die Haut. Sie entfalten ihre Wirkung, indem sie wie kleine Spiegel das Licht reflektieren. Dabei ist das Titandioxid besonders wirksam gegen UV-B-Strahlen (315–280 Nanometer; nm), Zinkoxid schützt

darüber hinaus noch im UV-A-Bereich (380–315 nm). Sonnenschutzpräparate sind oft Kombinationen aus organischen und mineralischen UV-Filtern und können so den Anteil an den organischen UV-Filtern reduzieren.

Mineralische Partikel als UV-Filter können in unterschiedlicher Größe in Sonnenschutzmitteln zum Einsatz kommen. Viele moderne Sonnenschutzmittel enthalten heute mineralische UV-Filter im nanoskaligen Bereich (bis 100 nm): nanoskaliges Titandioxid (**Abbildung 1**) oder nanoskaliges Zinkoxid. Diese reflektieren wie die größeren Pigmente das Sonnenlicht, haben aber den Vorteil, dass solche winzigen Partikel für das sichtbare Licht durchlässig und darum unsichtbar sind. Dadurch sind mit Nanopartikeln ausgestattete Sonnenschutzmittel transparenter und hinterlassen keinen weißen Film auf der Haut.

Aus Umweltsicht stellen Sonnenschutzmittel mit Nanopartikeln derzeit einen besonders sensiblen Einsatzbereich dar, da die Nanopartikel frei in den Produkten vorliegen und dadurch in die Umwelt gelangen können.

Wie klein ist „Nano“?

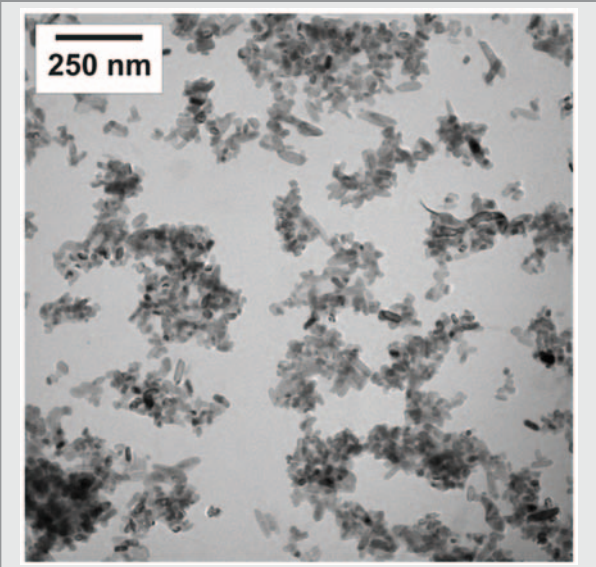
Nach Empfehlungen der Europäischen Kommission vom Oktober 2011 ist ein Nanomaterial ein natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem und gebundenem Zustand (also als Aggregat oder als Agglomerat) enthält, und bei dem mindestens 50 % der Anzahl der enthaltenen Partikel ein oder mehrere Außenmaße im Bereich von 1 bis 100 nm aufweisen. Abweichend von dieser Definition gelten auch einige ausdrücklich aufgezählte Materialien (Fullerene, Graphenflocken und einwandige Kohlenstoffnanoröhren), deren Abmessungen kleiner als 1 nm sind, als Nanomaterialien. Je nach Anwendung in den unterschiedlichen Gesetzgebungen kann diese Definition zweckdienlich eingepasst werden, sodass zum Beispiel in bestimmten Bereichen nur technisch hergestellte Nanomaterialien reguliert werden.

Gesetzeskraft hat bisher die Definition der EU-Kosmetikverordnung (EG Nr. 1223/2009), durch die auch Produkte wie Sonnenschutzmittel reguliert werden: „Nanomaterial: ein unlösliches oder biologisch beständiges und absichtlich hergestelltes Material mit einer oder mehreren äußeren Abmessungen oder einer inneren Struktur in einer Größenordnung von 1 bis 100 Nanometern“.

Kenntnisse und Wissenslücken zum Umweltrisiko von Nanomaterialien

Nanopartikel aus Sonnenschutzmitteln können über zwei wesentliche Pfade in die Umwelt gelangen. Zum einen können sie beim Abwaschen von der Haut, zum Beispiel während des Duschens, über das Abwasser in Oberflächengewässer gelangen. Dies setzt allerdings eine ungehinderte Passage der Partikel durch die Kläranlagen voraus. Derzeitige Studien zu verschiedenen Nanomaterialien weisen allerdings darauf hin, dass die Reinigungsprozesse der Kläranlagen auch Nanopartikel zu etwa 90 % über den Klärschlamm zurückhalten können. Zu diesem Ergebnis kommt auch ein vor kurzem abge-

Abbildung 1: Elektronenmikroskopische Nahaufnahme von nanoskaligem Titandioxid für den Einsatz in kosmetischen Produkten (z. B. Sonnenschutzmittel).



schlossenes Forschungsprojekt zum Verhalten und Verbleib von nanoskaligem Titandioxid in einer Modellkläranlage, das mit Mitteln des Umweltforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziert wurde. Eine wesentliche Belastung von Oberflächengewässern über diesen Pfad ist somit nicht zu erwarten. Es bleibt aber zu prüfen, ob mit der Aufbringung von belastetem Klärschlamm auf Ackerboden ein relevantes Expositionsproblem für terrestrische Organismen entsteht.

Ein zweiter Pfad, auf dem Nanopartikel aus Sonnencremes in die Umwelt gelangen können, ist die direkte Exposition der Umwelt durch das Abwaschen der Sonnencreme vom Körper beim Baden in natürlichen Gewässern. Verhalten und Verbleib der Nanopartikel in diesen Gewässern ist dann abhängig von der Formulierung in der Sonnenenschutzcreme oder auch von der Oberflächenfunktionalisierung der darin enthaltenen Nanopartikel. Chemische Veränderungen der Oberfläche von Nanopartikeln können die Bildung von Agglomeraten und damit auch die Verweildauer im Gewässer und das Sedimentieren aus dem Gewässer beeinflussen. Auch die Zusammensetzung der verschiedenen Gewässerparameter und der pH-Wert des Gewässers haben einen starken Einfluss auf das weitere Schicksal der Nanopartikel. Die Wechselwirkungen von Nanopartikeln mit der aquatischen Umwelt sind somit sehr komplex, sodass es derzeit äußerst

schwierig ist, allgemeingültige Aussagen zum Verhalten von Nanopartikeln vorzunehmen.

Auch quantitative Abschätzungen zur Umweltbelastung durch nanoskaliges Titandioxid oder auch Zinkoxid sind derzeit mit Vorsicht zu betrachten, da die Datenlage, auf der diese Abschätzungen beruhen, noch unzureichend ist. Erste Modellierungen gehen in Europa von Umweltkonzentrationen im ng/l- bis unteren µg/l-Bereich aus (Gottschalk 2009). Zur Untermauerung dieser Daten fehlt es derzeit aber an geeigneten Messverfahren für den routinemäßigen quali- und quantitativen Nachweis von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltmedien. Informationen hierzu sind allerdings grundlegend für eine Abschätzung des von diesen Substanzen ausgehenden Risikos für Mensch und Umwelt.

Der Forschungsbedarf zur potenziellen toxischen Wirkung von Nanopartikeln auf Umweltorganismen ist nach wie vor hoch: In den letzten Jahren sind eine Vielzahl von wissenschaftlichen Publikationen zu den ökotoxikologischen Wirkungen verschiedenster Nanomaterialien, insbesondere auch zu Metalloxiden wie nanoskaligem Titandioxid und Zinkoxid, entstanden. Die Aussagekraft dieser Studien ist jedoch oft schwer zu bewerten, da zum einen widersprüchliche Ergebnisse veröffentlicht wurden, zum anderen eine Vergleichbarkeit der Studien untereinander oft nicht möglich ist. Bedingt wird dies zum Beispiel durch die Untersuchung unterschiedlicher Formen des gleichen Stoffes und durch unterschiedliche Bedingungen bei der Testdurchführung.

Umfangreiche Datensätze liegen zurzeit vor allem zur Untersuchung der akuten Wirkung von Nanomaterialien auf im Wasser lebende Organismen vor. So wurde die toxische Wirkung von nanoskaligem Titandioxid und Zinkoxid auf Algen, Krebstiere und Fische untersucht. In den meisten der ökotoxikologischen Studien zu nanoskaligem Titandioxid wurden keine oder nur geringe toxische Effekte bei hohen Belastungskonzentrationen gefunden. Diese Befunde werden auch durch derzeit laufende Forschungsprojekte zur ökotoxikologischen Wirkung von nanoskaligem Titandioxid aus dem Umweltforschungsplan des BMU gestützt. Einige bereits veröffentlichte Studien zur Ökotoxikologie weisen allerdings auch auf partikelgrößenabhängige Wirkungen hin, das heißt je kleiner die untersuchten Partikel, desto größer deren toxische Wirkung. Bei

relativ geringen Expositionskonzentrationen finden sich subletale Effekte in Fischen, wie biochemische Störungen und Störungen des Atmungssystems (Federici 2007).

Unter Einfluss von Licht kann nanoskaliges Titandioxid erhöhte zelltoxische Wirkung aufweisen; bedingt ist dies durch die starke photokatalytische Wirkung des Titandioxids. Die Relevanz dieser Erkenntnis für die Bewertung von nanoskaligem Titandioxid in Sonnenschutzmitteln ist jedoch gering, da in kosmetischen Anwendungen eine Oberflächenmodifikation der eingesetzten Nanopartikel dafür sorgt, dass dieser Effekt unterdrückt wird. Wesentlich für die derzeitige ökotoxikologische Bewertung von nanoskaligem Titandioxid ist jedoch der Verdacht, dass dieses durch Anreicherung von Schwermetallen, wie beispielsweise Cadmium, deren Verfügbarkeit in Gewässern und damit auch deren Akkumulation und somit toxische Wirkung in Fischen erhöhen kann (Zhang 2007).

Als Maß für die Einschätzung der ökotoxikologischen Wirkung von nanoskaligem Zinkoxid sind die in die wässrige Umgebung freigesetzten Ionen zu sehen. Derzeit geben die vorhandenen Informationen keinen Hinweis darauf, dass nanoskaliges Zinkoxid, neben der bioziden Wirkung seiner Ionen, weitere Effekte auf Umweltorganismen ausübt. Partikuläres Zinkoxid weist auf aquatische Organismen, wie Algen, Krebstiere und Fische, eine mittlere toxische Wirkung auf, die allerdings unabhängig von der Partikelgröße ist. Diese Wirkungen umfassen unter anderem erhöhte Sterblichkeitsraten bei verschiedenen Organismen sowie Verzögerungen in der Embryonalentwicklung von Fischen. Sie treten tendenziell bereits bei geringeren Belastungskonzentrationen als bei nanoskaligem Titandioxid auf (Aruoja 2009).

Die direkte Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus der ökotoxikologischen Forschung auf die potenzielle Umweltwirkung von nanoskaligem Titandioxid und Zinkoxid in Sonnencremes ist leider nicht möglich, da die vorliegenden Studien zumeist mit den reinen Nanopartikeln vorgenommen wurden. Viele Anwendungen, so auch bei nanoskaligem Titandioxid in Sonnencremes, nutzen aber oberflächenfunktionalisierte Nanopartikel. Die chemische Oberflächenveränderung dient hier sowohl der Reduzierung der photokatalytischen Aktivität als auch dem Feinverteilen der Nanopartikel in der Sonnencreme. Diese Funktionalisierung der Oberfläche

kann maßgeblichen Einfluss auf das Umweltverhalten und die Bioverfügbarkeit und somit auf die Toxizität der Nanopartikel haben (Wiench 2009). Die in den Untersuchungen eingesetzten Testkonzentrationen liegen darüber hinaus zumeist weit über den mutmaßlichen umweltrelevanten Konzentrationen. Die durchgeführten Studien befassen sich außerdem hauptsächlich mit der Wirkung nach nur kurzzeitiger Belastung durch Nanopartikel. Die Untersuchung der Wirkung bei Langzeitexposition wäre allerdings umweltrelevanter. Eine abschließende Bewertung der potenziellen Umweltrisiken durch nanoskaliges Titandioxid und Zinkoxid aus Sonnenschutzcreme ist somit nicht möglich.

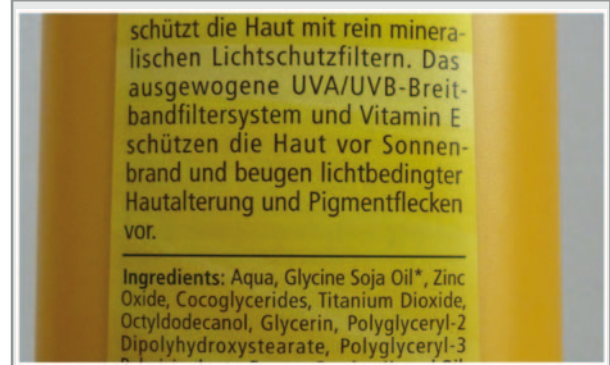
Nationale und internationale Forschungsanstrengungen

Um bestehende Wissenslücken zu den potenziellen Risiken von Nanomaterialien zu schließen, hat die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) im Jahre 2006 eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die sich mit verschiedenen Sicherheitsaspekten von Nanomaterialien beschäftigt. Im Rahmen dieser „Working Party on Manufactured Nanomaterials“ werden seit 2009 in einem internationalen Testprogramm („OECD Sponsorship Programme“) 13 ausgewählte, marktrelevante Nanomaterialien systematischen Untersuchungen zur Toxikologie, Umwelttoxikologie und Umweltverhalten unterzogen. Zu diesen ausgewählten Nanomaterialien gehören auch nanoskaliges Titandioxid und Zinkoxid. Ergebnisse aus diesem Programm werden Mitte des Jahres 2012 erwartet.

Deutschland ist in der „Working Party on Manufactured Nanomaterials“ aktiv beteiligt. So unterstützt das BMU seit 2009 mit Geldern aus dem Umweltforschungsplan nationale Forschungsprojekte, deren Ergebnisse direkt in die Arbeiten des OECD Sponsorship-Programms eingespeist werden. Koordiniert werden diese Arbeiten vom Umweltbundesamt (UBA).

Diese Forschungsprojekte konzentrieren sich derzeit auf die Untersuchung der potenziell toxischen Wirkung auf Umweltorganismen sowie auf die Untersuchung des Verhaltens und Verbleibs vor allem von nanoskaligem Titandioxid in den verschiedenen Umweltmedien. Sie tragen somit auch dazu bei, mögliche umweltschädliche Konsequen-

Abbildung 2: Mineralische Lichtschutzfilter Zinkoxid und Titandioxid in Sonnencreme. Ab 2013 müssen Kosmetikprodukte mit nanoskaligen Inhaltsstoffen in der EU diese mit dem Vermerk „Nano“ kennzeichnen. Bis dahin können Verbraucherinnen und Verbraucher nicht erkennen, ob das Produkt Nanomaterialien enthält.



zen von nanoskaligem Titandioxid als UV-Filter in Sonnenschutzmitteln aufzuklären. Ein wesentlicher Aspekt dieser Forschungen ist aber auch die grundlegende Überprüfung, ob die bestehenden Testmethoden und Richtlinien für die Untersuchung von Nanomaterialien anwendbar sind oder angepasst werden müssen. Empfehlungen zu Anpassungen und Ergänzungen werden an die OECD weitergegeben. Ziel dieser internationalen Anstrengung ist neben der Erhebung von Daten zu Verhalten und Wirkung von Nanomaterialien auch die Entwicklung adäquater Testmethoden für Nanomaterialien.

Kennzeichnungspflicht ab 2013

Derzeit können Verbraucherinnen und Verbraucher beim Kauf von Sonnenschutzmitteln auf der Verpackung nicht erkennen, ob diese mineralische Filter in Nanogröße enthalten (**Abbildung 2**). Ab 2013 tritt die neue EU-Kosmetikrichtlinie in Kraft. Dann müssen Hersteller von kosmetischen Produkten angeben, ob ihre Produkte Nanomaterialien enthalten und welche Wirkungen diese haben können. Die neue Kosmetikrichtlinie beinhaltet auch eine Kennzeichnung auf der Verpackung: Inhaltsstoffe in Nanogröße müssen dann mit dem Zusatz „Nano“ kenntlich gemacht werden.

Internetseiten

- Internetseite der OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials: http://www.oecd.org/departement/0,3355,en_2649_37015404_1_1_1_1_1,00.html (Abrufdatum: 08.05.2012).

- Informationen zu laufenden Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes zum Thema Nanomaterialien und Nanotechnik: http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/nanotechnik/forschung_und_entwicklung.htm (Abrufdatum: 08.05.2012).
- Publikationen des Umweltbundesamtes zum Thema Nanomaterialien und Nanotechnik: <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/publikationen.htm#Nanomaterialien> (Abrufdatum: 08.05.12).

Literatur

Aruoja V et al. (2009): Toxicity of nanoparticles of CuO, ZnO and TiO₂ to microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata*. In: *Science of the Total Environment* 407 (2009): 1461–1468.

Europäische Kommission: Empfehlung der Kommission vom 18. Oktober 2011 zur Definition von Nanomaterialien, Amtsblatt der Europäischen Union, 201/696/EU. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:DE:PDF> (Abrufdatum: 08.05.2012).

Federici G et al. (2007): Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. In: *Toxicology* 269 (2007): 190–197.

Gottschalk F et al. (2009): Modeled environmental concentrations of engineered nanomaterials (TiO₂, ZnO, Ag, CNT, Fullerenes) for different regions. In: *Environmental Science & Technology* 43 (2009): 9216–9222.

Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel (Neufassung). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0059:0209:DE:PDF> (Abrufdatum: 08.05.2012).

Wiench K et al. (2009): Acute and chronic effects of nano- and non-nano-scale TiO₂ and ZnO particles on mobility and reproduction of the freshwater invertebrate *Daphnia magna*. In: *Chemosphere* 76 (2009): 1356–1365.

Zhang X et al. (2007): Enhanced bioaccumulation of cadmium in carp in the presence of titanium dioxide nanoparticles. In: *Chemosphere* 67 (2007): 160–166.

Kontakt

Dr. Wolfgang Dubbert
Fachgebiet III 2.1 „Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie, Feuerungsanlagen“
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [wolfgang.dubbert\[at\]uba.de](mailto:wolfgang.dubbert[at]uba.de)

Dr. Kathrin Schwirn
Fachgebiet IV 2.2 „Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Nanomaterialien“
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [kathrin.schwirn\[at\]uba.de](mailto:kathrin.schwirn[at]uba.de)

Dr. Doris Völker
Fachgebiet IV 2.2 „Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Nanomaterialien“
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [doris.voelker\[at\]uba.de](mailto:doris.voelker[at]uba.de)

[UBA]

Das Hautkrebs-Screening in Deutschland

Skin cancer screening in Germany

*Britta Löpker¹, Markus Anders¹, Eckhard Wilhelm Breitbart^{1,2},
Beate Volkmer^{1,2}, Rüdiger Greinert^{1,2}*

Abstract

Since July 2008 persons with statutory health insurance have the right to have an early diagnosis examination for skin cancer – the ‚skin cancer screening‘. The screening can be carried out every 2 years from the age of 35 years. In the meantime about 2,500 dermatologists and 35,500 family doctors are qualified to carry out the screening examination. Current data of the population-based skin cancer screening project in Schleswig-Holstein (2003/2004) represent strong evidence that the skin cancer screening program, including a standardized education of the physicians and a continuous, sustainable communication concept for the information of the population, caused a reduction in melanoma mortality.

Zusammenfassung

Seit 1. Juli 2008 haben gesetzlich Versicherte ab 35 Jahren alle zwei Jahre einen Anspruch auf eine Früherkennungsuntersuchung auf Hautkrebs – das ‚Hautkrebs-Screening‘. Rund 2.500 Dermatologen und 35.500 Hausärzte haben sich bislang für das Screening qualifiziert. Die Auswertung der Daten des einjährigen Pilotprojektes in Schleswig-Holstein, das von 2003 bis 2004 im Vorfeld der bundesweiten Einführung des gesetzlichen Hautkrebs-Screenings (2008) stattfand, zeigt, dass deutlich weniger Menschen an einem malignen Melanom sterben, wenn ihnen kostenlos eine systematische Hautkrebs-Früherkennung angeboten wird, das neben der standardisierten Fortbildung der teilnehmenden Ärzte auch ein umfassendes Konzept zur kontinuierlichen Information der Bevölkerung einschließt.

Einleitung

Hautkrebs ist die weltweit am häufigsten auftretende Krebserkrankung. Nach aktuellen Hochrechnungen erkranken in Deutschland jährlich etwa 224.000 Menschen neu an Hautkrebs. Davon entfallen 26.000 auf das maligne Melanom, 65.000 auf das spinözelluläre Karzinom und 133.000 auf das Basalzellkarzinom (Krebsregister 2012). Jährlich versterben etwa 2.600 Menschen an Hautkrebs (GEKID 2012). Die Hauptursache der seit den 1970er Jahren steigenden Hautkrebsneuerkrankungen ist in einem veränderten Freizeitverhalten und der damit einhergehenden zunehmenden UV-Belastung zu sehen. Als Risikofaktoren sind neben einer hohen UV-Strahlenbelastung durch Sonne und Solariennutzung eine helle Haut, Muttermale, Hautkrebserkrankungen im familiären Umfeld und Sonnenbrände in der Kindheit zu nennen.

Früh erkannt ist Hautkrebs gut heilbar. Insbesondere für das maligne Melanom gilt jedoch, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit bei spät erkannten Tumoren sehr gering ist. Aufgrund der großen Belastung durch Hautkrebs für die Gesellschaft und der Möglichkeit, Hautkrebs früh zu erkennen und dann gut behandeln zu können, wurde im Juli 2008 das gesetzliche Hautkrebs-Screening eingeführt, das nun zu den von den Krankenkassen finanzierten Krebsfrüherkennungsprogrammen gehört. Wie bei anderen gesetzlichen Krebsfrüherkennungsuntersuchungen wird über die Versichertenkarte abgerechnet. Wenn ein Versicherter während des Arztbesuchs ausschließlich das Hautkrebs-Screening durchführen lässt, wird auch keine Praxisgebühr fällig.

¹ Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) e.V., Cremon 11, 20457 Hamburg

² Elbeklinikum Buxtehude, Am Krankenhaus 1, 21614 Buxtehude

Potenzieller Nutzen und Schaden von Screeningprogrammen

Der primär gewünschte Nutzen eines Screenings liegt meist in der Reduzierung der Sterblichkeit und Krankheitshäufigkeit der ‚gescreenten‘ Bevölkerung. Dies soll unter anderem durch die Entdeckung der Erkrankung in einem frühen Stadium und durch die Senkung der Neuerkrankungsrate erreicht werden. Bei Krebserkrankungen mit geringer Sterblichkeit ist der Nutzen in der Reduzierung der Krankheitshäufigkeit und damit einer Erhöhung der Lebensqualität zu sehen.

Ein Screeningtest dient ausschließlich dazu, innerhalb einer bestimmten Zielgruppe verdächtige Befunde zu erkennen. Dabei bilden sich vier Gruppen: die Richtig-Positiven (Erkrankte und als solche erkannte), die Falsch-Positiven (nicht Erkrankte, jedoch als krank eingestufte), die Falsch-Negativen (Erkrankte, jedoch für gesund befunden) sowie die Richtig-Negativen (Gesunde und als solche erkannt).

Einen individuellen Nutzen haben vor allem erkrankte Personen, bei denen im Screening ein Hautkrebs entdeckt wurde (Richtig-Positive). Für diese Personen ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass der Tumor gut behandelt werden kann und sich die Folgen einer Krebserkrankung reduzieren beziehungsweise ganz ausschließen lassen. Allerdings besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass eine Person, die für gesund befunden wird, dennoch erkrankt ist, also das Screening die Erkrankung nicht entdeckt hat (Falsch-Negative).

Falsch-positive Befunde eines Screenings ziehen schädliche Effekte nach sich, wenn dadurch gesunde Menschen sich zusätzlichen unnötigen Prozeduren aussetzen. Fallweise sind Untersuchungen erforderlich, die möglicherweise Nebenwirkungen hervorrufen können. Hinzu kommen körperliche und psychische Belastungen bis zur endgültigen Abklärung des falsch-positiven Befundes. Ähnliches trifft auch auf Überdiagnosen zu, wenn also eine Tumorerkrankung diagnostiziert wurde, die für die betroffene Person zu Lebzeiten keine Folgen mehr gehabt hätte. Sie kann eine Verminderung der Lebensqualität, möglicherweise sogar eine Lebensverkürzung aufgrund von medizinischen Eingriffen nach sich ziehen.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht entstehen neben einmaligen Kosten bei der Einführung einer neuen

Krebsfrüherkennungsuntersuchung auch laufende Kosten bei ihrer Durchführung. Demgegenüber stehen vermiedene und verkürzte Krankenhausaufenthalte und Therapien sowie eine Reduktion der Sterberate, der Krankheitshäufigkeit und Sterblichkeit, was sowohl dem Gesundheitssystem Kosten einspart als auch die Produktivität der Bevölkerung erhöht.

Das Hautkrebs-Screening

Im Rahmen des Hautkrebs-Screenings haben gesetzlich Versicherte ab dem Alter von 35 Jahren alle zwei Jahre Anspruch auf diese Krebsfrüherkennungsuntersuchung, die als zweistufiges Massenscreening konzipiert ist. Die Zweistufigkeit bedeutet, dass sowohl Dermatologen als auch Hausärzte nach einer einschlägigen Fortbildung das Screening als Erstuntersucher anbieten dürfen (1. Stufe). Sollte sich ein Verdacht auf Hautkrebs ergeben, so ist die anschließende Diagnosesicherung den Dermatologen vorbehalten (2. Stufe). Des Weiteren handelt es sich beim Hautkrebs-Screening um ein Massenscreening, da die Teilnahme lediglich durch das Alter beschränkt ist, sich das Screening aber nicht an eine spezielle Risikogruppe, sondern vielmehr an die allgemeine Bevölkerung richtet.

Berechtigt zur Durchführung des Hautkrebs-Screenings sind Hausärzte und Dermatologen. Voraussetzung ist die Teilnahme an einem zertifizierten, achtstündigen Fortbildungsprogramm. Die Kommission „Hautkrebs-Screening Deutschland“ (<http://www.hautkrebs-screening.de/allgemein/wir/partner.php>; Abrufdatum: 29.05.2012) hat in Kooperation mit dem Deutschen Hausärzteverband ein Fortbildungsprogramm entwickelt, das von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung als inhaltlich übereinstimmend mit den Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses (GBA) überprüft wurde.

Bundesweit gibt es ein flächendeckendes Netz von derzeit rund 300 Trainern, die Ärztefortbildungen anbieten. Diese Trainer wurden in einem Trainerseminar darauf vorbereitet, das Fortbildungsprogramm „Hautkrebs-Screening“ gemäß der Richtlinien des GBA durchzuführen. Sie sind beim Zentralinstitut zertifiziert.

Im Hautkrebs-Screening wird gezielt nach den drei Hautkrebsarten Basalzellkarzinom, Plattenepithelkarzinom (spinozelluläres Karzinom)

und malignes Melanom gesucht. Früh erkannt ist Hautkrebs zu nahezu 100 % heilbar. Ziel des Screenings ist es, die Heilungschancen zu erhöhen, das heißt die Mortalität zu senken, aber auch den Hautkrebs schonender behandeln zu können und damit die Lebensqualität zu verbessern. Das Hautkrebs-Screening bietet darüber hinaus die Möglichkeit, eine große Zahl der Bevölkerung (45 Millionen Versicherte alle zwei Jahre) primär-präventiv zu informieren. Durch gezielte Aufklärung über die Risiken von UV-Strahlung soll so die Zahl der Hautkrebserkrankungen langfristig verringert werden.

Wie läuft das Screening ab?

Hautkrebs kann am ganzen Körper entstehen und nicht nur an Stellen, die besonders der Sonne und/oder künstlicher UV-Strahlung (Solarien) ausgesetzt sind. Deswegen wird beim Hautkrebs-Screening die gesamte Haut gründlich untersucht. Vor der eigentlichen Untersuchung erfolgt eine gezielte Befragung über bestehende Risikofaktoren, bereits bekannte Hautveränderungen und andere Vorerkrankungen. Danach schließt sich die visuelle standardisierte Ganzkörperinspektion an (**Abbildung 1**), die am entkleideten Versicherten durchgeführt wird, das heißt die gesamte Haut wird auf Hautveränderungen hin inspiziert:

- Die Kopfhaut wird mit einem Spatel gescheitelt.

- Die Ohren werden inklusive der Muschel und des äußeren Gehörgangs inspiziert.
- Die Augenlider sind durch Anheben der Brauen zu entfalten, dabei sind gegebenenfalls Brillen abzusetzen.
- Mit einem neuen Spatel werden Mundschleimhäute, Lippen und Zahnfleisch inspiziert, dabei wird die Zunge angehoben.
- Dann folgt die Kontrolle von Hals, Oberkörper, Achseln, Armen und Händen. Wichtig sind hierbei auch die Inspektion der Bereiche zwischen den Fingern. Auch die Brust wird auf auffällige Hautstellen hin untersucht.
- Die After- und Dammregion und die äußeren Genitalien werden ebenfalls angeschaut, da auch hier Hautkrebs auftreten kann, ebenso die Beine.
- Die Füße werden inklusive der Zehenzwischenräume und der Sohlen inspiziert.

Hat der untersuchende Dermatologe einen Hautkrebsverdacht oder bestätigt er den Verdacht des überweisenden Hausarztes, so ist mit dieser klinischen Verdachtsdiagnose das Screening beendet. Der Dermatologe leitet dann die Abklärungsdiagnostik ein. Als Goldstandard gilt hier die Probenentnahme aus der veränderten Hautpartie (Läsion) beziehungsweise die Entfernung der betroffenen Hautstelle (Exzisionsbiopsie der gesamten Läsion). Nur durch die hierdurch mögliche exakte, histopa-

Abbildung 1: Visuelle standardisierte Ganzkörperinspektion.



thologisch gesicherte Diagnose ist die notwendige weiterführende Diagnostik und Therapie planbar.

Weitere wichtige Bestandteile des Hautkrebs-Screenings sind auch eine Beratung über den richtigen Umgang mit UV-Strahlung und eine Information über weitere Krebsfrüherkennungs- und Gesundheitsuntersuchungen.

Keine Untersuchungsmethode ist zu 100 % verlässlich. Trotz der gewissenhaften und gründlichen Untersuchung kann es vorkommen, dass eine auffällige Hautveränderung nicht entdeckt wird. Es ist aber auch möglich, dass ein Hautkrebs entdeckt und behandelt wird, der den Betroffenen eventuell in seinem weiteren Leben nicht belastet hätte. Die möglichen persönlichen Beeinträchtigungen durch eine solche „Überdiagnose“ beim Hautkrebs-Screening sind jedoch als gering einzuschätzen gegenüber den Vorteilen einer Früherkennung. Trotzdem sollte die vorhergehende Beratung sowohl über die Chancen als auch über die Risiken aufklären, damit der Betroffene eine informierte Entscheidung für oder gegen die Untersuchung treffen kann. Dabei ist dem Betroffenen auch die Möglichkeit einer gemeinsamen Entscheidungsfindung anzubieten.

Hautkrebs-Screening ist wirksam

Von Juli 2003 bis Juni 2004 wurde in Schleswig-Holstein im Vorfeld der bundesweiten Einführung des gesetzlichen Hautkrebs-Screenings ein einjähriges Pilotprojekt durchgeführt. Die wichtigsten Bestandteile des Projektes waren eine standardisierte Fortbildung der teilnehmenden Ärzte und medizinischen Fachangestellten sowie ein umfassendes Kommunikationskonzept, über das die Bevölkerung kontinuierlich über das Projekt informiert wurde. An diesem Projekt nahmen 365.000 Versicherte teil (Breitbart et al. 2012; Waldmann et al. 2012). Die Auswertung der Daten zeigt, dass die Sterblichkeit am malignen Melanom schon im Jahr 2009 50 % unter den Bundesdurchschnitt gesunken ist (Katalinic et al. 2012). Im Gegensatz dazu hat sich die Melanomsterblichkeit in den umliegenden Ländern (Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, Niedersachsen und Dänemark) im gleichen Zeitraum nicht verändert oder ist, wie in Dänemark, sogar leicht angestiegen. Das bedeutet, dass deutlich weniger Menschen an einem malignen Melanom sterben, wenn sie kostenlos an einem systematischen Hautkrebs-Screening teilnehmen können.

Die „Generalprobe“ des Hautkrebs-Screenings in Schleswig-Holstein hat auch dazu geführt, dass die Anzahl der früh erkannten und damit gut behandelbaren Hauttumoren erhöht werden konnte. Auch die Anfangsphase des bundesweiten gesetzlichen Hautkrebs-Screenings, das 2008 eingeführt wurde, zeigt erste Ergebnisse, die in eine ähnliche Richtung gehen: In den ersten beiden Jahren des Screenings konnte bundesweit deutlich mehr Hautkrebs diagnostiziert werden als zuvor. Die neu entdeckten Hautkrebsfälle erhöhten sich von rund 193.000 Fällen im Jahr 2007 auf etwa 223.500 Fälle im Jahr 2009. Ebenso stieg die Anzahl der aufgespürten schwarzen Hautkrebs (maligne Melanome) im selben Zeitraum von 23.000 auf etwa 26.000. Dies belegen neueste Hochrechnungen der Gesellschaft epidemiologischer Krebsregister in Deutschland (GEKID) aus den Daten des Krebsregisters Schleswig-Holstein.

Die Akzeptanz des Hautkrebs-Screenings in der Bevölkerung ist hoch: Rund 13,5 Millionen der insgesamt 45 Millionen Anspruchsberechtigten haben diese Untersuchung bis heute genutzt. Dies liegt zum einen an der flächendeckenden Verfügbarkeit des Screenings, zum anderen am großen Informationsangebot: Versicherte werden durch die Medien, durch Broschüren oder in ärztlichen Beratungsgesprächen über die gesetzliche Leistung informiert. Berechtigt zur Durchführung des Hautkrebs-Screenings sind etwa 2.500 Dermatologen und 35.500 Hausärzte.

Informationen zum Hautkrebs-Screening erhalten sowohl Interessierte als auch Ärztinnen und Ärzte auf der Internetseite <http://www.hautkrebs-screening.de> (Abrufdatum: 29.05.2012). Rund um die Themen Prävention und Früherkennung von Hautkrebs bieten die Deutsche Krebshilfe und die Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e. V. (ADP) darüber hinaus kostenloses Informationsmaterial an. Ratgeber, Präventionsfaltblätter und Plakate können bestellt werden bei der Deutschen Krebshilfe, Postfach 1467, 53004 Bonn, oder im Internet unter <http://www.krebshilfe.de> (Abrufdatum: 29.05.2012) heruntergeladen werden.

Literatur

Breitbart EW, Waldmann A, Nolte S, Capellaro M, Greinert R, Volkmer B, Katalinic A (2012): Systematic skin cancer screening in Northern Germany. In: J Am Acad Dermatol 66: 201–211.

GEKID (2012): Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland. <http://www.gekid.de> (Abrufdatum: 29.05.2012).

Katalinic A, Waldmann A, Weinstock MA, Geller AC, Eisemann N, Greinert R, Volkmer B, Breitbart EW (2012): Does skin cancer screening save lives?: An observational study comparing trends in melanoma mortality in regions with and without screening. In: Int. J. Cancer. doi: 10.1002/cncr.27566 (epub ahead of print 19/12/2012).

Krebsregister (2012): Krebsregister Schleswig-Holstein.

Waldmann A, Nolte S, Weinstock MA, Breitbart EW, Eisemann N, Geller AC, Greinert R, Volkmer B, Katalinic A (2012): Skin cancer screening participation and impact on melanoma incidence in Germany – an observational study on incidence trends in regions with and without population-based screening. In: Br J Cancer 106: 970–974.

Kontakt

Dr. Rüdiger Greinert
Head of Dept. Mol. Cellbiology
Center of Dermatology
Elbekliniken Stade/Buxtehude
Klinikum Buxtehude
Am Krankenhaus 1
21614 Buxtehude
E-Mail: [ruediger.greinert\[at\]elbekliniken.de](mailto:ruediger.greinert[at]elbekliniken.de)

[BfS]

Schutz vor solarer UV-Strahlung im beruflichen Bereich

Protection against solar UV expositions at outdoor workers

Günter Ott, Peter Knuschke

Abstract

About three million employees working outdoors for all or part of the day are exposed to solar ultraviolet radiation. Every year, almost 224.000 people in Germany develop skin cancer (GEKID 2012). Epidemiological studies proofed an increase of the risk for the development of cutaneous skin cancer by increasing lifetime UV dose (Schmitt 2011). Employers have to fulfil obligations concerning the employee's protection against solar UV radiation. Recommendations for the protection of outdoor workers are basically the same as the recommended measures for the general population. The UV index can be used to assess the possible health hazard from solar UV radiation. The Federal Institute for Occupational Safety and Health (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, BAuA) investigates the solar UV exposure of outdoor workers for many years. Based on the results of several research projects, the institute contributes to the health prevention at solar-exposed working places.

Zusammenfassung

Bei rund drei Millionen überwiegend beziehungsweise zeitweise im Freien tätigen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern stellt die Sonnenstrahlung ein hohes Belastungspotenzial dar. Jährlich erkranken in Deutschland etwa 224.000 Menschen an Hautkrebs (GEKID 2012). Es besteht ein Zusammenhang zwischen Hautkrebs Erkrankungsrisiko und lebenslanger UV-Belastung, der eindeutig wissenschaftlich belegt ist (Schmitt 2011). Für Arbeitgeber bestehen Verpflichtungen hinsichtlich des Schutzes von Beschäftigten vor solarer UV-Strahlung. Grundsätzlich unterscheiden sich die Empfehlungen zum Schutz vor Sonnenstrahlung für Beschäftigte im Freien nicht von den Schutzmaßnahmen für die Allgemeinbevölkerung. Für eine Abschätzung des gesundheitlichen Risikos durch solare UV-Strahlung kann der UV-Index sehr hilfreich sein. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) erforscht seit vielen Jahren die solare UV-Belastung von im Freien tätigen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern. Mit den Ergebnissen zahlreicher Entwicklungsprojekte hat sie einen Beitrag zum vorbeugenden Gesundheitsschutz an solar exponierten Arbeitsplätzen eingebracht.

Regelungen zum Arbeitsschutz

Angesichts alarmierender Hautkrebszahlen war 2004 von den Regierungen der EU-Mitgliedsländer zunächst beabsichtigt, in die seit langem vorbereitete Arbeitsschutz-Richtlinie zur optischen Strahlung auch die Sonnenstrahlung als natürliche optische Strahlung aufzunehmen. Im Rahmen eines Vermittlungsverfahrens wurden die Regelungen für den Schutz von Beschäftigten im Freien aus dem Entwurf des Anwendungsbereiches der Richtlinie gestrichen. Begründet wurde dies damit, dass der Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch natürliche optische Strahlung bereits in der Rahmenrichtlinie 89/391/EWG enthalten sei. Danach besteht bereits für die Mitgliedstaaten die Verpflichtung, dass die Arbeitgeber alle notwendigen Maßnahmen ergreifen müssen, um für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz

der Beschäftigten in Bezug auf alle Aspekte, die die Arbeit betreffen, zu sorgen (EU 2006).

Die Arbeitgeber in Deutschland sind nach dem Arbeitsschutzgesetz (§§ 4; 5; 11; 12), nach der Arbeitstättenverordnung (ArbStättV § 3, Anhang 5.1) und der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ BGV A1, § 23, „Maßnahmen gegen Einflüsse des Wettergeschehens“, gesetzlich für den Gesundheitsschutz und die Sicherheit ihrer Beschäftigten am Arbeitsplatz verantwortlich. Da die gesundheitlichen Risiken der natürlichen ultravioletten Strahlung seit langem nachgewiesen und anerkannt sind, kann sich ein Verantwortungsbewusster Arbeitgeber dieser Verpflichtung schon jetzt nicht entziehen.

Es gelten die Verpflichtungen

- zur Gefährdungsbeurteilung (Expositionsermittlung und -bewertung),
- zur Festlegung und Anwendung von Schutzmaßnahmen,
- zur Unterweisung und
- zu arbeitsmedizinischen Untersuchungen.

Es bestehen jedoch keine Verpflichtungen

- zur Einhaltung von Expositionsgrenzwerten, da solche nicht existieren und die Grenzwerte für optische Strahlung aus künstlichen Strahlungsquellen nicht unmittelbar anwendbar sind,
- zur Klassifizierung und
- zur Abgrenzung und Kennzeichnung.

Allgemeine Verhaltensregeln zum Sonnenschutz

Im Gegensatz zu anderen Belastungen am Arbeitsplatz ist die solare UV-Exposition im nichtberuflichen Alltag unumgänglich. Sie sollte sowohl im beruflichen als auch im außerberuflichen Bereich auf das unvermeidbare Minimum reduziert werden.

Generelle Verhaltensregeln zum Schutz vor Sonnenstrahlung, die sowohl von der Allgemeinbevölkerung, als auch von Beschäftigten, die ihre Tätigkeit im Freien ausüben müssen, beachtet werden sollten:

- Die ersten intensiven Sonnentage, ob in Freizeit, Urlaub oder am Arbeitsplatz sollten möglichst im Schatten verbracht werden, damit die Haut sich langsam an die Sonnenbestrahlung gewöhnen kann. Unter einem schattenspendenden Baum wird ein Lichtschutzfaktor von circa 5 bis 15 erreicht und unter einem Sonnenschirm ein Lichtschutzfaktor von circa 5 bis 40 (abhängig von der Farbe und Dichte der Textilart).
- Jede Rötung der Haut sollte vermieden werden.
- Die Mittagssonne sollte im Sommer möglichst vermieden werden, da die Sonnenstrahlung im Zeitraum von 11 bis 15 Uhr (mitteleuropäische Sommerzeit, MESZ) besonders intensiv ist. Auf diesen Zeitraum entfallen 50 % der solaren Einstrahlung pro Tag.
- Der wirksamste Schutz vor Sonnenstrahlung ist das Tragen von geeigneter Kleidung und ei-

ner Kopfbedeckung (textiler Lichtschutz). Die Schutzwirkung der Kleidung ist abhängig von dem verwendeten Material, der Gewebedichte, der Farbe und von UV-absorbierenden beziehungsweise reflektierenden Zusätzen. Durch Dehnung oder durch Nässe kann die Schutzwirkung vermindert werden. Bei der Auswahl der Kleidung sollte auf die Angabe zum textilen UV-Schutzfaktor (UPF) geachtet werden.

- Hautbereiche, die nicht durch die Kleidung bedeckt sind, sollten mit Sonnenschutzcreme geschützt werden (dermaler Lichtschutz). Dabei ist zu beachten, dass eine ausreichend dicke Schicht (ca. 2 mg/cm²) gleichmäßig aufgetragen wird. Beim Eincremen ist insbesondere auf die sogenannten „Sonnterrassen“ (z. B. Kopfhaut, Stirn, Nase, Ohren, Schultern und Fußrücken) zu achten, da diese Bereiche besonders stark der Sonne ausgesetzt sind. Weiterhin ist zu beachten, dass die Schutzwirkung einer Sonnenschutzcreme bei nicht ausreichender Auftragsmenge deutlich geringer ist (Schutzfaktor kann bis auf ein Viertel abfallen). Durch Schwitzen, Wasser oder mechanische Belastung wird die Schutzwirkung reduziert. In solchen Fällen ist der UV-Schutz durch Nachcremen aufrechtzuerhalten.
- Die Gefährdungen für die Augen werden häufig unterschätzt. Bei intensiver Sonnenstrahlung sollte eine geeignete Sonnenschutzbrille getragen werden. Der direkte Blick in die Sonne ist zu vermeiden. Der Schutz der Augen ist insbesondere in größeren Höhenlagen und bei Reflexion der UV-Strahlung durch Sand oder Schnee erforderlich. Die Anforderungen an Sonnenschutzbrillen und -schutzfilter für den allgemeinen Gebrauch sind in der DIN EN 1836 festgelegt. Für die meisten Anwendungen in unseren Breitengraden sind mittelstark bis dunkel getönte Filter der Kategorie zwei und drei zu empfehlen.
- Einige Medikamente können die Lichtempfindlichkeit der Haut erhöhen. Ob ein photosensibilisierendes Potential besteht, sollte vor dem Sonnenbaden in der Packungsbeilage nachgelesen oder gegebenenfalls der behandelnde Arzt oder Apotheker dazu befragt werden (SSK 2008).
- Beim Aufenthalt in der Sonne sollte auf Parfüms, Deodorants und andere Kosmetika verzichtet werden. Durch UV-Strahlung können in Verbindung mit diesen Stoffen photoallergische Reaktionen hervorgerufen werden oder bleibende fleckige Pigmentierungen entstehen.

Empfehlungen für Beschäftigte im Freien

Grundsätzlich unterscheiden sich die Empfehlungen zum Schutz vor Sonnenstrahlung für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer im Freien nicht von den Schutzmaßnahmen, die für die Allgemeinbevölkerung zu treffen sind. Grundlagen zu diesen Empfehlungen sind in einem Leitfaden „Sonnenstrahlung“ des Arbeitskreises „Nichtionisierende Strahlung“ (AKNIR) des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. (FS) zusammengestellt. Der Leitfaden behandelt Grundlagen zur Sonnenstrahlung, Messung und Bewertung der Strahlungsgrößen, das solare UV-Monitoringnetz für den UV-Index, die Wirkung der Sonnenstrahlung auf Haut und Augen sowie die daraus abzuleitenden Schutzmaßnahmen (AKNIR 2005).

Im Gegensatz zur Allgemeinbevölkerung muss sich eine große Anzahl von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern berufsbedingt häufig im Freien aufhalten und ist somit der Sonnenstrahlung intensiver ausgesetzt. Der Arbeitgeber hat für diese Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Die gesetzliche Verpflichtung hierzu ist im Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) verankert. Zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes sind neben den allgemeinen Grundsätzen (§ 4), insbesondere die Paragraphen zur Gefährdungsbeurteilung (§ 5), zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (§ 11) und zur Unterweisung (§ 12) zu beachten.

Für eine Abschätzung des gesundheitlichen Risikos durch solare UV-Strahlung ist der UV-Index sehr hilfreich (WHO 2002). Der UV-Index gibt den Tagesspitzenwert der erythem-wirksamen (sonnenbrand-wirksamen) UV-Strahlung an. Beim

UV-Index handelt es sich um eine international einheitliche Messgröße mit einer ganzzahligen Skala (siehe Beitrag S. 20ff. in diesem Heft). Je größer der UV-Index ist, umso höher ist die UV-Intensität der Sonne. Er zeigt an, wie umfangreich die Schutzmaßnahmen vor der Sonnenstrahlung sein müssen. Um Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wie auch die Arbeitgeber bei der Ableitung von Schutzmaßnahmen zu unterstützen, hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) eine Übersichtsinformation in Scheckkartenformat erstellt. Sie enthält die wesentlichen Angaben zum UV-Index und zu den anzuwendenden Schutzmaßnahmen (**Abbildung 1**).

Der aktuelle UV-Index und die Prognosewerte für die nächsten drei Tage werden unter Einbeziehung meteorologischer Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) auf der Internetseite <http://www.bfs.de/de/uv> (Abrufdatum: 30.05.2012) bereitgestellt. Von einer „mittleren“ Gefährdung durch solare UV-Strahlung ist bei einem UV-Index von 3 bis 5 und von einer „hohen“ Gefährdung ab einem UV-Index 6 auszugehen.

Auswertungen der Daten aus dem bundesweiten UV-Messnetz über 10 Jahre haben gezeigt, dass in Deutschland an über 150 Tagen im Jahr ein UV-Index von 3 und größer erreicht wird. Die gegebenenfalls zu treffenden Schutzmaßnahmen sollten sich an den Empfehlungen der WHO orientieren. Danach wird empfohlen, Schutzmaßnahmen ab einem UV-Index von 3 zu treffen (Knuschke 2012).

Abbildung 1: BAuA-Scheckkarte zum UV-Index (zu beziehen über: [info-zentrum\[at\]baua.bund.de](mailto:info-zentrum[at]baua.bund.de)).

Sonnenschutz ist Arbeitsschutz

Ab UV-Index* 3:

- schützende Kleidung tragen, nicht mit freiem Oberkörper arbeiten
- unbedeckte Körperstellen reichhaltig eincremen (Lichtschutzfaktor mindestens 20)
- Sonnenbrille tragen

Ab UV-Index* 6:

- direkte Sonne meiden

www.baua.de/sommertipps

* Der UV-Index (UVI) beschreibt den Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen ultravioletten Strahlung. Aktuelle Werte und Prognosen siehe Internet: www.bfs.de/uv/uv2/uv_messnetz

BAuA:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

UV-Index (UVI) und anzuwendende Schutzmaßnahmen

UVI	Belastung	Schutzmaßnahmen
0–2	gering	keine
3–5	mittel	Schutzmaßnahmen erforderlich: • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF ≥ 20 auftragen
6–7	hoch	Schutzmaßnahmen erforderlich: • mittags Schatten aufsuchen • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF ≥ 20 auftragen
8 und höher	sehr hoch	Besondere Schutzmaßnahmen erforderlich: • von 11 bis 15 Uhr (MESZ) möglichst Tätigkeiten im Schatten ausüben; direkte Sonne meiden • Kleidung, Hut, Sonnenbrille tragen • Sonnenschutzcreme mit LSF ≥ 20 auftragen

Schutzmaßnahmen

Ergibt die Beurteilung der Arbeitsbedingungen eine Gefährdung, hat der Arbeitgeber geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen und zu dokumentieren. Dabei haben grundsätzlich technische und organisatorische Maßnahmen Vorrang vor persönlichen Schutzausrüstungen (BAuA 2007).

Technische Schutzmaßnahmen sind beispielsweise:

- abschattende Maßnahmen wie:
 - Überdachungen für ständige Arbeitsplätze im Freien, wie zum Beispiel Kassenarbeitsplätze auf Parkplätzen,
 - Verwendung von Sonnenschirmen oder Sonnensegeln zum Beispiel für Kinderspielflächen;
- Verwendung von UV-absorbierenden Fenstergläsern bei Fahrzeugen, wie bei Bahnen, Bussen, Gabelstaplern, Traktoren, Baggern, Kranen, Flugzeugen;
- Räume oder Unterstellmöglichkeiten beispielsweise für den Zeitraum der Pausen.

Organisatorische Schutzmaßnahmen sind zum Beispiel:

- Unterweisung der Beschäftigten über mögliche Gefahren durch die Sonnenstrahlung und über angepasste Schutzmaßnahmen;
- Expositionsdauer gegenüber Sonnenstrahlung nach den Möglichkeiten der Arbeitsorganisation beschränken, zum Beispiel durch einen früheren Arbeitsbeginn;
- körperlich anstrengende Arbeiten in die weniger sonnigen und kühleren Morgenstunden verlegen;
- weniger dringliche Arbeiten in eine sonnenärmere und kühlere Witterungsperiode verschieben;
- bei intensiver Sonnenstrahlung und Hitze auf Überstunden verzichten;
- in den Mittagsstunden den Aufenthalt in der Sonne minimieren, nach Möglichkeit Arbeiten in abgeschattete Bereiche verlegen. Die Mittagssonne sollte im Sommer möglichst vermieden werden, da die Sonnenstrahlung im Zeitraum von 11 bis 15 Uhr (mitteleuropäische Sommerzeit, MESZ) besonders intensiv ist. Auf diesen Zeitraum entfallen 50 % der solaren UV-Einstrahlung pro Tag.
- Mittagspause in den Zeitraum höchster Sonnenintensivität legen.

Geeignete persönliche Schutzmaßnahmen sind unter anderen:

- Die Verwendung von geeigneter körperbedeckender Kleidung. Die Textilien sollten über einen ausreichenden UV-Schutz (UPF) verfügen.
- Das Tragen von Kopfbedeckungen. Die Kopfbedeckungen sollten über Krempe und gegebenenfalls Nackentücher verfügen, die eine ausreichende Abschattung für Augen und die Haut im Kopfbereich gewährleisten.
- Die Benutzung von Sonnenschutzcremes mit einem geeigneten Lichtschutzfaktor (LSF, engl.: SPF). Dabei sollte auf eine sachgerechte Anwendung geachtet werden (gleichmäßiger und ausreichend dicker Auftrag, der gegebenenfalls zu wiederholen ist; bei nicht ausreichendem Auftragen kann der Schutzfaktor bis auf ein Viertel abfallen).
- Die Gefährdungen für die Augen werden häufig unterschätzt. Bei intensiver Sonnenstrahlung sollte eine geeignete Sonnenschutzbrille getragen werden. Der direkte Blick in die Sonne ist zu vermeiden. Der Schutz der Augen ist insbesondere in größeren Höhenlagen und bei Reflexion der UV-Strahlung durch Sand oder Schnee erforderlich. Anforderungen an die Sonnenschutzfilter für den gewerblichen Bereich sind in der DIN EN 172 und für den allgemeinen Gebrauch in der DIN EN 1836 festgelegt.

Bei Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern kann an Arbeitsplätzen bei Anwendung von bestimmten Stoffen etwa durch Teer, Pech, bestimmte pflanzliche Stoffe oder durch die Einnahme von Medikamenten eine höhere Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung auftreten. In einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission werden in einer Liste phototoxische und photoallergische Substanzen aufgeführt (SSK 1998).

Forschung und Entwicklung zur solaren UV-Belastung von Beschäftigten im Freien

Die BAuA erforscht seit mehr als zehn Jahren die solare UV-Belastung von im Freien tätigen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern. Dazu wurden auch mehrere Entwicklungsprojekte durchgeführt oder gefördert. Wesentliche Ergebnisse beziehungsweise Ziele sind nachstehend beschrieben.

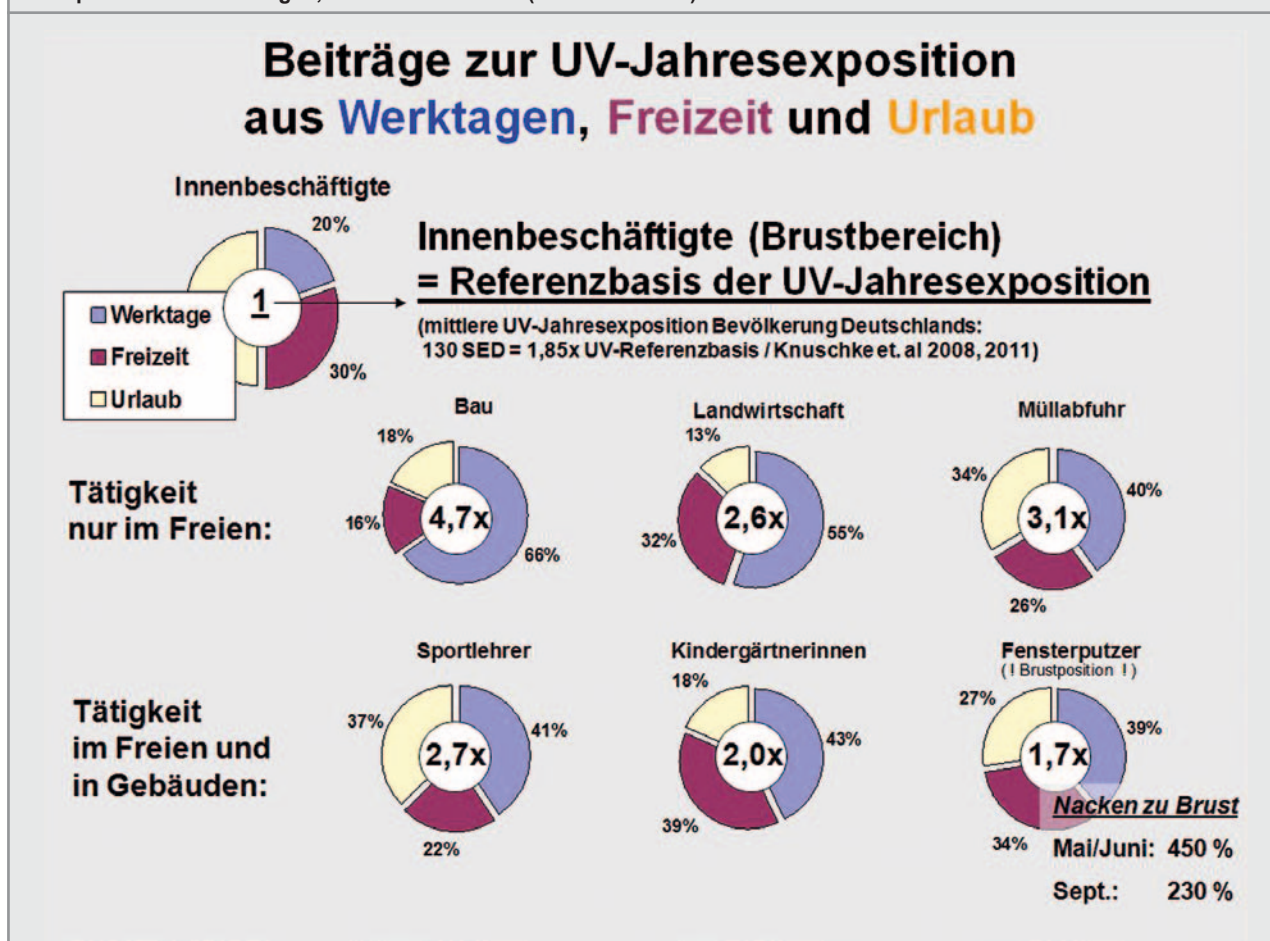
A – Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien (BAuA-Projekt F 1777)

Mittels UV-Personenmonitoring wurden UV-Expositionen im Jahresverlauf differenziert nach Werktags-, Freizeit- und Urlaubsexpositionen gemessen. Erfasst wurde auch die jahreszeitlich variierende Körperverteilung der UV-Exposition. Sowohl aus kontinuierlichen Messungen über 52 Wochen, als auch aus biostatistischen Modellberechnungen liegen für die repräsentativen Berufsgruppen mittlere UV-Jahresexpositionen und deren Verteilung für 19 verschiedene Körperareale vor. Als repräsentativ für ständig im Freien beschäftigte Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wurden drei Beschäftigungsfelder (Hochbau, Landwirtschaft/Feldwirtschaft, Müllabfuhr) untersucht. Für Berufe mit wechselnder (intermittierender) Tätigkeit in Gebäuden und im Freien wurden Sportlehrer, Kindergärtnerinnen und Glasreiniger einbezogen.

Bezogen auf eine Vergleichsgruppe mit geringer solarer UV-Exposition als UV-Referenzbasis (Innenbeschäftigte mit geringen Aktivitäten im Freien und bei Urlaub in Deutschland) wurde für ständig im Freien Beschäftigte eine Erhöhung der UV-Jahresexposition auf 300 bis 500 % nachgewiesen. Während in der mittleren UV-Jahresexposition der Bevölkerung Deutschlands mit 130 SED (Standarderythemdosis) pro Jahr (Knuschke 2008) der Werktagsanteil lediglich 22 % ausmacht, wird bei überwiegender Tätigkeiten im Freien die UV-Jahresdosis mit 40 bis 66 % maßgeblich durch den Werktagsanteil und nicht durch die Anteile aus Freizeit und Urlaub bestimmt (Knuschke 2011). Für Beschäftigte mit intermittierender Außentätigkeit betrug die Erhöhung gegenüber der UV-Referenzbasis bis zu 300 %, wobei der berufliche Anteil an der UV-Jahresexposition etwa doppelt so hoch wie von Innenbeschäftigten ist (Abbildung 2).

Für zukünftige Untersuchungen solarexponierter Arbeitsplätze mittels personendosimetrischer

Abbildung 2: Erhöhungsfaktor der UV-Jahresexposition durch Tätigkeit im Freien und prozentuale Anteile an der UV-Jahresexposition aus Werktagen, Freizeit und Urlaub (Knuschke 2007).



Messtechnik wurde eine Interkalibrierungsroutine im Labor- und Feldversuch (künstliche und natürliche UV-Strahlenquellen) erprobt. Die Interkalibrierungen unter Sonnenstrahlung erfolgte gegen aktinische Breitbandradiometer und Doppelmonochromator-Spektorradiometer, mit denen auch die Globalstrahlung der Sonne während des UV-Personenmonitorings erfasst wurde.

Fazit: Die Ergebnisse des BAuA-Projektes F1777 bilden einen Teil der wissenschaftlichen Basis in der Diskussion um ausgewogene Richtlinien beziehungsweise Empfehlungen zum vorbeugenden Gesundheitsschutz für solarexponierte Arbeitsplätze (Knuschke 2007).

B – Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien (BAuA-Projekt F 1986)

Epidemiologische Studien belegen einen Zusammenhang von lebenslang kumulierten, aber auch intermittierend hohen UV-Expositionen mit dem Hautkrebsrisiko. Es ist bekannt, dass die Haut in einem gewissen Umfang einen natürlichen Eigenschutz gegen UV-Strahlung aufzubauen vermag, indem die Haut bräunt und eine Verdickung der Oberhaut (Lichtschwiele) gebildet wird. Nicht bekannt war, ob diese UV-Eigenschutzreaktion einen Grad erreicht, der ausreichend wäre, um diese in Schutzkonzepten für sonnen-exponierte Arbeitsplätze zu berücksichtigen. Ziel des Forschungsprojektes war es, den Gesamteigenschutz (bezüglich

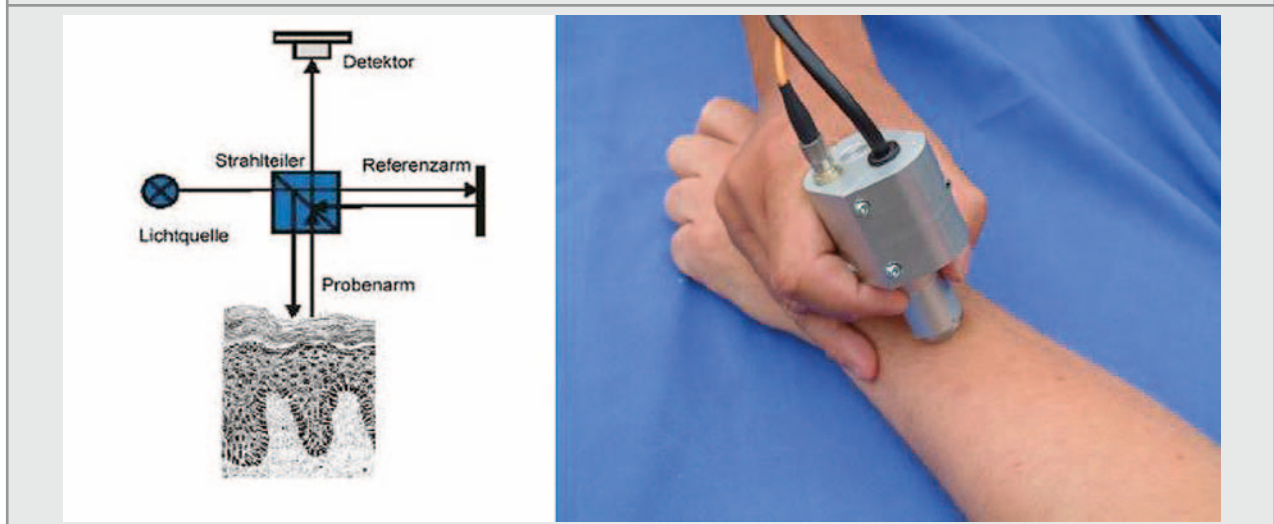
des UV-Erythems/Sonnenbrand) und dessen Komponenten Melaninpigmentierung (Bräunung) und Lichtschwielereaktion (Verdickung der Oberhaut) zu quantifizieren.

Im **Teil A** des Projektes wurde im jahreszeitlichen Verlauf die Eigenschutzreaktion der Haut auf die UV-Strahlung der Sonne bei Außenbeschäftigten (Gruppe 1: Gärtner, Bauarbeiter; n = 12) untersucht. Eine vergleichbare Untersuchung erfolgte bei Innenbeschäftigten (Gruppe 2: n = 12). Eine Hälfte der sonnenlichtungewöhnten Rückenhaut wurde dabei regelmäßig künstlicher UV-Strahlung ausgesetzt, die der der Sonne entsprach. Die angewendete UV-Dosierung war vergleichbar mit der Sonnenexposition auf das Gesicht von Außenbeschäftigten im Verlauf des Sommerhalbjahres. Zeitgleich zu Gruppe 2 wurde eine Gruppe 3 (Gärtner, Bauarbeiter; n = 12) einbezogen, um die Ergebnisse aus Gruppe 1 und 2 zu Pigmentierungsgrad (Bräunungsgrad) und Lichtschwielereaktion zu bestätigen.

Übereinstimmend bestätigte sich ein UV-Eigenschutzfaktor ≤ 2 durch die Tätigkeit der Außenbeschäftigten im Sommerhalbjahr im Freien. Der Sommerurlaub mit höheren individuellen Sonnenexpositionen führte auch bei Innenbeschäftigten zu vergleichbaren bis stärkeren UV-Eigenschutzreaktionen.

Im **Teil B** wurde die Eigenschutzreaktion nach einmaliger (Gruppe A) beziehungsweise nach fünf seriellen, unterhalb der Sonnenbrandschwelle liegenden (sub-erythematösen) UV-Expositionen von

Abbildung 3: Optische Kohärenztomografie (OCT) zur Erzeugung von nicht-invasiven Schnittbildern der Oberhaut – eingesetzt zur Untersuchung der Lichtschwielereaktion.



je 1,8 SED über einen Zeitraum von acht Wochen untersucht (2,5 SED bewirken für eine Person mit UV-Hauttyp 2 ihre individuelle minimale Erythemdosis (= 1 MED), die Sonnenbrandschwelle). Während die Einzelexposition keinen nachhaltigen Effekt zeigte, führten die fünf seriellen UV-Expositionen zu einer über acht Wochen beständigen Eigenschutzerrhöhung um 20 % (Schutzfaktor 1,2). Mittlere solare Tagesexpositionen von im Freien Beschäftigten liegen im Gesichtsbereich im Mittel im Sommer bei 1 SED pro Tag. Für die Lichtschwielereaktion konnte eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ermittelt werden. Eine signifikante Epidermisverdickung (Verdickung der Oberhaut) setzt erst bei individuell $\approx 1,0$ MED ein (ähnlich wie bei der Neubildung des Hautbräunungspigments Melanin durch UV-Strahlung). Das ist ein Sonnenexpositionslevel deutlich oberhalb von 1 SED und erklärt so die fehlende UV-Eigenschutzreaktion bei den untersuchten Außenbeschäftigten.

Fazit: Die Ergebnisse des Projektes zeigen eine Erhöhung des Eigenschutzes um lediglich einen Faktor ≤ 2 im Verlauf des Sommerhalbjahres für im Freien Beschäftigte. Die UV-Eigenschutzreaktion der Haut darf auf keinen Fall als Komponente zum vorbeugenden Gesundheitsschutz an sonnenexponierten Arbeitsplätzen betrachtet werden: Das bedeutet, neben organisatorischen Maßnahmen zur UV-Expositionsreduktion an diesen Arbeitsplätzen sind Komponenten für den Haut- und Augenschutz unumgänglich (Knuschke 2010).

C – Schutzkomponenten zur Reduzierung solarer UV-Expositionen bei Arbeitnehmern im Freien (BAuA-Projekt F 2036)

UV-Strahlung der Sonne (solare UV-Strahlung) im Übermaß kann schädlich für die Haut sein. Dies gilt insbesondere für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer mit Arbeitsfeld ständig oder zeitweilig im Freien. Mit diesem Projekt wird gezeigt, wie ein praktikabler und praxistauglicher UV-Schutz aussehen kann. Nach der Analyse des Ist-Zustandes gegenwärtiger Schutzmaßnahmen wurden in ausgewählten Branchen exemplarisch messtechnisch die Effektivität von technischen Maßnahmen sowie die Möglichkeiten von organisatorischen Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition untersucht. Persönliche Schutzausrüstungen zur Reduktion individueller UV-Expositionen von Haut und Augen wurden geprüft. Dabei wurde die Effektivität

der Textilien unter Berücksichtigung spezieller Arbeitsbedingungen und nach Langzeiteinsatz ermittelt (Knuschke 2012).

Fazit

Allgemein gilt, dass einer zunehmenden Anzahl von schweren Hauterkrankungen ein unzureichendes Bewusstsein über die Gefährdung durch die UV-Strahlung der Sonne bei Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern und der Allgemeinbevölkerung gegenüber steht. Die konsequente Berücksichtigung einfacher Verhaltensregeln kann einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Gesundheit vor Schädigungen durch UV-Strahlung leisten. Berufliche Unterweisungen und Informationen für die Allgemeinbevölkerung sollten insbesondere auf die Selbstbeobachtung von Hautveränderungen hinweisen, da durch eine Früherkennung von Hautkrebskrankungen die Therapieerfolge erheblich verbessert werden können. Diesem Ziel dienen auch regelmäßige Vorsorgeuntersuchungen beim Hautarzt.

Weitere Informationen

UV-Messnetz, UV-Index, UV-Prognosen, Verhaltensregeln: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). <http://www.bfs.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Hautkrebsarten, Früherkennung, Therapie: Deutsche Krebshilfe (DKH): <http://www.krebshilfe.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Hinweise zu Leitfäden UV, Sonnenstrahlung, Laser: Deutsch-Schweizerischer Fachverband für Strahlenschutz e. V. (fs-ev) Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung (AKNIR). <http://www.fs-ev.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Report zu UV-Strahlenexposition an Arbeitsplätzen und weitere Materialien: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). <http://www.dguv.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Broschüre „Licht und Schatten“ und weitere Materialien: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BauA). <http://www.baua.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Strahlenschutzthema UV-Strahlung: Strahlenschutzkommission (SSK). <http://www.ssk.de> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Literatur

AKNIR (2005): Leitfaden „Sonnenstrahlung“, Arbeitskreis „Nichtionisierende Strahlung“ (AKNIR) des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. (FS).

BAuA (2007): Licht und Schatten – Schutz vor Sonnenstrahlung für Beschäftigte im Freien. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

EU (2006): Bericht über den vom Vermittlungsausschuss gebilligten gemeinsamen Entwurf einer Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (optische Strahlung aus künstlichen Quellen) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). Europäisches Parlament. Plenarsitzungsdokument. A6-0026/2006 vom 06.02.2006.

GEKID (2012): Atlas der Krebsinzidenz und Krebsmortalität der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. – Ergebnisse der Hochrechnungen für Deutschland. <http://www.gekid.de/> (Abrufdatum: 25.05.2012)

Knuschke P, Püschel A, Bauer A, Mersiowsky K, Janßen M, Ott G, Rönsch H (2012): BAuA Entwicklungsprojekt Schutzkomponenten für Arbeitnehmer im Freien. Druck in Vorbereitung.

Knuschke P (2011): Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der beruflichen solaren UV-Expositionen. In: Dermatol Beruf Umwelt 59: 78–83.

Knuschke P, Unverricht I, Aschoff R, Cuevas M, Janßen M, Koch E, Krüger A, Ott G, Thiele A (2010): Untersuchung des Eigenschutzes der Haut gegen solare UV-Strahlung bei Arbeitnehmern im Freien. 1. Auflage, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Projektnummer: F 1986. ISBN: 978-3-88261-121-2. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/Optische-Strahlung.html> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Knuschke P, Janßen M, Ott G (2008): Referenzbasis solarer UV-Expositionen zur Bewertung der Expositionslevel in der Bevölkerung und an Arbeitsplätzen im Freien. In: Kaase H, Serick F (Hrsg.) (2008): Sechstes Symposium „Licht und Gesundheit“. Eine Sondertagung der Technischen Universität Berlin und der Deutschen Gesellschaft für Photobiologie mit der Deutschen Akademie für Photobiologie und der Lichttechnischen Gesellschaft. Berlin. ISBN 3-980-7635-0-3: 24–29.

Knuschke P, Unverricht I, Ott G, Janßen M (2007): Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. 1. Auflage. Dortmund. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Projektnummer: F 1777. ISBN: 978-3-88261-060-4. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/Optische-Strahlung.html> (Abrufdatum: 25.05.2012).

Schmitt J, Seidler A, Diepgen TL, Bauer A (2011): Occupational ultraviolet light exposure increases the risk for the development of cutaneous squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. In: Br J Dermatol 164: 291–307.

SSK (1998): Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung – Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1995 – 1997. Informationen der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Nummer 4. <http://www.ssk.de/de/pub/volltext/i04.pdf> (Abrufdatum 30.05.2012).

WHO (2002): Global Solar UV Index – A Practical Guide; A joint recommendation of World Health Organization (WHO), World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP) and International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). World Health Organization, Genf. <http://www.who.int/uv/publications/en/GlobalUVI.pdf> (Abrufdatum 30.05.2012).

Kontakt

Günter Ott
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
44149 Dortmund
E-Mail: [ott.guenter\[at\]baua.bund.de](mailto:ott.guenter[at]baua.bund.de)

Peter Knuschke
Leiter Experimentelle Photobiologie
Klinik und Poliklinik für Dermatologie
Medizinische Fakultät der TU Dresden
Fetscherstraße 74
01307 Dresden
E-Mail: [knuschke\[at\]rcs.urz.tu-dresden.de](mailto:knuschke[at]rcs.urz.tu-dresden.de)

[BfS]

„Sonne – Aber sicher!“ – UV-Schutzkampagnen in Deutschland

„Sun – but do it safely!“ – UV prevention campaigns in Germany

Cornelia Baldermann, Bernd Grosche

Abstract

Since the 1980th skin cancer incidence is continuously increasing. This is the crucial factor for physicians, scientists and politicians to get intensely involved with a sensible exposure to sun and solaria. Therefore, since more than 20 years many prevention campaigns were performed with the aim to inform the public about the health risks of UV radiation and to sensitise to raise awareness for a more conscious exposure to UV radiation. These campaigns are partly carried out by governmental and partly by non-governmental organizations.

Zusammenfassung

Die seit den 1980er Jahren stetig ansteigende Zahl von Neuerkrankungen an Hautkrebs ist für Ärzte, Wissenschaftler und Politiker ausschlaggebender Grund, sich intensiv für einen vernünftigen Umgang mit Sonne und Solarien zu engagieren. Seit mehr als 20 Jahren werden darum in Deutschland Aufklärungskampagnen durchgeführt mit dem Ziel, über die gesundheitlichen Risiken der UV-Strahlung zu informieren und für einen bewussten Umgang mit UV-Strahlung zu sensibilisieren. Diese Kampagnen erfolgen teilweise durch staatliche und teilweise durch nicht-staatliche Stellen.

Einleitung

Seit den 1980er Jahren ist sowohl international als auch in Deutschland ein stetiger Anstieg der Zahl der Hautkrebsneuerkrankungen zu beobachten (siehe Beitrag S. 30ff. in diesem Heft). Vor diesem Hintergrund ist bereits vor fast einer Dekade auf die Notwendigkeit einer Hautkrebsprävention hingewiesen worden (z. B. Greinert et al. 2003; Steinmann Liebl 2004). So hat der Anstieg der Hautkrebsinzidenz dazu geführt, dass sich Behörden sowie nicht-staatliche Organisationen und Verbände intensiv mit Maßnahmen zur Prävention befassen.

Die in Deutschland laufenden Hautkrebspräventionskampagnen sprechen unterschiedliche Zielgruppen an und haben unterschiedliche Wirkungsradien. Diese reichen von einzelnen Aktivitäten vor Ort über bundesländerspezifische Maßnahmen bis hin zu bundesweiten Aktionen. Darüber hinaus gibt es Ansätze, international abgestimmte Kampagnen durchzuführen.

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über diese zahlreichen UV-Präventionskampagnen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Es werden dabei zunächst staatliche, dann nicht-staatliche und abschließend internationale Aktivitäten beschrieben (in Abstimmung mit den jeweils Verantwortlichen). Um den Wiedererkennungswert zu erhöhen, werden nicht nur die Kampagnen beschrieben, sondern auch ihre jeweiligen Logos mit angeführt beziehungsweise Informationsmaterial abgebildet.

Staatliche Kampagnen

Das **Bundesamt für Strahlenschutz** (BfS) ist eine Fachbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Es betreibt seit 1993 zusammen mit dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Deutschen Wetterdienst (DWD) ein bundesweites UV-Messnetz zur Ermittlung des UV-Index (siehe Beitrag S. 20ff. in diesem Heft). Der UV-Index bildet die Grundlage für Informationen über Risiken und Wirkung von UV-Strahlung sowie Empfehlungen zum Schutz vor gesundheitlichen Schädigungen, und zwar nicht nur der Haut, sondern auch der Augen.

Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen seiner Informationskampagne „**Sonne – aber sicher**“ (http://www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher; Abrufdatum: 30.05.2012) bundesweit Aktionen zum UV-Schutz durch. Dazu zählen neben einer mobilen UV-Ausstellung mit einem zum UV-Infomobil ausgebauten Kleinlastwagen vor



Grundschriften und Schulen der Sekundarstufe I. Diese Unterrichtsmaterialien wurden zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) und dem Zeitbild-Verlag erarbeitet.

Im Jahre 2011 wurde auf Initiative des BfS das UV-Bündnis gegründet, in dem wichtige Partner auf dem Gebiet des UV-Schutzes zusammenwirken (siehe Beitrag S. 5ff. in diesem Heft).

Neben diesen Aktionen, die sich an die Öffentlichkeit wenden, war und ist das BfS maßgeblich an der Erarbeitung rechtlicher Grundlagen zur Regulierung von Solarienbetrieben beteiligt (BGBl 2009; BGBl 2011).

Die **Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung** (BZgA) ist eine Fachbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG). Sie veröffentlicht zum Beispiel



den Eltern-Ordner zum gesunden Aufwachsen und zu den Früherkennungsuntersuchungen für Kinder U1–U9 und J1 „Gesund groß werden“. Im Infoheft 5 „Vorbeugung“ dieses Ordners geht die BZgA mit dem Kapitel „Sonnenschutz – ohne wenn und aber“ auf den für Kinder und Jugendliche so wichtigen Schutz vor übermäßiger UV-Strahlung und Sonnenbrand ein. Außerdem sind auf der Internetseite der BZgA <http://www.kindergesundheit-info.de> (Abrufdatum: 30.05.2012) ausführliche Informationen zu Risiken der UV-Strahlung und den notwendigen Vorbeugemaßnahmen veröffentlicht. Ferner ist eine Linkliste eingestellt, in der unter anderem auf die Aktivitäten anderer Behörden und Organisationen hingewiesen wird.

Die Bundesländer führen Maßnahmen zur Gesundheitsprävention durch, in denen auch UV-Strahlung eine Rolle spielt. Ein Beispiel für die Aktivitäten in einzelnen Bundesländern ist die Kampagne „**Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand**“ (<http://www.sonne-mit-verstand.de>; Abrufdatum:



30.05.2012) in Bayern. Das **Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit** (StMUG)

führt diese seit 2000 zusammen mit den Bayerischen Staatsministerien für Unterricht und Kultus (StMUK) sowie für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen (StMAS) mit jährlich wechselnden Aktionen und Zielgruppen durch. Seit Jahren wird der kindliche Sonnenschutz in Grundschulen und Kindergärten verstärkt thematisiert. Mit speziellem Material für Kinder sowie für Erzieherinnen und Erzieher wurde eine Kindergartenaktion durchgeführt und parallel evaluiert. Dabei zeigt sich, dass besonders die 3- bis 4-Jährigen den größten Wissenszuwachs zum Thema Sonnenschutz hatten (Eichhorn et al. 2007). Im Rahmen einer jährlichen Basisaktion erhalten die bayerischen Gesundheitsämter für ihre Aktionen vor Ort umfangreiche Materialien wie T-Shirts, Sonnenkappen und mehr. Sieben Projektpartner, wie die AOK, der Apothekerverband oder die Bayerische Landesärztekammer, erhalten Informationsbroschüren und Plakate, die dann bayernweit von ihnen weiter verteilt werden.

Nicht-staatliche Kampagnen

Die wichtigsten nichtstaatlichen Akteure, die sich in Deutschland seit über 20 Jahren für die Hautkrebsprävention einsetzen, sind die **Arbeitsgemeinschaft dermatologische Prävention e.V.** (ADP) und die **Deutsche Krebshilfe e.V.** (DKH). Seit 1989 führen die ADP und die DKH gemeinsam



bundesweite Aufklärungskampagnen durch (<http://www.unsererahut.de> → Service → Kampagneninfos; Abrufdatum: 30.05.2012). Ziel dieser Kampagnen ist es, so früh wie möglich auf die Gefährdung durch UV-Strahlung altersgemäß aufmerksam zu machen. Die Kampagnen haben als Ziel-

gruppe deshalb vor allem junge Menschen, wobei dies vom Baby – mit den Eltern als Ansprechpartner – über Schülerinnen und Schüler bis zu den jungen Erwachsenen reicht. Die Kampagnen sind dabei auf das jeweilige Lebensumfeld der Betroffenen und deren Ansprechpersonen abgestimmt. So werden die Zielgruppen mit kreativen, altersangepassten Informationsmedien wie zum Beispiel Anzeigen, Plakaten, Filmen, Broschüren, Aktionsseiten im Internet und Wettbewerben angesprochen. Die Beteiligung an den Aktionen ist hoch, Schulmaterialien und Broschüren sind stark nachgefragt und werden regelmäßig aktualisiert. Einige der Kampagnen wurden auf nationalen und internationalen Wettbewerben und auf Werbefestivals prämiert. Grundlage für die Aufklärungskampagnen bildet das „**Kind & Sonne – Lebensphasen-Programm**“, das aus Empfehlungen für europaweite Hautkrebs-Präventionsprogramme entstanden ist. Diese Empfehlungen wurden Ende 2001 gemeinsam von der ADP, der DHK, der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN) erarbeitet.

Der **Berufsverband der Deutschen Dermatologen** (BVDD) führt aktuell zwei Kampagnen zur Hautkrebsprävention durch: den **UV-Check** und die **EUROMELANOMA Kampagne**.

Der **UV-Check** (<http://www.uv-check.de>; Abrufdatum: 30.05.2012), den der BVDD in Zusammenarbeit



mit dem Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) entwickelt hat, dient zur täglichen Berechnung der individuellen UV-Eigen-schutzzeit der Haut. Interessierte registrieren sich im Internet, geben ihren Hauttyp an und erhalten so einen persönlichen und kostenfreien Zugang. Per Telefon oder per SMS (kostenpflichtig) erfahren Nutzerinnen und Nutzer auf Anforderung für jeden beliebigen Standort in Europa, wie lange sie sich unter den aktuellen Umgebungs- und Witterungsbedingungen maximal in der Sonne aufhalten könnten. Die Internetseite des UV-Checks liefert darüber hinaus Informationen zum Berechnungsverfahren hinter dem UV-Check und zur Benutzung des UV-Checks sowie wichtige fachärztliche Tipps zum richtigen Verhalten unter der Sonne. Zur Verdeutlichung sei angeführt, dass beim UV-Check die lokale aktuelle UV-Intensität zugrunde gelegt wird, während der UV-Index die regionale maximale UV-Intensität eines Tages wieder gibt.

Die **EuroMelanoma Kampagne** ist eine paneuropäische Kampagne zur Hautkrebsprävention unter dem Dach der Europäischen Akademie für Dermatologie und Venerologie



(EADV). Diese Kampagne wurde 1999 in Belgien initiiert und erstreckt sich inzwischen auf 29 europäische Länder. In Deutschland findet im Rahmen der EuroMelanoma-Kampagne bundesweit jedes Jahr im Mai eine EuroMelanoma-Woche statt.

Bildungseinrichtungen, Träger der öffentlichen Gesundheitspflege und Krankenkassen sind eingeladen, die EuroMelanoma-Kampagne regional aufzugreifen. Hautärztinnen und Hautärzte stehen ihnen als Fachleute für Veranstaltungen zur Verfügung. Darüber hinaus beteiligen sich an der EuroMelanoma-Woche immer wieder Kindergärten, Sportvereine und Schulen, um über die UV-Risiken und die Möglichkeiten eines wirksamen Eigenschutzes zu informieren. Vorsorgeuntersuchungen zur Früherkennung von Hautkrebs kommen ergänzend hinzu (siehe Beitrag S. 46ff. in diesem Heft). Eine aktuelle statistische Auswertung der EuroMelanoma-Kampagne 2011 zeigt, dass rund die Hälfte der Teilnehmerinnen und Teilnehmer während der Kampagne zum ersten Mal an einer dermatologischen Hautkrebsvorsorge teilgenommen hat.

Die in der Sektion A der **Deutschen Krebsgesellschaft e. V.** zusammengefassten **Landeskrebsgesellschaften** (LKG) organisieren vor Ort Projekte und Veranstaltungen zum Thema Krebs. Die Kampagnen richten sich sowohl an Fachpersonal als auch an die Bevölkerung.



Die LKG Baden-Württemberg führt zum Beispiel die Aktion „**Sonne mit Verstand**“ im Rahmen der EU-Kampagne „**Sonne mit Vernunft genießen**“ durch. Die LKG Nordrhein-Westfalen engagiert sich mit der Kampagne „Nackte Tatsachen“ für die Popularisierung des Hautkrebs-Screenings und gibt im Rahmen dieser Kampagne auch die Kinderfibel „Liebe liebe Sonne“ heraus. Im Jahre 2012 werden sich mehrere Landeskrebsgesellschaften an dem Projekt „SunPass – Gesunder Sonnenspaß für Kinder“ der **European Skin Cancer Foundation** beteiligen, indem durch die LKGs Er-

zieherinnen und Erzieher zum Thema „Hautschutz“ trainiert und die an der Umsetzung von Sonnenschutzmaßnahmen interessierten Kindergärten auditiert werden.

Internationale Aktivitäten

Das BfS und die ADP kooperieren mit der französischen **Association Sécurité Solaire** (ASS, <http://www.soleil.info>; Abrufdatum: 30.05.2012) und mit dem Team der Internetplattform <http://www.sonnentaler.net>



im Rahmen des Unterrichtsmoduls „Leben mit der Sonne“ (<http://www.sonnentaler.net/leben-mit-der-sonne>; Abrufdatum: 30.05.2012). Dieses Unterrichtsmodul ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen der *La main à la pâte* (lamap.inrp.fr; Abrufdatum: 30.05.2012) und der ASS. *La main à la pâte* hat sich in der französischen Bildungslandschaft etabliert und seit seiner Gründung 1996 viel zur Förderung und Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts beigetragen. An diesem Bündnis ist auch die französische Akademie der Wissenschaften beteiligt. Im Zusammenhang mit der UV-Exposition ist es das gemeinsame Ziel, bereits bei Kindern ein Bewusstsein für die Gefährdungen durch übermäßige Sonneneinstrahlung zu entwickeln. Das Unterrichtsmodul „Leben mit der Sonne“ für die 4. bis 6. Klasse verbindet Naturwissenschaften und Gesundheitserziehung miteinander und fördert gleichzeitig das Verantwortungsbewusstsein der Kinder als Bürgerinnen und Bürger. In dem Modul werden die Kinder über die Risiken starker, lang anhaltender Sonneneinstrahlung aufgeklärt und lernen vorbeugende Verhaltensweisen.

Die **European Skin Cancer Foundation** (ESCF) hat es sich zur Aufgabe gemacht, einheitliche Präventionsmaßnahmen, diagnostische Verfahren und Behandlungstherapien für Hautkrebs in Europa zu entwickeln und zu unterstützen. In Deutschland hat sie im Februar 2009 das **Projekt „SunPass – Gesunder Sonnenspaß für Kinder“** zur Auszeichnung von Kindergärten für aktive Bemühungen im Sonnenschutz ins Leben gerufen. Im Mittelpunkt von „SunPass“ steht die Einführung und Umsetzung einer sogenannten Sonnenschutzvereinbarung für die Kindergärten. Das sind einfache Grundregeln wie etwa das Vermeiden von Aktivitäten bei der stärksten Sonneneinstrahlung um die Mittagszeit,

das Tragen von Mützen, das regelmäßige Auftragen von Sonnencreme und das Einrichten von genügend Schattenplätzen.

Eltern, Erzieherinnen und Erzieher

werden zum Sonnenschutz geschult. Die Kinder lernen spielerisch durch Geschichten des Maskottchens „Paulchen“ den Umgang mit der Sonne. Kindergärten, die nach einer bestimmten Umsetzungsphase alle Punkte der vorgegebenen Sonnenschutzvereinbarung erfüllen und sich verpflichten, die Maßnahmen kontinuierlich auf ihre Effektivität zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern, erhalten die Auszeichnung „Sonnenschutzkindergarten“, den sogenannten „SunPass“.



Fazit

Der vorliegende Beitrag kann aufgrund der Fülle an Kampagnen nur einen unvollständigen Überblick über Kampagnen und Aktionen in Deutschland zum Thema „UV-Schutz“ und „Hautkrebsprävention“ geben. Alle Aktionen haben das Ziel, Sonnenschutz alltäglich und normal werden zu lassen und damit langfristig ein Abflachen des Anstiegs oder – noch besser – einen Rückgang der Hautkrebserkrankungshäufigkeit zu erreichen. Es existiert dabei bei einigen Akteuren schon eine Verbindung beziehungsweise Kooperation und dies zum Teil über Landesgrenzen hinweg, wie etwa an der französisch-deutschen Zusammenarbeit deutlich wird. Kooperation und Vernetzung der Akteure auch auf internationaler Ebene fördern die Effektivität der Kampagnen und verleihen ihnen eine entsprechend größere Durchsetzungskraft. Dass dies durchaus erfolgversprechend sein kann, hat eine gerade veröffentlichte epidemiologische Untersuchung bestätigt (Erdmann et al. 2012). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen deutlich, dass in den Ländern, in denen seit Jahrzehnten UV-Schutz- und Hautkrebspräventions-Kampagnen durchgeführt werden, die Neuerkrankungsraten für den schwarzen Hautkrebs (malignes Melanom) bei den 25- bis 44-Jährigen stabil bleiben beziehungsweise sogar leicht zurückgehen. Dazu gehören Australien, Neuseeland, USA, Kanada, Israel und Norwegen. In den europäischen Ländern steigen sie dagegen unvermindert. Die Autoren ziehen das Fazit, dass gerade in diesen

„high risk“-Ländern die Notwendigkeit für primäre und sekundäre Präventionskampagnen besteht und diese verstärkt durchgeführt werden sollten.

Nach derzeitigem Wissen bedingen insbesondere übermäßige UV-Expositionen und Sonnenbrände in den frühen Lebensjahren das Risiko im späteren Leben an Hautkrebs zu erkranken. Daher wenden sich die meisten der Kampagnen an Kinder, Eltern, Lehrerinnen und Lehrer sowie an Erzieherinnen und Erzieher. Die Kampagnen haben deshalb folgerichtig zum Ziel, den Kindern den richtigen Sonnenschutz zu zeigen, aber auch die Erwachsenen an ihre Verantwortlichkeit gegenüber sich selbst und ihren Kindern zu erinnern. Denn als Erwachsene tragen wir die Verantwortung dafür, unseren Kindern ein gesundes Leben zu ermöglichen. Und hierzu gehört auch, ihnen möglichst früh einen vernünftigen, bewussten Umgang mit der Sonne nahezubringen und ihnen ein gutes Vorbild zu sein.

Weiterführende Informationen finden Sie hier:

- BGBl (2009): NiSG – Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung. BGBl. I S. 2433 (Nr. 49). 03.08.2009.
- BGBl (2011): UVSV – Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung (UV-Schutz-Verordnung – UVSV). BGBl. I S. 1412 (Nr. 37), 20.07.2011.
- Eichhorn C, Seibold C, Loss J, Brix J, Steinmann A, Nagel E (2007): Sonnenschutz im Kindergarten. Einfluss der Kampagne „Sonne(n) mit Verstand“ auf Wissen und Verhalten bezüglich UV-Strahlung bei Kindergartenkindern. Kongress Medizin und Gesellschaft. Augsburg. <http://www.egms.de/de/meetings/gmds2007/07gmds080.shtml> (Abrufdatum: 29.05.2012).
- Erdmann F, Lortet-Tieulent J, Schüz J, Zeeb H, Greinert R, Breitbart EW, Bray F. (2012): International trends in the incidence of malignant melanoma 1953–2008 – are recent generations at higher or lower risk? In: Int. J. Cancer. doi: 10.1002/ijc.27616 (epub ahead of print).
- Greinert R, et al. (2003): Prävention von Hautkrebs – Notwendigkeit, Durchführung und Erfolg. In: Hautarzt 54: 1152–63.
- Steinmann A, Liebl B (2004): Prävention und Früherkennung von Hautkrebs. In: Gesundheitswesen 66 Suppl 1: 37–42.

Kontakt

Dr. Cornelia Baldermann
Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.4,
Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: cbaldermann[at]bfs.de

[BfS]

Prävalenz von Sonnenbrand, UV-Exposition und Sonnenschutzverhalten von Eltern bei ihren Kindern: Aktuelle Ergebnisse aus Bayern

Prevalence of sunburn, sun exposure and parental sun protection behaviour for children: up to date results from Bavaria, Germany

Swaantje Klostermann, Gabriele Bolte für die GME-Studiengruppe

Abstract

UV exposure is a risk factor for skin cancer especially in young children. Against the background of prevention recommendations the present paper aims to describe the prevalence of sunburn, sun exposure and parental sun protection behaviour for their children. In the 5th survey 2010/2011 of the health monitoring units in Bavaria, a written survey in three urban and three rural areas, parents of 4,579 preschool children (47% girls) aged 5–7 years took part (61%). 19% of the parents reported at least one sunburn of their children. More than 80% of the parents frequently/always used sunscreen and sun protective textiles (clothing/hat), respectively, 20% used sunglasses. 69% of the children frequently/always sought shade. Relating to the practice of single protection measures the parents showed a good behaviour in comparison to (inter)national data. Currently, the impact of sociodemographic characteristics and campaign knowledge for the parental sun protection behaviour are examined.

Zusammenfassung

Exposition gegenüber UV-Strahlung ist ein wesentlicher Risikofaktor für Hautkrebs, die kindliche Haut ist besonders sensibel. Vor dem Hintergrund der Empfehlungen von UV-Präventionskampagnen beschreibt dieser Artikel aktuelle Daten zur Häufigkeit von Sonnenbränden, UV-Exposition und UV-Schutz bei Kindern. Am 5. Survey 2010/2011 der Gesundheits-Monitoring-Einheiten Bayerns, einer schriftlichen Befragung in drei Landkreisen und drei Städten, beteiligten sich Eltern von 4.579 Kindern (47% Mädchen) zwischen 5 und 7 Jahren (Teilnahmerate: 61%). 19% der Kinder hatten jemals einen Sonnenbrand. Mehr als 80% der Eltern verwendeten oft/immer Sonnencreme beziehungsweise textilen Sonnenschutz (Kleidung/Hut), 20% eine Sonnenbrille. Im Mittagsschatten hielten sich 69% der Kinder oft/immer auf. Bezogen auf die Umsetzung einzelner empfohlener Maßnahmen zeigten die Eltern im (inter)nationalen Vergleich ein gutes Verhalten. Aktuell werden die Bedeutung soziodemografischer Merkmale und der Kampagnenkenntnis für das elterliche Sonnenschutzverhalten untersucht.

Einleitung

Die Exposition gegenüber der natürlichen ultravioletten Strahlung (UV-Strahlung) ist ein bedeutender Risikofaktor für Hautkrebs (Balk 2011; Steinmetz 2009). Durch ein gesundheitsbewusstes Verhalten in der Sonne kann das Risiko für einen späteren Hautkrebs reduziert werden. Epidemiologische Studien belegen eine besondere Gefahr der UV-Strahlung für Kinder. Kindliche UV-Exposition sowie Sonnenbrände in frühen Lebensjahren sind mit einem erhöhten Risiko für Hautkrebs im späteren Lebenslauf assoziiert. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass UV-induzierte Schäden der Haut bereits im ersten Sommer nach der Geburt auftreten können. Durch einen niedrigeren Melaniningehalt,

eine dünnere Hornhaut und ein größeres Oberflächen/Volumen-Verhältnis ist die kindliche Haut gegenüber der UV-Strahlung besonders sensibel (Paller et al. 2011). Für einen ausreichenden Schutz von Kindern vor den Gefahren der UV-Strahlung sind in erster Linie ihre Eltern verantwortlich (Johnson et al. 2001).

Seit 1989 werden in Deutschland flächendeckend UV-Präventionskampagnen durchgeführt mit dem Ziel, das Wissen über die Gefahr der UV-Strahlung zu erhöhen, einen gesundheitsbewussten Umgang mit der UV-Strahlung zu erreichen und dadurch langfristig die Inzidenz von Hautkrebs zu senken

(Blum et al. 1998; Breitbart et al. 2006; Greinert et al. 2003). Hauptakteure in Deutschland sind die Arbeitsgemeinschaft dermatologische Prävention e.V. (ADP) und die Deutsche Krebshilfe e.V. (DKH), die seit 1989 bundesweit Kampagnen zum Schutz vor der UV-Strahlung durchführen (Blum et al. 1998). Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen seiner Informationskampagne „Sonne – aber sicher“ bundesweit Aktionen zum UV-Schutz durch (BfS 2010). In Bayern wird die Kampagne „Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand“ seit 2000 mit jährlich wechselnden Aktionen und Zielgruppen vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) durchgeführt. Seit 2003 wird der kindliche Sonnenschutz verstärkt thematisiert (Steinmann Liebl 2004; StMUG ohne Jahr). Die Präventionskampagnen in Deutschland empfehlen folgende Maßnahmen zum UV-Schutz: Unabhängig vom Hauttyp sollte die direkte Sonne besonders zur Mittagszeit (11 bis 15 Uhr) vermieden werden. Es wird empfohlen die Haut durch Textilien (T-Shirt, Hose, Kopfbedeckung etc.) und Sonnencreme zu schützen. Kleidung und Sonnencreme sollten einen ausreichend hohen UV-Protektionsfaktor (UPF) beziehungsweise Lichtschutzfaktor (LSF) enthalten. Das Sonnenschutzmittel sollte außerdem einen Lichtschutzfaktor gegen die UV-A-Strahlung (UV-A-Filter) beinhalten und in ausreichendem Abstand vor der Exposition (30 Minuten vorher) aufgetragen werden. Um die Augen vor möglichen Schäden durch die UV-Strahlung zu schützen, sollte eine Sonnenbrille getragen werden (Paller et al. 2011; Steinmann Liebl 2004; Steinmetz 2009). Ein umfangreiches Wissen über das Risiko der UV-Strahlung war in den 1990er Jahren in Deutschland bereits vorhanden, ein entsprechendes Verhalten zeigte sich jedoch weder bei Jugendlichen und Erwachsenen (Blum et al. 1998; Breitbart et al. 2006; Eichhorn et al. 2008) noch bei Eltern für ihre Kinder (Kölmel et al. 1997). Eine Studie vor 10 Jahren in Erlangen zeigte, dass das umfangreiche Wissen der Eltern im Widerspruch zu ihren positiven Einstellungen gegenüber der mit Gesundheit und Attraktivität assoziierten Bräune stand und ein optimaler UV-Schutz der Kinder nicht erfolgte (Li et al. 2011). Zur Häufigkeit von Sonnenbränden im Kindesalter gibt es für Deutschland keine aktuellen Daten.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel unserer aktuellen Studie die Lebenszeitprävalenz von Sonnenbrand, die Exposition gegenüber der UV-Strahlung

und das elterliche Sonnenschutzverhalten bei Kindern aus städtischen und ländlichen Regionen in Bayern zu beschreiben und die Bedeutung soziodemografischer Merkmale sowie der Kenntnis von UV-Präventionskampagnen zu untersuchen. In diesem Beitrag werden erste deskriptive Ergebnisse dargestellt.

Methodik

Im 5. Survey 2010/2011 im Rahmen der Gesundheits-Monitoring-Einheiten in Bayern (GME) wurde eine schriftliche Elternbefragung bei der Schuleingangsuntersuchung zur UV-Exposition, zum Sonnenschutzverhalten, zur Lebenszeitprävalenz von Sonnenbrand und zur Kenntnis einer bayerischen und einer bundesweiten UV-Präventionskampagne durchgeführt. Im Rahmen der GME werden seit 2004 regelmäßig in den kreisfreien Städten München, Ingolstadt und Bamberg und den Landkreisen Günzburg, Schwandorf und Bamberg Studien zur Kindergesundheit mit einem Schwerpunkt auf umweltbezogene Gesundheit durchgeführt (Bolte et al. 2007). Am 5. GME-Survey nahmen Eltern von 4.579 Kindern (47% Mädchen) zwischen 5 und 7 Jahren teil (Teilnahmerate 61%).

Für die Definition des kindlichen Hauttyps wurden die Angaben der Eltern zur Hautfarbe, Augenfarbe und zur Reaktion der ungeschützten Haut des Kindes in der prallen Sonne herangezogen. Auf Basis dieser Angaben wurden die Hauttypen 1 bis 4 nach Fitzpatrick definiert (Fitzpatrick 1988). Der Migrationshintergrund des Kindes wurde in Anlehnung an Schenk et al. definiert (Schenk et al. 2006). Die Schulbildung der Eltern wurde in drei Kategorien zusammengefasst, gewertet wurde jeweils die höhere Bildung von Mutter beziehungsweise Vater. Die relative Einkommensarmut wurde auf Basis des Äquivalenz-Haushaltsnettoeinkommens wie in Scharte und Bolte definiert (Scharte Bolte 2012). Bei der Frage, ob die Eltern gezielt Bekleidung mit einem UPF > 30 kaufen, wurden die beiden Antwortmöglichkeiten „ja, immer“ und „ja, nur für Urlaube“ zu „Ja“ und die anderen beiden Antwortmöglichkeiten „nein“ und „kenne den UPF nicht“ zu „Nein“ zusammengefasst. Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Statistiksoftware SAS in der Version 9.2.

Ergebnisse

Soziodemografische Merkmale

Die Studienteilnehmenden stammten in etwa zu gleichen Anteilen aus den fünf Regionen (Landkreis Schwandorf 16 %, Stadt und Landkreis Bamberg 18 %, Landkreis Günzburg 21 %, Landkreis Ingolstadt 22 %, Stadt München 24 %). 83 % der Eltern waren verheiratet, 14 % der Studienteilnehmenden gaben an, ihr Kind allein zu erziehen. 22 % der Kinder waren Einzelkinder, 55 % hatten ein Geschwisterkind und 23 % zwei oder mehr. Rund ein Drittel der Kinder hatte einen Migrationshintergrund. Als höchste elterliche Schulbildung hatten 43 % der Eltern Abitur oder Fachhochschulreife, 36 % einen Realschulabschluss und 21 % höchstens einen Hauptschulabschluss. In 94 % der Haushalte war mindestens ein Elternteil erwerbstätig. 19 % der Familien hatten weniger als 60 % des medianen Äquivalenz-Haushaltsnettoeinkommens im Monat zur Verfügung und gelten daher als relativ arm im Vergleich zu ihrem sozialen Umfeld.

Phänotyp des Kindes

Die meisten Kinder der Studienpopulation entsprachen den Hauttypen 2 oder 3 (jeweils rund 43 %), 4 % hatten eine besonders helle Haut (Hauttyp 1) und 10 % eine dunklere (Hauttyp 4).

Lebenszeitprävalenz von Sonnenbrand

19 % der Eltern gaben an, dass ihr Kind schon einmal einen Sonnenbrand hatte. Am häufigsten trat der erste Sonnenbrand zwischen dem vierten und fünften Lebensjahr auf, die meisten Kinder mit Sonnenbrand hatten bisher nur einen. Ein schwerer Sonnenbrand mit Blasen trat bei 22 Kindern (0,5 %) auf.

UV-Exposition

Tabelle 1 beschreibt die UV-Exposition der Kinder in Bayern. Die Mehrheit der Kinder hielt sich im Sommer tagsüber (zwischen 11 und 17 Uhr) mehr als zwei Stunden im Freien auf. Unter der Woche hielten sich 26 % der Kinder mehr als vier Stunden draußen auf, am Wochenende stieg der Anteil auf über 60 %. Die meisten Kinder besuchten im Sommer ein Freibad oder einen Badensee, 38 % mehr als 10-mal. 62 % der Kinder hatten bisher mindestens einen Urlaub in einer sonnenreichen Gegend wie zum Beispiel im Mittelmeerraum verbracht. Weniger häufig waren die Kinder in einer Gebirgsregion im Urlaub (45 %) oder an der Nord- oder Ostsee (23 %). Die Länge der Urlaube lag jeweils am häufigsten zwischen ein und zwei Wochen.

Tabelle 1: UV-Exposition des Kindes nach Elternangaben (5. GME-Survey 2010/11).

	%	n
Aufenthalt im Freien an Werktagen		
< 30 min	1,0	46
30 - < 60 min	4,0	178
1 - < 2 h	19,0	840
2 - < 4 h	50,3	2.227
≥ 4 h	25,7	1.138
Aufenthalt im Freien an Wochenenden		
< 30 min	0,5	20
30 - < 60 min	1,4	60
1 - < 2 h	6,0	263
2 - < 4 h	29,8	1.296
≥ 4 h	62,3	2.713
Besuche im Freibad (Badensee)		
nie	4,5	200
1-5 mal	27,5	1.229
6-10 mal	30,2	1.349
11-20 mal	21,2	948
> 20 mal	16,4	732
Eigener Pool	0,2	8
Anzahl der Sonnenurlaube		
keinen	38,0	1.724
1-2 Urlaube	24,8	1.124
> 2 Urlaube	37,2	1.684
Ø Wochen pro Sonnenurlaub		
keinen	38,7	1.724
1-2 Wochen	48,2	2.149
> 2 Wochen	13,2	588
Anzahl der Nord-/Ostsee-Urlaube		
keinen	77,1	3.510
1-2 Urlaube	16,0	727
> 2 Urlaube	7,0	318
Ø Wochen pro Nord-/Ostsee-Urlaub		
keinen	77,9	3.510
1-2 Wochen	18,3	823
> 2 Wochen	3,8	173
Anzahl der Gebirgsurlaube		
keinen	54,8	2.488
1-2 Urlaube	22,4	1.018
> 2 Urlaube	22,8	1.038
Ø Wochen pro Gebirgsurlaub		
keinen	55,9	2.488
1-2 Wochen	39,9	1.775
> 2 Wochen	4,3	191
Sonnenurlaube: Urlaube in sonnenreichen Gegenden (z. B. Mittelmeerraum, Kanarische Inseln).		

Sonnenschutzverhalten

Das Sonnenschutzverhalten der Eltern bei ihren Kindern im Sommer an sonnigen Tagen ist in **Tabelle 2** aufgeführt. Der Empfehlung, dass sich das Kind besonders zur Mittagszeit (11 bis 15 Uhr) im Schatten aufhalten sollte, wurden 69% der Eltern oft oder immer gerecht. Durch Kleidung schützten 80% der Eltern ihre Kinder oft beziehungsweise immer. Spezielle UPF-Kleidung kauften 18% gezielt ein, hiervon kauften 14% diese Kleidung nur für Urlaube. Einen Hut oder andere Kopfbedeckung verwendeten 83% und eine Sonnenbrille 20% oft oder immer. Sonnencremes wurden von 89% der Eltern oft oder immer verwendet. Die Mehrheit verwendete einen LSF > 15 (98%), achtete auf eine vollständige Benetzung (85%) und gab an, dass das Sonnenschutzmittel einen UV-A-Filter enthält (79%). Allerdings cremten 73% der Eltern ihre Kinder 15 Minuten oder kürzer vor der Exposition ein. Rund 1% der Eltern verwendete gar keine Sonnencreme bei ihren Kindern. Über den UV-Index informierten sich nur 8% der Eltern und richteten den Sonnenschutz ihres Kindes danach, 26% kannten den UV-Index nicht.

Kampagnenkenntnis

Schließlich wurde die Kenntnis der seit dem Jahr 2000 existierenden bayerischen Kampagne „Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand“ und der erst kurz vor unserer Studie im Jahr 2010 begonnenen bundesweiten Kampagne „Sonne – aber sicher“ abgefragt. Bei 10% der Eltern war die bayerische und bei 6% die bundesweite Kampagne bekannt. 13% der Eltern kannten wenigstens eine der beiden Kampagnen (**Tabelle 3**).

Zusammenfassung und Ausblick

Jedes fünfte Kind hatte bis zur Einschulung mindestens einen Sonnenbrand. Bei der Hälfte der Kinder mit Sonnenbrand handelte es sich um ein einmaliges Ereignis, 4% hatten mehr als drei Sonnenbrände. Der Vergleich unserer Daten mit den Daten aus einer früheren Elternbefragung im Jahr 2002/2003 in sechs bayerischen Regionen (Ingolstadt, Miesbach, Schwandorf, Augsburg-Land, Günzburg, Ostallgäu) (von Kries et al. 2003) deutet – ohne Berücksichtigung der soziodemografischen Merkmale der Studienpopulationen – auf eine Abnahme der Prävalenz um 10% hin.

Tabelle 2: Sonnenschutzverhalten der Eltern bei ihrem Kind (5. GME-Survey 2010/11).

	%	n
Mittagsschatten		
Nie	1,0	45
Selten	4,8	214
Manchmal	25,0	1.119
Oft	52,9	2.367
Immer	16,2	726
Kleidung		
Nie	1,3	59
Selten	4,0	178
Manchmal	15,0	670
Oft	45,6	2.046
Immer	34,1	1.530
UPF-Kleidung		
Ja	18,3	811
Nein	81,7	3.611
Kopfbedeckung		
Nie	1,2	52
Selten	4,6	208
Manchmal	11,1	499
Oft	35,2	1.586
Immer	48,0	2.166
Sonnenbrille		
Nie	17,0	764
Selten	26,4	1.185
Manchmal	36,4	1.632
Oft	16,8	756
Immer	3,4	152
Sonnenschutzcreme		
Nie	0,9	42
Selten	2,6	117
Manchmal	7,4	336
Oft	23,2	1.050
Immer	65,8	2.976
LSF zu Hause		
LSF 6–10	1,8	77
LSF 15–25	25,2	1.069
LSF 30–50	58,1	2.466
LSF 50+	15,0	636
Eincremen vor Exposition		
Gar nicht	1,3	59
Unmittelbar	25,8	1.153
ca. 15 min	46,7	2.084
mind. 30 min	26,2	1.170
UV-Index		
Ja	7,7	340
Nein	66,1	2.915
Nicht bekannt	26,2	1.158
UPF: UV-Protektions-Faktor.		

Tabelle 3: Kenntnis der UV-Präventionskampagnen (5. GME-Survey 2010/11).		
	%	n
„Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand“		
Ja	10,2	442
Nein	89,6	3.902
Vermutlich nein	0,2	10
„Sonne – aber sicher!“		
Ja	6,1	262
Nein	92,4	4.000
Vermutlich nein	1,5	65
Kenntnis mindestens einer Kampagne		
Ja	12,5	539
Nein	87,5	3.788
„Vermutlich nein“: Falls bei der Beantwortung bei einer Kampagne keine Angabe gemacht wurde, bei der anderen Kampagne aber „Ja“ angekreuzt wurde. „Kenntnis mindestens einer Kampagne“: „Vermutlich nein“ wurde als „Nein“ gewertet.		

Mehr als 80% der Eltern verwendeten Sonnencreme beziehungsweise textilen Sonnenschutz für ihre Kinder. Die Sonnencreme wurde am häufigsten genutzt (89% oft/immer), die Sonnenbrille am seltensten (20% oft/immer). Wenn eine regelmäßige Nutzung (oft/immer) von mindestens einer empfohlenen Sonnenschutzmaßnahme als adäquates Verhalten definiert wird, zeigt die Mehrheit der Eltern ein mit den Empfehlungen der UV-Präventionskampagnen übereinstimmendes Verhalten. In den letzten Jahren wurden Erwachsene und Jugendliche in Deutschland zu den bei sich selbst angewandten Sonnenschutzmaßnahmen befragt. In einer repräsentativen Befragung von Erwachsenen aus 2.400 deutschen Haushalten im Jahr 2003 zeigte sich, dass 50 bis 70% der Befragten immer beziehungsweise meistens Sonnencreme oder textilen Sonnenschutz nutzten oder sich besonders zur Mittagszeit im Schatten aufhielten, 20% gaben an, eine Kopfbedeckung immer oder meistens zu tragen (Breitbart et al. 2006). Eine Befragung von 545 bayerischen Jugendlichen und jungen Erwachsenen 2004/2005 ergab, dass 88% Sonnencreme, 61% Kleidung und 12% Sonnenbrillen verwendeten. 21% hielten sich vor allem mittags im Schatten auf (Eichhorn et al. 2008). Die Eltern in unserer Studienpopulation zeigten ein den Empfehlungen besser entsprechendes Verhalten. Diese Prävalenz elterlichen Sonnenschutzverhaltens ist möglicherweise auf ein erhöhtes Präventionsbewusstsein in den letzten Jahren, sicherlich aber auf eine erhöhte Vorsicht bei kindlicher UV-Exposition zurückzuführen. Im

Vergleich zum elterlichen Sonnenschutzverhalten im europäischen Ausland (Severi et al. 2002) zeigt unsere Stichprobe ebenfalls ein besseres Verhalten.

In unserer aktuellen Studie aus den Jahren 2010/2011 kannten 13% der Eltern eine der beiden UV-Präventionskampagnen. Die bayerische Kampagne „Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand“ war etwas bekannter als die bundesweite Kampagne „Sonne – aber sicher!“ (10% vs. 6%). Bei der Befragung der jungen bayerischen Bevölkerung 2004/2005 kannten 11% der 14- bis 45-Jährigen die bayerische Kampagne (Eichhorn et al. 2008). Dass die bundesweite Kampagne erst im Sommer 2010 und damit kurz vor unserer Befragung initiiert wurde, ist eine mögliche Erklärung für den etwas geringeren Bekanntheitsgrad.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Eltern in den untersuchten Regionen Bayerns einzelne von den UV-Präventionskampagnen empfohlene Maßnahmen häufig umsetzten. Dies bestätigt die vergleichsweise niedrige Lebenszeitprävalenz von Sonnenbrand bei den 5- bis 7-jährigen Kindern. Gegenstand weiterer Analysen ist die Frage, inwiefern die Eltern die einzelnen Maßnahmen kombiniert anwenden, da nur die gleichzeitige Anwendung der Schutzmaßnahmen die Haut optimal vor den Gefahren der UV-Strahlung schützt. Derzeit wird von den Autorinnen in multivariaten Analysen untersucht, welche Bedeutung soziodemografische Merkmale der Eltern und die Kenntnis von Präventionskampagnen für das elterliche Sonnenschutzverhalten haben.

Danksagung

Wir danken allen Eltern für die Teilnahme am 5. GME-Survey sowie Angelika Zirngibl für das Datenmanagement.

GME-Studiengruppe des 5. Survey 2010/2011

Gesundheitsamt, Landratsamt Bamberg: Angelika Pfister, Rosemarie Sittig, Winfried Strauch, Heidi Thamm, Anita Wunder; Gesundheitsamt, Landratsamt Günzburg: Tatjana Frieß-Hesse, Dagmar Rudolph, Roland Schmid, Gudrun Winter; Gesundheitsamt, Stadt Ingolstadt: Isabella Bockmann, Christine Gampenrieder, Margot Motzet, Elisabeth

Schneider, Traudl Tontsch, Gerlinde Woelk; Referat für Gesundheit und Umwelt, Landeshauptstadt München: Sylvia Kranebitter, Heidi Mayrhofer, Gertraud Rohrhirsch; Gesundheitsamt, Landratsamt Schwandorf: Kornelia Baranek, Gitte Koch-Singer, Maximilian Kühnel; Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, München und Oberschleißheim: Gabriele Bolte, Hermann Fromme, Lana Hendrowarsito, Caroline Herr, Joseph Kuhn, Bernhard Liebl, Uta Nennstiel-Ratzel, Manfred Wildner, Angelika Zirngibl.

Literatur

Balk SJ (2011): Ultraviolet radiation: A hazard to children and adolescents. In: *Pediatrics* 127: 791–817.

BFS (2010): Informationskampagne: Sonne – aber sicher! http://www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher (Abrufdatum: 24.04.2012).

Blum A, Garbe C, Rassner G (1998): Prävention des malignen Melanoms. In: *Hautarzt* 49: 826–834.

Bolte G, Heissenhuber A, von Kries R et al. (2007): Gesundheits-Monitoring-Einheiten (GME) in Bayern. Konzept, Ziele und thematische Schwerpunkte des 1. Surveys zu Umwelt und Gesundheit von Kindern. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 50: 476–83.

Breitbart EW, Volkmer B, Voss S et al. (2006): Prävention von Hautkrebs. In: Garbe, C. (Hrsg.) *Management des Melanoms*. Berlin Heidelberg: Springer.

Eichhorn C, Seibold C, Loss J et al. (2008): Kenntnisstand zum Thema UV-Strahlung und Sonnenschutz: Befragung von bayerischen Jugendlichen und jungen Erwachsenen. In: *Hautarzt* 59: 821–7.

Fitzpatrick TB (1988): The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. In: *Arch Dermatol* 124: 869–71.

Greinert R, Volkmer B, Wende A et al. (2003): Prävention von Hautkrebs. Notwendigkeit, Durchführung und Erfolg. In: *Hautarzt* 54: 1152–63.

Johnson K, Davy L, Boyett T et al. (2001): Sun protection practices for children: knowledge, attitudes, and parent behaviors. In: *Arch Pediatr Adolesc Med* 155: 891–6.

Kölmel KF, Pfahlberg A, Gefeller O (1997): Melanomprävention durch Sonnenschutzmaßnahmen im Kindesalter. Zeitliche Veränderungen im Bewußtsein von Eltern. In: *Hautarzt* 48: 391–396.

Li J, Uter W, Pfahlberg A et al. (2011). Parental perspective on sun protection for young children in Bavaria. In: *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 27: 196–202.

Paller AS, Hawk JL, Honig P et al. (2011). New insights about infant and toddler skin: implications for sun protection. In: *Pediatrics* 128: 92–102.

Scharte M, Bolte G für die GME-Studiengruppe (2012): Kinder alleinerziehender Frauen in Deutschland: Gesundheitsrisiken und Umweltbelastungen. In: *Gesundheitswesen* 74: 123–31.

Schenk L, Bau AM, Borde T et al. (2006). Mindestindikatorensatz zur Erfassung des Migrationsstatus. Empfehlungen für die epidemiologische Praxis. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 49: 853–60.

Severi G, Cattaruzza MS, Baglietto L et al. (2002): Sun exposure and sun protection in young European children: an EORTC multicentric study. In: *Eur J Cancer* 38: 820–6.

Steinmann A, Liebl B (2004): Prävention und Früherkennung von Hautkrebs. In: *Gesundheitswesen*, 66 Suppl 1: 37–42.

Steinmetz M (2009): Solare UV-Strahlung im Zeichen des erwarteten Klimawandels. In: *UMID* 3: 24–28.

STMUG (ohne Jahr): Sonne(n) mit Verstand – statt Sonnenbrand. <http://www.sonne-mit-verstand.de/index.htm> (Abrufdatum: 24.04.2012).

Von Kries R, Toschke M, Kilian M (2003): Projektbericht Schuleingangsuntersuchungen 2003: Umwelt und Gesundheit. <http://www.lgl.bayern.de/publikationen/index.htm> (Abrufdatum: 24.04.2012).

Kontakt

PD Dr. Gabriele Bolte, MPH
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Sachbereich Arbeits- und Umweltepidemiologie
Pfarrstr. 3
80538 München
E-Mail: [gabriele.bolte\[at\]lgl.bayern.de](mailto:gabriele.bolte[at]lgl.bayern.de)

[BfS]

Mehr als Wissen und Risikowahrnehmung: Sonnenschutz effektiv kommunizieren

More than knowledge and risk perception: Communicating sun protection effectively

Constanze Rossmann, Natalie Schüz

Abstract

Mass-mediated health campaigns have a high reach and are well able to raise awareness of an issue. With regards to behavior they are less effective. Interpersonal measures of health promotion are more effective, but they are limited in reach and cost efficiency. One approach to increase the effectiveness of mass-mediated campaigns reposes on theory-based development strategies, integrating knowledge from communication science, cognitive psychology, and health psychology. Sun protection behavior is mainly determined by attitudes and perceived behavioral control, to a lesser extent by risk perception. Hence, interventions should use messages creating positive attitudes towards the issue and strengthening behavioral control. These messages should be distributed via traditional mass-media as well as interactive channels (social network sites, mobile media) in order to combine high reach and effective address.

Zusammenfassung

Massenmediale Gesundheitskampagnen haben eine hohe Reichweite und sind in der Lage, Bewusstsein für ein Thema zu wecken. Im Zusammenhang mit Verhalten ist ihre Effektivität eher begrenzt. Interpersonale Maßnahmen sind effektiver, aber nicht kosteneffizient für große Populationen einsetzbar. Ein Weg zur Verbesserung der Effektivität liegt in einer stärkeren theoretischen Verankerung durch Integration gesundheits- und kognitionspsychologischer sowie kommunikationswissenschaftlicher Erkenntnisse. Sonnenschutzverhalten hängt vor allem von Einstellungen und wahrgenommener Verhaltenskontrolle ab, weniger von der Risikowahrnehmung. Es ist daher ratsam, in Interventionen vor allem solche Botschaften zu verwenden, die positive Einstellungen zum Thema erzeugen und die Verhaltenskontrolle stärken. Diese sollten über traditionelle Massenmedien und interaktive Kanäle (soziale Netzwerkseiten, mobile Medien) verbreitet werden, um hohe Reichweite und effektive Ansprache zu verbinden.

Einleitung

Aufklärungskampagnen im Gesundheitsbereich wurden bereits Anfang des 20. Jahrhunderts durchgeführt, etabliert haben sie sich etwa in den 1970er Jahren (Bonfadelli Friemel 2010). Ziel der meist über massenmediale Kanäle verbreiteten Kampagnen zur Prävention und Gesundheitsförderung ist es, Bewusstsein für Gesundheitsprobleme zu wecken, Wissen zu vermitteln, Einstellungen, Verhaltensintentionen und/oder gesundheitsschädigende Verhaltensweisen zu ändern oder gesundheitsfördernde Verhaltensweisen zu stabilisieren (McGuire 1999; Atkin 2001). Vorteil von massenmedialen, also über Fernsehen, Hörfunk oder Printmedien verbreiteten, Kampagnen ist, dass sie eine große Reichweite erzielen und somit in der Lage sind, eine Vielzahl von Menschen anzusprechen. Evaluationsstudien zeigen jedoch, dass massenme-

diale Kampagnen, wenn auch kosteneffizient, so doch häufig in ihrer Effektivität begrenzt sind (Snyder Hamilton 2002). Interpersonale Interventionen (z. B. Arzt-Patienten-Gespräche, Schulungen in Gruppen) sind effektiver, da sie besser auf individuelle Vorkenntnisse und Bedürfnisse eingehen können. Gleichzeitig sind diese in ihrer Reichweite begrenzt und weniger kosteneffizient. Die Lösung des Problems kann also nicht darin bestehen, auf massenmediale Gesundheitskampagnen zu verzichten. Es gilt jedoch, eine Balance zwischen Effizienz und Streuverlusten, Effektivität und Kostenaufwand zu finden.

Der entscheidende Lösungsansatz liegt in einer besseren theoretischen Fundierung von Kampagnen. Bisher werden sie zu oft eher auf der Ba-

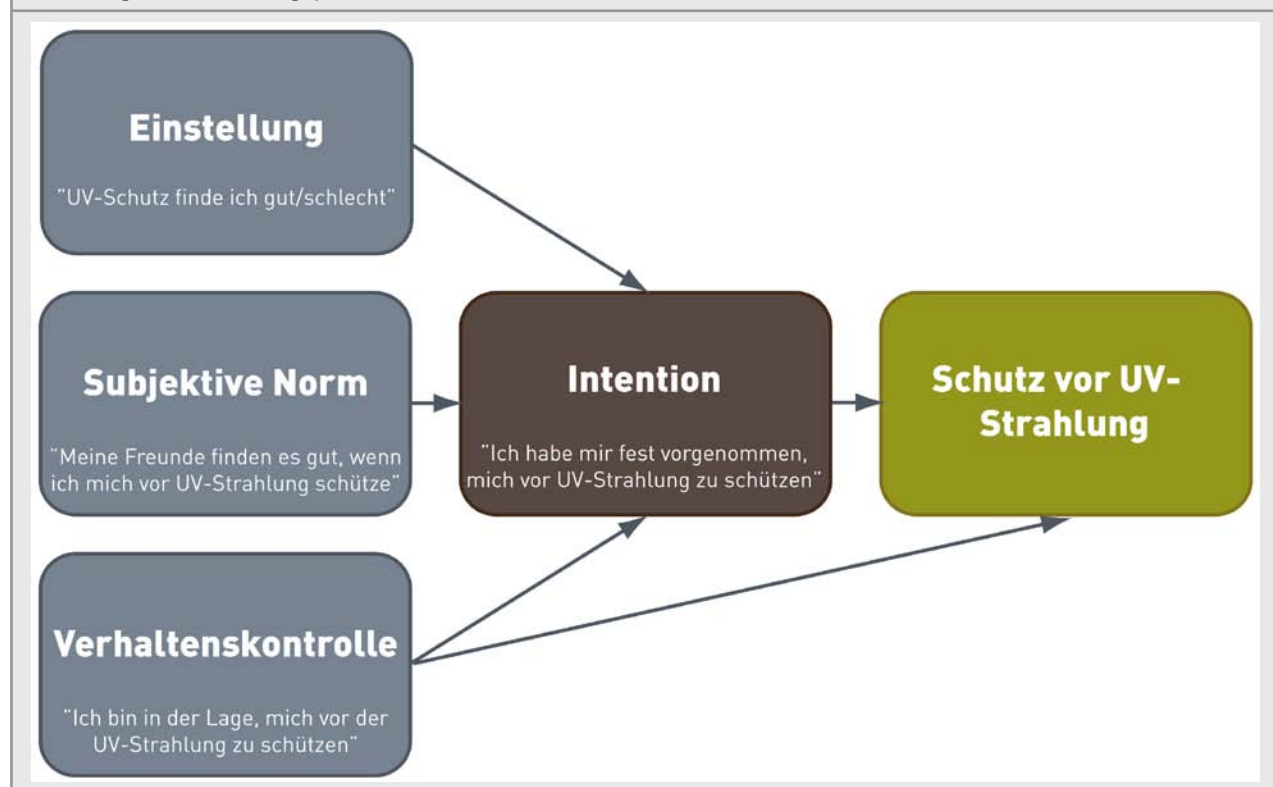
sis von Bauch- und Best-Practice-Entscheidungen entwickelt, als auf der Basis theoretisch fundierter und empirischer Erkenntnisse, obwohl das Wissen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen fruchtbar gemacht werden kann (Finnegan Viswanath 2008; Bonfadelli Friemel 2010). Von zentraler Bedeutung sind dabei Erkenntnisse der Gesundheitspsychologie zur Erklärung von Gesundheitsverhalten, Befunde der Kognitionspsychologie zur Informationsverarbeitung und kommunikationswissenschaftliche Theorien und Erkenntnisse zu Mediennutzung und -wirkung. Diese theoretischen Perspektiven und Erkenntnisse gilt es bei der Kampagnenplanung gezielt und integrativ einzusetzen.

Rahmenmodell zur theoretischen Fundierung von Interventionen

(Gesundheits-)psychologische Modelle zur Erklärung von Gesundheitsverhalten, etwa die Theorie des geplanten Verhaltens (Fishbein Ajzen 2009; Rossman 2011), die sozialkognitive Theorie (Bandura 2001), das Health Belief Model (Champion Skinner 2008) oder der Health Action Process Approach (Schwarzer 2008), versuchen, menschliches

Verhalten mit teils unterschiedlichen, teils ähnlichen Determinanten zu erklären. Wie **Abbildung 1** darstellt, hängt Verhalten (z. B. Sonnenschutzverhalten) nach der Theorie des geplanten Verhaltens etwa von der Verhaltensintention (z. B. „Ich habe vor, mich vor UV-Strahlung zu schützen.“) ab, diese wiederum basiert auf Einstellungen (z. B. „Ich finde es gut/schlecht, mich vor UV-Strahlung zu schützen.“), subjektiver Norm (z. B. „Meine Freunde finden es gut, wenn ich mich vor UV-Strahlung schütze.“) und wahrgenommener Verhaltenskontrolle (z. B. „Ich bin in der Lage, mich vor UV-Strahlung zu schützen.“). Solche Modelle haben nicht nur theoretische Relevanz. Vielmehr lassen sie sich in der Kampagnenplanung gezielt einsetzen, um herauszufinden, welche Verhaltensdeterminante ein spezifisches Verhalten in der anvisierten Zielgruppe am stärksten beeinflusst. Zeigt sich in Vorstudien bei einer bestimmten Zielgruppe etwa, dass die Einstellung zum Sonnenschutzverhalten am stärksten mit der Verhaltensintention zusammenhängt, so wäre dies ein Indikator dafür, dass Interventionen, die darauf abzielen, die Einstellungen zu ändern, eher effektiv sein werden, als solche, die versuchen, Normvorstellungen oder wahrgenommene Verhaltenskontrolle zu ändern. Ist es hingegen die wahrgenommene Verhaltenskontrolle, die

Abbildung 1: Theorie des geplanten Verhaltens.



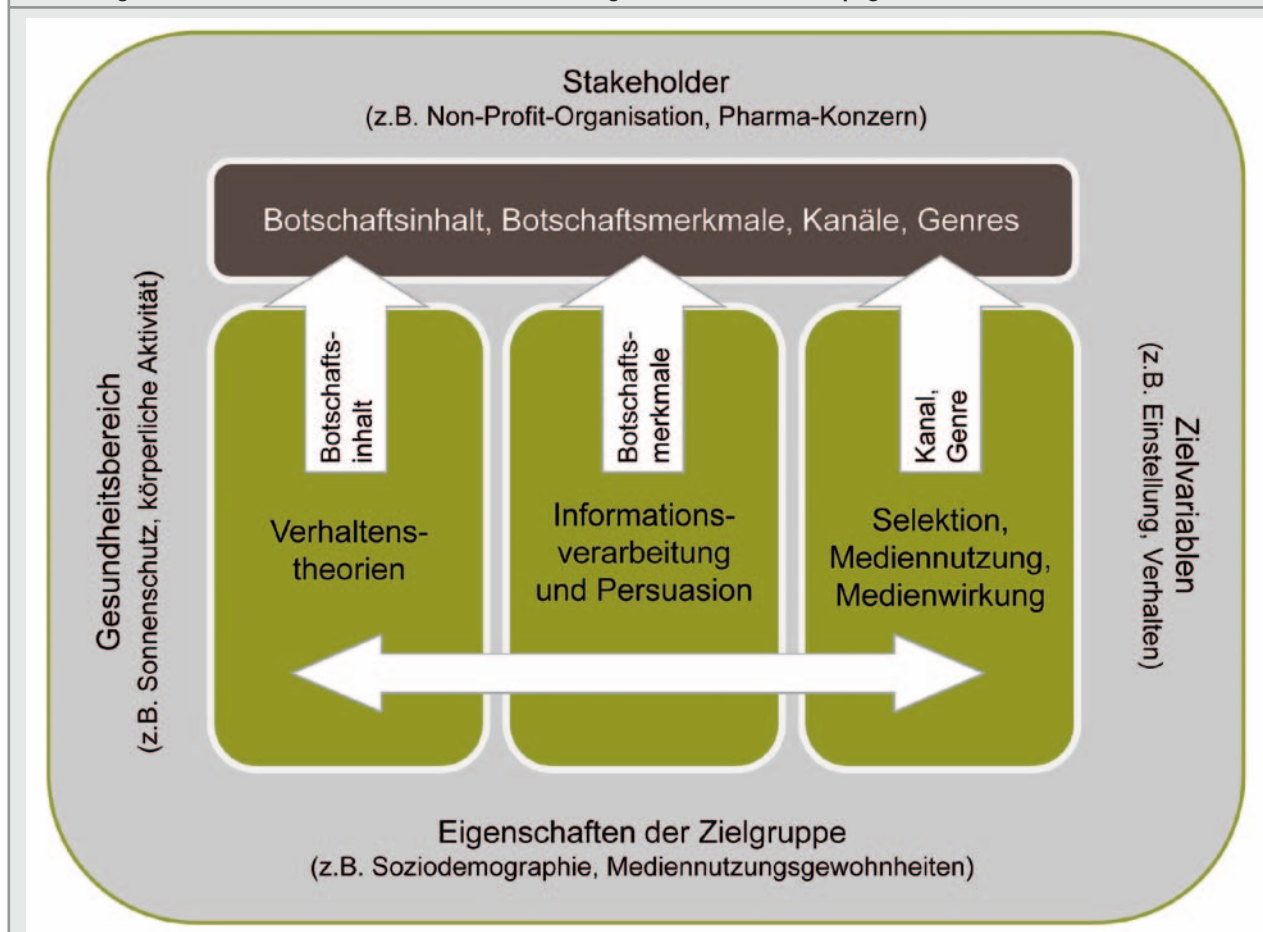
die Absicht, sich vor der UV-Strahlung zu schützen, stärker beeinflusst, so sollten Interventionen eher darauf abzielen, diese zu ändern (Montano Kasprzyk 2008).

Wenn es darum geht, zu entscheiden, wie eine solche Botschaft formuliert und aufbereitet sein muss, ist es sinnvoll, die Erkenntnisse zur Verarbeitung und Speicherung von Informationen heranzuziehen. So wissen wir etwa, dass für Adressaten unterschiedliche Aspekte einer Botschaft relevant sind, je nachdem, ob sie motiviert sind, sich mit einem Thema auseinanderzusetzen, oder nicht (vgl. z. B. das Elaboration-Likelihood-Modell von Petty und Cacioppo 1986). Auch gilt es zu berücksichtigen, dass Menschen Informationen nicht vollständig und rational verarbeiten und dadurch beispielsweise Risiken unterschätzen, zum Beispiel aufgrund optimistischer Fehlschlüsse (siehe unten). Den dritten Baustein stellen Theorien und Modelle der Kommunikationswissenschaft dar, die sich mit der Frage beschäftigen, welche Medien Menschen nutzen, warum Menschen bestimmte Medien oder

Medieninhalte auswählen und welchen Einfluss bestimmte Medien, Medienkanäle oder Medieninhalte auf Menschen haben. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ableiten, über welche Kanäle (z. B. Printmedien, Fernsehen) und in welchen Genres (z. B. Informations- oder Unterhaltungsangebote) eine Kampagnenbotschaft verbreitet werden muss, um bei der Zielgruppe anzukommen. **Abbildung 2** stellt das Zusammenspiel dieser theoretischen Disziplinen und ihre Bedeutung für die Kampagnenentwicklung zusammenfassend dar.

Das Modell verdeutlicht auch, dass eine Kampagne nie losgelöst vom konkreten Gesundheitsverhalten, vom Kampagnenziel, den Stakeholdern der Kampagne und nicht zuletzt der Zielgruppe entwickelt werden kann. Eine erfolgreiche Kampagnenentwicklung setzt daher immer voraus, die Zielgruppe, ihre relevanten Verhaltensdeterminanten, ihr Mediennutzungsverhalten, ihre bisherigen Vorstellungen vom Thema und ihr bisheriges Verhalten in empirischen Vorstudien kennenzulernen. Vor diesem Hintergrund stellt sich nun die Frage,

Abbildung 2: Rahmenmodell zur theoretischen Fundierung von Gesundheitskampagnen.



welche Faktoren dafür entscheidend sind, sich vor UV-Strahlung zu schützen.

Welche Faktoren beeinflussen Sonnenschutzverhalten?

Viele Gesundheitskampagnen zielen mit ihren Botschaften vor allem darauf ab, über Gesundheitsthemen wie UV-Strahlung aufzuklären und durch die Betonung der Gefahren von bestimmten Verhaltensweisen abzuhalten. Dahinter steckt die Idee, dass Menschen allein dadurch motiviert werden, riskantes Verhalten zu ändern, wenn man ihnen vor Augen führt, welche gesundheitlichen Gefahren mit ihrem Verhalten verbunden sind. Das Eingestehen des persönlichen Risikos für eine Krankheit, die durch gesundheitsschädigendes Verhalten verursacht werden kann, wird als Risikowahrnehmung bezeichnet. In den Theorien, die zur Vorhersage von Gesundheitsverhalten entwickelt wurden, zum Beispiel der Theorie des geplanten Verhaltens (**Abbildung 1**) spielt die Risikowahrnehmung allerdings nur eine untergeordnete Rolle. Hier wird davon ausgegangen, dass die Risikowahrnehmung lediglich Einstellungen zum Sonnenschutz beeinflusst und mit der Verhaltensintention nur geringfügig zusammenhängt. Analog geht der Großteil der Gesundheitsverhaltenstheorien davon aus, dass die Risikowahrnehmung keinen direkten Einfluss auf Verhalten hat.

In Bezug auf Wissen verhält es sich ähnlich. So ist der Kenntnisstand der Bevölkerung zum Thema Hautkrebs zwar verbesserungsbedürftig, das Grundwissen zu den Gefahren der UV-Strahlung ist jedoch relativ hoch (Eichhorn 2008). Dennoch führt dieses Wissen selten dazu, dass mehr auf entsprechendes Schutzverhalten geachtet wird, weshalb reine Aufklärungsprogramme bestenfalls zu einer Einstellungsänderung führen, jedoch kaum zu Verhaltensänderungen (Arthey Clarke 1995). Die Motivation zum Sonnenschutz wird vielmehr dadurch bestimmt, ob eine Person sich in der Lage sieht, sich vor der Sonne zu schützen, auch wenn dies schwer fällt oder sich Hindernisse auftun. Diese können zum Beispiel darin bestehen, dass es nicht genug schattige Plätze gibt oder dass man schlichtweg vergisst, Sonnencreme aufzutragen, bevor man in die Sonne geht. Diese sogenannte Verhaltenskontrolle ist der geläufigeren Selbstwirksamkeitserwartung sehr ähnlich, die sich auf das generelle Vertrauen in die eigene Fähigkeit bezieht, schwierige Verhaltensweisen trotz bestehender

Hürden auszuführen (vgl. Bandura 2001) und hängt stark mit der Intention zum Sonnenschutz und mit dem eigentlichen Verhalten zusammen. Darüber hinaus gilt die Einstellung zum Sonnenschutz als wichtiger Einflussfaktor der Verhaltensintention. Die Einstellung ist umso positiver, je mehr wahrgenommene Vorteile mit Sonnenschutz verbunden werden (z. B. der angenehme Geruch von Sonnencreme, das Verhindern von Sonnenbrand) und je weniger Nachteile wahrgenommen werden. Für viele Menschen gilt ein gebräuntes Aussehen nach wie vor als Schönheitsideal. So wird als größter Nachteil von Sonnenschutzverhalten immer wieder der Verzicht auf braune Haut genannt. Neben der Einstellung und der Verhaltenskontrolle geht die Theorie des geplanten Verhaltens davon aus, dass subjektive Normen die Sonnenschutzintention beeinflussen. Sind wir davon überzeugt, dass Menschen die uns wichtig sind, es gut fänden, wenn wir mehr auf adäquaten Sonnenschutz achten, dann steigt die Wahrscheinlichkeit, dass wir uns auch tatsächlich vornehmen, zu Sonnenschutzmaßnahmen zu greifen.

Es gibt einige empirische Studien, die die Eignung der Theorie des geplanten Verhaltens zur Vorhersage von Sonnenschutzverhalten überprüft haben (Hillhouse et al. 1997; Jones et al. 2001; Myers Horswill 2006; White et al. 2008). Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass der Einfluss von subjektiven Normen auf Sonnenschutzintentionen eher gering ist, während der Einfluss von Einstellungen zum Sonnenschutz und vor allem der Einfluss von Selbstwirksamkeitserwartungen auf Intention und Verhalten sehr stark ist. Eine andere Studie, die untersucht hat, inwiefern Einstellungen, Selbstwirksamkeit und Risikowahrnehmung die Sonnencremebenutzung vorhersagen, hat gezeigt, dass auch hier vor allem die Selbstwirksamkeit eine wichtige Rolle spielt, während der Einfluss von Risikowahrnehmung eher zu vernachlässigen ist (Craciun et al. 2012). Theorie und Evidenz zeigen also, dass Hautkrebspräventionsmaßnahmen, die mittels Aufklärung und Abschreckung versuchen, die Risikowahrnehmung zu beeinflussen, nur sehr eingeschränkt erfolgreich sein können.

Risikobotschaften und Gesundheitsverhaltensänderung

Ein möglicher Grund für die schwachen Erfolgsaussichten von vielen Risikobotschaften liegt darin, dass die meisten Menschen dazu tendieren, ihr eigenes Risiko zu unterschätzen. Diese Tendenz wird auch als optimistischer Fehlschluss bezeichnet (Weinstein 1984). So zeigen Studien, dass Menschen ihr persönliches Risiko für Krankheiten oft als geringer einschätzen als das Risiko einer Vergleichsperson mit dem gleichen Risikostatus (Weinstein 1980). Das bedeutet, selbst wenn unser objektives Krankheitsrisiko genauso hoch ist wie das einer anderen Person, unterliegen wir dennoch oft dem Fehlschluss, dass wir weniger von dem Risiko betroffen wären. Dies mag erklären, warum Wissensvermittlung und Abschreckung, und die damit beabsichtigte Steigerung der Risikowahrnehmung, nicht ausreichen, um Verhalten langfristig zu beeinflussen. Außerdem können sich Präventionsmaßnahmen, die abschreckende Botschaften einsetzen, unter Umständen sogar negativ auf das Gesundheitsverhalten der Zielgruppe auswirken. Fühlen sich Menschen durch eine Risikobotschaft bedroht, ergeben sich zwei Möglichkeiten, mit dem Risiko umzugehen. Zum einen kann man versuchen, das riskante Verhalten einzustellen, und zum Beispiel auf den regelmäßigen Solarienbesuch verzichten. Dies bedeutet aber in vielen Fällen, eine langfristige Gewohnheit zu ändern. Viel einfacher erscheint oft die alternative Möglichkeit mit dem Risiko umzugehen: Man zweifelt die Gültigkeit der Risikobotschaft an oder streitet das eigene Risiko ab. Eine Studie zu solchen Risikobotschaften im Bereich der Hautkrebsprävention hat gezeigt, dass Abschreckungsmaßnahmen sogar dazu führen können, dass sich Menschen anschließend noch riskanter verhalten als vorher, indem sie sich nach der Risikorückmeldung absichtlich verstärkt der Sonne aussetzen (Schüz et al. in Druck). Das zeigt, dass Risikobotschaften vorsichtig eingesetzt werden sollten. Dennoch hat sich herausgestellt, dass Risikokommunikation durchaus sinnvoll für die Verhaltensänderung eingesetzt werden kann. Dazu muss sie allerdings mit konkreten Hinweisen gepaart werden, die erläutern, welche Verhaltensmaßnahmen das Risiko effektiv verhindern können. Zusätzlich muss die Verhaltenskontrolle oder Selbstwirksamkeit angesprochen werden, damit sich Personen überhaupt in der Lage sehen, gesundheitsschädigendes Verhalten zu ändern (Witte Allen 2000).

Veränderung von Selbstwirksamkeit, Einstellung und Risikowahrnehmung

Die oben dargestellten Studien und Gesundheitsverhaltenstheorien legen nahe, dass es sinnvoll ist, im Rahmen von Hautkrebspräventionsmaßnahmen vor allem die Selbstwirksamkeit und die Einstellung, in geringerem Maße aber auch die Risikowahrnehmung anzusprechen. Wie ließe sich das konkret umsetzen?

Die Selbstwirksamkeit kann auf verschiedene Arten beeinflusst werden. Die effektivste Methode zur Steigerung der Selbstwirksamkeit ist das Setzen von Unterzielen und damit das Herbeiführen von kleineren Erfolgserlebnissen (Bandura 1997). Für Menschen, die sich bisher noch gar nicht mit Sonnenschutz beschäftigt haben, erscheint es fast unmöglich, den ganzen Sommer auf angemessenen Sonnenschutz zu achten. In diesem Fall ist es sinnvoll, sich als Unterziel zum Beispiel zunächst nur vorzunehmen, einen Monat lang das Haus immer eingecremt zu verlassen. Dadurch entsteht jeden Tag, an dem man Sonnencreme benutzt, ein kleines Erfolgserlebnis, das dazu führt, dass man sich mehr und mehr zutraut – die Selbstwirksamkeit steigert sich dementsprechend.

Um eine positivere Einstellung zum UV-Schutz zu erreichen, sollte man vor allem die kurzfristigen Vorteile von Sonnenschutz darstellen (Sonnenbrand wird verhindert, eingecremte Haut fühlt sich angenehm an, Sonnencreme riecht gut, usw.). Zusätzlich sollte auf das fragwürdige Schönheitsideal von gebräunter Haut eingegangen werden, zum Beispiel indem verdeutlicht wird, dass der Trend weg von gebräunter Haut in Richtung eines natürlichen Aussehens geht. Für Zielgruppen, die wenig Vorwissen zum Thema Hautkrebsprävention haben, ist es sicherlich auch sinnvoll, Informationen zu geben und über das Risiko aufzuklären, das mit UV-Strahlung verbunden ist. Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass Risikobotschaften immer einhergehen mit konkreten Verhaltenshinweisen, wie das Risiko vermieden werden kann.

Eine Hautkrebspräventionsmaßnahme, die Selbstwirksamkeitserwartung, Einstellung und Risikowahrnehmung anspricht, ist sicherlich nicht für jede Zielgruppe gleich gut geeignet. So kann man bei einer jugendlichen Zielgruppe davon ausgehen, dass Freunde einen starken Einfluss auf das Gesundheits- und Risikoverhalten haben. In diesem

Fall könnte es also wichtig sein, zusätzlich subjektive Normen anzusprechen. Für Menschen, die schon motiviert sind, auf Sonnenschutz zu achten, die aber Schwierigkeiten haben, ihre gute Absicht in konkretes Verhalten umzusetzen, spielen Faktoren wie Risikowahrnehmung und Einstellung kaum eine Rolle. Interventionen für diese Zielgruppe müssten also gänzlich andere Faktoren, wie etwa die Handlungskontrolle und Handlungsplanung ansprechen, und somit Strategien fördern, die bei der Umsetzung von Absichten hilfreich sind (Schwarzer 2008). Eine ausgewogene gesundheitspsychologische Intervention zum Thema UV-Schutz muss also stets an die Zielgruppe angepasst werden und lässt sich kaum ausschließlich in massenmedialen Kampagnen umsetzen, in denen der Platz für mögliche Botschaften in der Regel begrenzt ist, beispielsweise auf einen Plakatslogan.

Verbreitungskanäle

Wichtig ist es daher, möglichst mehrere und unterschiedliche Kanäle für die Verbreitung von gesundheitsförderlichen Botschaften einzusetzen und dabei sowohl mediale als auch interpersonale Maßnahmen einzusetzen. Plakate, Radio- und Fernsehspots eignen sich gut, um mit kurzen Slogans Aufmerksamkeit für ein Thema zu schaffen, aber weniger, um detailliertes Wissen oder regelmäßige Verhaltenshinweise zu liefern. Daher sollten diese Kanäle um ausführlichere Artikel in Printmedien ergänzt werden. Eine weitere Möglichkeit bietet das Internet, das die Reichweite der klassischen Massenmedien mit dem erhöhten Wirkungspotenzial interpersonaler Kommunikation verknüpft. So können Gesundheitsinformationen im Internet sehr viel leichter auf einzelne Personen zugeschnitten werden (Stichwort: „Tailoring“; vgl. Suggs 2006) und sie lassen sich dabei so gestalten, dass ein direkter, interaktiver Austausch ermöglicht wird. Allerdings ist hier darauf zu achten, dass sich das Internet nur für die Zielgruppen eignet, die es nutzen, vor allem jüngere Menschen. Auch ist die Befundlage zur tatsächlichen Wirksamkeit bislang noch recht dünn (vgl. im Überblick Rossmann 2010). Neue Möglichkeiten bieten sich durch die zunehmende Akzeptanz und Verbreitung von sozialen Netzwerkangeboten und Interventionen über Smartphone-Applikationen. Gerade diese dürften sich besonders gut eignen, um Menschen wiederholt und regelmäßig – etwa durch Aussenden von Kurznachrichten – Botschaften zu schicken, die

konkrete Informationen dazu liefern, wie sich die Intention, sich vor der UV-Strahlung zu schützen, auch tatsächlich in Verhalten umsetzen lässt, um somit die Selbstwirksamkeit zu steigern. Erste Belege für die Wirksamkeit solcher Maßnahmen gibt es bereits (Noar Harrington 2012).

Darüber hinaus ist es hilfreich, massenmediale und interpersonale Kommunikation dadurch zu verknüpfen, dass man Anschlusskommunikation erzeugt. So ist es denkbar, massenmediale Informationen vor allem an solche Personen zu richten, die in ihrem sozialen Netzwerk als „Meinungsführer“ für Gesundheitsfragen gelten. Dahinter steckt die Annahme, dass sich diese Personen häufiger als andere mit Personen ihres sozialen Netzwerks austauschen und als Ratgeber für bestimmte Themen anerkannt sind. Sie sind somit eher in der Lage, Menschen von der Dringlichkeit zu überzeugen, sich vor UV-Strahlung zu schützen (Southwell Yzer 2007).

Fazit

Welchen Kommunikationskanal man auch immer wählt, Kommunikationsmaßnahmen werden nur dann fruchtbar sein, wenn sie die richtigen Botschaften verbreiten. Es ist daher unerlässlich, Modelle des Gesundheitsverhaltens, wie die Theorie des geplanten Verhaltens, in der Planung anzuwenden, um wichtige Hinweise über grundlegende Verhaltensmechanismen zu erhalten. Mit ihrer Hilfe sollten kommunikative Maßnahmen sowohl geplant als auch evaluiert werden. Schließlich kann nicht oft genug angemerkt werden, die Wirksamkeit von Interventionen durch Evaluationsstudien zu prüfen, um auf diese Weise von guten Beispielen, aber auch von Fehlern lernen zu können und auf lange Sicht Kampagnen und Interventionen zu entwickeln, die effizient und effektiv sind.

Literatur

Arthey S, Clarke VA (1995): Suntanning and sun protection – a review of the psychological literature. In: Soc. Sci. Med. 40: 265–274.

Atkin CK (2001): Theory and principles of media health campaigns. In: Rice RE, Atkin CK (Hrsg.): Public communication campaigns, 3rd Edition. Thousand Oaks, CA, Sage: 49–68.

Bandura A (1997): Self-efficacy: The exercise of control. New York, W.H. Freeman & Co.

- Bandura A (2001): Social cognitive theory of mass communication. In: *Media Psychology* 3: 265–299.
- Bonfadelli H, Friemel TN (2010): Kommunikationskampagnen im Gesundheitsbereich. Grundlagen und Anwendungen. 2., völlig bearbeitete und erweiterte Auflage. Konstanz, UVK.
- Champion VL, Skinner CS (2008): The health belief model. In: Glanz K, Rimer BK, Viswanath K (Hrsg.): *Health behavior and health education: Theory, research, and practice*. San Francisco, CA, Wiley & Sons: 45–65.
- Craciun C, Schüz N, Lippke S, et al. (2012): A mediator model of sunscreen use: A longitudinal analysis of social-cognitive predictors and mediators. In: *International Journal of Behavioral Medicine* 1: 65–72.
- Eichhorn C, Seibold C, Loss J, et al. (2008): Kenntnisstand zum Thema UV-Strahlung und Sonnenschutz. Befragung von bayerischen Jugendlichen und jungen Erwachsenen. In: *Hautarzt* 59: 821–827.
- Finnegan JR, Viswanath K (2008): Communication theory and health behavior change. The media studies framework. In: Glanz K, Rimer BK, Viswanath K (Hrsg.): *Health behavior and health education: Theory, research, and practice*. San Francisco, CA, Wiley & Sons: 363–387.
- Fishbein M, Ajzen I (2009): Predicting and changing behavior. The reasoned action approach. New York Taylor & Francis.
- Hillhouse JJ, Adler CM, Drinnon J, et al. (1997): Application of Azjen's theory of planned behavior to predict sunbathing, tanning salon use, and sunscreen use intentions and behaviors. In: *J. Behav. Med.* 20: 365–378.
- Jones F, Abraham C, Harris P, et al. (2001): From knowledge to action regulation: Modeling the cognitive prerequisites of sunscreen use in Australian and UK samples. In: *Psychol. Health* 16: 191–206.
- McGuire WJ (1999): *Constructing social psychology. Creative and critical processes*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Montano DE, Kasprzyk D (2008): Theory of reasoned action, theory of planned behavior, and the integrated behavioral model. In: Glanz K, Rimer BK, Viswanath K (Hrsg.): *Health behavior and health education: Theory, research, and practice*. San Francisco, CA, Wiley & Sons 67–96.
- Myers LB, Horswill MS (2006): Social cognitive predictors of sun protection intention and behavior. In: *Behav. Med.* 32: 57–63.
- Noar SM, Harrington NG (Hrsg.) (2012): *E-health applications: promising strategies for behavior change*. New York, Routledge.
- Petty RE, Cacioppo JT (1986): The elaboration likelihood model of persuasion. In: *Advances in Experimental Social Psychology* 19: 123–205.
- Rossmann C (2010): Gesundheitskommunikation im Internet. Erscheinungsformen, Potenziale, Grenzen. In: Schweiger W, Beck K (Hrsg.): *Handbuch Online-Kommunikation*. Wiesbaden, VS Verlag: 338–363.
- Rossmann C (2011): Theory of Reasoned Action – Theory of Planned Behavior. Baden-Baden, Nomos.
- Schüz N, Schüz B, Eid M (in Druck): When risk communication backfires: Self-affirmation and reactance to personalized visual risk information in high-risk individuals – an RCT. In: *Health Psychol.*
- Schwarzer R (2008): Modeling health behavior change: How to predict and modify the adoption and maintenance of health behaviors. In: *Applied Psychology – An International Review* 57: 1–29.
- Snyder LB, Hamilton MA (2002): A meta-analysis of U.S. health campaign effects on behavior: Emphasize enforcement, exposure, and new information, and beware the secular trend. In: Hornik RC (Hrsg.): *Public health communication. Evidence for behavior change*. Mahwah, NJ, Erlbaum: 357–383.
- Southwell BG, Yzer MC (2007): The roles of interpersonal communication in mass media campaigns. In: *Communication Yearbook* 31: 420–462.
- Suggs S (2006): A 10-year retrospective of research in new technologies for health communication. In: *Journal of Health Communication* 11.
- Weinstein ND (1980): Unrealistic optimism about future life events. In: *J. Pers. Soc. Psychol.* 39: 806–820.
- Weinstein ND (1984): Why it won't happen to me: perceptions of risk factors and susceptibility. In: *Health Psychol.* 3: 431–457.
- White KM, Robinson NG, Young RM, et al. (2008): Testing an extended theory of planned behaviour to predict young people's sun safety in a high risk area. In: *British Journal of Health Psychology* 13: 435–448.
- Witte K, Allen M (2000): A meta-analysis of fear appeals: Implications for effective public health campaigns. In: *Health Educ. Behav.* 27: 591–615.

Kontakt

Dr. Constanze Rossmann
Ludwig-Maximilians-Universität München
Institut für Kommunikationswissenschaft und Medienforschung
Munich Center of Health Sciences
Oettingenstr. 67
80538 München
E-Mail: [rossmann\[at\]ifkw.lmu.de](mailto:rossmann[at]ifkw.lmu.de)

Dr. Natalie Schüz
University of Tasmania
Menzies Research Institute Tasmania & School of Psychology
Private Bag 30, Hobart TAS 7001
Australien
E-Mail: [natalie.schuez\[at\]utas.edu.au](mailto:natalie.schuez[at]utas.edu.au)

[BfS]



DIE SONNENSCHUTZREGELN

SO SCHÜTZEN SIE IHR KIND UND SICH RICHTIG!

REGEL NR. 1: ANZIEHEN!

Der beste und einfachste Schutz ist mit Kleidung und einem Sonnenhut zu erreichen. Die Kleidung sollte leicht und weit sein. Kleidung mit UV-Schutz ist in manchen Fällen empfehlenswert. Der Hut sollte auch die Ohren und den Nacken schützen. Schuhe sollten den Fußrücken bedecken.

REGEL NR. 2: AUGEN SCHÜTZEN!

Eine Sonnenbrille beugt Augenschäden wie Linsentrübung oder Schädigung der Netzhaut vor. Hinsichtlich der UV-Filterwirkung bestehen keine Bedenken, preisgünstige Brillen vom Drogeriemarkt etc. zu verwenden, sofern diese einen Herstellerhinweis zum UV-Schutz (100 % UV-Schutz oder UV 400) aufweisen und auf eine geeignete Tönung (braun oder grau) sowie einen ausreichenden Seitenschutz geachtet wird.

REGEL NR. 3: EINCREMEN!

Cremen Sie alle unbedeckten Körperstellen großzügig mit einer Sonnencreme ein, die mindestens einen Lichtschutzfaktor (LSF) von 20 aufweist. Dieser LSF entspricht einem mittleren Schutzniveau. Im Hochsommer und in südlichen Ländern sollten Sie einen noch höheren LSF (hohes Schutzniveau) wählen. Verwenden Sie eine Sonnencreme mit UV-A- und UV-B-Filter und tragen Sie die Sonnencreme eine halbe Stunde vor dem Aufenthalt in der Sonne auf, damit sie ihre Wirkung voll entfalten kann. Erneuern Sie den Sonnenschutz mehrmals täglich. Achtung: Nachcremen verlängert die Schutzwirkung nicht. Es erhält sie nur.

REGEL NR. 4: KEINE MEDIKAMENTE UND SONNE!

Achten Sie bei Medikamenten auf Nebenwirkungen im Zusammenhang mit Sonnenlicht. Fragen Sie sicherheitshalber vorher Ihren Arzt.

REGEL NR. 5: KEINE STARKE BESTRAHLUNG!

Meiden Sie die Sonne in der Mittagszeit (zwischen 11.00 und 15.00 Uhr). Die Wirkung der Sonne ist dann mehrfach

höher als vormittags oder nachmittags. Richten Sie sich bei Aktivitäten im Freien nach dem UV-Index (UVI) und schützen Sie Kinder entsprechend. Den UVI erfahren Sie beispielsweise über den Wetterbericht oder im Internet. Beachten Sie aber, dass die UV-Belastung aufgrund von Reflexionen an Schnee, Sand und Wasser höher sein kann als der UVI angibt.

REGEL NR. 6: KEINE PRALLE SONNE FÜR KLEINKINDER!

Kleinkinder gehören nicht in die pralle Sonne. Suchen Sie ihnen einen schattigen Platz und ziehen Sie Ihre Kinder sonnengerecht an. Auf Sonnencreme sollte im ersten Lebensjahr verzichtet werden.

REGEL NR. 7: KEIN SONNENBRAND!

Vermeiden Sie einen Sonnenbrand! Selbst eine schmerzlose Hautrötung (leichteste Form des Sonnenbrandes) kann Hautschäden bewirken.

REGEL NR. 8: BESONDERER SCHUTZ BEIM BADEN!

Beim Baden und Schwimmen gilt: Auch hier sollten Schultern, Brust und Rücken mit einem T-Shirt oder spezieller UV-Badekleidung bedeckt sein. Insbesondere nach dem Aufenthalt im Wasser sollte die Haut mit Sonnenschutzcreme nachgcremt werden, um die Schutzwirkung zu erhalten.

REGEL NR. 9: MEIDE SOLARIEN!

Geben Sie im Urlaub der Haut Zeit, sich an die Sonne zu gewöhnen. Bleiben Sie in den ersten Tagen lieber im Schatten. Eine Vorbräunung im Solarium führt übrigens nicht zu einer nennenswerten Erhöhung des Eigenschutzes der Haut. Die zusätzliche UV-Belastung schadet dagegen der Haut.

REGEL NR. 10: SEI VORBILD!

Gehen Sie mit gutem Beispiel voran, damit sich Ihr Kind von klein auf an den richtigen Umgang mit der Sonne gewöhnt.

Bitte senden Sie das gekennzeichnete Informationsmaterial an:

Name: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
D-38201 Salzgitter

E-Mail: info@bfs.de

Hiermit bestelle ich beim BfS folgende kostenlose Informationsmaterialien (bitte Anzahl eintragen):

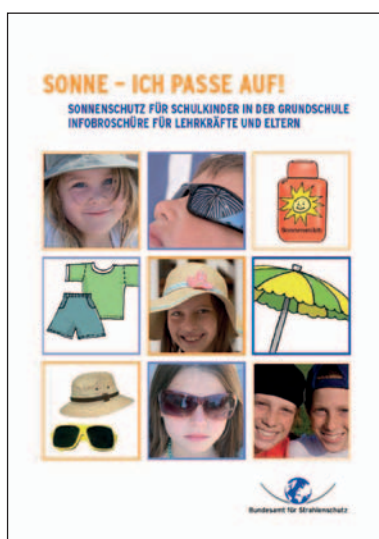
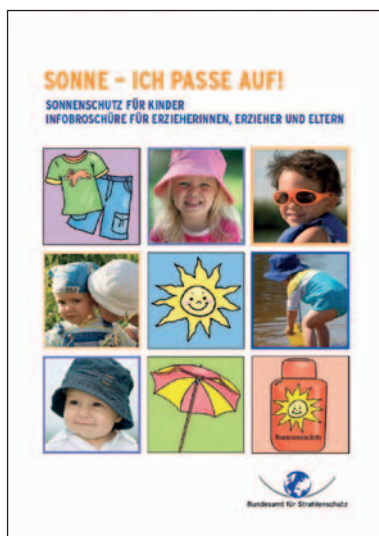
	Faltblatt "Sonne – aber sicher! Eine Initiative des Bundesamtes für Strahlenschutz" kostenloser Download: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/optische_strahlung/uv_buendnis_flyer.html	
	Flyer "Mit heiler Haut durch den Sommer" kostenloser Download: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/optische_strahlung/mit_heiler_haut.html	
<i>Unterrichtsmaterialien für Kindergärten und Kindertagesstätten</i> kostenloser Download: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/unterrichtsmaterial/uv/unterrichtsmaterialien.html		
	Infobroschüre "Sonne – Ich passe auf!" für Eltern, Erzieherinnen und Erzieher.	
	Poster (DIN A2)	
<i>Unterrichtsmaterialien für Grundschulen</i> kostenloser Download: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/unterrichtsmaterial/uv/unterrichtsmaterialien_gs.html		
	Infobroschüre "Sonne – Ich passe auf!" für Eltern, Lehrerinnen und Lehrer	
	Poster (DIN A2)	
<i>Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe I</i> kostenloser Download: http://www.bfs.de/de/bfs/publikationen/unterrichtsmaterial/uv/unterrichtsmaterialien_sek.html		
	Infobroschüre „Sommer, Spaß & Sonnenschutz!“ für Eltern, Lehrerinnen und Lehrer.	
	Poster (DIN A2)	

Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.1
Geschäftsstelle "Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit"
Corrensplatz 1
14195 Berlin

E-Mail: apug@uba.de

Hiermit bestelle ich bei der APUG-Geschäftsstelle (bitte Anzahl eintragen):

	APUG Sommer-Tipps: So vermeiden Sie gesundheitliche Belastungen durch Umwelteinflüsse kostenloser Download: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/3515.html	
--	--	---



Bestellschein am Ende des Heftes.