

9 Klimawandelbedingte Veränderungen in der UV-Exposition: Herausforderungen für die Prävention UV-bedingter Hauterkrankungen

Jobst Augustin, Brigitte Stephan und Matthias Augustin

C. Günster | J. Klauber | B.-P. Robra | C. Schmuker | A. Schneider (Hrsg.) Versorgungs-Report Klima und Gesundheit.
DOI 10.32745/9783954666270-9, © MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Berlin 2021

UV-Strahlung (UV) kann positive, aber auch negative Effekte auf die Gesundheit, speziell auf die Haut haben. Positiv insofern, als dass UV beispielsweise zur Behandlung von chronisch entzündlichen Hauterkrankungen wie Psoriasis oder Neurodermitis verwendet wird und auch die Vitamin-D-Produktion im Körper anregt. Eine zu intensive Bestrahlung kann allerdings kurz- (z.B. Sonnenbrand) und langfristige (z.B. Hautkrebs) Hautschäden verursachen. Die UV-Strahlungsintensität unterliegt indirekt dem Einfluss des Klimawandels, da sie von Faktoren wie dem stratosphärischen Ozon oder der Bewölkung beeinflusst wird. Prognosen zur zukünftigen UV-Strahlungsintensität sind je nach Region unterschiedlich. Für Mitteleuropa wird bis Mitte des Jahrhunderts von einem leichten Rückgang ausgegangen. Eventuell nimmt aber die Häufigkeit kurzfristiger UV-Extremereignisse zu. Eine möglicherweise hohe Bedeutung nimmt die Veränderung des UV-Expositionsverhaltens ein, das in Teilen auch dem Einfluss klimawandelbedingter Faktoren (z.B. gefühlte Temperatur, Niederschlag) unterliegt. Aufgrund von Unsicherheiten in Bezug auf den Ozonhaushalt sind bislang jedoch keine gesicherten Prognosen zum Einfluss des Klimawandels auf Hautkrankheiten und deren Versorgung möglich. Auch in Zukunft wird jedoch einem verantwortungsvollen Umgang mit UV-Strahlung

sowie präventiven Maßnahmen eine hohe Bedeutung zukommen.

UV radiation (UV) has positive and negative effects on health and in particular skin. Positive as UV is used, for example, to treat chronic inflammatory skin diseases such as psoriasis or neurodermatitis and it also stimulates vitamin D production in the body. However, too intensive irradiation can cause short-term (e.g., sunburn) and long-term (e.g., skin cancer) skin damage. UV radiation intensity is also indirectly subject to the influence of climate change, as it is related to factors such as stratospheric ozone or cloud cover. Forecasts of future UV radiation intensity vary from region to region. For Central Europe a slight decline is expected by the middle of the century. However, the frequency of short-term extreme UV events may increase. The change in UV exposure behaviour, which is also partly subject to the influence of climate change-related factors (e.g., perceived temperature, precipitation), may be of great importance. Due to uncertainties with regard to ozone levels, however, it is not yet possible to make reliable predictions about the influence of climate change on skin diseases and their treatment. However, responsible handling of UV radiation and preventive measures will continue to be of great importance in the future.

9.1 Einleitung

Obwohl der Mensch Sonne für seine Vitalität, zur Anregung der Vitamin-D-Produktion wie auch zur seelischen Ausgeglichenheit benötigt, ist eine übermäßige Sonnenbestrahlung besonders für die Haut schädlich. Ultraviolette (UV-) Strahlung kann in Abhängigkeit von Wellenlänge und Dosis positive oder negative Effekte auf die Haut haben. So wird sie aufgrund ihres anti-entzündlichen Einflusses zur Behandlung von chronisch entzündlichen Hauterkrankungen wie Psoriasis oder Neurodermitis eingesetzt. Aufgrund ihrer juckreizhemmenden Wirkung wird sie darüber hinaus bei schwer therapierbaren Erkrankungen wie der Prurigo genutzt. Andererseits kann UV-Licht Hauterkrankungen wie Lichtdermatosen oder Photoallergien induzieren oder verstärken, durch seine physikalische Wirkung akute Verbrennungen und Entzündungen wie bei Sonnenbrand verursachen oder auch langfristige Schäden anrichten, die das Hautorgan nachhaltig verändern (Lichtschwielen, Keratosen, Pigmentstörungen) und zur Entwicklung von Hautkrebs führen können.

Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit ist auch die UV-Strahlung von Bedeutung (z.B. Augustin et al. 2017). Dabei stehen insbesondere die Fragen im Vordergrund, ob und wie sich die UV-Strahlung im Zuge des Klimawandels verändert, welche Konsequenz dies für die Entwicklung UV-assoziiierter (Haut-)Erkrankungen hat und welche präventiven Maßnahmen von Relevanz sind. Bislang wenig berücksichtigt wird die Frage, wie sich möglicherweise der zukünftige Bedarf an medizinischer Versorgung von Hauterkrankungen verändert.

Im Rahmen dieses Beitrags wird der Einfluss des Klimawandels auf UV-assoziierte Hauterkrankungen thematisiert. Dabei stehen die Exposition gegenüber UV-Strahlung, Aspekte der Prävention sowie die dermatologische Versorgung im Fokus.

9.2 UV-Strahlung und UV-strahlungs-assoziierte Hauterkrankungen

Die ultraviolette Strahlung ist Teil des elektromagnetischen Spektrums und wird in die drei Wellenlängenbereiche UV-C (100–280 nm), UV-B (280–315 nm) und UV-A (315–400 nm) eingeteilt. Diese Einteilung basiert zum einen auf der Beeinflussung durch das stratosphärische Ozon (Ozonschicht) und zum anderen auf der strahlenbiologischen Wirkung auf den menschlichen Körper. Beim Durchgang durch die Atmosphäre unterliegt die Strahlung der Absorption, Reflexion und Streuung und wird dadurch in Abhängigkeit von der Wellenlänge geschwächt. Den wichtigsten Einfluss auf das UV hat das stratosphärische Ozon, das das kurzwellige UV-C in der Atmosphäre nahezu vollständig herausfiltert. Ähnlich ist es beim UV-B, allerdings ist hier die stratosphärische Ozonkonzentration bzw. Ozonschichtdicke von hoher Bedeutung. Bereits eine kleine Abnahme des Ozons sorgt dafür, dass vermehrt UV-B die Erdoberfläche erreicht. Neben Ozon haben weitere Faktoren einen Einfluss auf die Strahlungsintensität. Dazu gehören Aerosole, d.h. Partikel (z.B. Ruß) in der Luft, die Bewölkung, die Albedo (Reflexionsvermögen der Erdoberfläche), der Sonnenstand in Abhängigkeit von der geografischen Breite, Jahres- und Tageszeit sowie die Höhe über dem Meeresspiegel. Aufgrund des Zusammenhangs der Bestrahlungsstärke mit meteorologischen und geografischen Faktoren lässt sich in Deutschland sowohl ein Nord-Süd-Gradient in der UV-Bestrahlungsstärke als auch in der UV-Jahresdosis finden, mit im Mittel höheren Werten im Süden und geringeren Werten im Norden. Hinzu kommt die Topografie (Mittelgebirge, Küstennähe), die Einfluss auf die Bewölkungssituation und damit auch Sonnenscheindauer hat. Das hat unter anderem zur Folge, dass die Bestrahlungsstärke im Norden zwar geringer ist als im Süden, jedoch eine statistisch höhere Sonnenscheindauer (vor allem auf den vorgelagerten Inseln von Nord- und Ostsee) vorliegt (Augustin et al. 2018a).

Das UV-A und vor allem das UV-B sind aufgrund der biologischen Wirkung von besonderer Bedeutung für die menschliche Gesundheit und stehen in engem Zusammenhang mit dem Auftreten von Hauterkrankungen.

9.2.1 Hautkrebs

Beim lichtinduzierten Hautkrebs wird in erster Linie zwischen dem malignen Melanom (MM) und den nicht-melanozytären Hautkrebsen (NMSC) unterschieden, zu deren häufigsten Formen das Basalzellkarzinom (BCC) und das Plattenepithelkarzinom (SCC) gehören. UV-Strahlung gilt nicht als alleiniger Risikofaktor für die Entstehung von Hautkrebs, zählt aber zu den Hauptrisikofaktoren, vor allem beim SCC, gefolgt vom BCC und MM. Trifft UV-Strahlung auf die Hautoberfläche, dringt sie in Abhängigkeit von der Wellenlänge unterschiedlich tief in die Haut ein und interagiert mit photosensiblen Zellbestandteilen wie DNA oder Proteinen. Die Haut hat neben ihren natürlichen Lichtschutzfaktoren wie Hautdicke, Melaninkonzentration und Wassergehalt der Epidermis verschiedene Mechanismen zur Anpassung an wiederholte UV-Expositionen. Zum einen kann die Haut eine sogenannte Lichtschwiele ausprägen. Dabei entsteht eine Keratinozyten-Hyperproliferation mit Verdickung der Haut, sodass weniger UV-Strahlung die Dermis erreicht. Zum anderen kann der Pigmentierungsgrad der Haut erhöht werden. Die als Sofortbräunung bekannte Tönung der Haut bereits wenige Stunden nach UV-A-Exposition wird durch Photooxidation bereits vorhandener Melaninvorstufen bewirkt. Die UV-B-induzierte, indirekte Pigmentierung nach einigen Tagen wird durch Anregen der Melanozyten erreicht. Dies führt unter anderem zur Produktion von Melanin. Dies ist eine natürliche Anpassung der Haut an die UV-Strahlung. Eine übermäßige akute Exposition gegenüber UV-Strahlung führt zunächst zu einem toxischen Schaden mit Erythembildung, d. h. Hautrötungen (Sonnenbrand) verschiedener Intensi-

tät. Die geschädigten Keratinozyten, sog. sunburn cells, sind bereits eine Stunde nach erythemwirksamer Sonnenexposition nachweisbar. Langfristig übermäßige Expositionen gegenüber UV-Strahlung können DNA-Läsionen erzeugen, die bei Überbeanspruchung der Reparaturmechanismen persistieren und bei Akkumulation zu Mutationen in Form von Hautkrebs führen. Für die Dosis-Wirkungs-Beziehung bei der Entstehung von SCC ließ sich ein direkter Zusammenhang mit der kumulativen Dosis an UV-Exposition und der Häufung von SCC nachweisen, was 2015 zur Anerkennung von weißem Hautkrebs bei chronischer beruflicher Sonnenexposition als neue Berufskrankheit BK5103 geführt hat. Beim SCC ist die kumulative UV-Exposition über die Lebenszeit, beim BCC die Häufigkeit der Sonnenbrände in jedem Alter von Bedeutung (Armstrong u. Kricger 2001). Beim MM begünstigen die akute, intermittierende UV-Exposition sowie die Häufigkeit von Sonnenbränden die Entstehung (Gandini et al. 2005).

Hautkrebs zählt zu den häufigsten Krebserkrankungen überhaupt. In 2015 lag in Deutschland die Inzidenz des MM für Männer bei 11.170, für Frauen bei 10.850 Fällen, die Mortalität bei 1.767 bzw. 1.287. Charakteristisch für das MM ist die starke Zunahme der Inzidenz, die sich seit den 1970er-Jahren mehr als verfünffacht hat (RKI u. GEKID 2019). Ergänzend ist zu erwähnen, dass einerseits zwar die Erkrankungshäufigkeit zugenommen hat, jedoch nicht in gleichem Maße die Sterblichkeit (s. Abb. 1).

Die Inzidenz der NMSC lag in Deutschland in 2015 bei 118.620 (Männer) bzw. 105.140 (Frauen) bei einer Sterblichkeit von 464 bzw. 350 Fällen. NMSC kommt damit deutlich häufiger vor als das MM. Ähnlich wie beim MM hat die Erkrankungshäufigkeit deutlich zugenommen (RKI u. GEKID 2019) und es lassen sich in Versorgungsdaten markante regionale Variationen in der Erkrankungshäufigkeit bzw. Prävalenz in Deutschland vorfinden (Augustin et al. 2018b).

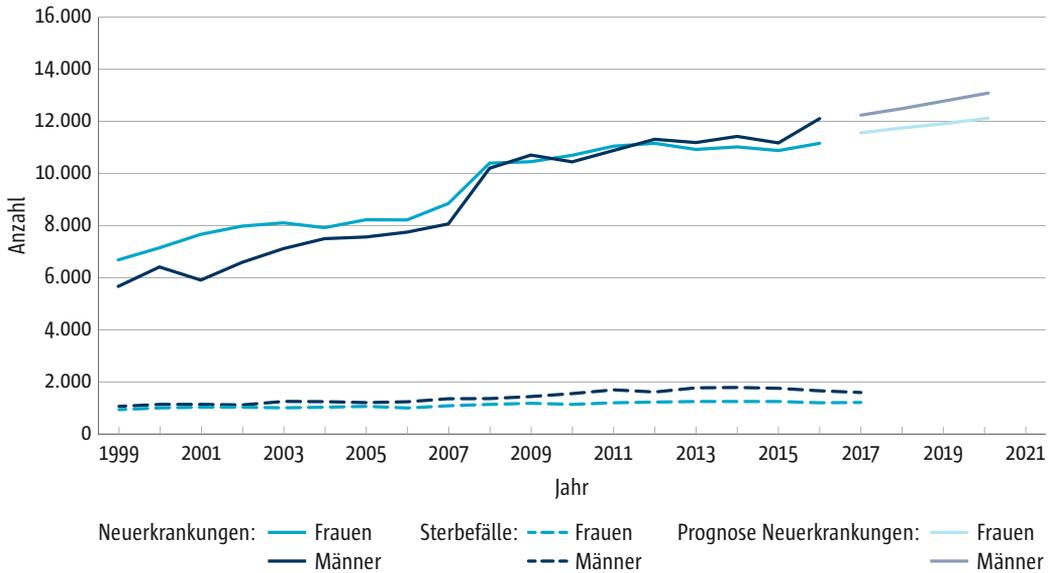


Abb. 1 Altersstandardisierte Erkrankungs- und Sterberaten des malignen Melanoms nach Geschlecht, ICD-10 C43, Deutschland 1999–2016/17, Prognose (Inzidenz) bis 2020 je 100.000 (alter Europastandard) (RKI u. GEKID 2019)

9.2.2 UV-Strahlung als Auslöser oder Verstärker von entzündlichen Hauterkrankungen

UV-Licht kann bei allen Menschen in Abhängigkeit von Strahlendosis und Hauttyp akute (z.B. Sonnenbrand) oder chronische (z.B. Hautkrebs) Hautschäden verursachen. Neben diesen physikalischen Schäden können weitere Hautkrankheiten unter dem Einfluss von UV-Licht induziert werden. Dabei unterscheidet man in phototoxische und photoallergische Reaktionen, endogene Lichtüberempfindlichkeit und endogene Erkrankungen, die durch Sonnenlicht verschlechtert werden (Treadler u. Simon 2019). Bei den photoallergischen Hautkrankheiten wird unter Lichteinwirkung, zumeist durch UV-A, ein exogenes Photoallergen aktiviert, das eine Sensibilisierung von Immunzellen induziert. Dieses Photoallergen kann auf die Haut aufgebracht (z.B. Duftstoffe in Kosmetika) oder eingenommen werden (z.B. Arzneimittel). Zu dieser Gruppe der Hauterkrankungen gehören das photoallergische Kontaktekzem, die syste-

mische photoallergische Reaktion und die persistierende Lichtreaktion. Bei phototoxischen Reaktionen kommt es nach Hautkontakt mit einer Substanz und nachfolgender Sonnenexposition ohne Einfluss des Immunsystems zu einer toxischen Reaktion auf der Haut, die dem Sonnenbrand ähnelt. Eine solche Hautreaktion ist die bekannte Wiesengräserdermatitis, bei der durch Hautkontakt mit Pflanzenbestandteilen und nachfolgender Sonnenbestrahlung verbrennungsähnliche Hauterscheinungen auftreten.

Eine Erkrankungsgruppe für sich bilden die polymorphen Lichtdermatosen, die Mallorca-Akne und die Lichturtikaria. Bei diesen Erkrankungen wurde kein Photoallergen detektiert und man postuliert eine endogene individuelle Lichtüberempfindlichkeit. Weitere Erkrankungen können durch UV-Strahlung verschlechtert werden, dies kennt man von Autoimmunerkrankungen wie dem Lupus erythematoses oder Stoffwechselerkrankungen wie der Porphyrie. Aber auch die weitverbreitete Volkskrankheit Rosacea reagiert als entzündliche

Hauterkrankung des Gesichts ungünstig auf Sonnenbestrahlung mit Verstärkung von Rötung und entzündlichen Effloreszenzen. Dabei spielen vermutlich die physikalischen Bestrahlungswirkungen wie Wärmeentwicklung eine bedeutende Rolle.

9.2.3 UV-Strahlen als Therapeutikum

Die heilende Wirkung von natürlichem Sonnenlicht kannte man schon lange vor der Antike. Ein klassisches Beispiel aus der heutigen Zeit ist die sog. „selektive UV-Therapie (SUP)“ bei der Behandlung von Psoriasis mit einer UV-B-Bestrahlung von 311 nm (Nast et al. 2011b). Psoriasis, im Volksmund als Schuppenflechte bekannt, ist eine chronisch entzündliche Erkrankung, die mit zunehmenden Erkenntnissen über entzündliche Botenstoffe als Systementzündung wahrgenommen wird und neben Haut, Nägeln und Gelenken weitere metabolische Prozesse betrifft sowie Komorbidität bewirken kann. Die Prävalenz der Psoriasis liegt weltweit unterschiedlich zwischen 0,09 und 11,4% (WHO 2016); in Deutschland liegt sie bei ca. 2,5% (Parisi et al. 2020). Der Zusammenhang eines feststellbaren Nord-Süd-Gefälles in der Prävalenz der Schuppenflechte in Europa und mit bewohnten Breitengraden und damit einhergehender unterschiedlicher Sonnenexposition wird diskutiert (Gutierrez et al. 2017). Licht als positiver Einfluss auf die entzündlichen Hautplaques wird seit Langem in Form von Heliotherapie (Sonnenbäder in der Therapie-düne auf Sylt), als kombinierte Bade-Licht-Kuren (Balneophototherapie am Toten Meer, Emmanuel et al. 2020) oder als gezielte Phototherapie mit UV-emittierenden Lampen definierter Spektren eingesetzt. Damit hat die Phototherapie einen festen Stellenwert im Stufenschema zur Behandlung von Psoriasis (Nast et al. 2011a, b).

Neben der Psoriasis wird UV-Strahlung auch bei weiteren Hauterkrankungen (v.a. atopische Dermatitis, [Neurodermitis], Prurigo) erfolg-

reich zur Linderung der Symptome eingesetzt. Zu den Grundsätzen der Lichttherapie gehören eine möglichst geringe Strahlungsexposition, individuelle Anpassung der Dosis an den Hauttyp und eine langsame Steigerung der Dosierung zur Vermeidung von schädigenden Nebenwirkungen wie Erythembildung oder Wärme-stau. Die in den 80er-Jahren verbreitete private Anwendung von Heimsolarien zur Lichtgewöh-nung vor dem Sommer, Vermeidung von Win-terdepressionen und zur Nutzung des Wärme-effekts bei Rheuma wird von den Fachgesell-schaften nicht mehr unterstützt.

9.3 Klimatische Veränderungen und UV-Strahlung

In den 1980er-Jahren hat sich gezeigt, dass der Eintrag von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs) zu einer Reduktion der stratosphärischen Ozonkonzentration (Ozonloch) geführt hat. Die Ozonzerstörung hatte zur Folge, dass in diesen Regionen, vor allem in der Südhemisphäre, eine deutlich erhöhte UV-Strahlungsintensität verzeichnet wurde. Die Erkenntnis aus der ozonzerstörenden Wirkung von FCKWs waren internationale Abkommen, u.a. das Montrealer Protokoll von 1994 zur Reglementierung des Eintrags ozonzerstörender Substanzen. Mittlerweile zeigen diese Maßnahmen Wirkung und es wird etwa bis Mitte des 21. Jahrhunderts mit einer vollständigen Regeneration des stratosphärischen Ozons gerechnet (Bekki u. Bodeker 2010).

Die stratosphärische Ozonzerstörung durch FCKWs erfolgt losgelöst von klimatischen Veränderungen; allerdings gibt es indirekte Einflüsse des Klimawandels auf diese Prozesse und letztlich damit auch auf die UV-Strahlung. Diese bestehen vor allem darin, dass klimatische Veränderungen die Ozondynamik und -chemie in der Atmosphäre beeinflussen können. Diese Prozesse sind komplex und sollen an dieser Stelle nicht weiter beschrieben werden. Es kann daraus jedoch die Konsequenz festgehalten

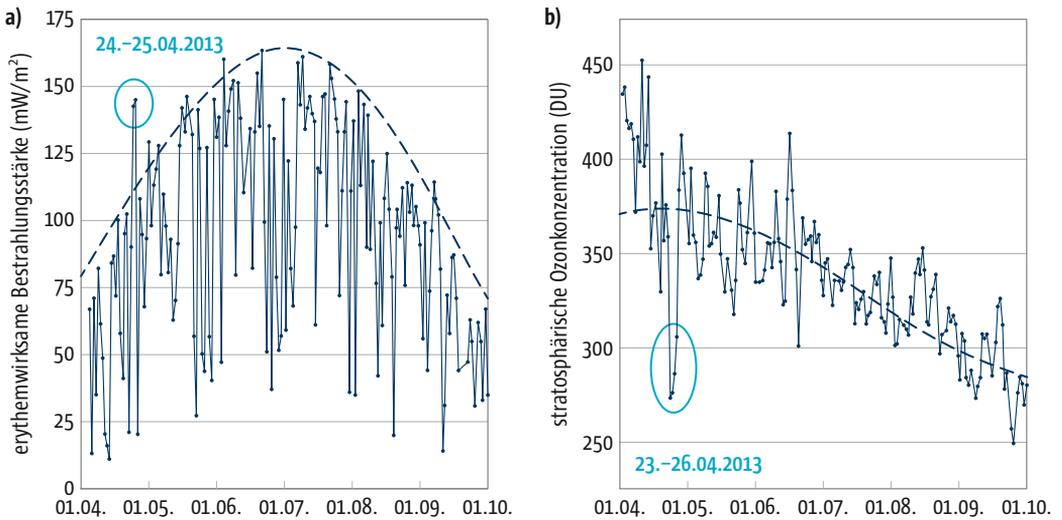


Abb. 2 Verlauf der Mittagswerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke (a) sowie Konzentration des stratosphärischen Gesamt Ozons (b) an der Messstation Zingst zwischen April und September 2013 (Augustin et al. 2018a)

werden, dass die Regeneration des stratosphärischen Ozons möglicherweise durch den Eintrag von Treibhausgasen bzw. einer sich weiter erwärmenden Atmosphäre verzögert wird (Dameris 2005). Prognosen zur Entwicklung der UV-Strahlung sind ebenfalls noch mit Unsicherheiten behaftet, weil mit Hinblick auf die Ozonregeneration regional von unterschiedlichen Veränderungen ausgegangen werden muss. Der Rückgang der UV-Strahlung könnte über der Arktis am höchsten ausfallen (bis zu 40%) (Bais et al. 2015), in anderen Regionen, etwa in den mittleren oder nördlichen Breitengraden, mit 5–15% etwas geringer (Bais et al. 2019).

Neben diesen eher langfristigen Entwicklungen sind möglicherweise lokale, temporäre Extremereignisse, wie die sogenannten Ozonniedrigereignisse von höherer Relevanz. Bei diesen Ereignissen handelt es sich um lokal begrenzte, ozonarme Luftmassen, die aus polaren Regionen bis in die mittleren Breiten (d.h. auch Europa) vordringen und mit kurzfristig hohen UV-Strahlungsintensitäten einhergehen können. Aufgrund der atmosphärischen Dynamik treten sie vor allem im Frühjahr auf, also

in der Zeit, in der die Haut besonders empfindlich gegenüber UV-Strahlung ist. Nach Brönnimann und Hood (2004) sowie Rieder et al. (2010) ist in den vergangenen Jahrzehnten eine Häufigkeitszunahme dieser Ereignisse zu verzeichnen und die globale Erwärmung könnte das Auftreten dieser Ereignisse begünstigen (v. Hobe et al. 2013). In der Abbildung 2 ist beispielhaft für das Jahr 2013 solch ein Ereignis ersichtlich. Abgebildet ist der Verlauf der Mittagswerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke sowie die Konzentration des stratosphärischen Ozons an der Messstation Zingst an der Ostsee. Zu erkennen ist ein deutlicher Anstieg der UV-Strahlung am 24. und 25.04.2013, der mit einer kurzfristigen Abnahme des stratosphärischen Ozons im selbigen Zeitraum einhergeht. Ergänzend ist zu erwähnen, dass sich dieser lokale Ozonverlust nur dann im bodennahen UV bemerkbar macht, wenn es die Bewölkungssituation zulässt.

Neben dem stratosphärischen Ozon hat die Bewölkung eine wichtige Bedeutung für die bodennahe UV-Strahlung, da sie diese in Abhängigkeit vom Bedeckungsgrad und Wolkentyp stark beeinflussen kann. Klimatische Verände-

rungen haben einen Einfluss auf die Bewölkung, allerdings sind Aussagen zur Veränderung der Bewölkung aufgrund ihrer hohen zeitlichen und räumlichen Dynamik komplex und mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Es scheint aber so zu sein, dass bisherige Veränderungen der bodennahen UV-Strahlung in den mittleren Breiten vor allem durch Veränderungen der Bewölkung hervorgerufen wurden (Bais et al. 2018). Indirekt lässt sich dies auch mit der Sonnenscheindauer belegen, die sich in den letzten Jahrzehnten in Deutschland erhöht hat (Deutscher Wetterdienst 2019). Sie korreliert zudem mit einer Zunahme der erythemwirksamen UV-Strahlung (Baldermann u. Lorenz 2019). Neben der Bewölkung haben Luftreinhaltemaßnahmen ebenfalls einen Einfluss, da sie zu einer Verringerung von Aerosolen in der Luft und damit zu einem Anstieg der UV-Strahlung führen. Vor allem in Regionen mit hoher Luftverschmutzung durch Verkehr und Industrie ist dies ein wichtiger Faktor.

9.4 Klimawandel und UV-assoziierte Hauterkrankungen

Zahlreiche epidemiologische Studien beschreiben die Häufigkeit UV-assoziiierter Hauterkrankungen. Insbesondere der Hautkrebs spielt dabei eine besondere Rolle, da die Prävalenz innerhalb der letzten Jahrzehnte signifikant angestiegen ist. Auch die Prävalenz der atopischen Dermatitis hat sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nahezu verdreifacht (Nguyen et al. 2018). Wenngleich der Einfluss von UV-Strahlung auf Hauterkrankungen im Grundsatz verstanden ist, kann keine gesicherte Aussage darüber getroffen werden, inwieweit der Klimawandel einen Anteil daran hat. Quantitative Studien zum Einfluss klimatischer Veränderungen auf Hauterkrankungen sind sehr selten. Das betrifft insbesondere Hauterkrankungen, wie Psoriasis, atopische Dermatitis etc. Für den Hautkrebs existieren zwei Studien (Kelfkens et al. 2002; van Dijk et

al. 2008), die methodisch beide auf UV-Klimatologien und UV-Dosis-Wirkungsmodellen basieren. Beide stammen aus dem niederländischen National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) und haben den Einfluss des Klimawandels auf die Hautkrebshäufigkeit modelliert. In beiden Studien wird von einem Einfluss klimatischer Veränderungen auf die UV-Strahlung ausgegangen, der die Strahlungsintensität noch bis Mitte des 21. Jahrhunderts ansteigen lässt. Kelfkens et al. 2002 prognostizieren für Mitteleuropa in 2070 bedingt durch den Einfluss klimatischer Veränderungen 50–150 zusätzliche Hautkrebsfälle (alle Hautkrebstypen) pro eine Million Einwohner pro Jahr. Die Unsicherheiten basieren auf dem unsicheren Einfluss des Klimawandels auf den Ozonhaushalt und damit die UV-Strahlung. In der etwas aktuelleren Studie von van Dijk, den Outer und Slaper (2008) wurde je nach Szenario eine Zunahme der Inzidenz in Mitteleuropa im Jahr von bis zu 12% (bezogen auf das Referenzjahr 1980) prognostiziert. Das Maximum der Hautkrebserkrankungen wird etwa zwanzig Jahre nach dem prognostizierten Maximum der UV-Strahlungsintensität ermittelt.

Den Autoren lagen keine weiteren, vergleichbaren Studien zum Einfluss des Klimawandels auf Hauterkrankungen vor. Ein Grund dafür liegt vermutlich in den zahlreichen Variablen, die beim Zusammenwirken klimatischer Veränderungen mit dem Ozonhaushalt und als Folge daraus der UV-Strahlung zu suchen sind. Zudem kann die Ausbildung einer Hauterkrankung zahlreiche Ursachen haben, Jahrzehnte dauern und ist stark abhängig vom UV-Expositionsverhalten. Dies ist am Beispiel von Hautkrebs mit einer jahrzehntelangen Latenz zwischen Sonnenexposition und Auftreten von Tumoren deutlich. Insofern können derzeit nur die UV-assoziierten atmosphärischen Prozesse, die Veränderung der UV-Intensität sowie die Exposition gegenüber UV-Strahlung im Kontext ihrer Wirkung auf die Haut diskutiert werden. Das reale bzw. zu erwartende Gesundheitsrisiko lässt sich jedoch nicht ableiten.

9.5 Temperaturassoziierte UV-Exposition

Diffey (2018) unterscheidet bei der individuellen UV-Exposition zwischen der zufälligen Exposition und der elektiven Exposition. Bei der zufälligen Exposition handelt es sich um die unvermeidliche Exposition im Zusammenhang mit Aktivitäten wie Einkaufen oder Arbeiten. Die elektive Exposition hingegen ist die bewusste Exposition zu Freizeitzielen oder im Urlaub. Die intensive UV-Exposition ist vor allem im Kontext einer beruflichen Tätigkeit (z.B. im Straßenbau) sowie in Freizeit und Urlaub von Relevanz. Gambla et al. (2017) haben in einer Übersichtsarbeit die Prädiktoren des Sonnenschutz- bzw. Expositionsverhaltens untersucht. Zu den beeinflussenden Determinanten für eine UV-Exposition gehören unter anderem: soziale Einflüsse (z.B. Eltern, Freunde), Herkunft, Erscheinungsbild und Selbstwahrnehmung, sozioökonomischer Status (z.B. Bildung), Alter, Geschlecht, Hauttyp, Freizeitverhalten, Medien und das Wetter. Das Wetter bzw. meteorologische Gegebenheiten werden in der Literatur im Vergleich zu den anderen Faktoren im Zusammenhang mit einer UV-Exposition jedoch oftmals vernachlässigt. Bestehende Studien zeigen aber, dass ein Zusammenhang zwischen Wetter und (UV-)Exposition besteht und meteorologische Faktoren wie die (gefühlte) Temperatur, Wind, Bewölkung bzw. Sonnenschein und Niederschlag von Bedeutung sind. Zudem konnten Stewart und Kimlin (2018) zeigen, dass scheinbar auch die innere Einstellung gegenüber thermischen Bedingungen – das heißt ob Hitze als angenehm oder unangenehm empfunden wird – relevant für eine Exposition im Freien sein könnte. Eisinga et al. 2011 oder auch Knuschke et al. 2004 bzw. 2007 zeigen, dass anscheinend die gefühlte Temperatur von besonderer Bedeutung dafür ist, ob sich Personen gegenüber UV-Strahlung exponieren oder nicht. Eisinga et al. haben dies in einer Studie am täglichen Fernsehkonsum im Zeitraum von 1996–2005 in den Niederlanden ausgewertet. Es ergab sich bei einer Tages-

mitteltemperatur von 20°C ein im Vergleich zu 10°C um bis zu 18 Minuten geringerer Fernsehkonsum der Studienteilnehmer. Auch Knuschke et al. 2004 und 2007 konnten aufzeigen, dass die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Freien und damit einer möglichen UV-Exposition von den meteorologischen Bedingungen und vor allem von der Temperatur abhängig ist. Je höher diese in Kombination ohne Niederschlag ist, desto eher halten sich die Menschen auch im Freien auf.

Hill und Boulter (1996) konnten zeigen, dass sich die Wahrscheinlichkeit eines Sonnenbrandes verdoppelt, wenn die Umgebungstemperatur im Bereich von 19–27°C liegt, verglichen mit niedrigeren oder höheren Temperaturen. Diese Erkenntnis ist im Kontext klimatischer Veränderungen wichtig, da der Zusammenhang zwischen steigenden UV-Expositionswahrscheinlichkeiten bei zunehmender Temperatur nur innerhalb des sogenannten thermischen Optimums besteht. Nimmt die Temperatur ab oder steigt sie weiter an, stellt sich für die Menschen ein thermischer Diskomfort (Unbehaglichkeit) ein und man geht ins Warme oder sucht Schatten auf. Im Zuge klimatischer Veränderungen ist über das Jahr gesehen mit einer steigenden Anzahl von Tagen im thermischen Komfortbereich zu rechnen, sodass zukünftig möglicherweise mit einer ansteigenden Expositions-wahrscheinlichkeit zu rechnen ist. Allerdings deuten Klimamodelle auch auf eine Zunahme von Extremereignissen (z.B. Hitzewellen) hin, sodass eine ansteigende Anzahl von Tagen im Bereich thermischen Diskomforts den vermehrten Tagen im thermischen Komfortbereich gegenüberstehen. Wenngleich der Einfluss des Wetters und damit auch klimatischer Veränderungen auf das Freizeit- bzw. UV-Expositionsverhalten vorhanden ist, kann die Hypothese, dass ein sich veränderndes Klima zu einer höheren UV-Belastung und dadurch zu mehr Hauterkrankungen führt, bislang nicht eindeutig belegt werden.

9.6 Maßnahmen zur Reduzierung der UV-Exposition

Zu den Risikogruppen, die auf einen besonders guten Sonnenschutz achten sollten, zählen vor allem Kinder (insbesondere Babys) und Jugendliche, Menschen mit heller Haut, rotem Haar sowie Menschen mit vielen, auffälligen und/oder angeborenen Muttermalen und Personen mit einer persönlichen oder familiären Vorgeschichte von Hautkrebs. Darüber hinaus betrifft das diejenigen, die arbeits- (z.B. Dachdecker) oder freizeitbedingt (z.B. Golfer) viel Zeit in der Sonne verbringen (IFA 2018). Noch vor dem Tragen geeigneter Kleidung und der Anwendung von Sonnenschutzmitteln ist die Vermeidung starker Sonnenstrahlungsexpositionen die wichtigste verhaltenspräventive Maßnahme zur Vermeidung von UV-Strahlung. Dies beinhaltet vor allem den Aufenthalt im Freien so kurz wie möglich zu halten, den Aufenthalt während der Mittagszeit zu vermeiden, die individuelle Eigenschutzzeit der Haut nicht zu überschreiten oder auch die Haut (z.B. im Frühjahr/Urlaub) langsam an die Sonne zu gewöhnen und in jedem Falle einen Sonnenbrand zu vermeiden (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2014).

Im Rahmen einer vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) durchgeführten Studie (BfS 2009) wurden 1.501 Personen zu ihrem UV-Expositions- und UV-Schutzverhalten sowie zu UV-bezogenen Einstellungen, Wissen etc. befragt. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass auf der einen Seite die Gesundheitsrisiken durch UV-Strahlung als schwerwiegend eingeschätzt werden und im Alltagsdenken auch präsent sind. Auf der anderen Seite halten die Menschen die persönliche Gefährdung durch UV-Strahlung für weniger stark als für andere Personen gleichen Alters in Deutschland. Insofern besteht ein grundsätzliches Risikobewusstsein gegenüber UV-Strahlung, das jedoch nicht immer unmittelbar auf sich selber bezogen wird. Dies spiegelt sich auch in der aktiven oder passiven Rezeption von Informationen

zum Sonnenschutz oder UV-Strahlung wider. Nach der BfS-Studie (BfS 2009) sind hier zwei Faktoren besonders relevant: Personen, die sich darum kümmern, dass sich andere Personen vor der Sonne schützen, und Menschen, die selbst oder in ihrem persönlichen Umfeld Hautkrebs erlebt haben, haben eine etwa doppelt so hohe Wahrscheinlichkeit für aktive oder passive Informationsrezeption als denjenigen, auf die das nicht zutrifft.

In den S3-Leitlinien zur Prävention von Hautkrebs (Leitlinienprogramm Onkologie 2014) wird gefordert, dass das Wissen über die Wirkungen von UV-Strahlung und Schutzmaßnahmen nachhaltig vermittelt werden soll. Neben zahlreichen Präventionskampagnen (z.B. die Euromelanoma-Aufklärungskampagnen) und Initiativen (UV-Schutz-Bündnis) zu verhaltenspräventiven Maßnahmen wurde bereits 2002 ein Instrument zur Förderung des Risikobewusstseins und Steigerung der Aufmerksamkeit für die Notwendigkeit eines angemessenen UV-Schutzes ins Leben gerufen (WHO 2002). Der UV-Index (UVI) wurde als international einheitliches Maß für die erythemwirksame Bestrahlungsstärke und als Indikator für das hautschädigende Potenzial der auf der Erdoberfläche auftretenden natürlichen UV-Strahlung entwickelt (Leitlinienprogramm Onkologie 2014). Der UVI hat den Vorteil, dass er als einfacher Indikator zur Kommunikation des UV-Strahlungsrisikos über die Medien (z.B. Wettervorhersage im Fernsehen, Radio etc.) oder auch direkt vor Ort (z.B. Hinweistafel am Strand) kommuniziert werden kann. Das Umweltbundesamt (UBA) hat in einer Studie (UBA 2015) die Wirksamkeit von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit evaluiert, bei der auch der UVI berücksichtigt wurde. Dazu wurde unter anderem eine Bevölkerungsumfrage durchgeführt, um Informationsverhalten, Risikowahrnehmung und Kenntnis über Warnsysteme in der Bevölkerung zu untersuchen. So wurden die Studienteilnehmer beispielsweise gefragt, ob sie schon einmal in irgendeiner Form vom UVI gehört haben. Knapp

70% der Befragten haben dies verneint. Zum Vergleich waren dies im Falle von Hitzewarnsystemen 28,7%. Hinsichtlich der Kenntnis über Schutzmaßnahmen (Anwendung von Sonnenschutzmitteln, Mittagssonne meiden) bei erhöhter UV-Strahlung und Sonneneinstrahlung gaben allerdings 76,8% der Studienteilnehmer an, sich diesbezüglich gut auszukennen. Darüber hinaus wurde gefragt, ob das Erhalten von Warnhinweisen helfen würde, frühzeitig entsprechende Schutzmaßnahmen anzuwenden. Im Kontext der UV-Strahlung haben dem lediglich 49% der Befragten zugestimmt.

Die Ergebnisse beider Studien zeigen noch bestehende Defizite in der Anwendung von UV-Schutzmaßnahmen, in der Kommunikation von UV-Strahlungsrisiken und der Einschätzung der persönlichen Gefährdung. Letzteres ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass eine übermäßige UV-Exposition selbst nicht zu einer unmittelbaren Belastung führt. Sonnenbrände entstehen mit einer Verzögerung von Stunden und Langzeitschäden erst nach Jahrzehnten. Die Vulnerabilität ist zudem noch vom Expositionsverhalten und Hauttyp abhängig (UBA 2015). Hinsichtlich des UVI bleibt festzuhalten, dass er immer noch wenig bekannt ist, oftmals nicht interpretiert werden kann und der Nutzen von UV-Warnungen auch in Frage gestellt wird.

Vor diesem Hintergrund ist die erstmalig gemeinsam von gesetzlichen Krankenversicherungs- und Unfallversicherungsträgern 2007/2008 gestartete bundesweite Präventionskampagne hervorzuheben. Mit dem Slogan „Deine Haut. Die wichtigsten 2 m² Deines Lebens“ wurde nicht nur auf die Hautbelastung durch Umwelt und Arbeit hingewiesen, sondern auch für eine frühzeitige Prävention vor übermäßiger Sonnenbelastung geworben. Diese Kampagne fand sehr viel Zuspruch, förderte die Teilnahme an regelmäßigen Hautkrebsvorsorgeuntersuchungen und war ein wichtiger Meilenstein für das Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung im Umgang mit Sonne. Ebenso war die Implementierung des Anspruchs auf re-

gelmäßige Hautkrebsvorsorge in den Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenversicherungen ab Juli 2008 entscheidend für eine bessere Früherkennung von und das Bewusstsein für Sonnenschäden (DGUV 2008; GBA 2020).

9.7 Zukünftige Versorgung UV-assoziiierter Hauterkrankungen

Klimatische Veränderungen haben potenziellen Einfluss auf die Mortalität und Morbidität bei Hauterkrankungen und es ergibt sich daraus die grundlegende Frage, was das für die zukünftige Versorgung von Hauterkrankungen bedeutet. Dieser Beitrag zeigt, dass sich die Zusammenhänge zwischen einem sich verändernden Klima, UV-Strahlung, UV-Exposition und manchen Hauterkrankungen zwar indirekt und qualitativ herleiten lassen, konkrete Aussagen zum zukünftigen Versorgungsbedarf jedoch nicht realistisch abgeleitet werden können. Dies liegt zum einem daran, dass die Krankheitshäufigkeiten vor allem durch vom Klima unabhängige Prädiktoren wie beispielsweise genetische Veranlagung, Beruf, Ernährung oder Alter beeinflusst werden. Zum anderen sind quantitative Aussagen zum Einfluss des Klimawandels mangels Studien praktisch nicht möglich. Ungeachtet der Vielzahl von Variablen kann man jedoch aus den bisherigen Erkenntnissen Rückschlüsse auf eine definitive Veränderung der zukünftigen Lebenssituation im Zusammenhang mit Sonnenlicht ziehen. Daraus lässt sich eine veränderte UV-Exposition über die Lebenszeit erwarten mit konsekutiven Auswirkungen auf UV-relevante Hautprozesse. Aufgrund der Ergebnisse von Kelfkens et al. (2002) und van Dijk et al. (2008) kann man weiterhin von einer Zunahme von Hautkrebs in Mitteleuropa ausgehen; allerdings fehlen aktuelle Vergleichsstudien. Darüber hinaus fehlen Studien, die die klimatisch bedingte UV-Exposition und deren Veränderung untersuchen und diese Erkenntnisse in die Prognosen einfließen lassen.

9.8 Schlussfolgerungen

Die Ausführungen in diesem Beitrag haben in Kürze den Zusammenhang zwischen einem sich verändernden Klima, UV-Strahlung bzw. UV-Exposition und Hauterkrankungen aufgezeigt. Wenngleich eine grundlegende Erkenntnis zu den Zusammenhängen besteht, gibt es keine gesicherten, quantitativen Erkenntnisse, aus denen sich über bestehende Empfehlungen zum Hautschutz hinaus konkrete Maßnahmen – und das betrifft auch den zukünftigen Versorgungsbedarf von Hauterkrankungen – ableiten lassen. Aus dieser Tatsache lässt sich jedoch ein Forschungsbedarf folgern, der insbesondere auf das sich durch den Klimawandel verändernde UV-Expositionsverhalten abzielen sollte.

Literatur

- Armstrong BK, Kricger A (2001) The epidemiology of UV induced skin cancer. *J Photochem Photobiol B* 63, 8–18
- Augustin J, Horstmann R, Homeier T, Jensen K, Knieling J, Krefis AC, Krüger M, Quante M, Sandmann H, Strube C, Tannich E (2018a) Gesundheit. In: Von Storch H, Claussen C (Hrsg.) *Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland*. Springer Verlag, Heidelberg
- Augustin J, Kis A, Sorbe C, Schäfer I, Augustin M (2018b) Epidemiology of Skin Cancer in the German Population: Impact of Socioeconomic and Geographic Factors. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 32(11), 1906–1913
- Augustin J, Sauerborn R, Burkart K, Endlicher W, Jochner S, Koppe C, Menzel A, Mücke H-G, Herrmann A (2017): Gesundheit. In: Brasseur GP, Jacob D, Schuck-Zöllner S (Hrsg.) *Klimawandel in Deutschland*. Springer Verlag, Heidelberg
- Bais AF, Bernhard G, McKenzie RL, Aucamp PJ, Young PJ, Ilyas M, Jöckel P, Deushi M (2019) Ozone-climate interactions and effects on solar ultraviolet radiation. *Photochem Photobiol Sci* 18(3), 602–640
- Bais AF, Lucas RM, Bornman JF, Williamson CE, Sulzberger B, Austin AT, Wilson SR, Andrady AL, Bernhard G, McKenzie RL, Aucamp PJ, Madronich S, Neale RE, Yazar S, Young AR, de Groot FR, Norval M, Takizawa Y, Barnes PW, Robson TM, Robinson SA, Ballaré CL, Flint SD, Neale PJ, Hylander S, Rose KC, Wängberg S-Å, Häder D-P, Worrest RC, Zepp RG, Paul ND, Cory RM, Solomon KR, Longstreth J, Pandey KK, Redhwi HH, Torikai A, Heikkilä AM (2018) Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. *Photochem Photobiol Sci* 17(2), 127–179
- Bais AF, McKenzie RL, Bernhard G, Aucamp PJ, Ilyas M, Madronich S, Tourpali K (2015) Ozone depletion and climate change: impacts on UV radiation. *Photochem Photobiol Sci* 14(1), 19–52
- Baldermann C, Lorenz S (2019) UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsblatt* 62, 639–645
- Bekki S, Bodeker GE (2010) Future ozone and its impact on surface UV. Ozone assessment report 2010. World Meteorological Organization, Global ozone research and monitoring project, Report no 52
- Brönnimann S, Hood LL (2004) Low ozone events over the north-western Europe in the 1950s and 1990s. In: Zerefos C (Hrsg.) *Ozone: Proceedings of the XX Quadrennial Ozone Symposium (June 2004)*, 1, 302–303, Kos, Greece
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2009) Ansatzpunkte für die Verbesserung der Risikokommunikation im Bereich UV-Vorhaben 3606S04507. BfS-RESFOR/04/09. urn:nbn:de:0221-2009011236. Salzgitter.
- Dameris M (2005) Klima-Chemie-Wechselwirkungen und der stratosphärische Ozonabbau. *Promet* 31(1), 2–11
- Deutscher Wetterdienst (2019) *Klimastatusbericht Deutschland 2019*. Deutscher Wetterdienst, Offenbach
- DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2008) *Die Präventionskampagne Haut*. URL: https://www.dguv.de/medien/inhalt/praevention/kampagnen/praev_kampagnen/kampagne_haut/abschlussbericht.pdf (abgerufen am 16.02.2021)
- Diffey B (2018) Time and Place as Modifiers of personal UV Exposure. *Int J Environ Res Public Health* 15, 1112
- Eisinga R, Franses PH, Vergeer M (2011) Weather conditions and daily television use in the Netherlands, 1996–2005. *Int J Biometeorol* 55(4), 555–564
- Emmanuel T, Lybæk D, Johansen C, Iversen L (2020) Effect of Dead Sea Climatotherapy on Psoriasis; A Prospective Cohort Study. *Front Med (Lausanne)* 7, 83
- Gambla WC, Fernandez AM, Gassman NR, Tan MCB, Daniel CL (2017) College tanning behaviors, attitudes, beliefs, and intentions: A systematic review of the literature. *Prev Med* 105, 77–87
- Gandini S, Sera F, Cattaruzza MS, Pasquini P, Abeni D, Boyle P, Melchi CF (2005) Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: I. Common and atypical naevi. *Eur J Cancer* 41(1), 28–44
- GBA – Gemeinsamer Bundesausschuss (2020) *Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Früherkennung von Krebserkrankungen*. URL: https://www.g-ba.de/downloads/62-492-2238/KFE-RL_2020-06-18_iK-2020-08-28.pdf (abgerufen am 16.02.2021)
- Gutierrez E, Sanmartino C, Carrera O, Fraga A, Arce C (2017) Psoriasis: Latitude does make a difference. *J Am Acad Dermatol* 77(2), e57

II Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels und Herausforderungen für die medizinische Versorgung in Deutschland

- Hill D, Boulter J (1996) Sun protection behaviour: Determinants and Trends. *Cancer Forum* 20, 204–210
- IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (2018) Technische Information zur Ermittlung in Berufskrankheiten(BK)-fällen vor dem Hintergrund der neuen Berufskrankheit mit der BK-Nr. 5103 „Plattenepithelkarzinome oder multiple aktinische Keratosen der Haut durch natürliche UV-Strahlung“. URL: https://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/strahl/pdf/bk_natuerliche_strahlung.pdf (abgerufen am 16.02.2021)
- Kelfkens G, Verlders GJM, Slaper H (2002) Integrated risk assessment. In: Kelfkens G, Bregmann A, de Gruijil FR, van der Leun JC, Piquet A, van Oijen T, Gieskes WWC, van Loveren H, Velders GJM, Martens P, Slaper H (Hrsg.) *Ozone layer – climate change interactions. Influence on UV levels and UV related effects. Summary report of OCCUR (Ozone and Climate Change interaction effects for Ultraviolet radiation and Risks)*, 27–30, RIVM, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven
- Knuschke P, Unverricht I, Ott G, Janßen M (2007) Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. Abschlussbericht Projekt F 1777
- Knuschke P, Kurpiers M, Koch R, Kuhlsch W, Wittke K (2004) Mittlere UV-Exposition der Bevölkerung. Schlussbericht des BMBF-Vorhabens 07UV-B54C/3
- Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF) (2014) S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs, Langversion 1.1, 2014, AWMF Registernummer: 032/0520L. URL: <http://leitlinienprogramm-onkologie.de/Leitlinien.7.0.html> (abgerufen am 15.03.2021)
- Nast A, Amelunxen L, Augustin M, Boehncke W-H, Dressler C, Gaskins M, Härle P, Hoffstadt B, Klaus J, Koza J, Mrowietz U, Ockenfels H-M, Philipp S, Reich K, Rosenbach T, Rzany B, Schlaeager M, Schmid-Ott G, Sebastian M, von Kiedrowski R, Weberschock T (2011a) S3 – Leitlinie zur Therapie der Psoriasis vulgaris. Update 2017; S. 47; 013-001. AWMF online. URL: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/013-001l_S3_Therapie_Psoriasis-vulgaris_2017-12.pdf (abgerufen am 16.02.2021)
- Nast A, Amelunxen L, Augustin M, Boehncke W-H, Dressler, C Gaskins M, Härle P, Hoffstadt B, Klaus J, Koza J, Mrowietz U, Ockenfels H-M, Philipp S, Reich K, Rosenbach T, Rzany B, Schlaeager M, Schmid-Ott G, Sebastian M, von Kiedrowski R, Weberschock T (2011b) S3 – Leitlinie zur Therapie der Psoriasis vulgaris. Appendix: „Topische Therapie, Phototherapie, Sonstige Therapien, Schnittstellendefinition“ Fortbestand der Empfehlungen vom Update 2011; S. 47; 013-001. AWMF online. URL: https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/Leitlinien/013_D_Dermatologische_Ges/013-001a_S3_Therapie_Psoriasis-vulgaris_2018-02.pdf (abgerufen am 16.02.2021)
- Nguyen GH, Andersen LK, Davis MD (2018) Climate change and atopic dermatitis: is there a link? *International Journal of Dermatology* 58, 279–282
- Parisi R, Iskandar IYK, Kontopantelis E, Augustin M, Griffiths CEM, Ashcroft DM (2020) *Global Psoriasis Atlas: National, Regional, and Worldwide Epidemiology of Psoriasis: Systematic Analysis and Modelling Study*. *BMJ* 369, m1590
- Rieder HE, Staehelin J, Maeder JA, Peter T, Ribatet M, Davison AC, Stübi R, Weihs R, Holawe F (2010) Extreme events in total ozone over Arosa – Part 1: Application of extreme value theory. *Atmos Chem Phys* 10, 10021–10031
- Robert Koch-Institut (RKI), Gesellschaft der Epidemiologischen Krebsregister (GEKID) (2019) *Krebs in Deutschland für 2015/2016. Gemeinsame Publikation des Zentrums für Krebsregisterdaten und der Gesellschaft der Epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V.* URL: https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2019/krebs_in_deutschland_2019.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 15.03.2021)
- Stewart AE, Kimlin MG (2018) The Dislike of Hot Thermal Conditions and Its Relationship with Sun (Ultraviolet Radiation) Exposure in the Southeastern United States. *Int J Environ Res Public Health* 15(10)
- Umweltbundesamt (UBA) (2015) *Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit. Band 1: Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme aus gesundheitlicher Sicht – Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen. Umwelt & Gesundheit 2015*. Dessau.
- v Hobe M, Bekki S, Brönnimann S, Cairo F, D’Amato F et al. (2013) Reconciliation of essential process parameters for an enhanced predictability of Arctic stratosphere ozone loss and its climate interactions (RECONCILE): Activities and results. *Atmos Chem Phys* 13, 9233–9268
- van Dijk A, den Outer PN, Slaper H (2008) *Climate and Ozone changes Effects on Ultraviolet radiation and Risks (COEUR) using and validating earth observation*. Report 610002001/2008. RIVM – National Institute for Public health and the Environment. Delft, Netherlands
- Treudler R, Simon JC (2019) *Fotoallergische Reaktionen*. In: Klimek L, Vogelberg C, Werfel T (Hrsg.) *Weißbuch Allergie in Deutschland*. 183. 4. Auflage, Springer Medizin Berlin, Heidelberg
- WHO (2016) *Global report on psoriasis*. Chapter 1. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204417> (abgerufen am 16.02.2021)
- WHO (2002) *Global Solar UV Index – A practical guide*. URL: <https://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf> (abgerufen am 16.02.2021)



PD Dr. rer. nat. Jobst Augustin

Diplom-Geograf, seit 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen (IVDP) am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), dort Leitung der Forschungsgruppe Gesundheitsgeografie am IVDP. Zuvor wissenschaftliche Tätigkeiten an der Universität Göttingen, am Umweltbundesamt und am Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Berlin (ZI).



MD Dr. med. Brigitte Stephan

Fachärztin für Dermatologie und Venerologie, Zusatzbezeichnungen Allergologie, Phlebologie, Berufsdermatologie (ABD), Naturheilverfahren. Fachliche Mitgliedschaften Deutsche Dermatologische Gesellschaft (DDG), ABD, European Academy of Dermatology and Venereology (EADV). Seit 2016 Oberärztin/Prüfärztin am Institut für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen (IVDP) am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), weiter freiberufliche Mitarbeiterin des Instituts für Angewandte Dermatologische Forschung proDERM Schenefeld. Promotion an der CAU Kiel 1995, US-amerikanische medizinische Examen (MD).



MD Univ.-Prof. Dr. med. Matthias Augustin

Facharzt für Dermatologie und Venerologie, Allergologie. Seit 2004 Professor für Gesundheitsökonomie und Lebensqualitätsforschung. Zuvor Oberarzt an der Universitäts-Hautklinik Freiburg. Seit 2010 Direktor des Instituts für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen (IVDP) am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE), Co-Direktor des Hamburg Center for Health Economics (HCHE) von UKE und Universität Hamburg, Vorstandsmitglied Center for Health Care Research (CHCR) am UKE.