

UV-Wirkung auf den Organismus und UV-Strahlung in der Atmosphäre

Die auf eine Belastung mit UV-Strahlung zurückzuführende Hautkrebsinzidenz stieg weltweit und auch in Deutschland in den letzten Jahrzehnten um ein Vielfaches. Neuesten Hochrechnungen des Krebsregisters Schleswig-Holstein zur Folge erkrankten in 2012 mehr als 260.000 Menschen neu an Hautkrebs (Katalinic, 2015) – Tendenz weiter steigend. Risikofaktoren sind Sonnenbrände (vor allem in der Kindheit), hohe UV-Belastungen auch mit Unterbrechungen bzw. zeitlichen Zwischenräumen (Sonne bei Jahresurlauben auf nicht-adaptierte Haut), die lebenslang erhaltene UV-Dosis und Solariennutzung.

Um dieser negativen Entwicklung entgegenzuwirken, haben WHO (2002), WMO (1998), UNEP und ICNIRP (1995) den UV-Index eingeführt, der weltweit einheitlich verstanden wird. Er dient als wichtiges Mittel, die Bevölkerung auf die Risiken einer UV-Überexposition aufmerksam zu machen. Seine Vorhersage wird mit einfachen, von allen Betroffenen leicht einzuhaltenden Schutzempfehlungen verbunden. Ziel ist (WHO 2002):

- die Sonne sicher zu genießen, d.h. gesundheitlich wertvolle Aktivitäten im Freien zu fördern, die UV-Exposition dabei jedoch durch geeignete Schutzmaßnahmen zu mindern;
- ein jugendliches Aussehen zu erhalten, in dem der vorzeitigen Alterung der Haut durch übermäßige UV-Dosen vorgebeugt wird;
- Leben zu retten, in dem den mit Hautkrebs verbundenen Gefahren aus Sonnenbrand und erhöhter Lebenszeitdosis an UV entgegengewirkt wird.

Stratosphärisches Ozon und UV-Bestrahlungsstärke und ihre Vorhersage

Die Stärke der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung wird primär bestimmt von der Höhe der Sonne über dem Horizont (geografische Koordinaten, Datum, Uhrzeit). Starke, überwiegend strahlungsmindernde Einflüsse zeigt die Bewölkung in Abhängigkeit von Menge und Art. Die Atmosphäre der Erde ist ein natürlicher Filter für die UV-Strahlung. Dabei ist die Ozonschicht in 12 bis 30 km über dem Erdboden (Stratosphäre) von besonderer Bedeutung. Der biologisch wirksamste Teil der UV-Strahlung, das UV-B, wird durch sie stark vermindert (Feister und Dehne 1994). Das den Erdboden erreichende UV-B hängt dabei direkt mit der Menge des Ozons zusammen und nimmt bei sonst gleichen Bedingungen mit abnehmenden stratosphärischen Ozon zu. Der Strahlungsverstärkungsfaktor, Prozent der UV-Zunahme bezogen auf Prozent der Ozonabnahme, beträgt etwa 1.2.

In den Frühjahrs- und Frühlommermonaten weist das stratosphärische Ozon aus natürlichen Gründen eine erhebliche Variabilität von Tag zu Tag auf, sie kann an Einzeltagen um mehr als 20 % gegenüber dem Vortag vermindert sein (Streamer, Miniholes). In dieser Jahreszeit ist der Organismus noch nicht an die im Jahresverlauf zunehmende Strahlung angepasst, so dass an solchen Tagen durch den UV-Warndienst des Deutschen Wetterdienstes (DWD) gesondert auf die jahreszeitlich erhöhte UV-Intensität hingewiesen wird.

Durch menschliche Einflüsse ist seit Ende der 60'er Jahre des 20. Jahrhunderts eine signifikante Ozonverdünnung in den mittleren und hohen Breiten festzustellen. In Deutschland beträgt sie nach den Messungen des Meteorologischen Observatoriums Hohenpeißenberg ca. 3 % pro Jahrzehnt. Der Schwerpunkt der Verminderung liegt im ausgehenden Winter, den Frühjahrsmonaten und dem Frühsommer. Aufgrund der veränderten atmosphärischen Chemie öffnet sich im beginnenden Frühjahr der Südhalbkugel über der Antarktis das Ozonloch. In seinem Bereich ist die Ozonmenge um mehr als 50 % gegenüber den in dieser Zeit zu erwartenden Werten vermindert.

Die Höhe eines Ortes über dem Meeresspiegel beeinflusst die UV Bestrahlungsstärke wesentlich. Die Zunahme des UV mit der Höhe beträgt etwa 8 bis 10 % per 1000 m. Die Beträge werden größer, wenn die Luft durch Aerosole getrübt ist. Aerosole sind feinste in der Luft suspendierte Partikel, die natürlichen Ursprungs sein können, etwa Saharastaub, Meerwassertröpfchen oder Pollen blühender Pflanzen, aber sehr häufig auch aus anthropogenen Quellen stammen, z. B. aus Industrie und Verkehr. Aerosole haben vor allem streuende Eigenschaften, d.h. die direkt von der Sonne kommende Strahlung wird vermindert, die gestreuten Anteile nehmen zu. Diese stellen häufig mehr als 50 % im UV-B. Die Gesamtbestrahlungsstärke nimmt dadurch etwas ab, da ein Teil ins Weltall zurückgestreut wird. Wichtig sind ferner die Absorptionseigenschaften von Aerosolen, z. B. von Ruß, die bei hohen Anteilen die Bestrahlungsstärke am Boden deutlich vermindern.

Anders als im sichtbaren Bereich wird UV vergleichsweise geringfügig von der Erdoberfläche reflektiert, 3 % durch eine Sommerwiese, ca. 8 % durch die Meere. Die große Ausnahme sind ausgedehnte schnee- und eisbedeckte Flächen. Insbesondere bei Neuschnee kann fast das gesamte UV reflektiert werden. Über Rückstreuungsprozesse in der Atmosphäre kann dadurch die UV-Bestrahlungsstärke auf der horizontalen Empfangsfläche um mehr als 40 % zunehmen. Messungen insbesondere des stratosphärischen Ozons durch Satelliten (Global Ozone Monitoring Experiment 2) ermitteln eine tägliche und globale Verteilung des Ozons. Über eine anspruchsvolle drei- und vierdimensionale Assimilation dienen diese Daten als Ausgangspunkt für eine numerische Vorhersage des Ozons in den kommenden Tagen.

Diese Vorhersagen ermöglichen eine Berechnung des Transfers der UV-Strahlung durch die Atmosphäre. Unter Verwendung sehr schneller Algorithmen, die mit dem Strahlungstransfermodell STARneuro (Schwander et al. 2001) abgeleitet wurden, wird diese Berechnung zunächst unter der Annahme unbewölkten Himmels und von Meereshöhe durchgeführt. Anschließend wird der so ermittelte UV-Index an die aktuell vorhergesagte Trübung der Atmosphäre durch Aerosole (auf der Grundlage von Berechnungen des EZMW im Rahmen des europäischen Erdbeobachtungs-programms Copernicus (CAMS, 2015)) angepasst. Die tatsächliche Höhe über dem Meeresspiegel, die Wirkung von vorhergesagtem Schnee und Eis, die im UV stark reflektieren (Schwander et al. 1999), und die vorhergesagte Bewölkung werden in den anschließenden Schritten berücksichtigt (Staiger und Koepke 2005, Staiger et al., 2008). Die Berechnung erfolgt im Stundenabstand, so dass sich dann leicht das Tagesmaximum des UV-Index bewölkt und die im Tagesverlauf zugestrahlte sonnenbrandwirksame UV-Dosis ermitteln lassen.

UV-Wirkungen auf Haut, Auge und Gesamtorganismus (Strahlenschutzkommission 1998)

Die augenfälligste akute UV-Wirkung ist die Bräunung der Haut. Sie ist als ein Zeichen aufzufassen, dass die Haut Belastungen ausgesetzt war, die die Aktivierung des Eigenschutzes erforderlich machten.

Der Sonnenbrand ist die mit einer Latenzzeit von bis zu 8 Stunden eintretende Rötung der Haut durch UV-Dosen, die die individuelle UV-Schwellendosis überschritten haben. Er ist eine Entzündungsreaktion und kann je nach Dosis von einer gerade sichtbaren Hautrötung, über Blasenbildung mit späterer Hautschälung, bis hin zu Verbrennungen reichen. Die Schwellendosen, ab denen Sonnenbrand eintreten kann, hängen vom individuellen Hauttyp

und auch von der Adaptation des Individuums an erhöhte UV-Intensitäten im Laufe des Jahres ab, die zu Hautbräunung und zu einer Verdickung der Oberhaut, die Lichtschwiele, führen.

UV modelliert auch die in der Haut befindlichen Immunzellen, meist in Richtung einer Immununterdrückung. Die Wirkungen bleiben nicht nur auf die Haut beschränkt, sondern können auch im Gesamtorganismus spürbar werden.

Auch das Auge wird von UV betroffen. Der Schutzmechanismus des Auges, das Blinzeln, ist bei reflektiertem UV weniger wirksam als bei UV, das aus dem oberen Himmelsraum kommt. Schnee und auch der weiße Sand an Stränden reflektieren besonders gut. Dies kann zum Sonnenbrand der Hornhaut des Auges führen, Schneeblindheit, und zu Bindehautentzündungen an den Lidern.

Eine chronische Wirkung des UV ist die vorzeitige Hautalterung. Insbesondere durch das UV-A, das tiefer in die Haut eindringt, wird das Bindegewebe beeinträchtigt, die Haut wird dünner, papieren, und faltig durch Zerstörung elastischer Fasern.

Die gravierendste Spätfolge übermäßiger UV-Exposition ist Hautkrebs. Er geht aus von nicht fehlerfrei reparierten Schädigungen der Erbsubstanz (DNA) der Hautzellen, die direkt meist über UV-B und indirekt durch reaktive Sauerstoffverbindungen erfolgen kann, die meist durch UV-A gebildet werden. Die Nicht-Melanome, Krebs der Basalzellen und der Stachelzellen, bilden zwar selten Metastasen und sind heilbar, sie haben jedoch eine lokal destruierende Wirkung. Sie sind eng mit der Lebenszeitdosis an UV verbunden, treten bevorzugt an den dem UV stark ausgesetzten Hautpartien auf, sind deshalb gut sichtbar. Ihre Behandlung ist wegen der kosmetischen Auswirkungen aufwändig und damit kostenintensiv. Der Bezug des Melanoms, des schwarzen Hautkrebses, zum UV ist nicht so eindeutig. Es tritt häufig an meist von Kleidung bedeckten Stellen auf. Epidemiologisch erhöht sich aber das Risiko, durch häufigere und auch stärkere Sonnenbrände im Kindesalter und durch häufigere Badeurlaube im Süden. Das Melanom hat eine hohe Neigung zu Metastasen, es ist heilbar nur bei Früherkennung.

Eine positive Wirkung des UV ist die Bildung von Substanzen, die zum Knochenaufbau und –erhalt erforderlich sind, Vitamin D3. Hier reichen jedoch schon 10 min Exposition bei Alltagsarbeiten aus.

Verhalten in der Sonne

Die einfachen Verhaltensregeln sind:

- Sonnenbrand stets vermeiden.
- Die Haut langsam an höhere UV-Intensitäten gewöhnen (Jahresverlauf, Urlaub).
- Mittags den Schatten suchen.
- Kleinkinder unter 1 Jahr nie der direkten Sonne aussetzen.
- Höchstens 50 intensivere Sonnenbestrahlungen im Jahr, Solarienbesuche eingeschlossen.

Schutzmaßnahmen sind:

- Leichte lockere Bekleidung (sonnendicht).
- Breitrempiger Hut.
- Sonnenbrille, in UV-B und UV-A blockend.
- Sonnenschutzmittel auf unbedeckten Hautpartien (SPF 15+, UV-B und UV-A blockend). Mindestens 30 min vor Exposition auftragen, auf ausreichende Menge achten, ggf. wiederholen.
- Auf Deodorants, Kosmetika, Parfüms während intensiverer Sonnenbestrahlung verzichten, Allergiegefahr.

Literatur

- CAMS (2015): Forecasts. Aerosols <http://atmosphere.copernicus.eu/> (Abruf Sept. 2015)
- CIE (1987): A Reference Action Spectrum for Ultraviolet Induced Erythema in Human Skin. CIE Research Note. CIE-Journal 6, No. 1: 17-22.
- Feister U, Dehne K (1994): UV-Strahlung und stratosphärisches Ozon. Bundesgesundheitsbl. Sonderheft Okt. 94: 4 - 9.
- ICNIRP (1995): Global Solar UV Index. A joint recommendation of the World Health Organization, the World Meteorological Organization, the United Nations Environment Programme, and the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Oberschleißheim.
- Katalinic A (2015): Aktualisierte Schätzung zu Hautkrebs im Jahr 2012. <http://www.krebsregister-sh.de/aktuelles/index.html> (Abruf Sept. 2015)
- Kaufman YJ, Tanré D, Boucher O (2002): A satellite view of aerosols in the climate system. Nature 419, 215-223.
- Schwander H, Kaifel A, Ruggaber A, Koepke P (2001): Spectral radiative-transfer modeling with minimized computation time by use of a neural-network technique. Appl. Optics 40, 331-335.
- Schwander H, Mayer B, Ruggaber A, Albold A, Seckmeyer G, Koepke P (1999): Method to determine snow albedo values in the ultraviolet for radiative transfer modeling. Appl. Optics 38, 3869-3875.
- Staiger H, Koepke P (2005): UV Index forecasting on a global scale. Meteorol. Z., 14(2), 259–270.
- Staiger, H., P. N. den Outer, A. F. Bais, U. Feister, G. Johnsen, and L. Vuilleumier (2008), Hourly resolved cloud modification factors in the ultraviolet, Atmos. Chem. Phys., 8, 2493–2508.
- Strahlenschutzkommission (1998): Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung. Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1995-1997. Strahlenschutzkommission. Informationen der Strahlenschutzkommission, Nummer 4 (<http://www.ssk.de/veroeff.htm#nummer>).
- WHO (2002): Global Solar UV Index: a practical guide. A joint recommendation of the World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, and the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. World Health Organization, Geneva.
- WHO (2003): INTERSUN. The Global UV Project. A guide and compendium to reduce the burden of disease resulting from exposure to UV radiation while enjoying the sun safely. World Health Organization, Geneva.
- WMO (1998): Report of the WMO-WHO Meeting of Experts on Standardization of UV Indices and their Dissemination to the Public. (Les Diablerets, Switzerland, 21-24 July 1997). World Meteorological Organization Global Atmospheric Watch No. 127, WMO/TD-No. 921.