

*Atmosphäre und biologisch wirksame UV-Strahlung*

*Erythemwirksame UV-Strahlung im Jahre 1996*

Die mittleren Gesamtozonwerte in Deutschland lagen im Sommer letzten Jahres um ca. 4 % unter dem Mittel der letzten 3 Jahrzehnte, einzelne Tageswerte jedoch noch deutlich darunter. Die biologisch wirksame UV-Strahlung dürfte also bei wolkenlosem Himmel überdurchschnittlich hoch gewesen sein. Leider sind die verfügbaren UV-Meßreihen noch viel zu kurz, um ähnliche statistische Aussagen treffen zu können, wie sie für das Ozon dank mehr als 30-jähriger Meßreihen zweier deutscher Stationen möglich sind. Die UV-Strahlung 1996 ist durch Messungen allerdings bekannt. Durch Vergleich dieser Meßwerte mit Strahlungsmodellrechnungen läßt sich einschätzen, wann die UV-Strahlung 1996 tatsächlich über den "Normalwerten" lag.

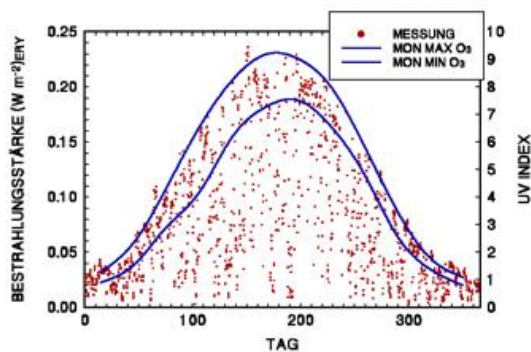


Abb.1: Mittagswerte der erythemwirksamen UV-Strahlung in Hohenpeißenberg 1996

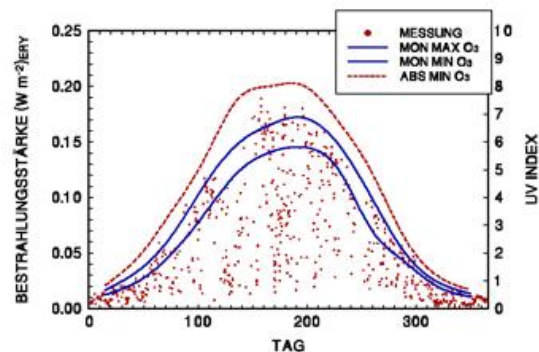


Abb.2: Mittagswerte der erythemwirksamen UV-Strahlung in Potsdam 1996

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die aus UV-Spektralmessungen abgeleiteten Mittagswerte der erythemwirksamen ("sonnenbrandwirksamen") UV-Strahlung (Punkte), ausgedrückt als Bestrahlungsstärke (linke Skala) und als UV-Index (rechte Skala) für Hohenpeißenberg (MOHp, 975 m ü. NN) sowie für Potsdam (MOP, 107 m ü. NN). Der UV-Index ist nichts anderes als das 40-fache des Tagesmaximums der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke, für deren Bestimmung das Erythemwirkungsspektrum nach CIE (1987) zu verwenden ist. Die Ergebnisse der Strahlungsmodellrechnungen (Linien) gelten für wolkenlosen Himmel, geringe Lufttrübung und extreme Monatswerte der langjährigen Ozonmessungen. Als Maximalwerte (MON MAX O<sub>3</sub>) wurden für beide Observatorien die höchsten Monatsmittelwerte des Ozons herangezogen. Die Minimalwerte (MON MIN O<sub>3</sub>) vom MOHp sind die Monatsmittel aus den absoluten Ozonminima aller Meßtage, während für das MOP die niedrigsten Ozon-Monatsmittelwerte genommen wurden. Die zusätzliche Kurve ABS MIN O<sub>3</sub> des MOP gilt für die langfristig niedrigsten Ozon-Tagesminima. Die Hohenpeißenberger MON MIN O<sub>3</sub>-Kurve der UV-Strahlung liegt demnach zwischen den Potsdamer MON MIN O<sub>3</sub>- und ABS MIN O<sub>3</sub>-Kurven. Während die für monatliche Ozon-Minima berechnete UV-Strahlung durch die Potsdamer Meßwerte an einigen Tagen mit extrem wenig Ozon überschritten wird, ist die für Ozon-Tagesminima

berechnete UV-Strahlung immer oberhalb der Meßwerte des Jahres 1996.

### Einflüsse der Atmosphäre auf die UV-Strahlung

Jahres- und Tagesgang der UV-Strahlung sind im wesentlichen durch die Weglänge der Strahlung durch die Atmosphäre, d.h. durch die Sonnenhöhe bestimmt. Aufgrund der geringen mittäglichen Sonnenhöhe von weniger als  $20^\circ$  verringert sich der UV-Index in den Wintermonaten auf Werte unter 1. Ebenso große Änderungen der erythemwirksamen Strahlung treten natürlich auch im Tagesverlauf auf.

Daß andere atmosphärische Parameter außer dem Ozon die erythemwirksame UV-Strahlung in weit stärkerem Maße beeinflussen können, ist aus der großen Schwankungsbreite der Meßwerte erkennbar. Dominierenden Einfluß auf die UV-Strahlung haben Menge und Art der Wolken sowie Aerosolpartikel. Allein durch Bewölkungszunahme kann der UV-Index im Sommer von einer Stunde zur anderen von nur im Sommer erreichbaren Höchstwerten auf typische Winterwerte abnehmen. Erhöhte Aerosolbelastung der Luft kann die UV-Strahlung erheblich schwächen und dadurch zu erheblichen Strahlungsunterschieden zwischen Ballungszentren und Reinluftgebieten führen.

Die Höhenlage eines Ortes ist ebenfalls bedeutsam für den Anteil der Sonnenstrahlung, der die Erdoberfläche erreicht. Je höher der Ort, um so geringer die Zahl der Luftmoleküle und Aerosolteilchen, von denen Sonnenstrahlung auf ihrem Weg zum Erdboden umgelenkt und absorbiert wird. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen, daß die für das Voralpenland (ca. 1000 m ü. NN) typischen UV-Strahlungswerte in Hohenpeißenberg aufgrund der Höhenlage sowie auch der um wenige Grade größeren Sonnenhöhe in den Sommermonaten um rund 20 % größer sind als die Meßwerte im mitteldeutschen Flachland (Potsdam). Der UV-Index klettert dort auf Werte bis 9, während er im Flachland nur Maximalwerte von 6.5 erreicht.

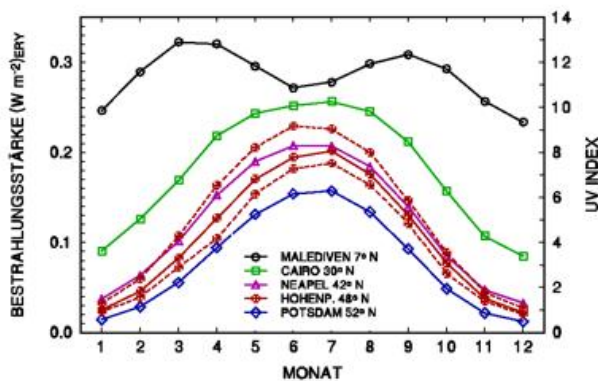


Abb.3: Mittagswerte der erythemwirksamen UV-Strahlung bei wolkenlosem Himmel nach Modellrechnungen; die für extreme MOHp-Monatsmittel geltende Werte sind gestrichelt

Die in Süddeutschland in 1000 m über dem Meeresniveau zu erwartende UV-Strahlung kann ebenso groß, bei extrem geringen Ozonwerten auch größer sein, als sie zur selben Jahreszeit an den Küsten im Süden Italiens beobachtet wird. Abb. 3 zeigt den Jahresgang der erythemwirksamen UV-Strahlung bei wolkenlosem Himmel beispielhaft für Hohenpeißenberg und das rund 650 km südlicher gelegene Neapel. Dabei gelten die vom Modell simulierte Werte für schneefreien Erdboden. Das hohe Rückstreuvermögen eines von Schnee bedeckten Erdbodens kann die erythem-wirksame UV-Strahlung gegenüber den hier angegebenen

Werten um ca. 35 % erhöhen. Allein durch Schneebedeckung des Erdbodens bei gleichzeitig sehr niedrigen Ozonwerten kann der UV-Index im März gegenüber schneefreiem Boden und mittleren Ozonwerten von 3.3 auf 5.7 zunehmen. Unter schneefreien Bedingungen würde dieser erhöhte Wert in 1000 m Höhe erst gegen Ende April und im Flachland erst Ende Mai erreicht werden.

Da sich das von bodennahen Quellen stammende anthropogene Aerosol vor allem in den unteren Luftschichten ansammelt, ist die UV-Zunahme mit der Höhe gerade in den unteren Atmosphärenschichten bei bestimmten Wetterlagen noch größer, als es in den hier dargestellten Modellrechnungen angenommen wurde. Besondere Vorsicht ist deshalb im Gebirge geboten, wenn die Sonne im Frühjahr

mittags schon hoch über dem Horizont steht und die Haut nach der Winterpause blaß geworden ist.

### Sonnenbad an tropischen Stränden

Die sommerlichen Höchstwerte der UV-Strahlung im deutschen Flachland (siehe Kurve für Potsdam) entsprechen etwa denen, die im Norden Afrikas schon im März und noch im Oktober erreicht werden. An die nordafrikanischen sommerlichen Höchstwerte der UV-Strahlung (UV-Index > 10, siehe Abb. 3) reichen allerdings auch die UV-Strahlungswerte deutscher Gebirgslagen in extrem reiner Luft nicht heran. Wenn allerdings die Ozonschicht an wolkenarmen Tagen sehr dünn ist, wie es 1997 häufig der Fall war (s. Ozonbulletin Nr. 39), dann kann die UV-Strahlung tatsächlich die für Kairo normalen Werte erreichen. Wenn man eine Reise in tropische Gebiete unternimmt (siehe Beispiel Malediven in Abb. 3), dann ist bei wolkenlosem oder leicht bewölktem Himmel quasi ganzjährig mit Tageshöchstwerten der UV-Strahlung zu rechnen, die etwa doppelt so hoch sind wie die im deutschen Flachland erreichten sommerlichen Höchstwerte. Die Bestrahlungszeiten für die Ausbildung einer gerade sichtbaren Hautrötung (Erythem) sind in den Tropen also nur etwa halb so lang.

Von subtropischen Gebieten einmal abgesehen, ist sowohl in den Tropen als auch in unseren Breiten der Himmel zeitweise von Wolken bedeckt, die die UV-Strahlung nicht ungehindert passieren lassen, sondern einen beträchtlichen Teil in den Weltraum zurückstreuen können und auf diese Weise einen natürlichen Sonnenschirm bilden. Von der Sonne beschienene hochaufgetürmte Cumuluswolken, wie sie gerade in den Tropen häufig zu beobachten sind, können allerdings auch einen entgegengesetzten Effekt haben: die Wassertröpfchen und Eiskristalle der Wolken streuen mehr UV-Strahlung zum Erdboden zurück, als es die Luftmoleküle tun würden. Dadurch erreicht bis zu 20 - 30 % mehr UV-Strahlung den Boden als bei wolkenlosem Himmel.

Die Zeit in Minuten, in der die UV-Strahlung ein Erythem hervorruft, die erst nach einer gewissen Latenzzeit erkennbar ist, kann man aus dem UV-Index ausrechnen. Für helle, unvorbestrahlte Haut mittlerer Empfindlichkeit (Hauttyp II) ist der Wert 167 durch den UV-Index zu dividieren. Bei einem UV-Index von 6 würde diese Zeit also  $167/6 \approx 28$  Minuten betragen. Es bleibt allerdings auch bei langfristig abnehmenden Ozonwerten weiterhin wie bisher: Ein Sonnenbrand läßt sich vermeiden, wenn man rechtzeitig in den Schatten geht, ausreichend Schutzcreme benutzt und geeignete Kleidung trägt. Tiere, Pflanzen und Ökosysteme sind erhöhter UV-Strahlung jedoch schutzlos ausgeliefert.

*U. Feister, K. Gericke, W. Baum, Meteorologisches Observatorium Potsdam  
U. Köhler, W. Vandersee, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg*

### MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR APRIL 1997

Im April 1997 fehlten überall ca. 10% der vor der UV-Strahlung schützenden Ozonschicht.

Station	Mittel 4/1997	langjähriges Mittel	Max.	Jahr	Min.	Jahr	Sigma
Hohenpeißenberg	336	376	451	1973	327	1993	±25,6
Potsdam	357	392	429	1970	335	1993	±19,2
Arosa (CH)	327	374	426	1940	323	1993	±20,4
Hradec Kralove (CZ)	353	383	418	1970	335	1993	±18,4
Uccle (B)	330	373	417	1973	330	1997	±22,7

Die Angaben sind in Dobson Einheiten [D.U.]; 300 D.U. entsprechen 3 mm Ozonschichtdicke (reduziert).