

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 83	S. 7 – 13	Innsbruck, Okt. 1996
---------------------------------	---------	-----------	----------------------

Solare UVB Strahlung in Innsbruck – Jänner bis Mai 1993/94/95

von

Walter AMBACH, Mario BLUMTHALER & Raimund ELLINGER *)

(Institut für Medizinische Physik der Universität Innsbruck)

Solar UVB-Radiation in Innsbruck – January to May 1993/94/95

Synopsis: Effects of changes in ozone on the erythmal effective irradiance in Innsbruck are investigated for the periods January to May 1993/94/95. These periods are characterized by great variability of ozone. Daily totals of the erythmal effective irradiance are particularly affected, when both, ozone and cloudiness, amplify their influences. Otherwise the cloudiness is a masking factor because of its great variability. As effects of cloudiness and turbidity on the erythmal effective irradiance and total irradiance are similar, these effects are reduced in the ratio erythmal effective irradiance to total irradiance, thus ozone remains the dominant factor. Daily totals of the erythmal effective irradiance averaged over 7 days are within the standard deviation of the reference series 1981 - 1988.

1. Einleitung:

Die statistisch gesicherte Abnahme des atmosphärischen Ozons beträgt über Europa für die Periode 1958 - 91 im Jahresmittel $-1,8\%$ pro Dekade (STOLARSKI et al. 1992). Daraus resultiert die Vermutung, daß durch diesen Trend eine Erhöhung der solaren UVB-Strahlung in Zukunft zu erwarten ist. Trendanalysen der UVB-Strahlung zeigen jedoch keine einheitlichen Ergebnisse. Während Stationen in den USA im Mittel eine Abnahme von -5% bis -11% pro Dekade für die Periode 1974 - 85 ergeben (SCOTTO et al. 1988) wurde in der klaren Atmosphäre des alpinen Hochgebirges eine geringe Zunahme von $+3\%$ bis $+11\%$ pro Dekade für die Periode 1981 - 1991 gemessen (BLUMTHALER & AMBACH 1990). Die Diskrepanz wird damit begründet, daß an vielen Orten Meßstationen in Stadtnähe oder in der Nähe von Flugplätzen installiert sind und damit die erhöhte Luftverschmutzung ein störender Faktor ist.

Für die Station Innsbruck ist eine Vergleichsreihe der solaren UVB-Strahlung für die Jahre 1981 - 88 zur Verfügung, die zur Beurteilung der UVB Belastung in den Monaten Jänner bis Mai der Jahre 1993/94/95 herangezogen wird.

Die Untersuchungsperioden Jänner bis Mai 1993/94/95 wurden ausgewählt, weil die Frühjahrsmonate durch besonders starke Schwankungen des Ozons charakterisiert sind, die durch Advektion ozonarmer Luft aus dem polaren Vortex zustande kommen. Im jahreszeitlichen Verlauf stabilisiert sich im allgemeinen der Ozongehalt der Atmosphäre, so daß im Hochsommer bei größter Einstrahlung die Ozonabnahme auf den allgemeinen Trend begrenzt bleibt.

*) Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. phil. W. Ambach, Univ.-Doz. Dr. phil. M. Blumthaler und R. Ellinger, Institut für Medizinische Physik, Müllerstraße 44, A-6020 Innsbruck, Österreich.

2. Meßdaten:

Solare UVB Strahlung wurde in Innsbruck (577 m NN, Österreich) mittels eines Robertson-Berger Sunburn meters gemessen. Dieser Detektor mißt breitbandig die erythemwirksame Strahlung, d.h. er gewichtet die UVB Strahlung mit dem Wirkungsspektrum des Erythems (MCKINLAY & DIFFEY 1987). Das Wirkungsspektrum des Erythems gibt die spektrale Wirksamkeit der Strahlung bezüglich des Sonnenbrandes an und ist im Maximum mit 100 % normiert. Da das Wirkungsspektrum für nicht melanome Hautkrebsformen (VAN DER LEUN et al. 1989) dem Wirkungsspektrum des Erythems sehr ähnlich ist, ist die Dosis der erythemwirksamen Strahlung auch ein gutes Maß für das Hautkrebsrisiko. Das Robertson-Berger Sunburn meter ist international zur Messung der erythemwirksamen Strahlung akzeptiert und als Detektor in einem weltweiten Netz in Verwendung (ANDERSON 1992). Es werden Meßwerte der erythemwirksamen Strahlung in den Monaten Jänner bis Mai 1993/94/95 mit jenen einer Referenzserie 1981 - 1988 verglichen. Die Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95 sind allgemein durch große Variabilität der Ozonwerte, die Perioden Jänner bis Mai 1993 und 1995 außerdem durch besonders niedere Ozonwerte charakterisiert.

Die Ozonwerte stammen vom Lichtklimatischen Observatorium Arosa (Schweiz) etwa 140 km von Innsbruck entfernt (WMO, 1981 - 1995), die Bewölkungsangaben wurden den Klimabögen der Klimastation Innsbruck entnommen. Zusätzlich zur erythemwirksamen Strahlung wurde 1994 und 1995 die Totalstrahlung (300 - 3000 nm) mittels eines Pyranometers gemessen. Von beiden Geräten (Robertson-Berger Sunburn meter und Pyranometer) wurden die Tagessummen durch Addition der 10-Minuten-Mittelwerte berechnet.

3. Ergebnisse:

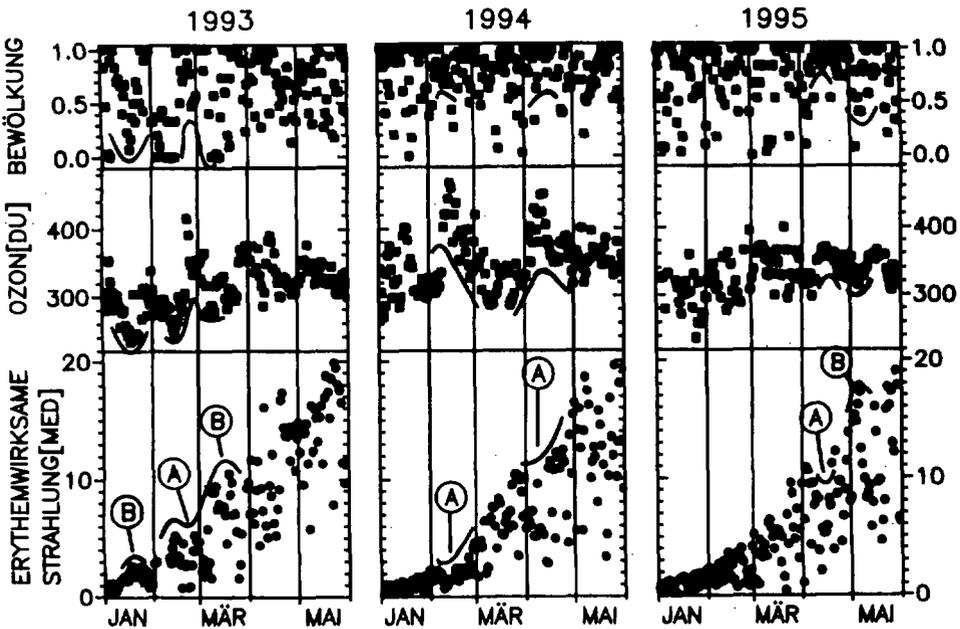


Abb. 1: Tagesmittel der Bewölkung und des Ozons (DU Dobson Units) in Arosa, sowie Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung (MED) für Jänner bis Mai 1993/94/95 in Innsbruck.

Abb. 1 zeigt die Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung im Zusammenhang mit den Ozonwerten und den Tagesmittelwerten der Bewölkung für die Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95. Die Ozonwerte zeigen in allen Perioden starke Fluktuationen, wobei von Jänner bis Mai 1993 und 1995 wesentlich niedrigere Ozonwerte auftreten (230 - 390 DU) als 1994 (280 - 480 DU). Der Verlauf der Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung ist sowohl durch das atmosphärische Ozon als auch durch Bewölkung und Trübung beeinflusst. Beispielsweise ergeben hohe Ozonwerte und dichte Bewölkung verringerte Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung (Abb. 1, Fall A) und umgekehrt (Abb. 1, Fall B). Im allgemeinen wird der Einfluß des Ozons auf die erythemwirksame Strahlung durch die Variabilität der Bewölkung maskiert.

In der Annahme, daß sich Bewölkung und atmosphärische Trübung auf die erythemwirksame Strahlung und auf die Totalstrahlung in ähnlicher Weise auswirken, wurde in Abb. 2 (a + b) der Quotient erythemwirksame Strahlung zu Totalstrahlung im Zeitverlauf zusammen mit den Ozonwerten für die Periode Jänner bis Mai 1994 und (1995) dargestellt. Einflüsse von Bewölkung und Trübung werden im Quotienten reduziert, so daß der Einfluß des Ozons als dominanter Einfluß resultiert. Die Gegenläufigkeit der Ozonwerte und des Quotienten von erythemwirksamer Strahlung zu Totalstrahlung ist deutlich zu sehen. In der Periode Jänner bis Mai 1993 stehen keine Messungen der Totalstrahlung zur Verfügung, so daß die Analyse des Quotienten erythemwirksame Strahlung zu Totalstrahlung nicht möglich ist.

Zum Vergleich der erythemwirksamen Strahlung in der Periode Jänner bis Mai 1993/94/95 mit der Vergleichsserie 1981 - 88 wurden Mittelwerte von Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung für 7 Tage herangezogen. Für die Vergleichsserie wurde die Standardabweichung berechnet und in Abb. 3 als Band dargestellt (BLUMTHALER et al. 1994). Die Mittelwerte der Tagessummen über 7 Tage für 1993/94/95 liegen im allgemeinen innerhalb der Streubreite der Standardabweichung der Vergleichsserie. Daraus wird geschlossen, daß trotz des allgemeinen

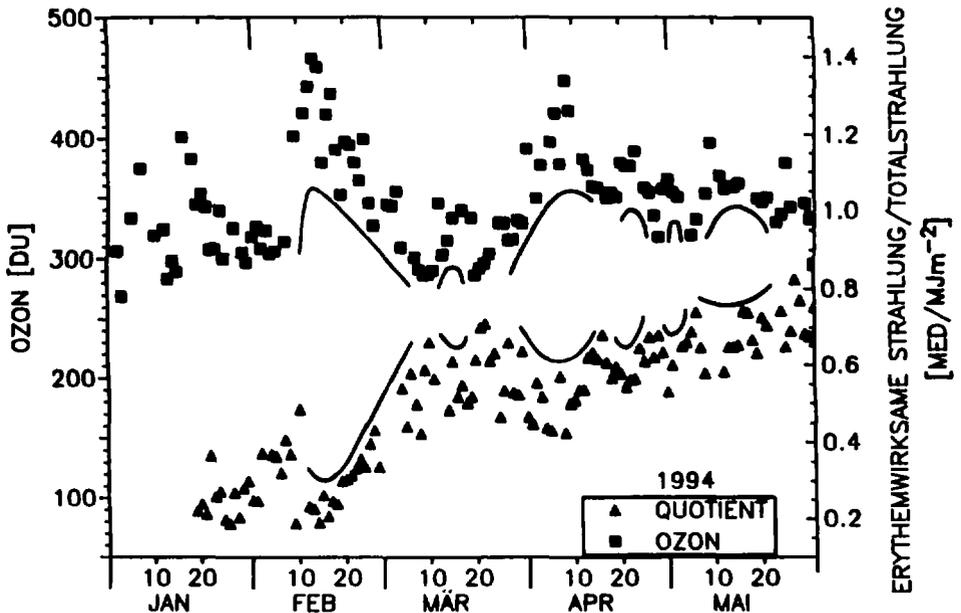


Abb. 2a: Ozon (Dobson Units) in Arosa und Quotient von erythemwirksamer Strahlung (MED) zu Totalstrahlung (MJm⁻²) in Innsbruck für Jänner bis Mai 1994.

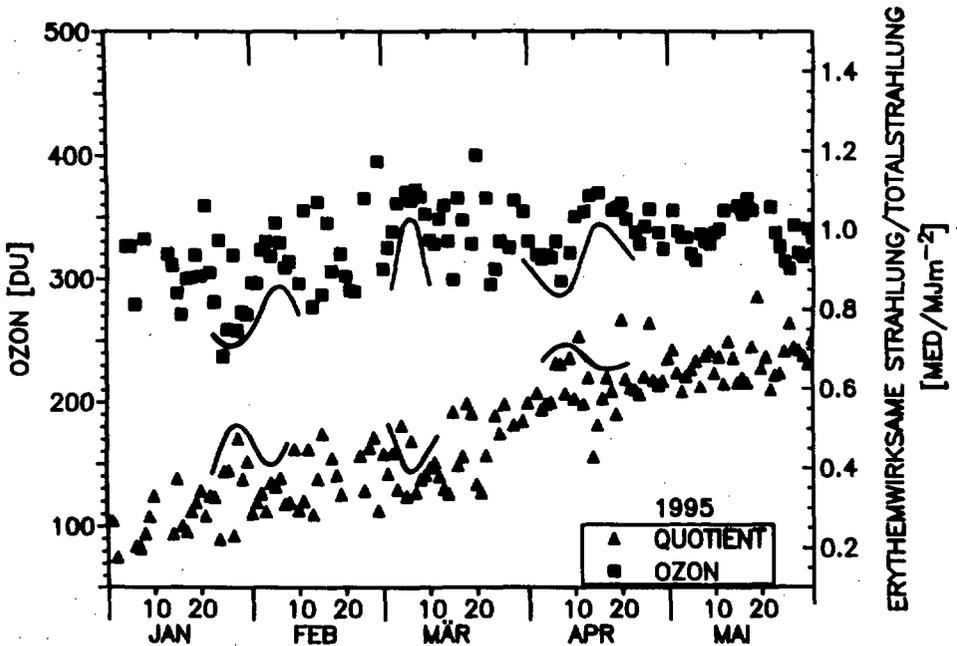


Abb. 2b: Ozon (Dobson Units) in Arosa und Quotient von erythemwirksamer Strahlung (MED) zu Totalstrahlung (MJm^{-2}) in Innsbruck für Jänner bis Mai 1995.

Trends der Ozonabnahme in den Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95 keine allgemein erhöhte Belastung durch erythemwirksame Strahlung auftrat, weil durch die Variabilität der Bewölkung der Einfluß von Ozonänderungen auf die erythemwirksame Strahlung im allgemeinen überdeckt wird.

Abb 4. zeigt die Standardabweichung der über 7 Tage gemittelten Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung, des Ozons und der Bewölkung für 1981 - 88. Die eingetragenen Meßpunkte sind die entsprechenden Mittelwerte über 7 Tage für Jänner bis Mai 1993/94/95. Daraus ist ersichtlich, daß die Ozonwerte für Jänner bis Mai 1993/94/95 teilweise unterhalb der Streubreite der Standardabweichung von 1981 - 88 liegen, die Mittelwerte der Bewölkung und der Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung jedoch im allgemeinen innerhalb dieser Streubreite bleiben. Jänner und Februar 1993 sind dadurch ausgezeichnet, daß besonders niedrige Ozonwerte verbunden mit geringer Bewölkung vorkommen. Für solche Fälle liegen die Mittelwerte der Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung über 7 Tage am oberen Rand der durch die Standardabweichung gegebenen Streubreite. Für 1994 ist charakteristisch, daß die Mittelwerte der Tagessummen über 7 Tage zufolge hoher Ozonwerte im Februar und Anfang April am unteren Rand der durch die Standardabweichung gegebenen Streubreite liegen, im März zufolge niedriger Ozonwerte, die Mittelwerte der Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung über 7 Tage wegen starker Bewölkung am unteren Rand der durch die Standardabweichung gegebenen Streubreite. Als besonders ausgeprägtes Beispiel wird die Woche 7 angeführt, bei der die Lage der Mittelwerte der Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung über 7 Tage innerhalb der durch die Standardabweichung gegebenen Streubreite durch Ozon- und Bewölkungseinfluß verständlich ist. Ein hoher Ozonwert verbunden mit starker Bewölkung ergibt eine niedrige Tagessumme der

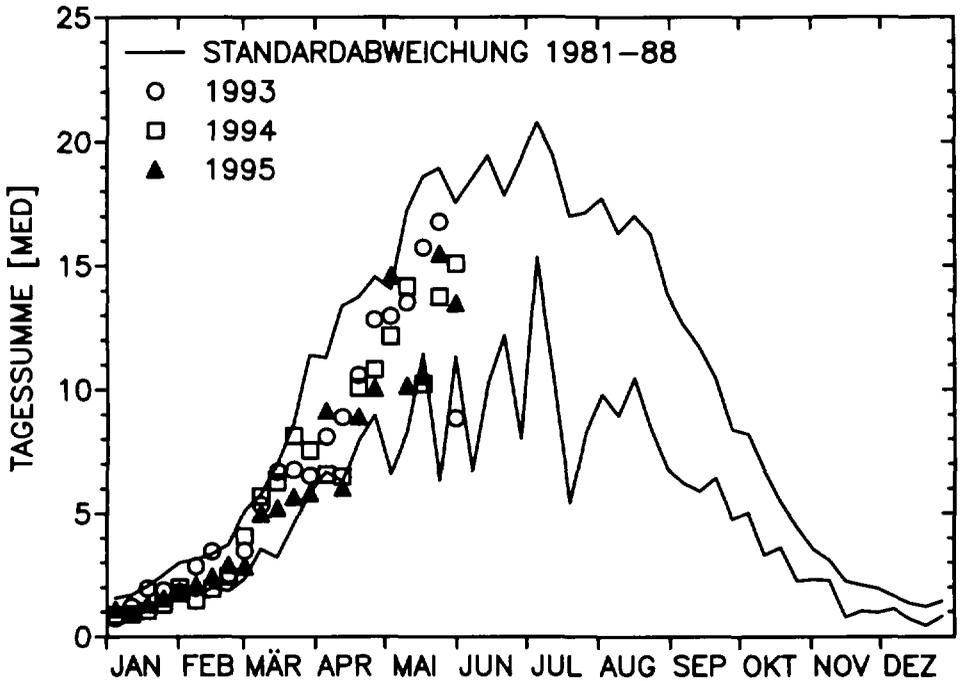


Abb. 3: Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung (MED) gemittelt über 7 Tage für Jänner bis Mai 1993/94/95 in Innsbruck. Ausgezogene Linien zeigen die Standardabweichung für die Referenzserie 1981 - 1988.

erythemwirksamen Strahlung (1994) und umgekehrt (1993). Starke Bewölkung verbunden mit niedrigem Ozonwert zeigt die Kompensation beider Einflüsse auf die erythemwirksame Strahlung (1995).

4. Diskussion:

Die unterschiedlichen Ozonwerte in den Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95 lassen sich durch unterschiedliche Bedingungen im arktischen polaren Vortex erklären. Im Winter 1992/93 wurden dort erhöhte ClO Konzentrationen gemessen, die für den verstärkten Ozonabbau verantwortlich sind. Zudem war im Winter 1992/93 die Temperatur der unteren Stratosphäre bis Ende Februar für fast 2 Monate tief genug um "polar stratospheric clouds" zu bilden, im Winter 1993/94 war diese Bedingung nur für 2 Wochen zwischen Dezember und Februar erfüllt. Aus diesen Fakten resultiert, daß der Ozonabbau im Winter 1992/93 gegenüber Winter 1993/94 begünstigt war und sich ozonarme Luft durch die dynamische Variabilität des polaren Vortex bis in die mittleren nördlichen Breiten ausbreiten konnte (MANNEY et al. 1994).

Die Auswirkungen einer Ozonabnahme auf die erythemwirksame Strahlung wird im allgemeinen mit Modellrechnungen formuliert (CRUTZEN 1992). Andere atmosphärische Parameter wie Bewölkung und Trübung werden dabei als konstant vorausgesetzt. Mit dieser Voraussetzung ergibt sich ein Zusammenhang zwischen atmosphärischer Ozonkonzentration und erythemwirksamer Strahlung in Form des Potenzgesetzes

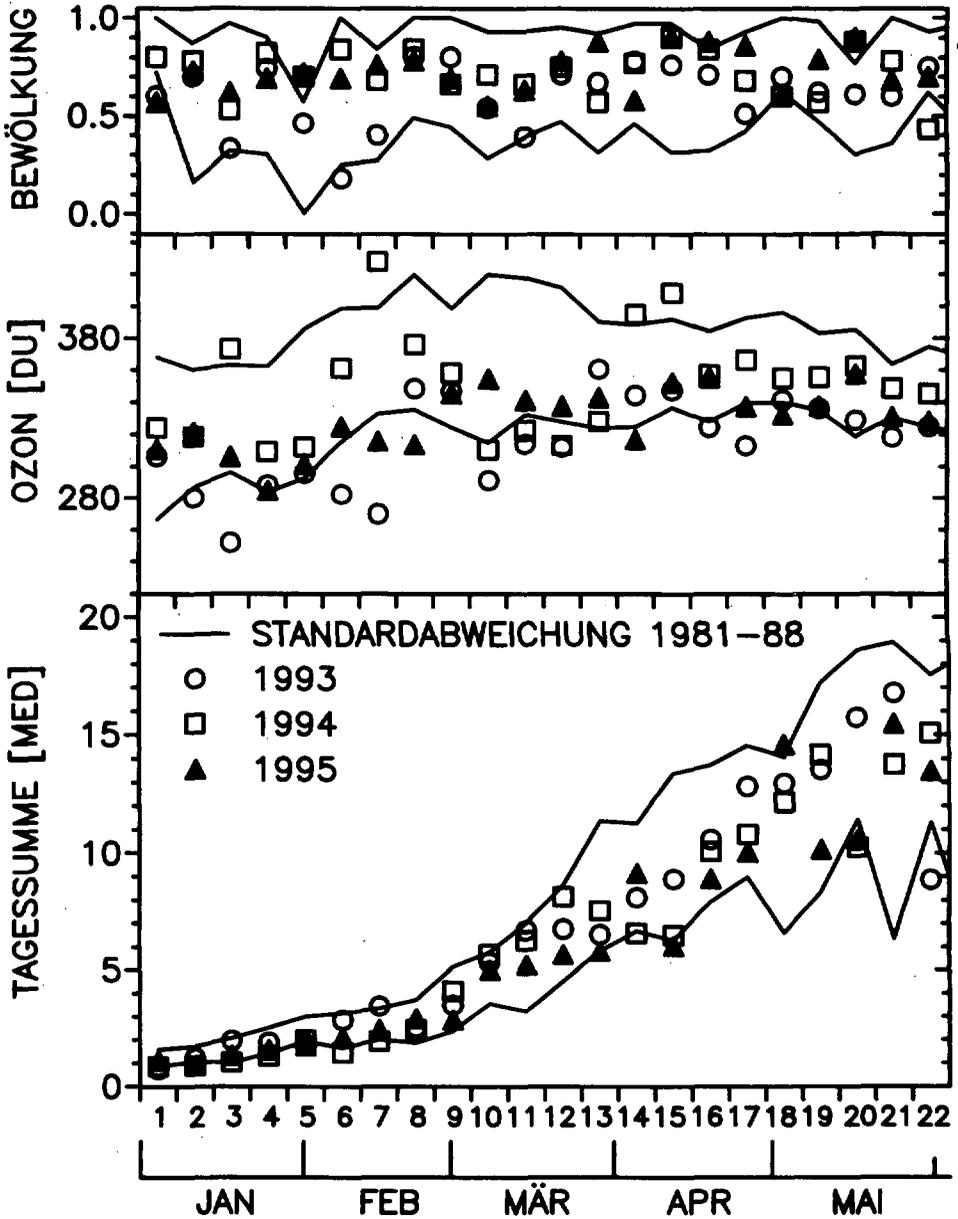


Abb. 4: Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung (MED) gemittelt über 7 Tage für Jänner bis Mai 1993/94/95 in Innsbruck, sowie Mittelwerte des Ozons und der Bewölkung. Ausgezogene Linien zeigen die Standardabweichung der Referenzserie 1981 - 1988.

$$\frac{I_1}{I_2} = \left[\frac{O_3(1)}{O_3(2)} \right]^{-RAF} \quad \text{Gl. 1}$$

wobei $O_3(1)$, $O_3(2)$ atmosphärische Ozonkonzentrationen und I_1 , I_2 Intensitäten der erythemwirksamen Strahlung bedeuten. Der Exponent wird als Radiation Amplification Factor (RAF) bezeichnet. Messungen ergaben für die erythemwirksame Strahlung, gemessen mit einem Robertson-Berger Sunburn meter, $RAF = 1,07 \pm 0,15\%$ (BLUMTHALER et al. 1995). Das bedeutet, daß bei einer Ozonabnahme von 10% eine Zunahme der erythemwirksamen Strahlung von 11% erwartet wird.

5. Zusammenfassung:

Die Auswirkungen von Ozonänderungen auf die erythemwirksame Strahlung in Innsbruck werden für die Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95 untersucht. Diese Perioden sind durch große Variabilität des Ozons charakterisiert. Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung sind vor allem dann beeinflußt, wenn Ozon und Bewölkung sich im Einfluß gegenseitig verstärken. Ansonsten ist die Bewölkung durch ihre große Variabilität als maskierender Einfluß zu bewerten. Da Einflüsse von Bewölkung und Trübung auf die erythemwirksame Strahlung und auf die Totalstrahlung annähernd gleich sind, werden diese Einflüsse im Quotienten erythemwirksame Strahlung zu Totalstrahlung reduziert, so daß das Ozon als dominanter Faktor bleibt. Tagessummen der erythemwirksamen Strahlung gemittelt über 7 Tage liegen in der Perioden Jänner bis Mai 1993/94/95 innerhalb der Standardabweichung der Referenzserie 1981 - 1988.

Dank: Der Österreichischen Akademie der Wissenschaften wird für die Unterstützung im Rahmen des International Geosphere-Biosphere Programme gedankt, dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck für die Überlassung von Bewölkungsdaten und dem Lichtklimatischen Observatorium Arosa für die Überlassung von Ozonaten.

6. Literatur:

- ANDERSON, Ch. (1992): UV researchers opt for a compromise. — *Nature* **356**, 186.
- BLUMTHALER, M. & W. AMBACH (1990): Indication of increasing solar ultraviolet-B radiation flux in alpine regions. — *Science* **248**: 206 - 208.
- BLUMTHALER, M., W. AMBACH, R. SILBERNAGL & J. STAEHELIN (1994): UV-B-irradiance in Western Austria in spring 1993. — *Photochemistry and Photobiology* **59**(6): 657 - 659.
- BLUMTHALER, M., M. SALZGEBER & W. AMBACH (1995): Ozone and Ultraviolet-B irradiances — experimental determination of the radiation amplification factor. — *Photochemistry and Photobiology* **61**: 159 - 162.
- CRUTZEN, P.J. (1992): Ultraviolet on the increase. — *Nature* **356**: 104 - 105.
- MANNEY, G.L., L. FROIDEVAUX, J.W. WATERS, R.W. ZUREK, W.G. READ, L.S. ELSON, J.B. KUMER, J.L. MERGENTHALER, A.E. ROCHE, A.O. NEILL, R.S. HARWOOD, I. MACKENZIE & R. SWINBANK (1994): Chemical depletion of ozone in the Arctic lower stratosphere during winter 1992 - 93. — *Nature* **370**: 429 - 434.
- MCKINLAY, A.F. & L. DIFFEY (1987): A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. — *Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)-J.* **6**: 17 - 22.
- SCOTTO, J., G. COTTON, F. URBACH, D. BERGER & T. FEARS (1988): Biologically effective ultraviolet radiations: surface measurements in the United States, 1974 to 1985. — *Science* **239**: 762-764.
- STOLARSKI, R., R. BOJKOV, L. BISHOP, C. ZEREFOS, J. STAEHELIN & J. ZAWODNY (1992): Measured trends in stratospheric ozone. — *Science* **256**: 342 - 349.
- VAN DER LEUN, J.C., Y. TAKIZAWA & J.D. LONGSTRETH (1989): Human health. — In: *Environmental effects Panel Report, United Nations Environment Programme, Nairobi*, 11 - 24.
- WMO (World Meteorological Organization) (1981 - 1995): *Atmospheric Environment Service: Ozone data for the World, Downsview, Ontario.*

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [83](#)

Autor(en)/Author(s): Ambach Walter, Blumthaler Mario, Ellinger Raimund

Artikel/Article: [Solare UVB Strahlung in Innsbruck -Jänner bis Mai 1993/94/95. 7-13](#)