

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 80	S. 7 – 13	Innsbruck, Okt. 1993
---------------------------------	---------	-----------	----------------------

# Bräunungs- und Erythemdosen bei Solarien

von

Walter AMBACH, Mario BLUMTHALER und Martin HUBER \*)

(Institut für Medizinische Physik der Universität Innsbruck)

## Tanning- and Erythema Doses from Sun Beds

**Synopsis:** Spectral measurements of 22 sun beds in Switzerland show that the lamps can be attached to 2 types of emitter. One type is a good UV-A emitter with only little UV-B radiation, another type emits UV-A with a remarkable share of UV-B radiation. The times of irradiation to attain the threshold doses for immediate tanning and for erythema vary, depending on the type of the lamp. Because of the carcinogenic effect of UV-B radiation and for enhanced skin ageing from UV-A irradiation, regular use of sun beds is not recommended. In special cases, e.g. in preparation for strong exposure to sun during holidays, a moderate prophylactic tanning is suitable as protection against more serious skin damages.

### 1. Einleitung:

Die Anwendung von Solarien zur Bräunung wird auf wissenschaftlicher Ebene kontroversiell diskutiert. Eine Gruppe argumentiert, daß es keine harmlose UV-Strahlung gibt und damit ein Risiko eines Hautschadens in Solarien gegeben ist; eine andere Gruppe meint, daß eine gemäßigte Bräunung einen natürlichen Schutz der Haut vor stärkeren schädigenden Wirkungen darstellt und damit eine fallweise Bräunung als Prophylaxe gegen stärkere Hautschäden empfohlen werden kann. Im folgenden werden anhand von spektralen UV-Messungen von 22 Solarien die Anteile von UV-A (320 - 400 nm) und UV-B (280 - 320 nm) im Spektrum dargestellt und Berechnungen von Bestrahlungsdosen vorgelegt.

### 2. Wirkungsspektren und Schwellwertdosen:

Ein Wirkungsspektrum gibt die Wirkung einzelner Wellenlängen für eine bestimmte biologische Reaktion an, wobei das Maximum mit 100 % normiert ist. Für das Erythem (Sonnenbrand) sind in der Literatur zwei verschiedene Wirkungsspektren verfügbar (Abb. 1): Das Wirkungsspektrum nach DIN 5031 (1979) und das nach MCKINLAY & DIFFEY (1987), welches von der Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) empfohlen wird. Die zwei Wirkungsspektren unterscheiden sich in wesentlichen Punkten. Nach dem Wirkungsspektrum von MCKINLAY & DIFFEY (1987) sind alle Wellenlängen kleiner 297 nm gleich stark zu 100 % wirksam, im UV-A Bereich ist eine Wirksamkeit von 0,1 % bis 1 % gegeben. Beide Charakteristiken fehlen im Wirkungsspektrum nach DIN 5031 (1979).

Bei der Pigmentierung werden 2 verschiedene Reaktionen unterschieden. Die direkte (oder primäre) Pigmentierung mit dem Wirkungsspektrum nach DIN 5031 (1979, Abb. 1) und die indi-

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

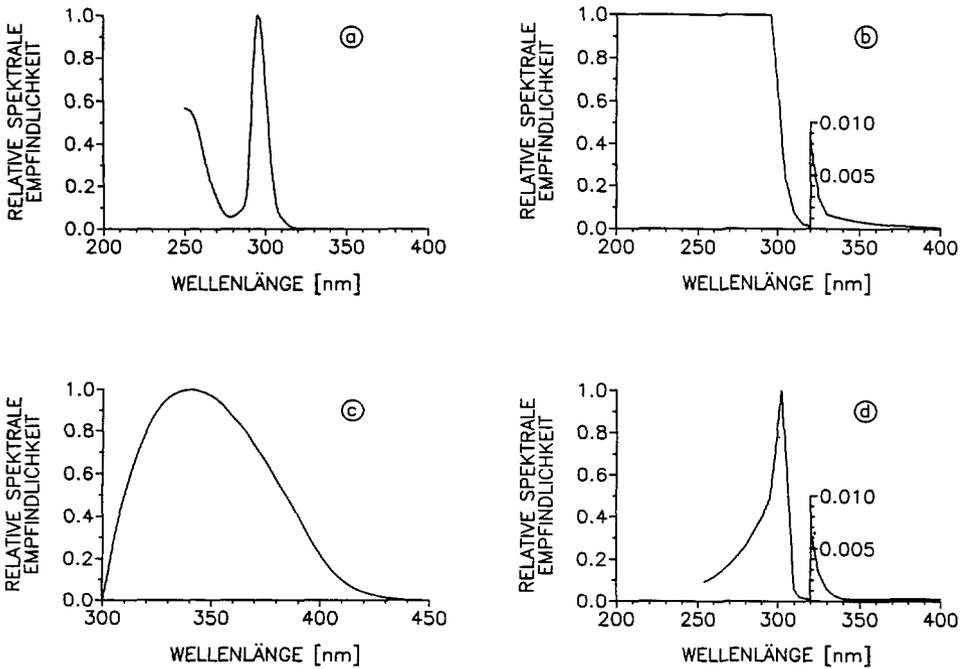


Abb. 1: Wirkungsspektren a) des Erythems nach DIN 5031 (1979), b) des Erythems nach MCKINLAY & DIFFEY (1987), c) der direkten Pigmentierung nach DIN 5031 (1979), d) der karzinogenen Wirkung nach VANDER LEUN et al. (1989).

rekte (oder sekundäre) Pigmentierung, deren Wirkungsspektrum jenem des Erythems entspricht. Direkte Pigmentierung erfolgt nur durch UV-A Strahlung, während indirekte Pigmentierung sowohl durch UV-A als auch durch UV-B Strahlung verursacht wird. Die Reaktionen von Erythem, direkter und indirekter Pigmentierung haben unterschiedlichen Zeitverlauf (Tab. 1). Während das Erythem verzögert nach der Bestrahlung auftritt, ist die direkte Pigmentierung unmittelbar nach der Bestrahlung mit einem Maximalwert feststellbar.

Tab. 1: Schwellwerte und zeitlicher Verlauf von Erythem, direkter und indirekter Pigmentierung des kaukasischen Hauttyps (KAPLAN 1992; HAWK & PARRISH 1982; KAIDBERG & KLIGMAN 1978).

	UV-A	UV-B
<b>Erythem</b>		
Schwellwert	200 - 1000 kJm <sup>-2</sup>	0.2 - 0.7 kJm <sup>-2</sup>
Beginn	4 - 6 h	2 - 6 h
Höchstwert	10 - 12 h	20 - 24 h
Dauer	36 - 48 h	72 - 120 h
<b>Direkte Pigmentierung</b>		
Schwellwert	60 kJm <sup>-2</sup>	
Beginn	5 - 10 min	
<b>Indirekte Pigmentierung</b>		
Schwellwert	180 kJm <sup>-2</sup>	0.3 kJm <sup>-2</sup>
Beginn	2 Tage	2 Tage

Beim Erythem und bei der direkten und indirekten Pigmentierung tritt die Reaktion erst ab einer Schwellerdosis auf (Tab. 1). Die Schwellwertdosis für das Erythem wird als "Minimale Erythemwirksame Dosis" (MED) bezeichnet. Sie ist für UV-A Strahlung ungefähr um den Faktor 1000 höher als für UV-B Strahlung. Entsprechend ist die Schwellwertdosis für indirekte Pigmentierung für UV-A Strahlung größer als für UV-B Strahlung. Wegen der fehlenden direkten Pigmentierung durch UV-B Strahlung ist für diesen Fall keine Schwellwertdosis anzugeben.

### 3. Meßergebnisse:

Im Jahre 1991 wurden in der Schweiz 22 Solarien bezüglich der spektralen UV-Intensitäten im Bereich von 250 bis 500 nm mit Hilfe eines Doppelmonochromators untersucht. Das Auflösungsvermögen beträgt 1 nm, die Schrittweite 0,5 nm. Die Messungen wurden im Abstand der Position eines Probanden bei Bestrahlung durchgeführt.

Vorweg sei mitgeteilt, daß in allen Fällen die Meßwerte den Angaben der Betreiber entsprechen. Allerdings zeigen sich große Unterschiede in den Spektren. Bei einem Typ ist praktisch nur UV-A Strahlung (320 - 400 nm) wirksam, bei anderen Typen ist ein Beitrag von UV-B Strahlung (280 - 320 nm) zur Gesamtstrahlung vorhanden (Abb. 2). Die verschiedenen Strahlungsquellen bewirken daher Unterschiede in den Erythem- und Pigmentierungsreaktionen.

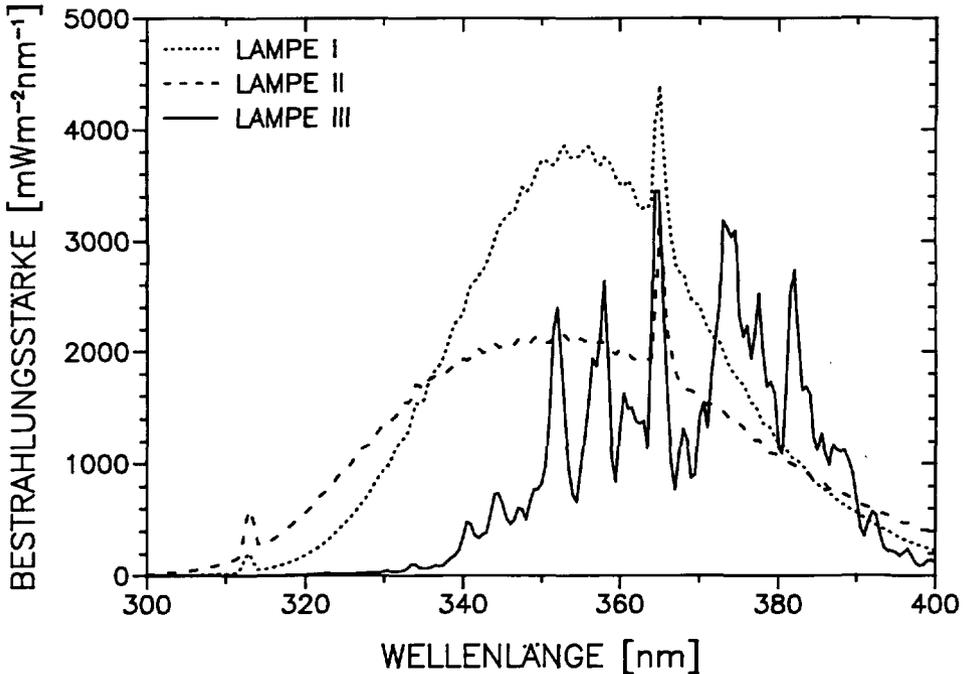


Abb. 2: Drei repräsentative Spektren von UV-Lampen in Solarien: I) UV-A Lampe mit geringem UV-B Anteil (Philips R-UVA, 100 Watt), II) UV-A Lampe mit hohem UV-B Anteil (Wolf Life Sun LS1-722, 100 Watt), III) Hochdruck UV-A Lampe, 2000 Watt, mit sehr geringem UV-B Anteil (Bestrahlungsstärke um den Faktor 6 reduziert). Die Bestrahlungszeiten für Schwellwertreaktionen sind in Tab. 2 mit I bis III gekennzeichnet.

Die gemessenen Spektren wurden mit den Wirkungsspektren des Erythems (DIN 5031, 1979 und McKINLAY & DIFFEY 1987) und der direkten Pigmentierung (DIN 5031, 1979) gewichtet.

Tab. 2: Bestrahlungszeiten für die Schwellwertreaktionen a) des Erythems (DIN), b) des Erythems (CIE), c) der direkten Pigmentierung (DIN), sowie Verhältniszahlen der Bestrahlungszeiten, d) Erythem (DIN) zu direkter Pigmentierung (DIN), e) Erythem (CIE) zu direkter Pigmentierung (DIN). Angaben in Stunden: Minuten. Verwendete Wirkungsspektren: Erythem (DIN) nach DIN 5031 (1979), Erythem (CIE) nach McKINLAY & DIFFEY (1987), direkte Pigmentierung (DIN) nach DIN 5031 (1979). Graphische Darstellungen siehe Abb. 1; Spektren der Lampen I bis III, siehe Abb. 2.

	a Ery(DIN)	b Ery(CIE)	c Pigm	d Ery(DIN)/Pigm	e Ery(CIE)/Pigm
(I)	14:27	0:42	0:08	108,4	5,3
	0:42	0:13	0:06	7,0	2,2
	2:23	0:32	0:13	11,0	2,9
	62:05	2:03	0:23	162,0	5,3
	15:53	0:19	0:04	238,3	4,8
	0:46	0:14	0:04	7,7	2,3
	1:17	0:25	0:12	6,4	2,1
(II)	0:36	0:20	0:14	2,6	1,4
	0:22	0:14	0:17	1,3	0,8
	1:34	0:26	0:08	11,8	3,3
	22:00	0:17	0:03	440,0	5,7
	25:51	0:19	0:03	517,0	6,3
	3:26	0:14	0:03	68,7	4,7
	1:25	0:27	0:13	6,5	2,1
(III)	0:21	0:13	0:16	1,3	0,8
	45:22	0:25	0:05	544,4	5,0
	1:26	0:28	0:13	6,6	2,2
	0:26	0:16	0:14	1,9	1,1
	0:27	0:15	0:09	3,0	1,7
	21:34	0:30	0:06	215,7	5,0
	0:54	0:17	0:08	6,8	2,1
2:09	0:38	0:18	7,2	2,1	

Daraus resultieren die für die betreffenden Reaktionen wirksamen Strahlungsintensitäten. Unter Anwendung repräsentativer Schwellwerte (Tab. 1) wurde die Bestrahlungsdauer für die Schwellwertreaktion des Erythems und der direkten Pigmentierung berechnet und in Tab. 2 vergleichend gegenübergestellt.

Für das Erythem nach DIN 5031 (1979) ergeben sich je nach Lampentyp Bestrahlungszeiten zwischen 62<sup>h</sup>05<sup>m</sup> und 21<sup>m</sup>, nach McKINLAY & DIFFEY (1987) zwischen 2<sup>h</sup>03<sup>m</sup> und 13<sup>m</sup> (Tab. 2). Im zweiten Fall sind die Bestrahlungszeiten kürzer, weil die Erythemwirkung der UV-A Strahlung berücksichtigt ist. Dies ist insbesondere bei Solarien von Bedeutung, weil ein relativ hoher UV-A Anteil vorliegt.

Die Bestrahlungszeiten für den Schwellwert der direkten Pigmentierung liegen zwischen 23<sup>m</sup> und 3<sup>m</sup>. In 20 von 22 Fällen sind die Bestrahlungszeiten für den Schwellwert der direkten Pigmentierung kürzer als für das Erythem nach McKINLAY & DIFFEY (1987). Für das Erythem nach DIN 5031 (1979) ergeben sich in allen Fällen die längsten Bestrahlungszeiten. Dies bedeutet, daß in Solarien bevorzugt direkte Pigmentierung erreicht wird. Ein Erythem kann zwar als Begleitreaktion auftreten, wird jedoch bei vernünftiger Bestrahlungsdauer nicht dominant. Durch die Verhältniszahlen der Bestrahlungszeiten Erythem zu direkter Pigmentierung wird dies in Tab. 2 ausge-

drückt. Je größer die Verhältniszahl ist, desto stärker wird die Erythemreaktion unterdrückt. Die Verhältniszahl 1 bedeutet, daß gleichzeitig der Schwellwert des Erythems und jener der direkten Pigmentierung erreicht wird.

#### 4. Diskussion:

Erythem und Pigmentierung sind nur ausgewählte Reaktionen der Haut bei UV-Strahlung. Neben der karzinogenen Wirkung der UV-Strahlung, die im UV-B Bereich stark ausgeprägt ist, erzeugen UV-A und UV-B Strahlung allergische und toxische Lichtdermatosen. Die toxischen Lichtdermatosen entstehen, wenn der Proband bestimmte Medikamente z.B. Sulfonamide, Antibiotika, Antidiabetika eingenommen hat und danach einer UV-Strahlung exponiert ist. Es kommt dabei zu Hautausschlägen verschiedener Art, deren Wirkungsspektren sich vom UV-B Bereich bis in den sichtbaren Bereich erstrecken, wobei der UV-A Strahlung eine besondere Bedeutung zukommt. Beispiele für Lichtdermatosen sind polymorphe Lichteruptionen (290 - 365 nm), systemischer Lupus Erythematosus (290 - 330 nm), Urticaria solaris (290 - 480 nm) und Porphyria cutanea tarda (340 - 600 nm). Die Bereiche der jeweiligen Wirkungsspektren sind in Klammern angegeben.

UV-A Strahlung ist auch für eine vorzeitige Alterung der Haut verantwortlich. Faltenbildung, Verdickung der Hornhaut, trockene und raue Oberfläche, spezielle Verfärbung und vermehrtes Auftreten von Leberflecken sind dafür einige äußere Anzeichen. Mit einer UV-A Bräunung wird neben der karzinogenen Wirkung daher immer auch eine vorzeitige Alterung der Haut in Kauf genommen.

Durch Bestrahlung von Mäusen wurde festgestellt, daß das Wirkungsspektrum der Hautkrebsentstehung jenem des Erythems sehr ähnlich ist (Abb. 1). Es ist wissenschaftlich gesichert, daß die Hautkrebsarten Basaliome und Plattenepithelkarzinome vorwiegend durch UV Bestrahlung entstehen. 90 % der Fälle werden vermutlich durch Sonnenbestrahlung verursacht. Beim schwerwiegendsten Hautkarzinom, dem Melanom, ist ein Zusammenhang mit UV Exposition noch nicht mit dieser Sicherheit festgestellt worden.

Da UV-A Strahlung tiefer in die Haut eindringt als UV-B Strahlung ergibt sich je nach Strahlenart eine andere Tiefenverteilung der Pigmentierung. Direkte Pigmentierung entsteht durch Oxidation und Nachdunklung bereits vorhandener farbschwacher Melaninvorstufen. Bei der indirekten Pigmentierung wird Melanin neu gebildet. Bezüglich der Schutzwirkung der pigmentierten Haut gegen Erythem ist zwischen einer direkten (UV-A) und einer indirekten (UV-A und UV-B) Pigmentierung zu unterscheiden. Direkte Pigmentierung stellt einen geringeren Schutz gegen das Erythem dar als indirekte Pigmentierung. Die bestmögliche Bräunung eines kaukasischen Hauttyps entspricht einem Sonnenschutzfaktor von 4, allerdings geht dieser Gewinn auf Kosten der frühzeitigen Alterung der Haut und des Risikos der Hautkrebsentstehung.

Umfragen über die Benutzung von Solarien zeigen, daß ein sehr hoher Prozentsatz der Solarienbenutzer nicht über Auswirkungen der UV-Strahlung informiert ist. Eine Studie im Raum Osnabrück und Oldenburg (VOGEL 1992) zeigt, daß 59 % der Solarienbesucher nicht über mögliche Lichtdermatosen in Verbindung mit Medikamenten Bescheid wissen, wobei 30 % der Besucher Medikamente einnehmen. 49 % wissen nichts über die beschleunigte Alterung der Haut bei regelmäßiger UV-A Bestrahlung, jedoch nehmen 40 % eine vorzeitige Alterung der Haut durch Bestrahlung bewußt in Kauf.

#### 5. Schlußbemerkungen:

In Anbetracht der Risiken der UV-A und UV-B Strahlung wird von einer regelmäßigen Benutzung von Solarien abgeraten. In besonderen Fällen, beispielsweise bei einem bevorstehenden Urlaub mit zu erwartender starker Sonnenexposition, kann eine mäßige Bräunung als Prophylaxe

gegen stärkere Hautschäden durch ungeschützte Sonnenexposition empfohlen werden. In diesem Fall sollte das Spektrum des Solariums in seinen UV-B und UV-A Anteilen möglichst jenem der Sonne bei mittlerer Sonnenhöhe entsprechen (Abb. 3). Bei niederen Sonnenhöhen ist die UV-A Strahlung relativ zur gesamten UV-Strahlung stärker ausgeprägt als bei großen Sonnenhöhen, so daß vor allem ein Spektrum bei niederen Sonnenhöhen für eine prophylaktische Bräunung geeignet erscheint.

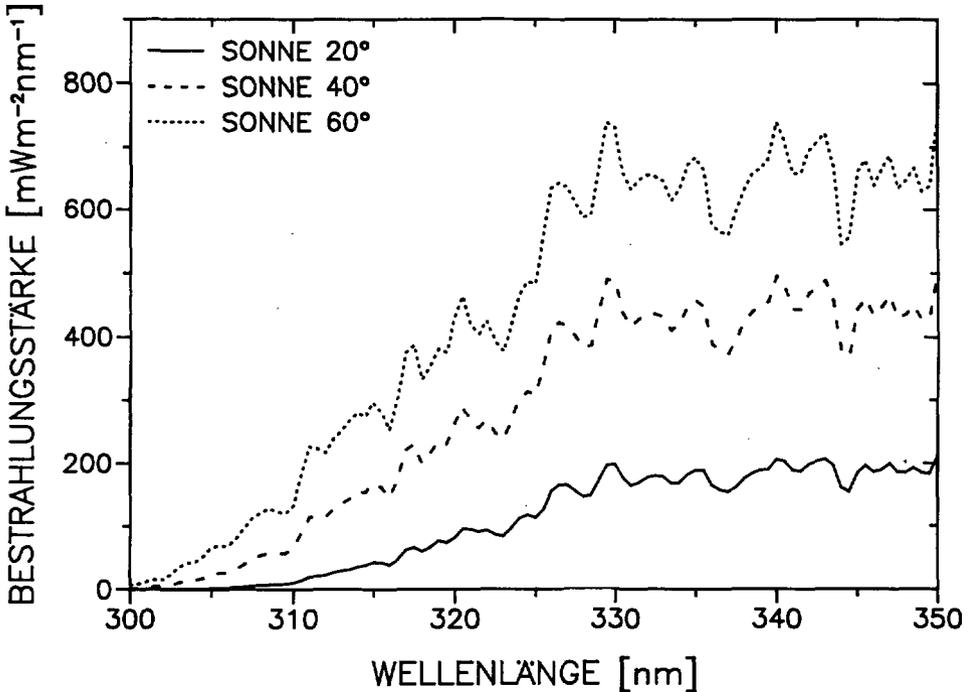


Abb. 3: Sonnenspektren von 300 bis 350 nm für 3 Sonnenhöhen. Messung: 14.05.1992, Hochalpine Forschungsstation Jungfrauojoch (3576 m).

## 6. Zusammenfassung:

Spektrale Messungen von 22 Solarien in der Schweiz zeigen, daß die Strahler in 2 Lampentypen eingeteilt werden können. Ein Typ ist ein guter UV-A Strahler mit nur geringem UV-B Anteil, ein zweiter Typ emittiert UV-A mit hohem UV-B Anteil. Die Bestrahlungszeiten für die Schwellwertdosis der direkten Pigmentierung und des Erythems variieren stark je nach Lampentyp. Wegen der karzinogenen Wirkung der UV-B Strahlung und der beschleunigten Alterung der Haut durch UV-A Bestrahlung wird vom regelmäßigen Besuch von Solarien abgeraten. In besonderen Fällen, beispielsweise bei einer bevorstehenden starken Sonnenexposition im Urlaub, ist eine prophylaktische mäßige Bräunung als Schutz gegen stärkere Hautschäden sinnvoll.

D a n k : Die Anschaffung des Doppelmonochromators wurde durch eine Subvention des Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung gefördert.

## 7. Literatur:

- DIN 5031 (1979): Deutsche Normen, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik, Teil 10, Berlin.
- HAWK, J.L.M. & J.A. PARRISH (1982): Responses of normal skin to ultraviolet radiation. – In: *The Science of Photomedicine* (J.D. Reagan and J.A. Parrish, eds.): 219 - 260, Plenum Press, New York, London.
- KAIDBEY, K.H. & A.M. KLIGMAN (1978): *The acute effects of long-wave ultraviolet radiation on human skin.* – *J. Invest. Dermatol.* **72**: 253 - 256.
- KAPLAN, L.A. (1992): Suntan, sunburn, and sun protection. – *Journal of Wilderness Medicine* **3**: 173 - 196.
- McKINLAY, A.F. & B.L. DIFFEY (1987): A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. – *Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) – Journal*, Vol. 6, No. 1: 17 - 22.
- VAN DER LEUN, J.C., Y. TAKIZAWA & J.D. LONGSTRETH (1989): Human Health. – In: *Environmental effects panel report, November 1989* (United Nations Environment Programm ed.), 11 - 24, Nairobi.
- VOGEL, K. (1992): Solarienfans nehmen vorzeitige Hautalterung in Kauf. – *Ärzte Woche* 6. Jg., 28. Oktober: 32.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [80](#)

Autor(en)/Author(s): Huber Martin, Ambach Walter, Blumthaler Mario

Artikel/Article: [Bräunungs- und Erythemdosen bei Solarien. 7-13](#)