

# Freilandversuch zur Wirkung erhöhter UV-B-Strahlung auf die Vegetation

Jürgen Franzaring und Almut Therburg

## Synopsis

### Field experiment to assess the impact of elevated UV-B radiation on the vegetation

In an outdoor experiment two artificial plant communities (grass/clover mixture and wildflower meadow) were supplemented with artificial UV-B. The radiation was not filtered and measured so that the biologically effective radiation could not be calculated according to plant weighting functions. The biological performance of plants was evaluated regularly and sensitive species could be identified. In general, the Fabaceae showed to be very sensitive whereas the Oxeye-daisy (*Leucanthemum vulgare*, Asteraceae) seemed to tolerate even high levels of UV-B. The assessment of species-covering within the grass/clover-mixture revealed a clear shift in competition. Grass species became dominant on plots receiving high levels of UV-B whereas *Trifolium repens* completely disappeared from these.

*UV-B, Freilandversuch, Toleranz, Konkurrenz der Arten, Vegetationsänderung*

*UV-B, field experiment, tolerance, competition of species, vegetation change*

## 1 Einleitung

Der anthropogen verursachte Abbau stratosphärischen Ozons scheint sich mittlerweile auch in den mittleren Breiten auszuwirken. So wurde seit Anfang der 80er Jahre in den Schweizer Alpen jährlich ein ca. einprozentiger Anstieg der UV-B-Strahlung festgestellt (BLUMENTHALER & AMBACH 1990).

VAN DER LEUN & al. (1994) gehen davon aus, daß sich die Ozonschicht in den nächsten Jahrzehnten nicht wieder erholen kann, obwohl die Industrieländer nach der Einwilligung zum Montreal-Protokoll mit einem Ausstieg aus der FCKW-Produktion und -Nutzung bereits begonnen haben. Als Folge davon wird die Zahl von Haut- und Augenerkrankungen weltweit noch zunehmen und die Produktion von pflanzlichen Nahrungsmitteln und Meeresplankton zurückgehen. Abb. 1 faßt die Wirkungen zusammen, denen Pflanzen unter erhöhter UV-B-

Strahlung ausgesetzt sind. Es sei darauf hingewiesen, daß sich im Zuge globaler Klimaänderungen neben der erhöhten UV-B-Strahlung gleichzeitig weitere Faktoren wie der Anstieg der Konzentrationen des troposphärischen Ozons sowie des CO<sub>2</sub> auf die Vegetation auswirken werden (KRUPA & KICKERT 1989 und HERTSTEIN & JÄGER 1995).

Mit der Wirkung von erhöhter UV-B-Strahlung auf Pflanzen befassten sich neben CALDWELL & al. (1989) in besonderem Maße die ANL (1989), TEVINI (1993, 1994) und zwei Berichte der EU (BAUER & NOLAN 1995, NOLAN 1995). In aufwendigen kontrollierten Versuchen in Phytotronen mit zumeist land- oder forstwirtschaftlich genutzten Pflanzen wurden die Prinzipien der photobiologischen Schädigung bzw. die betreffenden Stoffwechselreaktionen erforscht.

Bislang gibt es jedoch nur wenige Freilandstudien zum Einfluß erhöhter UV-B-Strahlung auf Pflanzen und Pflanzengemeinschaften. Langfristige Freilandversuche werden derzeit von JOHANSON et al. (1995) in einer subarktischen Heide Schwedens, von GARREC & LAITAIT (1996) in den Französischen Alpen und von PETROPOULOU & al. (1995) in einem mediterranen Kiefernökosystem Griechenlands durchgeführt. Da die »mechanistisch orientierten Versuchsansätze« (PANTEN & al. 1996) der kontrollierten Laborstudien allein nicht zufriedenstellend sind, müssen weitere Feldversuche durchgeführt werden, um ein realistisches Bild über die Auswirkungen des zunehmenden UV-B-Stress auf ökosystemarer Ebene zu erlangen. In dem hier gewählten Versuchsansatz werden zwei Grünland-Ansaaten einer erhöhten UV-B-Strahlung ausgesetzt, um sensitive Arten zu identifizieren und mögliche Veränderungen von Dominanzverhältnissen zu erforschen.

## 2 Material und Methoden

Zwei ausgekofferte Beete (120 x 260 cm) wurden im Frühjahr 1995 mit bei 80 °C sterilisierter Gartenerde (Sand-Kompost-Gemisch) aufgefüllt. In jedes Beet wurde auf der einen Seite eine Klee/Gras-Saatmischung (W), auf der anderen eine Blumenwiesen-Saatmischung (B) eingesät. In der Mitte des einen Beetes wurde in einer Höhe von 80 cm eine UV-B-

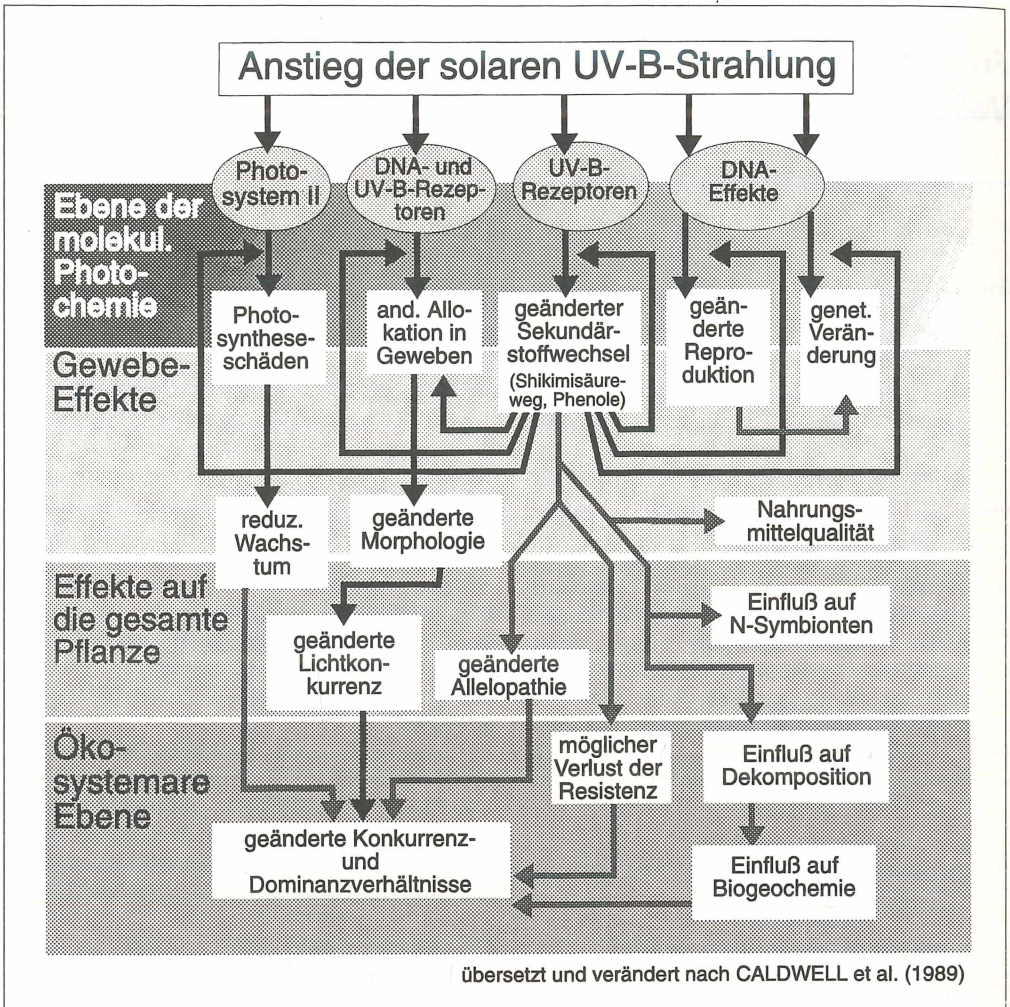


Abb. 1

Die Wirkung der UV-B-Strahlung auf Pflanzen kann direkter oder indirekter Art sein und sich in verschiedenen Organisationsstufen von der molekularen bis zur ökosystemaren Ebene fortsetzen. Biochemische Änderungen der DNA und im Sekundärstoffwechsel beeinflussen die pflanzliche Physiologie und Anatomie, was sich in geänderten Konkurrenz- und Dominanzverhältnissen niederschlagen kann.

Fig. 1

The direct or indirect impact of UV-B on plants can act on different levels of organisation from the molecular to the ecosystem level. Biochemical responses of the DNA and secondary metabolism influence the plant's physiology and anatomy, which will have an influence on altered competition and dominance of species.

Lampe (Philips TL12/40W) angebracht, die Kontrollfläche blieb ohne Zusatzstrahlung. Um eine genügend große Effektivität der Strahlung zu gewährleisten, wurde die UV-B-Fläche von Mai bis August 12 h pro Tag beleuchtet (von 8 Uhr bis 20 Uhr). Die Deckungsgrade wurden zu mehreren Zeitpunkten in den 8 Teilflächen bis auf 5 % Genauigkeit geschätzt.

**UV-B-absorbierende Substanzen** wurden in methanolischen Pflanzenextrakten in Anlehnung an

die Methode von WAND (1995) am UV-VIS-Spektrophotometer gemessen.

**Anmerkungen zur UV-B-Strahlungsquelle, Dosierung und Messung:** Ein großes Problem ergibt sich aus dem Spektralverhalten der UV-B-Lampe. Die Anpassung der Strahlungsquelle an das reale solare Spektrum und die Modellierung von Tages-Strahlungsverläufen wären nur unter größtem Aufwand möglich. Auf eine Filterung der Strahlung mit Acetat-



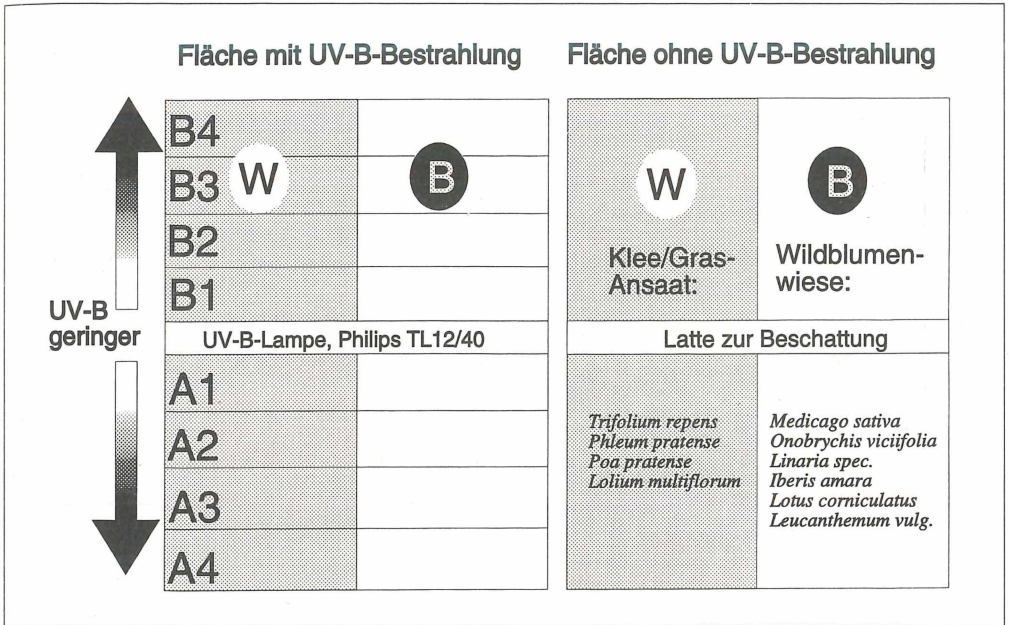


Abb. 2  
 Schema zum Aufbau des UV-B-Versuchs. Über der UV-B-Fläche nimmt von der Mitte (A1) bis zum Rand (A4) des Beetes die Strahlung ab, so daß die Pflanzen der UV-B-Varianten von B und W zum Rande abnehmende Strahlungsdosen erhalten. Da die Kontroll-Variante (UV-) von W nahe an der Strahlungsquelle lag, war auch – zumindest in deren Mitte – ein gewisser Einfluß auf die Pflanzen nachweisbar.

Fig. 2  
 Schematic representation of the set-up of the UV-B field experiment. Radiation levels decrease from the centre of the plot (A1) to the margin (A4) so that plants of the two UV-B variants (B=wildflowers, C=grass/clover-mixture) will be supplemented with continuously decreasing radiation doses. As the control (UV-) of W was not shed away from the UV-B-tube, the plants from centre of that plot experienced some UV-B damage, too.

folie wurde verzichtet, so daß die Lampe noch geringe Anteile UV-C emittierte.

Die in dem Versuch benutzte UV-B-Lampe hat eine besonders hohe Effektivität in dem Wellenbereich von 290–310nm, die der größten biologischen Aktivität entspricht. Die Strahlungsintensität in diesem Bereich müßte aber realistischerweise der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) angepaßt werden, sie müßte bei Bewölkung entsprechend gedämpft werden, was nur in aufwendigen *sun-tracking*-Systemen erreicht werden kann.

### 3 Ergebnisse

Die Wirkung der erhöhten UV-B-Strahlung wurde insbesondere durch eine starke Wachstumsdepression der Pflanzen in der Mitte der UV-B-Fläche deutlich. Schon kurz nach dem Auflaufen äußerte sich der UV-B-Stress in einer niedriger wüchsigen und lückigen Vegetationsschicht unter der Lampe. Neben der Schädigung aufgelaufener Individuen von *Iberis amara*, und *Linaria* zeigte sich, daß Arten der

Fabaceae im Einflußbereich der UV-B-Belastung gänzlich ausblieben.

Die Wirkung des UV-B-Stress auf die in diesem Versuch ausgesäten Pflanzen spiegelte sich in den zu mehreren Zeitpunkten beurteilten Deckungsgraden wieder. Besonders die Klee/Gras-Variante (W) ließ eindeutige Rückschlüsse zu (Abb. 3).

Aber auch in der Wildblumenwiese (Abb. 4) kam es in der UV-B-Variante zu gravierenden Verschiebungen in den Dominanzverhältnissen. Unterschiedliche Toleranzen der Arten führten zu mehr oder weniger starken Schädigungen und hatten einen steilen Verbreitungs-Gradienten gemäß der Strahlungsbelastung zur Folge.

Etwa 9 Wochen nach dem Auflaufen der Ansaaten erreichten die einjährigen Kräuter ihr Blühoptimum. Zu dieser Zeit waren die Unterschiede zwischen der Kontrollfläche und der Mitte der UV-B-Fläche besonders ausgeprägt. Durch die hochwachsenden Pflanzen wurden aber die Pflanzen am Rande der UV-B-Fläche von den schädlichen Strahlungseinflüssen nach und nach abgeschirmt, so daß sich die Randeffekte selbst verstärken konnten.

Von den Arten aus der Blumenwiesen-Saatmischung wies *Leucanthemum vulgare* die höchste UV-B-Toleranz auf. Die Art erreichte wegen der fehlenden Konkurrenz der anderen, strahlungsempfindlicheren Arten in der Mitte hohe Deckungs-

grade. Trotzdem wies auch sie relativ starke Blattschädigung auf.

Ein gewisser Effekt deutete sich auch in dem Blühverhalten von *Leucanthemum* an, da auf der am stärksten UV-B-exponierten Fläche A1 einige Indi-

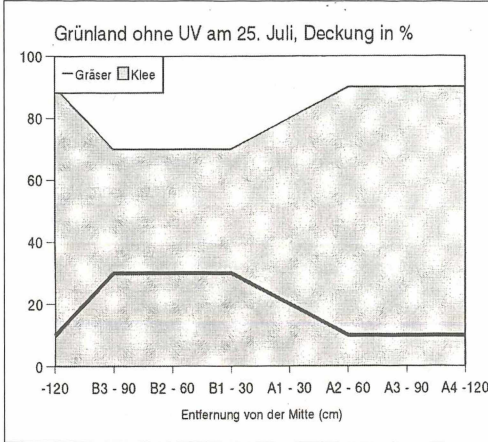


Abb. 3

Vergleich der Deckungsgrade der Klee/Gras-Variante (W) mit und ohne UV-B-Bestrahlung vom 25. Juli 1995. *Trifolium repens* war dem Strahlungsstreß unter der UV-B-Lampe nicht mehr gewachsen, dominierte aber zum Rand der Versuchsfläche. Die Grasarten herrschten in den am stärksten UV-B-bestrahlten Bereichen der Versuchsfläche vor, obwohl auch sie starke Schädigungen ihrer Blattspreiten aufwiesen.

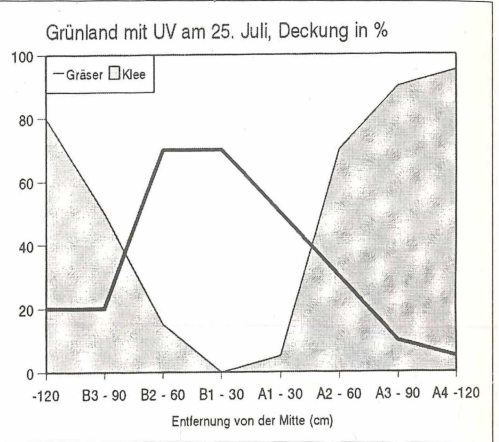


Fig. 3

Comparison of percentage covering of the UV-B supplemented and not supplemented grass/clover-mixture (W) on July 25th 1995. *Trifolium repens* could not cope with the radiation stress close to the UV-B source but dominated the margins of the plot. In contrast to this, the grass species dominated the central plot, although their leaves showed strong UV-B damage.

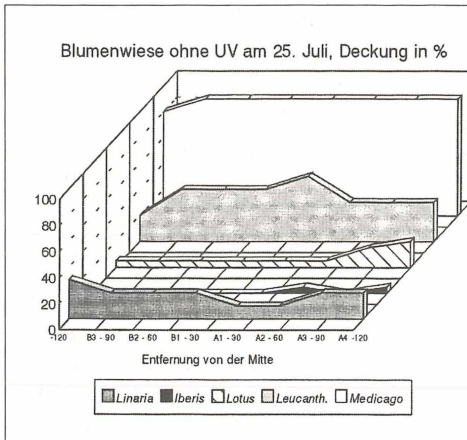


Abb. 4

Vergleich der Deckungsgrade der Wildblumen-Variante (B) mit und ohne UV-B-Bestrahlung vom 25. Juli 1995. Gegenüber der UV-B-unbestrahlten Fläche wiesen in der bestrahlten Fläche alle Arten bis auf *Leucanthemum* einen deutlichen Rückgang der Deckung zur größeren UV-B-Dosen ausgesetzten Mitte hin auf.

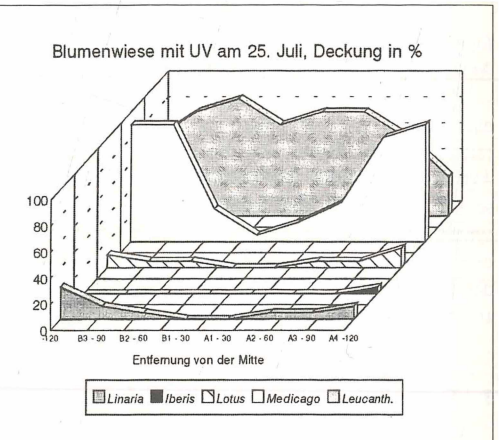


Fig. 4

Comparison of percentage covering of the UV-B supplemented and not supplemented wildflower-mixture (B) on July 25th 1995. In contrast to the not radiated plot in the UV-B variant all species, except *Leucanthemum*, showed a steep decline in covering from the margin to the centre representing increasing radiation doses.



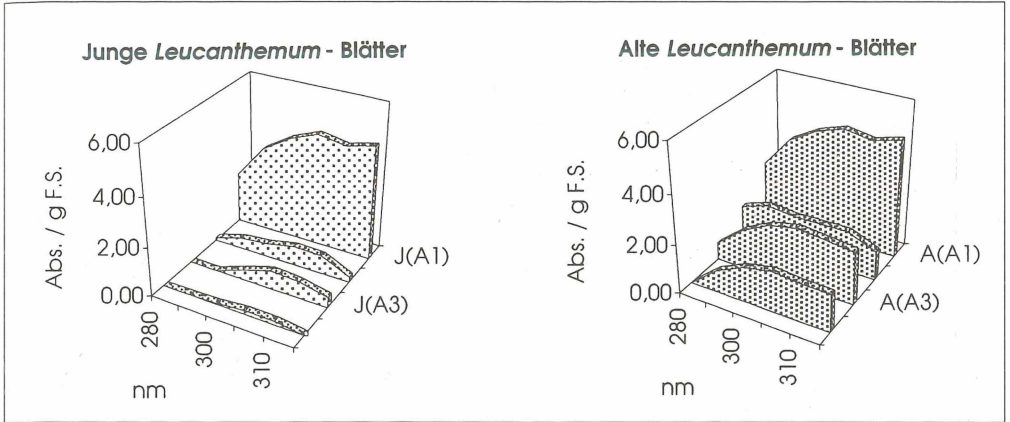


Abb. 5  
 Absorption von *Leucanthemum*-Blatt-Extrakten (Abs./g F.S.) bei unterschiedlichen Wellenlängen. Die Synthese von UV-absorbierenden Substanzen (z. B. Flavonoide) scheint in Abhängigkeit zur Strahlungsdosis (A1 bis A4) zu stehen. Jüngere Blätter bzw. weniger exponierte Blätter haben dabei noch geringere Gehalte solcher Substanzen als ältere bzw. stark exponierte Blätter.

Fig. 5  
 Absorption of leaf-extracts of *Leucanthemum* (abs./g f.m.) at different wavelengths. The biosynthesis of absorbing pigments (e.g. flavonoids) depends on the radiation doses (A1 to A4). Young and less exposed leaves tend to have lower concentrations of absorbing pigments than older or strongly exposed leaves.

viduen dieser zweijährigen Art schon nach einigen Monaten zur Blüte kamen. Bei den anderen zumeist annuellen Arten zeigten sich keine phänologischen Unterschiede zwischen den Varianten. Bei *Linaria* war hinsichtlich der Wuchsform auffällig, daß sich die UV-exponierten Pflanzen spiralförmig zur Strahlungsquelle drehten. Die größere UV-B-Toleranz von *L. vulgare* basiert vermutlich auf der Fähigkeit dieser Art, verstärkt Flavonoide zu synthetisieren, die die UV-B-Strahlung absorbieren können (vgl. Abb. 5).

#### 4 Schlußfolgerungen

Die in diesem Experiment eingesetzten Pflanzenarten zeigten große Unterschiede hinsichtlich der Toleranz gegenüber einer erhöhten künstlichen UV-B-Strahlung. Schädigungen äußerten sich bei allen Arten in Nekrosen, sowie in einem insgesamt niedrigeren Wuchs. Arten der Fabaceen erwiesen sich als besonders UV-B-sensitiv, während *Leucanthemum vulgare* relativ hohe Strahlungsdosen ertrug. Grasarten werden vermutlich wegen ihrer Blattform und -stellung (kleinere exponierte Fläche) weniger angegriffen als breitblättrige Arten, so daß sie gegenüber diesen Arten konkurrenzstärker sein können.

Die Biosynthese von UV-absorbierenden Pigmenten kann Pflanzen teilweise vor negativen Strahlungsschäden schützen. Eine durch die UV-Bestrahlung induzierte erhöhte UV-Absorption konnte im Experi-

ment für *L. vulgare* nachgewiesen werden. Die Fähigkeit unterschiedlicher Pflanzenarten und Populationen (Tiefland-Hochland) UV-absorbierende Pigmente (z.B. Flavonoide) in der Epidermis anzureichern, wurde schon mehrfach beschrieben (TEVINI 1994, PANTEN et al. 1996).

Die unterschiedliche Toleranz von verschiedenen Arten kann in standardisierten *screening*-Experimenten überprüft werden, aus denen mögliche Artverschiebungen im Ökosystem abgeleitet werden können. Der Einfluß von erhöhter UV-B-Strahlung auf Pflanzen kann nur mittels einer realistischen, aber aufwendigen Modellierung der Strahlungsdosen und der spektralen Zusammensetzung untersucht werden. Hierbei müssen Gewichtungsfunktionen (plant weighting functions) hinzugezogen werden, die die unterschiedliche biologische Effektivität unterschiedlicher Wellenlängen berücksichtigen.

#### Danksagung

Die Autoren möchten sich bei Frau Prof. Dr. Barbara Ruthsatz für die Erlaubnis, Einrichtungen der Abteilung Geobotanik (Gewächshaus, Garten und Labor) zu benutzen, bedanken. Ferner gilt Herrn Dr. Zoldan von der Abteilung Geobotanik besonderer Dank für technische Anregungen bei der Durchführung des Freilandversuchs.

## Literatur

- ANL = AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (1989): Wirkungen von UV-B-Strahlung auf Pflanzen und Tiere. – Laufener Seminarbeiträge 3/89.
- BAUER, H., NOLAN, C. (1995): The effects of environmental UV-B radiation on health and ecosystems. – Proceedings of the first European symposium on UV-B. European Commission. EUR 15607.
- BSLU = BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1993): Auswirkungen von UV-B Strahlung auf den pflanzlichen Gaswechsel. – Umwelt und Entwicklung. Materialien 89.
- BLUMENTHALER, M., AMBACH, W. (1990): Indication of increasing solar Ultraviolet B radiation flux in Alpine regions. – *Science* 248: 206–208.
- CALDWELL, M. M., TERAMURA, A. H., TEVINI, M. (1989): The changing solar ultraviolet climate and the ecological consequences for higher plants. – *Trends in ecology and evolution*, Vol. 4, 12: 363–367.
- GARREC, J.P., LAITAIT, E. (1996): Experiments on the effects on trees of naturally high levels of UV-B at the Lautaret pass (2058m a.s.l.) in the French Alps. – Mitteilung des INRA, Champenoux.
- HERTSTEIN, U., JÄGER, H.J. (1995): Wirkungen der sich ändernden Atmosphäre (CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, verstärkte UV-Strahlung) auf die Vegetation. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Klimaänderungen und Naturschutz. Klimabedingte Vegetations- und Faunenänderungen und Konsequenzen für den praktischen Naturschutz. Ein Fachgespräch auf Vilm. S. 59–83.
- JOHANSON, U., GEHRKE, C., BJÖRN, L.O., CALAGHAN, T.V., SONESSON, M. (1995): The effects of enhanced UV-B radiation on a subarctic heath ecosystem. – *Ambio* 24: 106–111.
- KRUPA, S. V., KICKERT, R. N. (1989): The greenhouse effect: Impacts of Ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and Ozone (O<sub>3</sub>) on vegetation. – *Environmental Pollution* 61: 263–393.
- NOLAN, C. (ed.) (1995): The effects of environmental UV-B radiation on health and ecosystems. – European Commission Directorate General XII Science, Research and Development. Report 13.
- PANTEN, H., SCHNITZLER, J.-P., STEINBRECHER, R. (1996): Wirkung von Ultraviolettstrahlung auf Pflanzen. – *Naturw. Rundschau* 49: 343–349.
- PETROPOULOU, Y., KYPARISIS, A., NIKOLOPOULOUS, D., MANETAS, Y. (1995): Enhanced UV-B radiation alleviates the adverse effects of summer drought in two Mediterranean pines under field conditions. – *Phys. Plant.* 94: 37–44.
- SECKMEYER, G., PAYER, H.D. (1993): A new sunlight simulator for ecological research on plants. *J. Photochem. – Photobiol. Biol.* 21: 175–181.
- TEVINI, M., TERAMURA, A. H. (1989): UV-B-effects on terrestrial plants. – *Photochemistry and photobiology* 50: 479–487.
- TEVINI, M., MARK, U., FIESER, G., SAILE, M. (1991): Effects of enhanced solar UV-B radiation on growth and function of selected crop plant seedlings. – In: RIKLIS, E. (ed.): *Photobiology. The Science and its application.* pp. 635–649.
- TEVINI, M. (ed.) (1993): UV-B. Radiation and ozone-depletion. – Effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials. Lewis Publishers.
- TEVINI, M. (1994): UV-B-effects on terrestrial plants and aquatic organisms. – *Progress in Botany* 55: 174–190.
- van der LEUN, J. C., TEVINI, M., TERAMURA, A. H. (eds.) (1994): Environmental effects of ozone depletion: 1994 assessment. – Pursuant to Article 6 of the Montreal Protocol on substances that deplete the Ozone layer under the auspices of the United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi.
- WAND, S. J. E (1995): Concentration of ultraviolet-B radiation absorbing compounds of leaves of a range of fynbos species. – *Vegetatio* 116:51–61.

## Adresse

Dr. Jürgen Franzaring  
 Dr. Almut Therburg  
 Abt. Geobotanik der Universität Trier  
 54286 Trier



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [27\\_1996](#)

Autor(en)/Author(s): Therburg Almut, Franzaring Jürgen

Artikel/Article: [Freilandversuch zur Wirkung erhöhter UV-B-Strahlung auf die Vegetation 335-340](#)