

DOSIMETRIE DER NIGHTIONISIERENDE STRAHLUNG

1

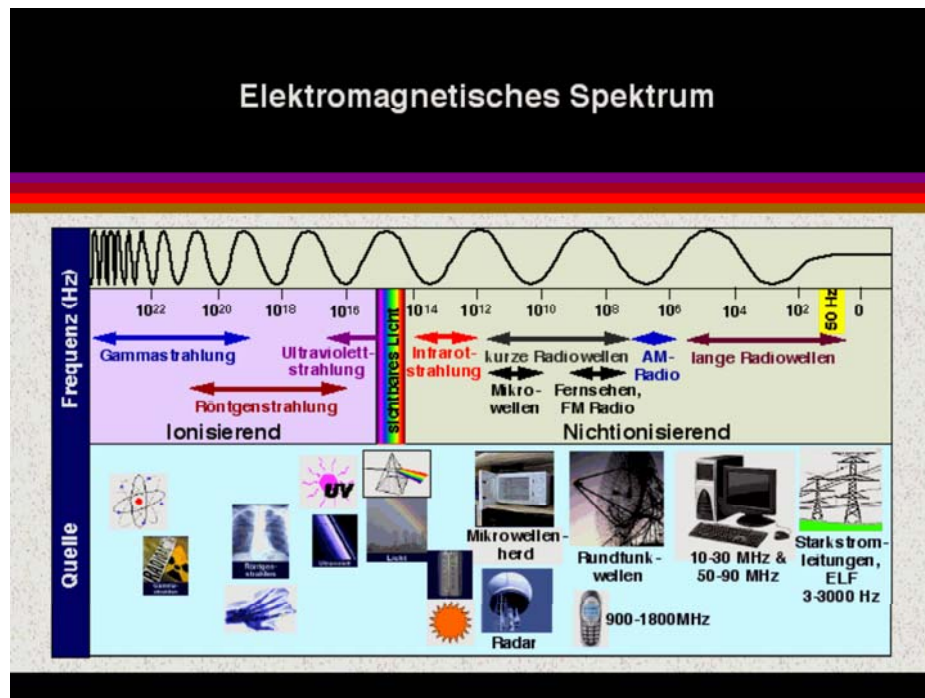
Nichtionisierende Strahlung:

Elektrische und magnetische Felder, bzw.
Elektromagnetische Strahlung
in dem Frequenzbereich:

0 - $3 \cdot 10^{15}$ Hz

ab 100 nm $\rightarrow \infty$

2



Ultraviolettstrahlung

Die Aufteilung der UV Strahlung

UV-A: 315 - 400 nm

UV-A1: 340 - 400 nm

UV-A2: 315 - 340 nm

UV-B: 280 - 315 nm

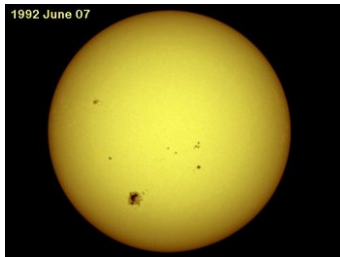
UV-C: 100 - 280 nm

4

Ultraviolettstrahlung

Quelle

- natürliche
- die Sonne



- künstliche
- Hg-Dampflampen
- Xenon-Bogenlampen
- Leuchtstofflampen

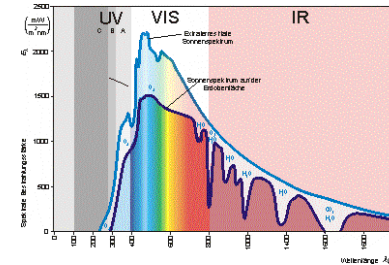


5

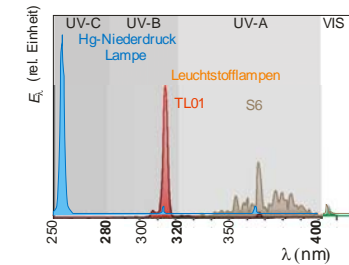
Ultraviolettstrahlung

Das Spektrum der Quellen

Die Sonne



- Hg-Dampflampen
- Leuchtstofflampe



6

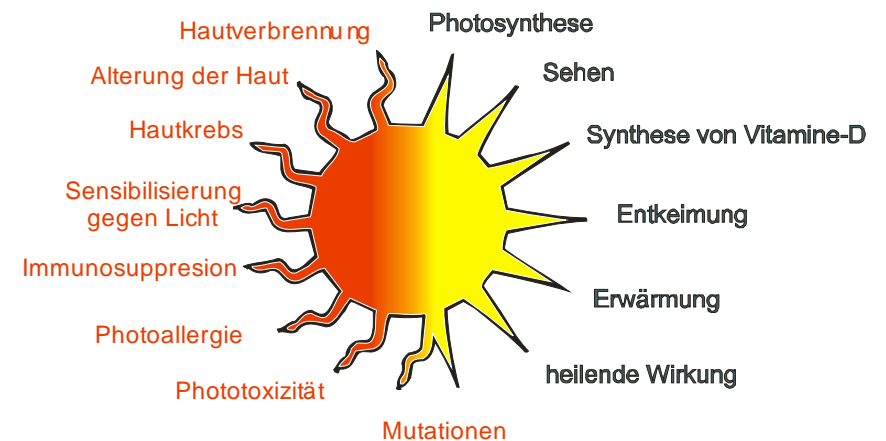
Ultraviolettstrahlung

Das Spektrum der Quellen

	Kontinuierliches Spektrum	Linienspektrum
Sonne	+	
Hg-Dampflampe* ($p < 1$ atm Dampfdruck)		+
Xenon-Bogenlampe	+	
Leuchtstofflampe	+	+

7

Wirkung der Sonne

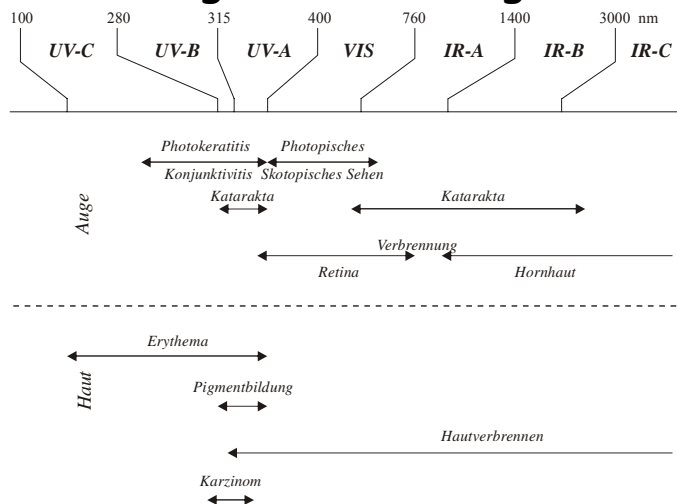


"Our sun has two faces,
one good and one bad,
like Janus"

A. Giese, 1978,
Living with Our Sun's Ultraviolet Rays, Plenum

8

Negative Wirkungen



9

Stochastische Schädigung



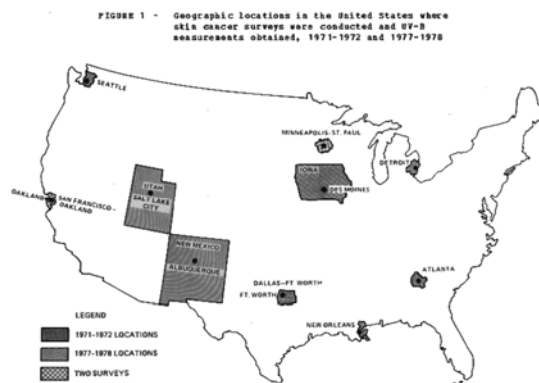
Deterministische Schädigung



10

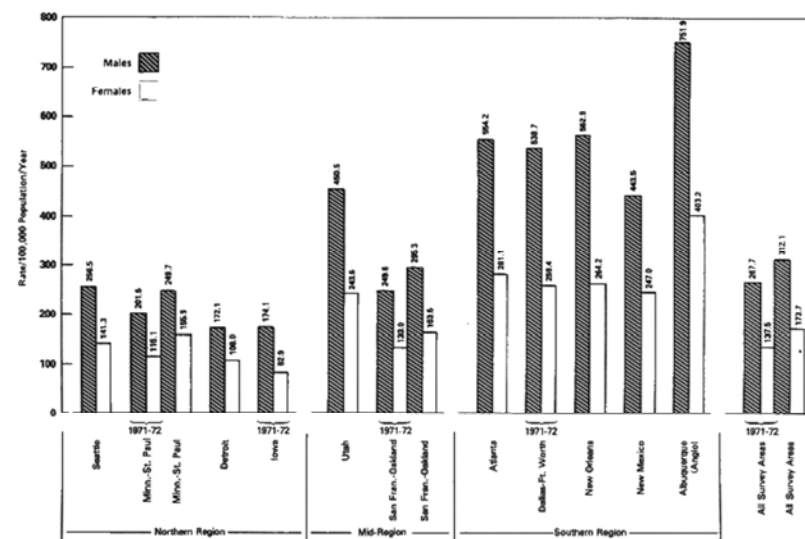
Scotto, J., T. R. Fears, and J. F. Fraumeni. 1981. *Incidence of non-melanoma skin cancer in the United States*. NIH Pub. no. 82-2433. Bethesda, MD: U.S. Dept. of Health and Human Services, National Institutes of Health.

<http://www.ciesin.org/docs/001-526/001-526.html>



11

FIGURE 3 - Annual age-adjusted incidence rates for nonmelanoma skin cancer among white males and females according to geographic areas of the United States, 1971-1972 and 1977-1978



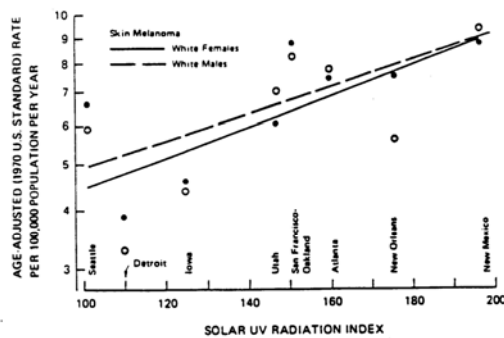


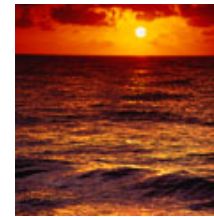
FIGURE 6-1
ANNUAL AGE-ADJUSTED INCIDENCE RATES FOR CMM
(SEER DATA 1973-1976) AMONG WHITE FEMALES
(OPEN SYMBOLS) AND MALES (CLOSED SYMBOLS),
ACCORDING TO 1 YEAR'S UV MEASUREMENTS
IN SELECTED AREAS OF U.S. ^{a/}

^{a/} The UV radiation index is the total R-B meter counts over a 1 year period multiplied by 0.0001. The meters read UV-B between 290 nm and 320 nm, as well as some UV-A.

Source: NRC 1982.

13

Was ist entscheidend in der biologischen Wirkung der UV-Strahlung?



Die Strahlung?



Das biologische Objekt?



14

1. Die Ultraviolettstrahlung

UV-Quelle →

- Gesamt emittierte Leistung
- Spektralverteilung

Auf Flächeneinheit auftreffende

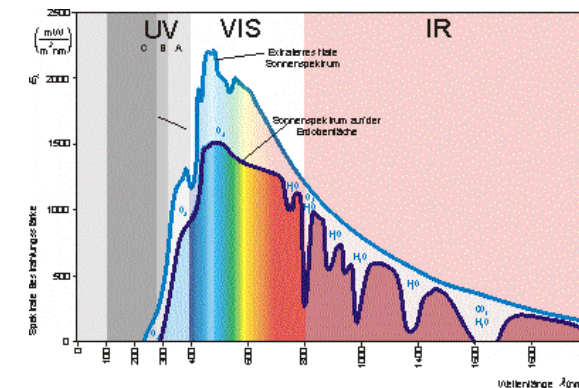
- Strahlungsleistung → Gesamtbestrahlungsstärke E in W/m^2
- Spektralverteilung → spektrale Bestrahlungsstärke $E(\lambda)$ in $W/m^2 nm$

15

1. Die Ultraviolettstrahlung

z.B. die Sonne →

- Solarkonstante: $1368 W/m^2$
- Spektralverteilung:



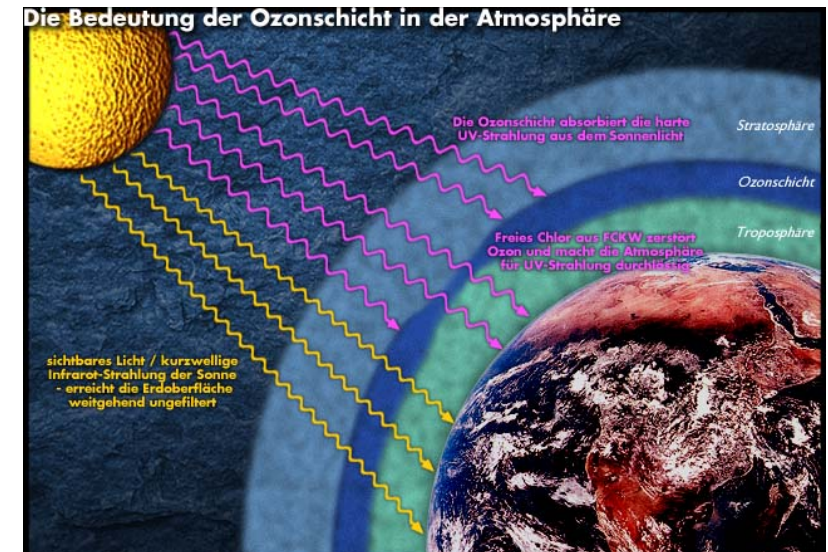
16

1. Die Ultraviolettstrahlung der Sonne

Abhängig von mehreren Faktoren

- Sonnenhöhe (Jahreszeit, Tageszeit, geographischer Ort)
- Meereshöhe
- Ozongehalt der Atmosphäre (TOC)
- Aerosolgehalt der Atmosphäre (schwebende Teilchen SO_2 , NO_x)
- Wolken

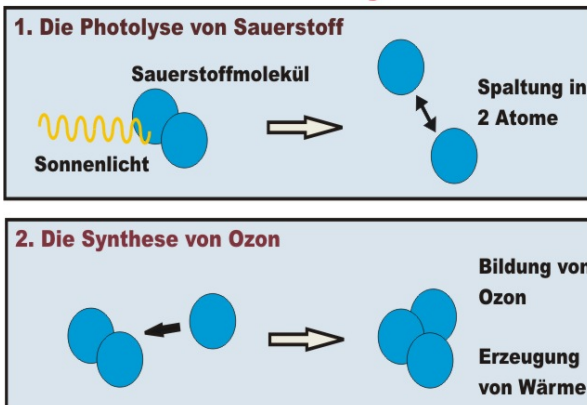
17



18

Die Ozon-Photosynthese

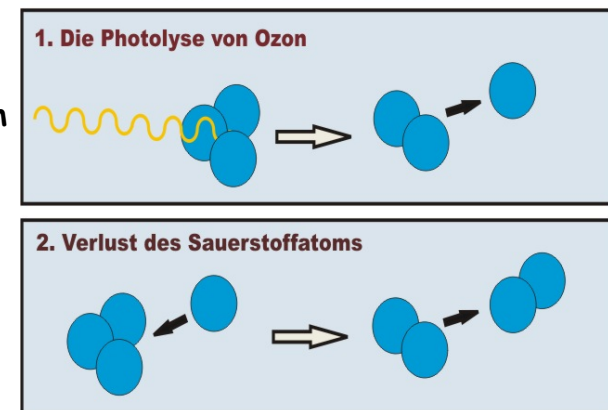
$\lambda < 240 \text{ nm}$



19

Ozon-Abbaureaktionen

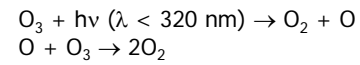
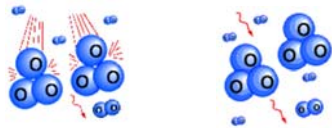
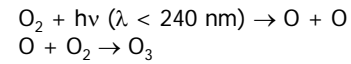
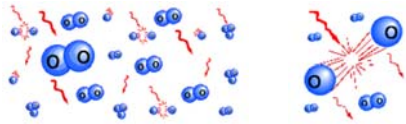
$\lambda < 320 \text{ nm}$



20

Dynamische Gleichgewicht der Photolyse und Abbau

ohne chemische Verunreinigung!

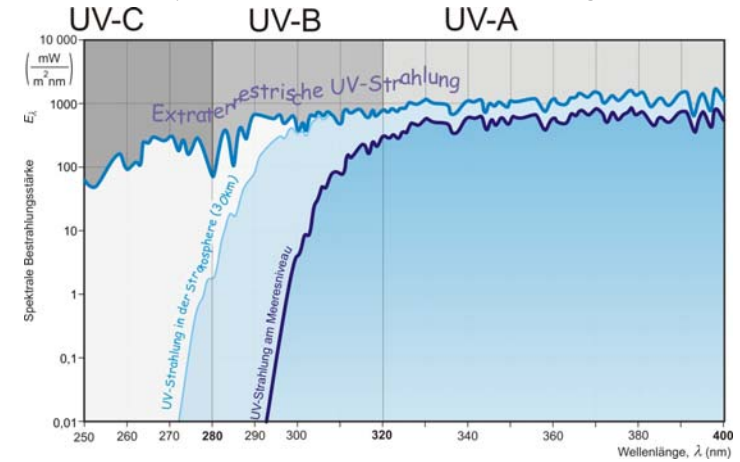


Sidney Chapman, 1930

21

Funktion des Ozonschichtes

- Absorption der UV-C und UV-B Strahlung

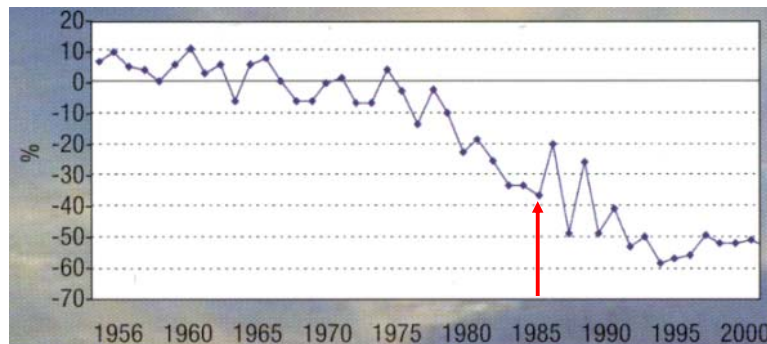


- Schutz der Biosphere vor harten UV-Strahlung

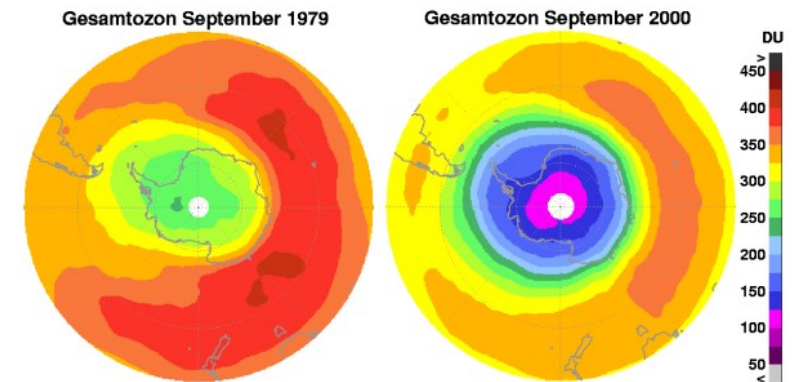
22

FARMAN: „Ozonloch“ in 1985 über Halley Bay, Antarktik

Abweichung der Ozonkonzentration von der vieljährigen Durchschnitt

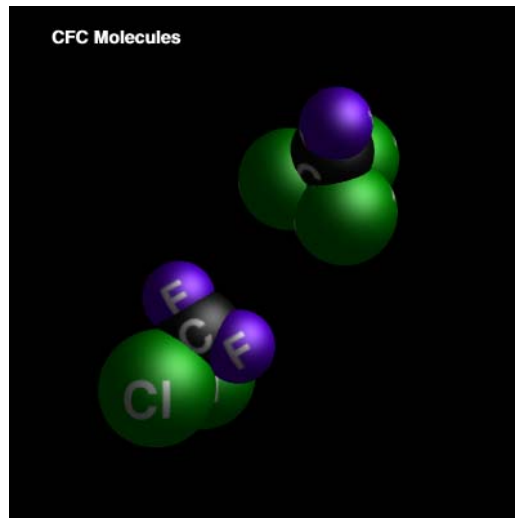


23



24

Chlorfluorkarbon (CFK)



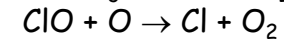
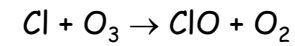
FCKW

- Kältemittel in Kühlschränken, Klimaanlage
- Treibgas für Sprühdosen
- Feuerlöschmittel

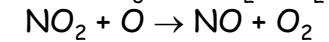
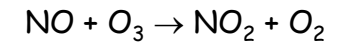
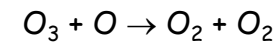
- sehr beständig
- unbrennbar
- meist ungiftig
- geringe Toxizität

25

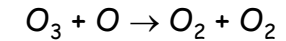
Ozonreduktion



Netto Effekt:



Netto Effekt:

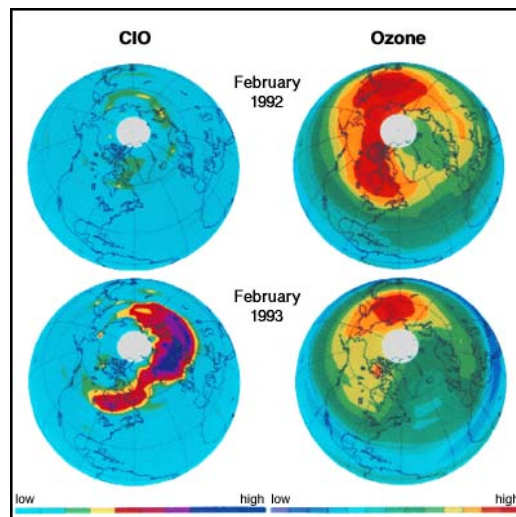


• *F. Sherwood Rowland, Mario Molina* 1974

• *Paul Crutzen* 1969

Nobel Preis in Chemie 1995

26



27

2. Das biologische Objekt

Empfindlichkeit des Objektes

- Wirkungsquerschnitt (σ)
- Spektralverteilung

Def.: **Wirkungsquerschnitt** ist die Fläche, die das biologische System bezüglich der gefragten Wirkung einem einfallendem Photon zeigt.



$$\frac{\text{Fläche}}{\text{auftreffendes Photon}} \rightarrow \frac{\text{cm}^2}{\text{Photon}}$$



28

2. Das biologische Objekt

Empfindlichkeit des Objektes (S)

- Wirkungsquerschnitt (σ)
- Spektralverteilung ($S(\lambda)$)

Def.: **Empfindlichkeit** ist der Reziprokwert der Energiedichte, die die betreffende biologische Wirkung hervorruft



$$\frac{\text{Fläche}}{\text{auftreffende Energie}} \rightarrow \frac{\text{cm}^2}{\text{mJ}}$$



29

2. Das biologische Objekt

Empfindlichkeit des Objektes (S)

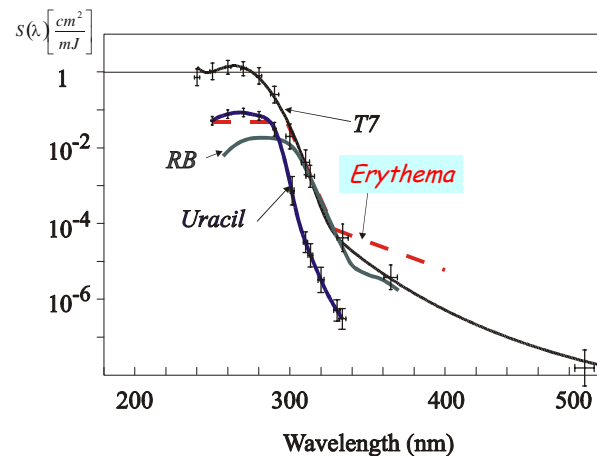
- Wirkungsquerschnitt (σ)
- Spektralverteilung ($S(\lambda)$)

Def.: **Wirkungsspektrum** ist die Spektralverteilung der Empfindlichkeit

- in absolutem Wert:
z.B. 250 J/m² Energiedichte bei $\lambda = 280$ nm löst gerade die Hautröte (Erythem) bei Hauttyp II (germanischer Typ) aus
→ $S(280) = 1/250 \text{ m}^2/\text{J}$
- in relativem Wert:
bei der größten Empfindlichkeit $S_{rel} = 1$
dimensionslos

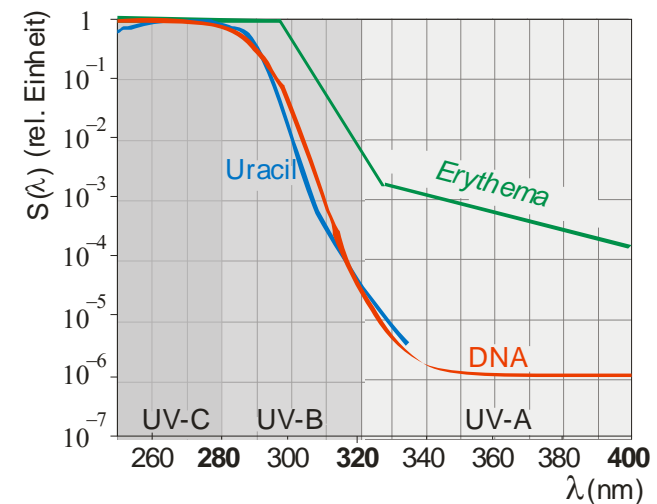
30

Interessante Wirkungsspektren
gegeben in absoluter Empfindlichkeit



31

Interessante Wirkungsspektren
gegeben in relativen Einheiten



32

UV - Dosimetrie

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage
International Commission on Illumination
Internationale Beleuchtungskommission

1. Physikalische Dosis (D_{UV}):

$$D_{UV} = E \cdot t$$

Bestrahlungsstärke Expositionszeit

$$[D_{UV}] = [E] \cdot [t] = \frac{W}{m^2} \cdot s = \frac{J}{m^2}$$

33

UV - Dosimetrie

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage
International Commission on Illumination
Internationale Beleuchtungskommission

2. Biologisch wirksame Dosis (BED), H :

$$H = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

Spektralverteilung der
Bestrahlungsstärke

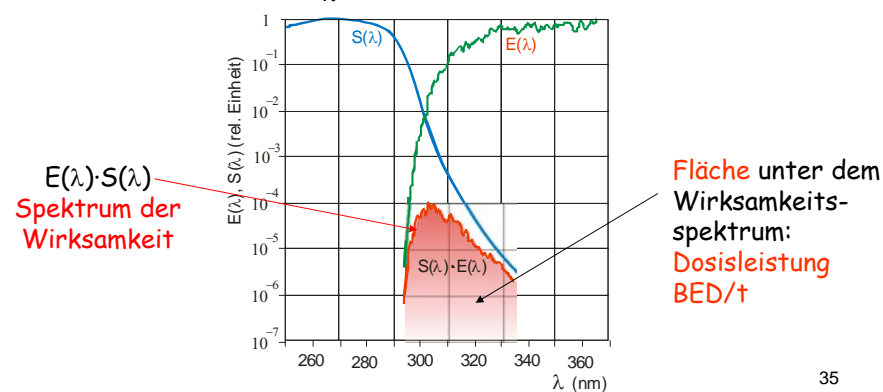
Spektralverteilung der
Empfindlichkeit

34

UV - Dosimetrie

2. Biologisch wirksame Dosis (BED), H :

$$H = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

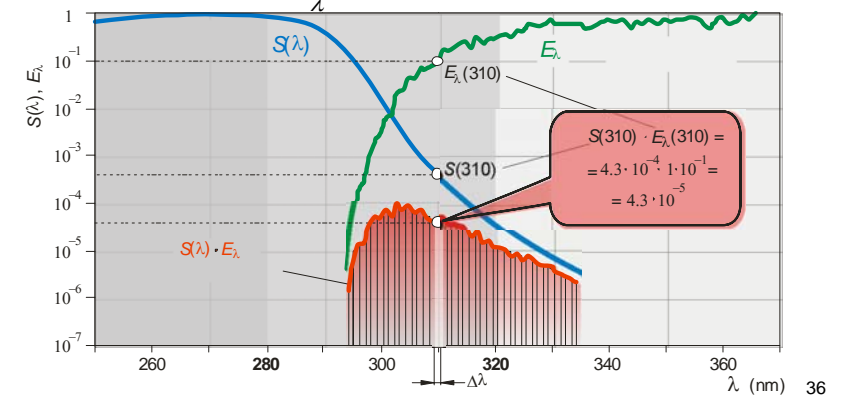


35

UV - Dosimetrie

2. Biologisch wirksame Dosis (BED), H :

$$H = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$



36

UV - Dosimetrie

2. Biologisch wirksame Dosis (BED), H :

$$H = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

Einheit:

• S in $\text{m}^2/\text{J} \rightarrow H$ dimensionslos

• $S_{\text{relativ}} \rightarrow [H] = (\text{J}/\text{m}^2)_{\text{eff}}$

37

Messung der BED

• Physikalische Methode \rightarrow Verfolgen der Ozonreduktion und UV-B Erhöhung

• Biologische Methode
Auf DNA-Schädigung basierende Methode

+ Epidemiologie \rightarrow Gesundheitsrisiko

38

Direkte Messung der BED

Detector	Authors	Publication
<i>Simple organisms</i>		
B. subtilis spores UVSSP	R.M. Tyrrell	1978, Photochem. Photobiol.
B. subtilis spores	N. Munakata	1981, Mutat. Res.
E. coli CSR06	D. Karentz, L.H. Lutze	1990, Limnol. Oceanography
„DLR Biofilm“	L. Quintern, G. Horneck et al.	1992, Photochem. Photobiol.
<i>Bacteriophage T7</i>	<i>Gy. Rontó et al.</i>	<i>1992, JPPB.B.Biol.</i>
Bacteriophage Φ X174& DNA	J. Regan et al.	1992, Photochem. Photobiol.
Bacteriophage T1	M. Sasaki et al.	1993, J. Geomag. Geoelectr.
<i>Model molecules</i>		
Polysulphone films	A. Davis, G. Deane, B. Diffey	1976, Nature
Provitamine D	I. Terenetzskaya et al.	1994, SPIE Proc.
<i>Polycrystalline uracil</i>	<i>P. Gróf, S. Gáspár, G. Rontó</i>	<i>1996, Photochem. Photobiol.</i>

39

Direkte Messung der BED

Bacteriophage T7

$$H_{T7} = \left| \ln \left(\frac{n}{n_0} \right) \right| = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S_{T7}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

n/n_0 – Überlebensrate

Polycrystalline uracil

$$H_U = \ln \frac{OD_0 - OD_{\infty}}{OD(t) - OD_{\infty}} = t \cdot \sum_{\lambda} E(\lambda) \cdot S_U(\lambda) \Delta\lambda$$

OD – optische Dichte des Uracil-Dünnschichtes

40