

# DOSIMETRIE DER NIGHTIONISIERENDE STRAHLUNG

1

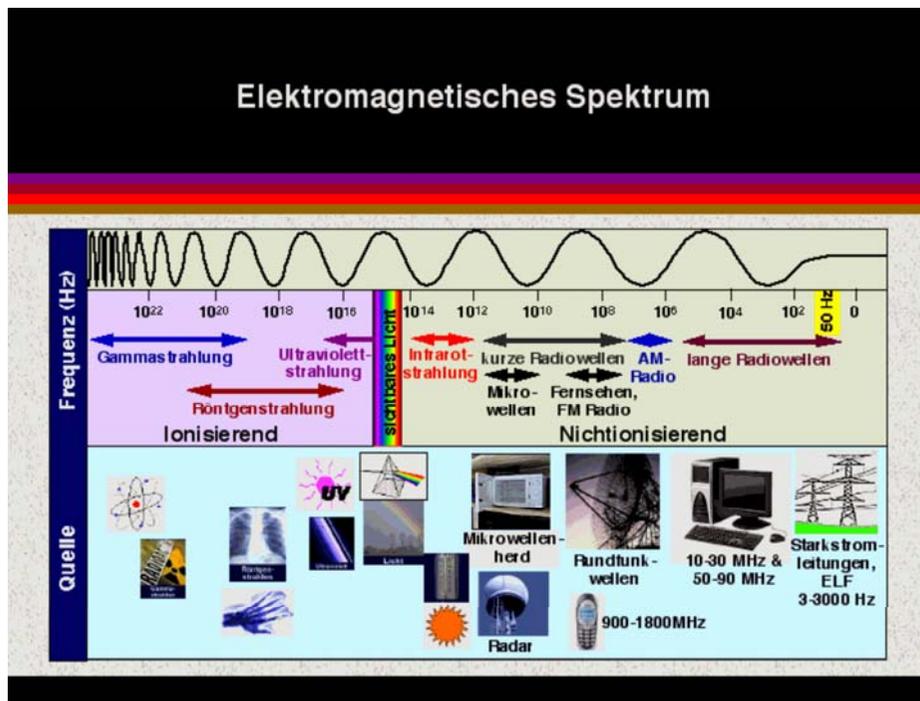
## Nichtionisierende Strahlung:

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

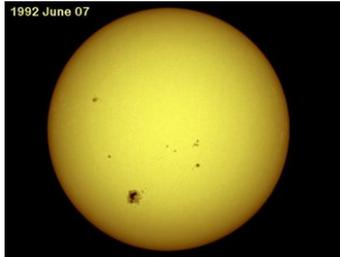
UV-C: 100 - 280 nm

4

# Ultraviolettstrahlung

## Quelle

- natürliche
- die Sonne



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

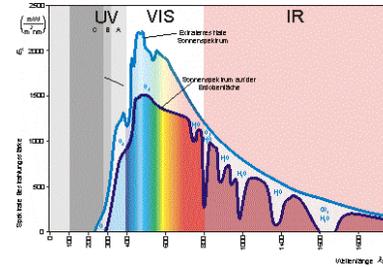


5

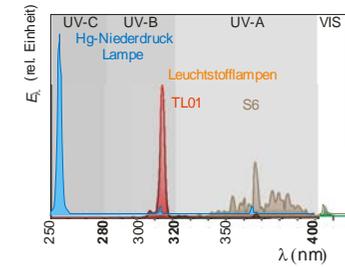
# Ultraviolettstrahlung

## Das Spektrum der Quellen

### Die Sonne



- Hg-Dampflampen
- Leuchtstofflampe



6

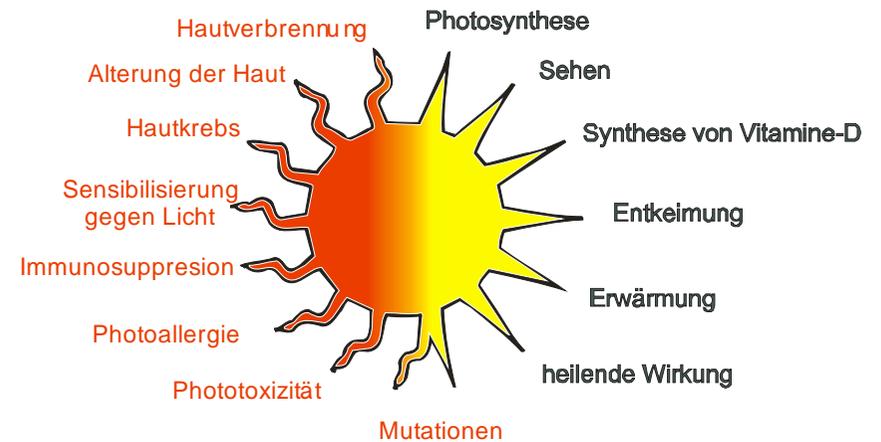
# Ultraviolettstrahlung

## 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



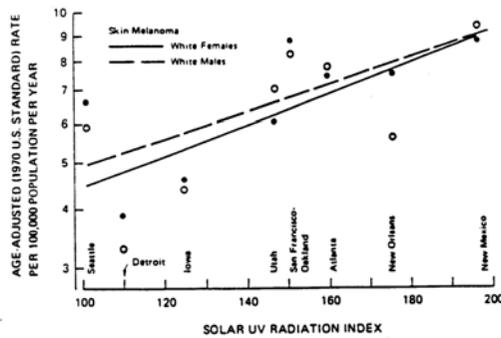


FIGURE 6-1  
ANNUAL AGE-ADJUSTED INCIDENCE RATES FOR CMM (SEER DATA 1973-1976) AMONG WHITE FEMALES (OPEN SYMBOLS) AND MALES (CLOSED SYMBOLS), ACCORDING TO 1 YEAR'S UV MEASUREMENTS IN SELECTED AREAS OF U.S. <sup>a/</sup>

<sup>a/</sup> 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.

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



Die Strahlung?



Das biologische Objekt?



## 1. Die Ultraviolettstrahlung

UV-Quelle →

- Gesamt emittierte Leistung
- Spektralverteilung

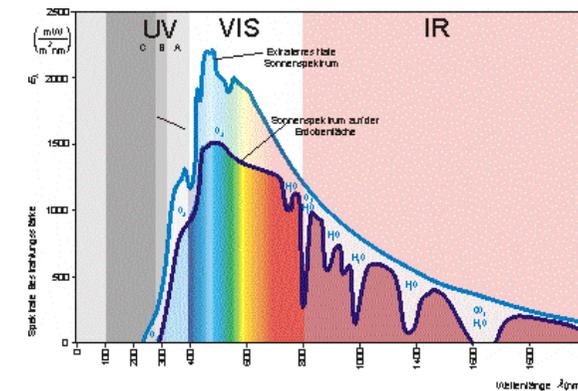
Auf Flächeneinheit auftreffende

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

## 1. Die Ultraviolettstrahlung

z.B. die Sonne →

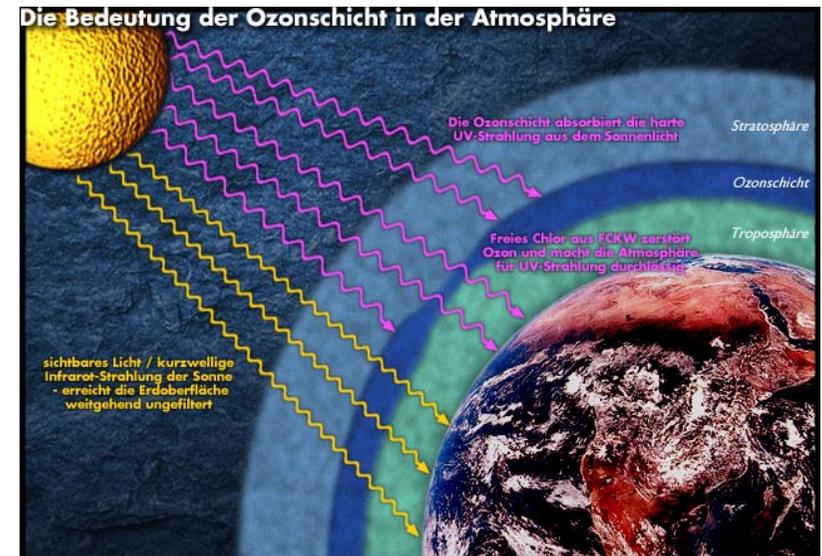
- Solarkonstante:  $1368 W/m^2$
- Spektralverteilung:



# 1. Die Ultraviolettstrahlung der Sonne

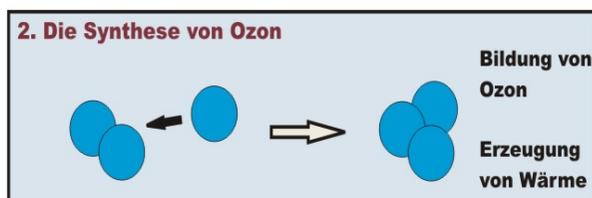
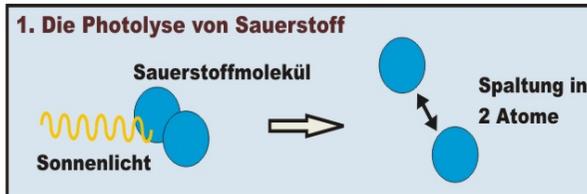
Abhängig von mehreren Faktoren

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



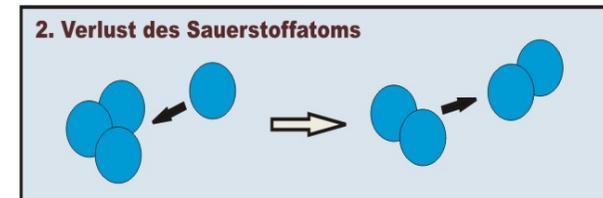
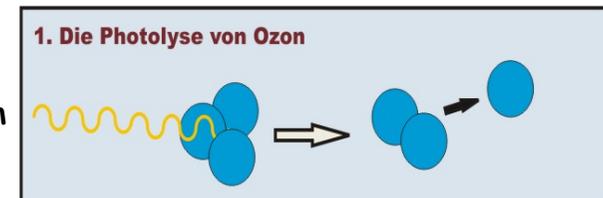
## Die Ozon-Photosynthese

$\lambda < 240 \text{ nm}$



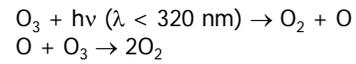
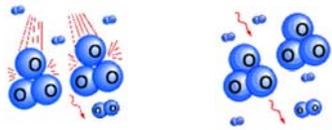
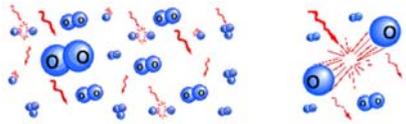
## Ozon-Abbaureaktionen

$\lambda < 320 \text{ nm}$



## Dynamische Gleichgewicht der Photolyse und Abbau

ohne chemische Verunreinigung!

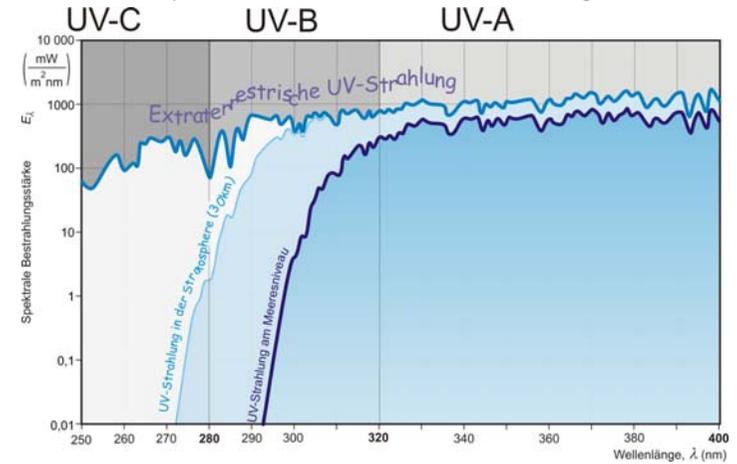


*Sidney Chapman, 1930*

21

## Funktion des Ozonschichtes

- Absorption der UV-C und UV-B Strahlung

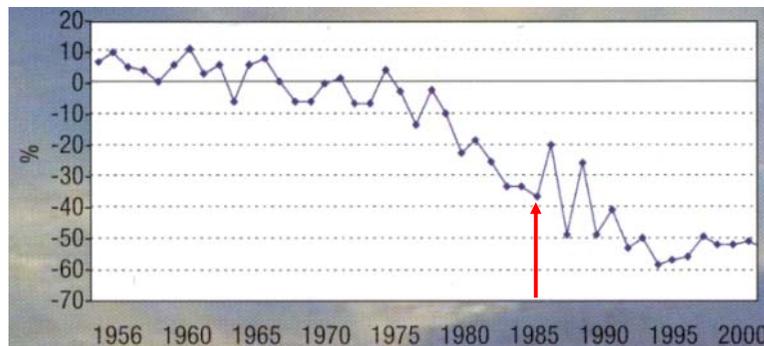


- Schutz der Biosphäre vor harten UV-Strahlung

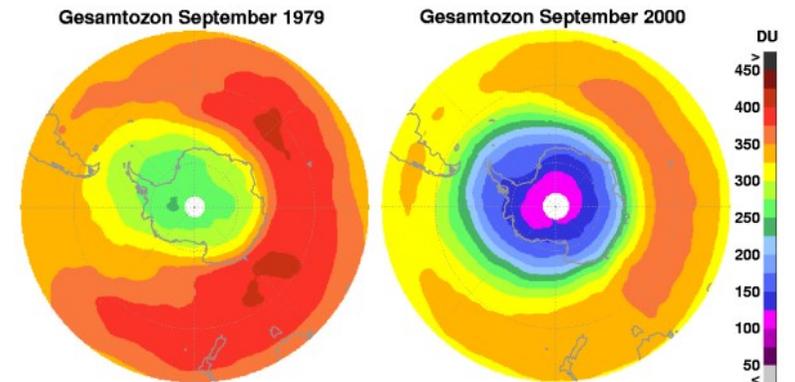
22

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

Abweichung der Ozonkonzentration von der vieljährigen Durchschnitt

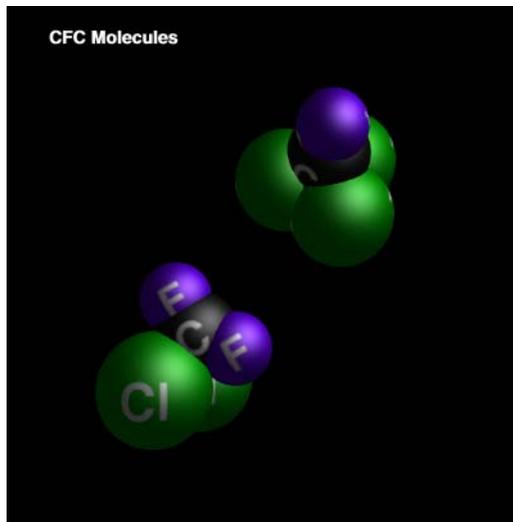


23



24

## Chlorfluorkarbon (CFK)



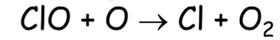
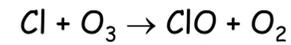
### FCKW

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

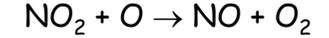
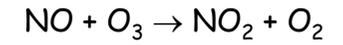
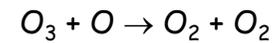
- sehr beständig
- unbrennbar
- meist ungiftig
- geringe Toxizität

25

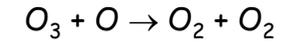
## Ozonreduktion



Netto Effekt:



Netto Effekt:

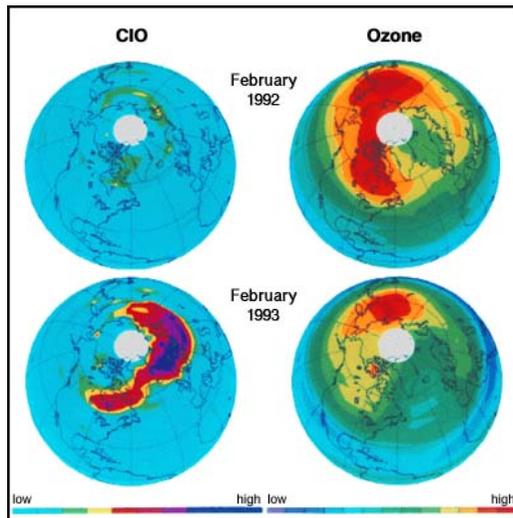


• *F. Sherwood Rowland, Mario Molina* 1974

• *Paul Crutzen* 1969

*Nobel Preis in Chemie* 1995

26



27

## 2. Das biologische Objekt

Empfindlichkeit des Objektes

- Wirkungsquerschnitt ( $\sigma$ )
- 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 ( $\sigma$ )
- 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 ( $S$ )

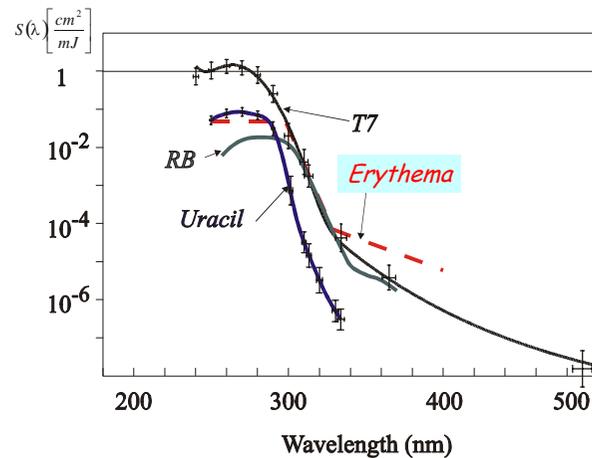
- Wirkungsquerschnitt ( $\sigma$ )
- Spektralverteilung ( $S(\lambda)$ )

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

- in absolutem Wert:  
z.B. 250 J/m<sup>2</sup> 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

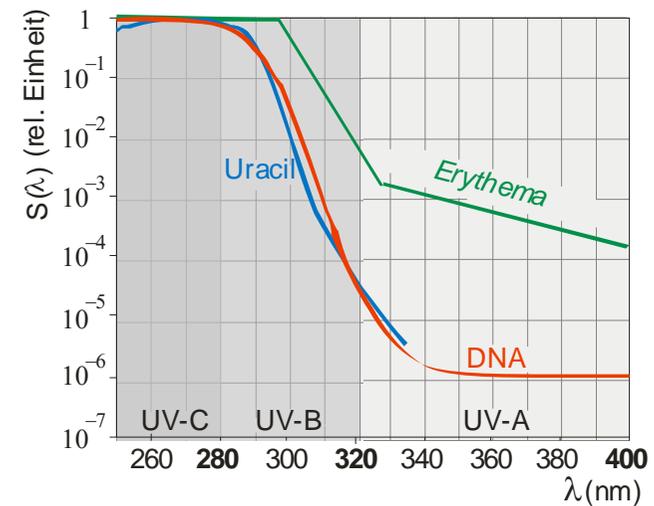
30

### 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

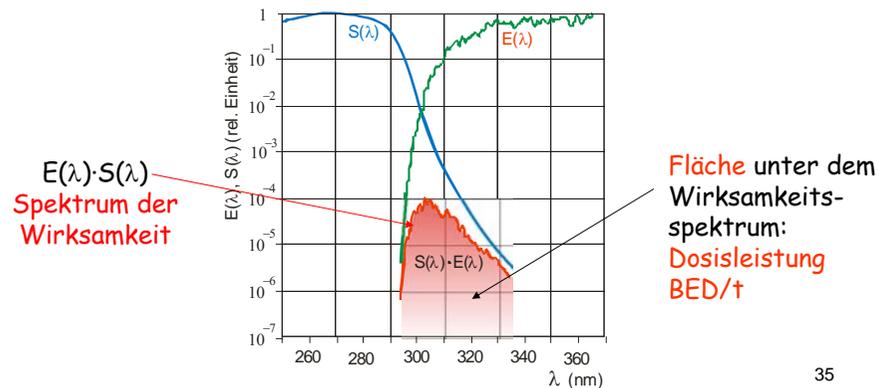
Spektralverteilung der  
Empfindlichkeit

34

## UV - Dosimetrie

2. Biologisch wirksame Dosis ( $BED$ ),  $H$ :

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

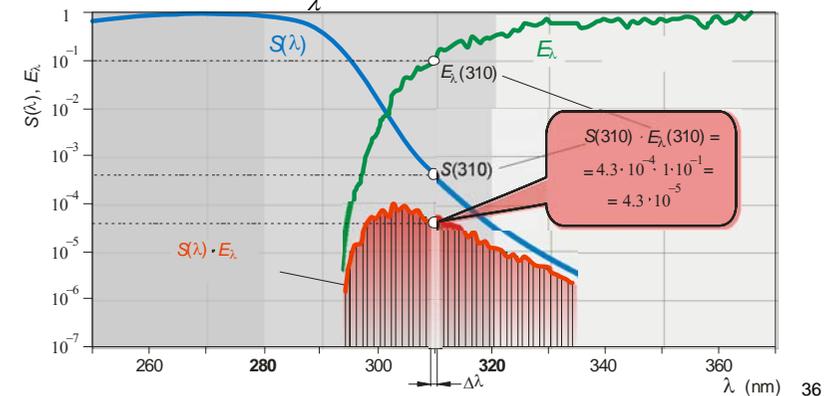


35

## 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 $\Phi$ 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. Terenetzkaya 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