



# DOSIMETRIE DER NIGHTIONISIERENDE STRAHLUNG

## Nichtionisierende Strahlung:

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

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

ab 100 nm  $\rightarrow \infty$



## Ultraviolettstrahlung

### Die Aufteilung der UV Strahlung

UV-A: 315 - 400 nm

UV-A1: 340 - 400 nm

UV-A2: 315 - 340 nm

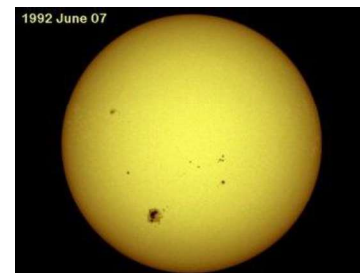
UV-B: 280 - 315 nm

UV-C: 100 - 280 nm

## Ultraviolettstrahlung

### Quelle

- natürliche  
- die Sonne

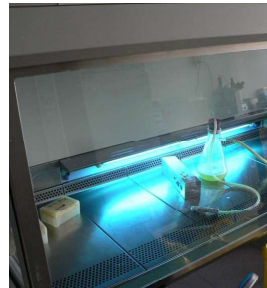


- künstliche  
- Hg-Dampf Lampen  
- Xenon-Bogenlampen  
- Leuchtstofflampen





## Weitere künstliche UV-Quellen



5



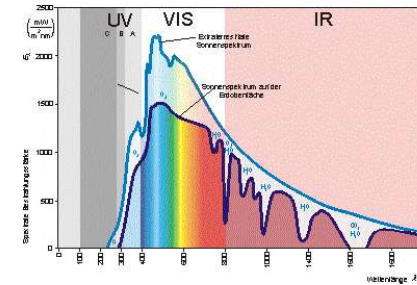
## Die biologische Wirkung der Ultraviolettstrahlung

7

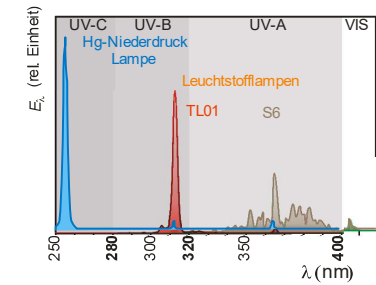
# Ultraviolettstrahlung

## Das Spektrum der Quellen

### Die Sonne



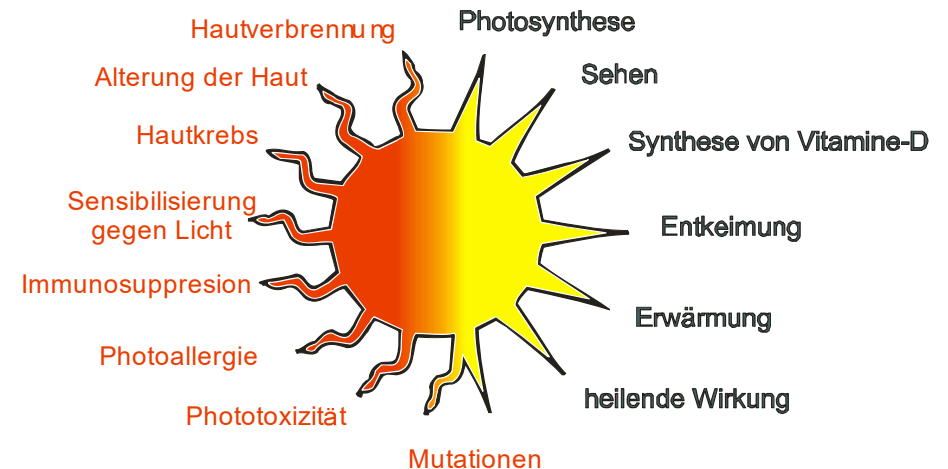
- Hg-Dampf Lampen
- Leuchtstofflampen



6



## Wirkung der Sonne

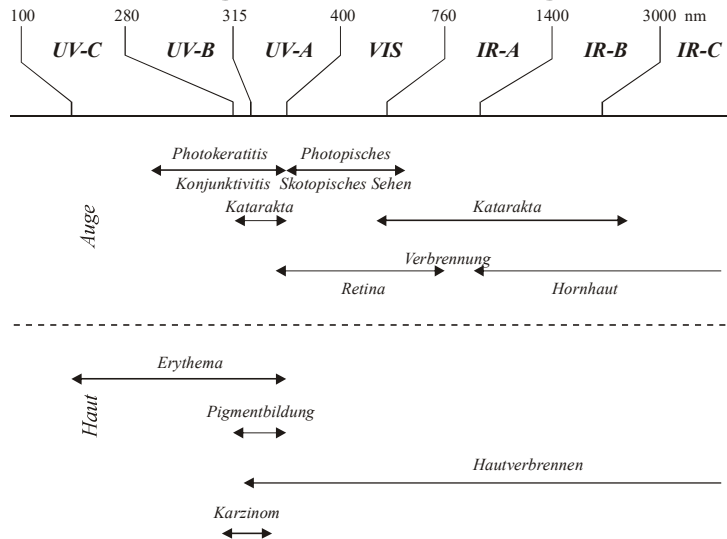


"Our sun has two faces,  
one good and one bad,  
like Janus"

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

8

# Negative Wirkungen



9

## Stochastische Schädigung



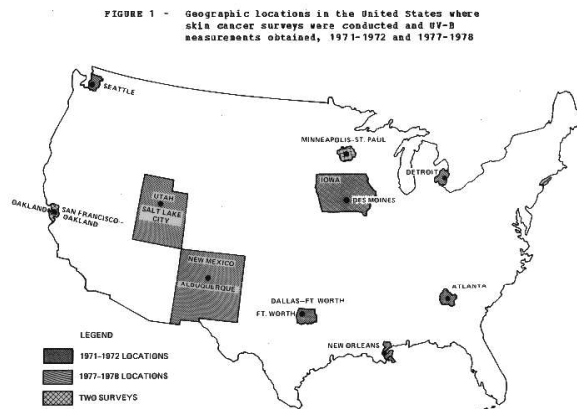
## Deterministische Schädigung



10

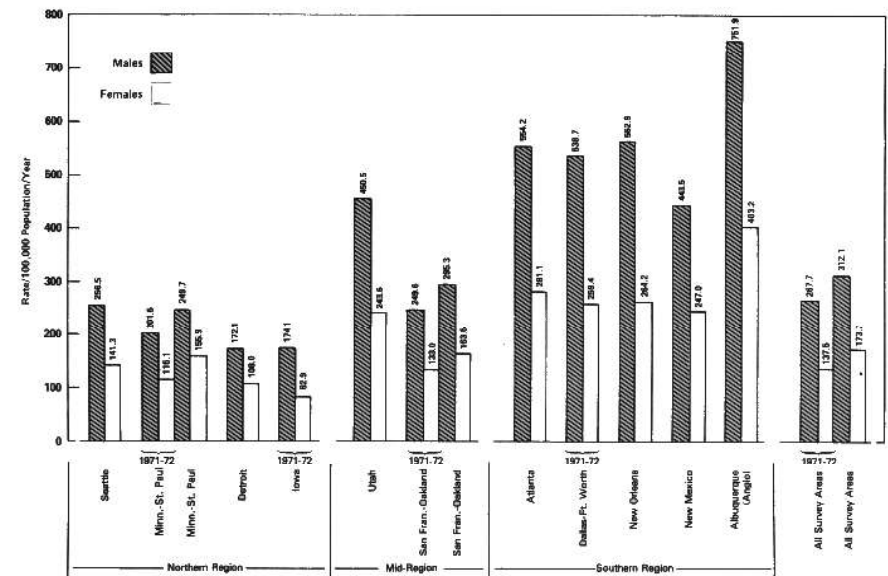
Scotto, J., T. R. Fears, and J. F. Fraumeni. 1981. *Incidence of non-melanoma skin cancer in the United States*. NIH Pub. no. 82-2433. Bethesda, MD: U.S. Dept. of Health and Human Services, National Institutes of Health.

<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



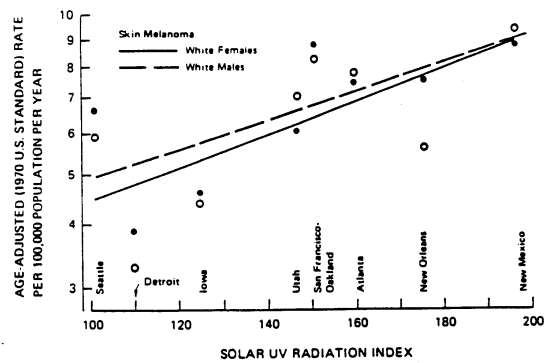


FIGURE 6-1

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. <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.

13



## 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



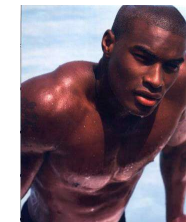
## Was ist entscheidend in der biologischen Wirkung der UV-Strahlung?



Die Strahlung?



Das biologische Objekt?

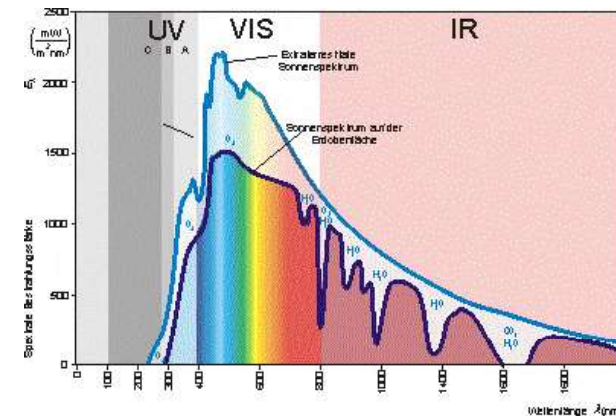


14



## 1. Die Ultraviolettstrahlung

z.B. die Sonne → • Solarkonstante:  $1368 W/m^2$   
• Spektralverteilung:



16

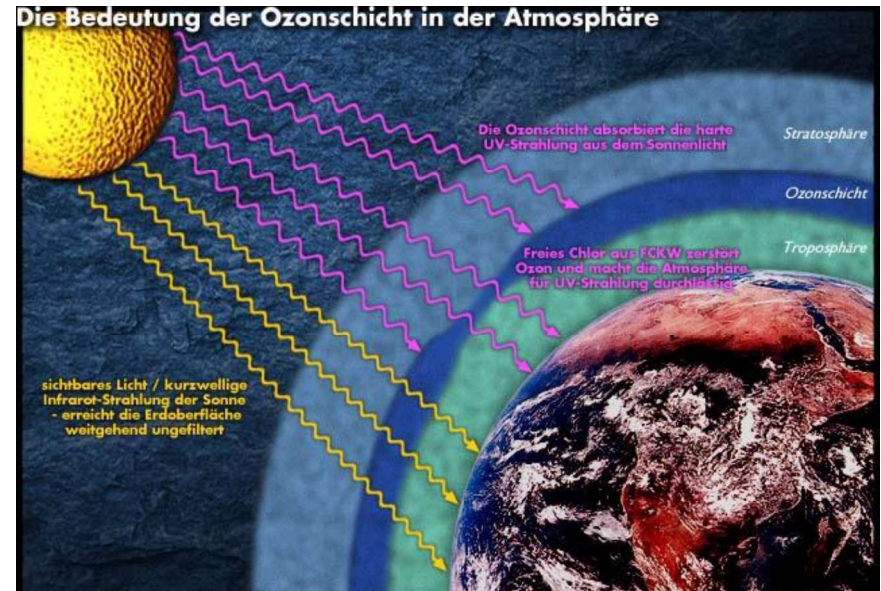


# 1. Die Ultraviolettstrahlung der Sonne

Abhängig von mehreren Faktoren

- Sonnenhöhe (Jahreszeit, Tageszeit, geographischer Ort)
- Meereshöhe
- Ozongehalt der Atmosphäre (TOC)
- Aerosolgehalt der Atmosphäre (schwebende Teilchen  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ )
- Wolken

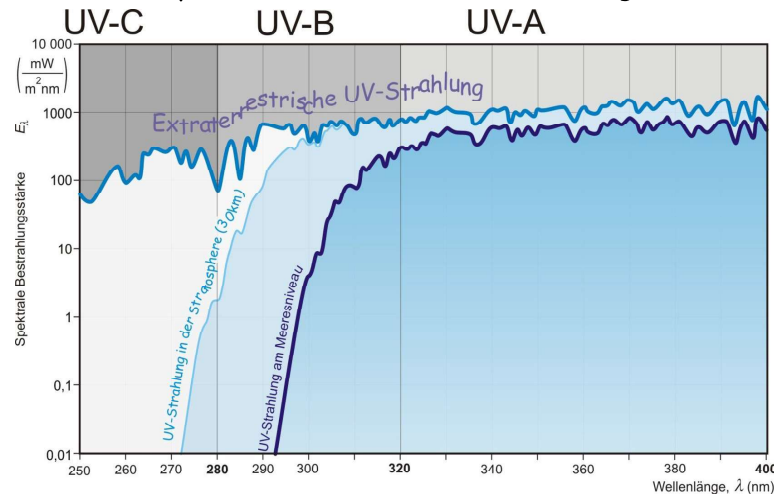
17



18

## Funktion des Ozonschichtes

- Absorption der UV-C und UV-B Strahlung



- Schutz der Biosphere vor harten UV-Strahlung

19

## 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.



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



20



## 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



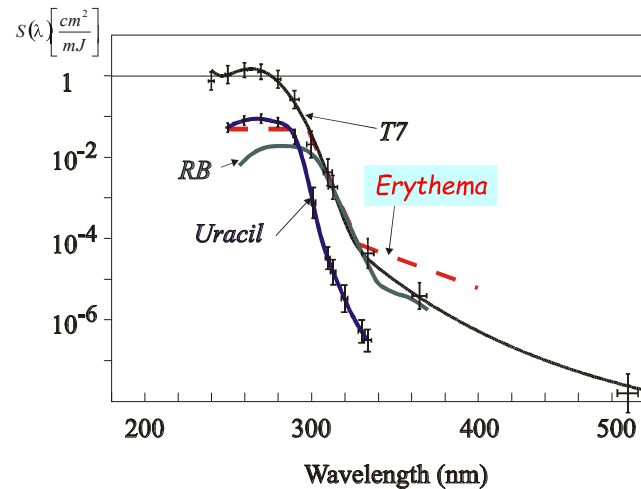
$$\frac{\text{Fläche}}{\text{auftreffende Energie}} \rightarrow \frac{\text{cm}^2}{\text{mJ}}$$



21



Interessante Wirkungsspektren  
gegeben in absoluter Empfindlichkeit



23



## 2. Das biologische Objekt

Empfindlichkeit des Objektes ( $S$ )

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

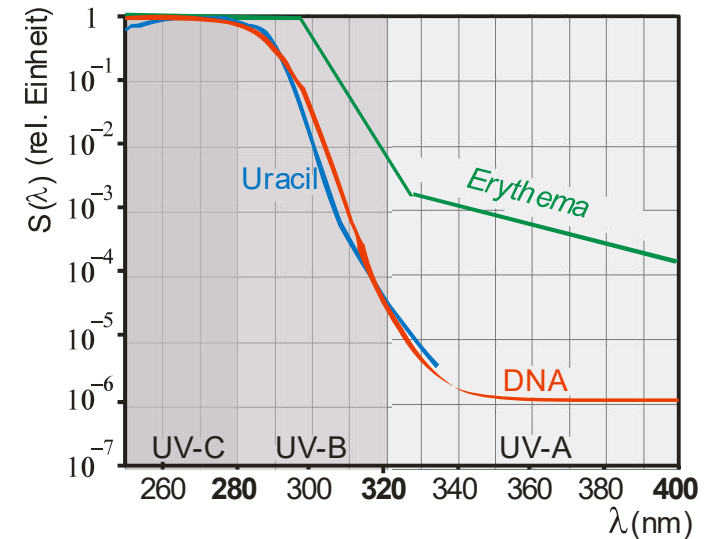
Def.: **Wirkungsspektrum** ist die Spektralverteilung der Empfindlichkeit

- in absolutem Wert:  
z.B. 250 J/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  $S_{\text{rel}} = 1$   
dimensionslos

22



Interessante Wirkungsspektren  
gegeben in relativen Einheiten



24





## 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

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

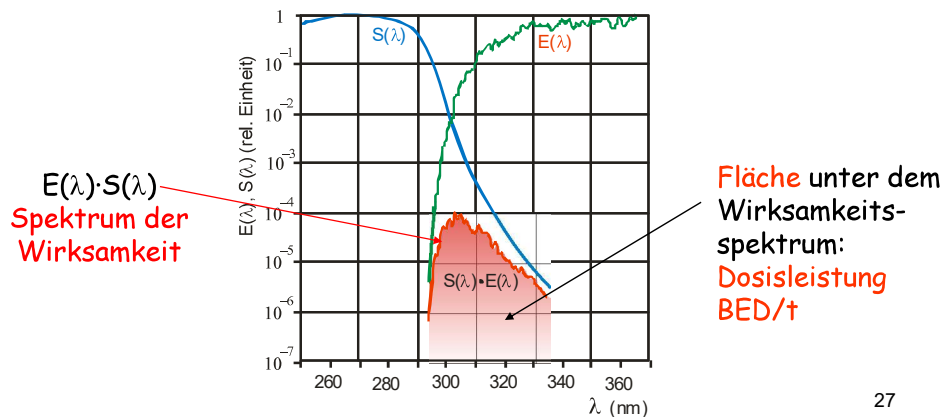
25



## UV - Dosimetrie

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

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



27



## 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

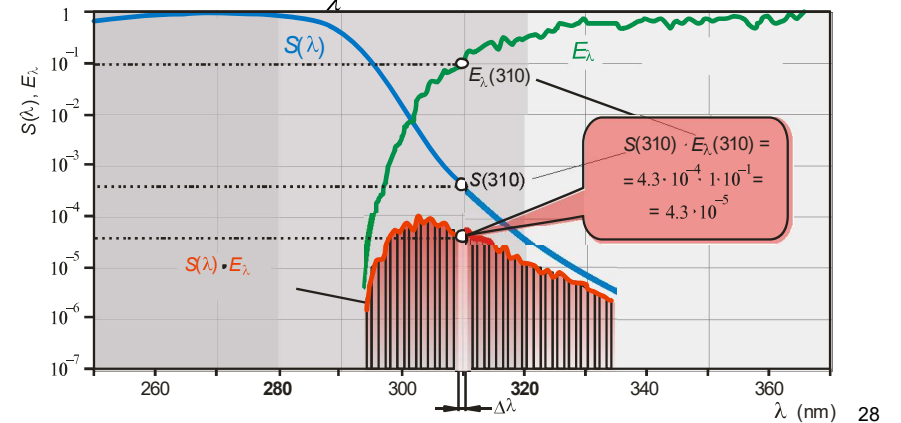
26



## UV - Dosimetrie

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

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



28



## UV - Dosimetrie

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

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

Einheit:

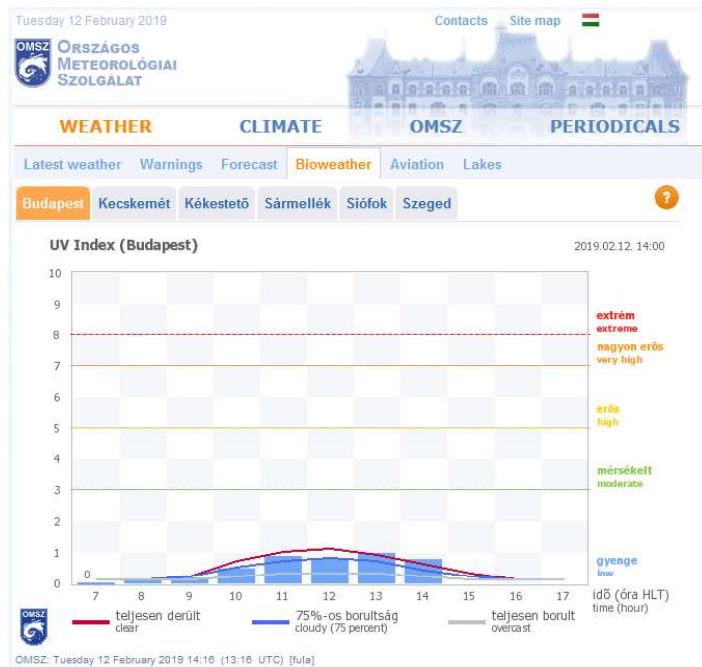
•  $S$  in  $\text{m}^2/\text{J} \rightarrow H$  dimensionslos

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

29



<https://www.met.hu/en/idojaras/humanmeteorologia/uv-b/>



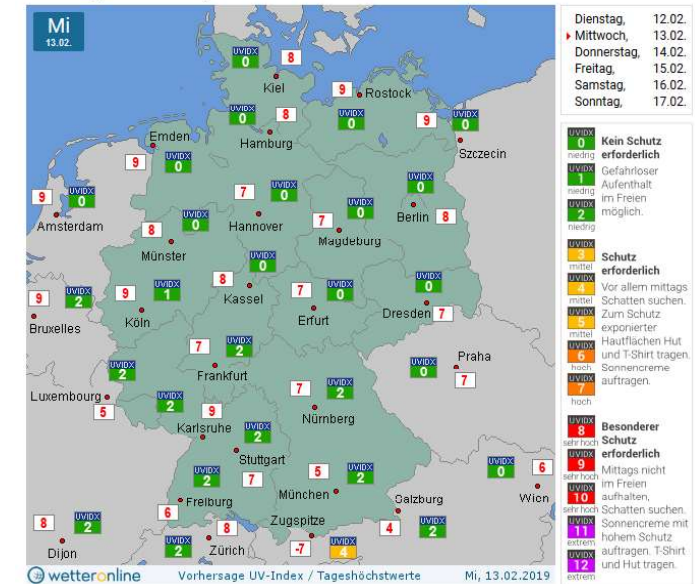
31



<https://www.wetteronline.de/uv-index>

## UV-Index Deutschland

Vorhersage für Mittwoch, 13.02.2019



30