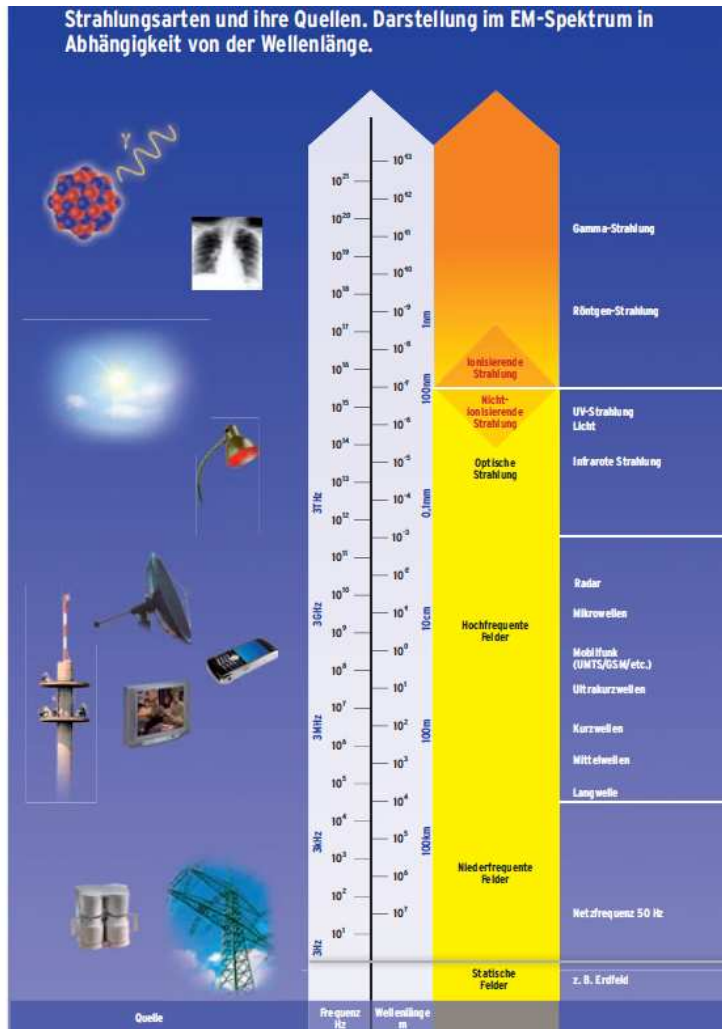


# UV-Strahlung: Erfassung, Wirkung, medizinische Bedeutung

**Dr. Monika Asmuß**  
**Bundesamt für Strahlenschutz**

# Das elektromagnetische Spektrum



Quelle: BfS, „Strahlung und Strahlenschutz“,

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Klimaanpassungsschule Charité Berlin, 15.02.2013

## Ultraviolette (UV) Strahlung

- ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung.
- bildet nach dem sichtbaren Licht den Übergang zur ionisierenden Strahlung.
- ist von der IARC eingestuft in Gruppe 1: krebserregend beim Menschen

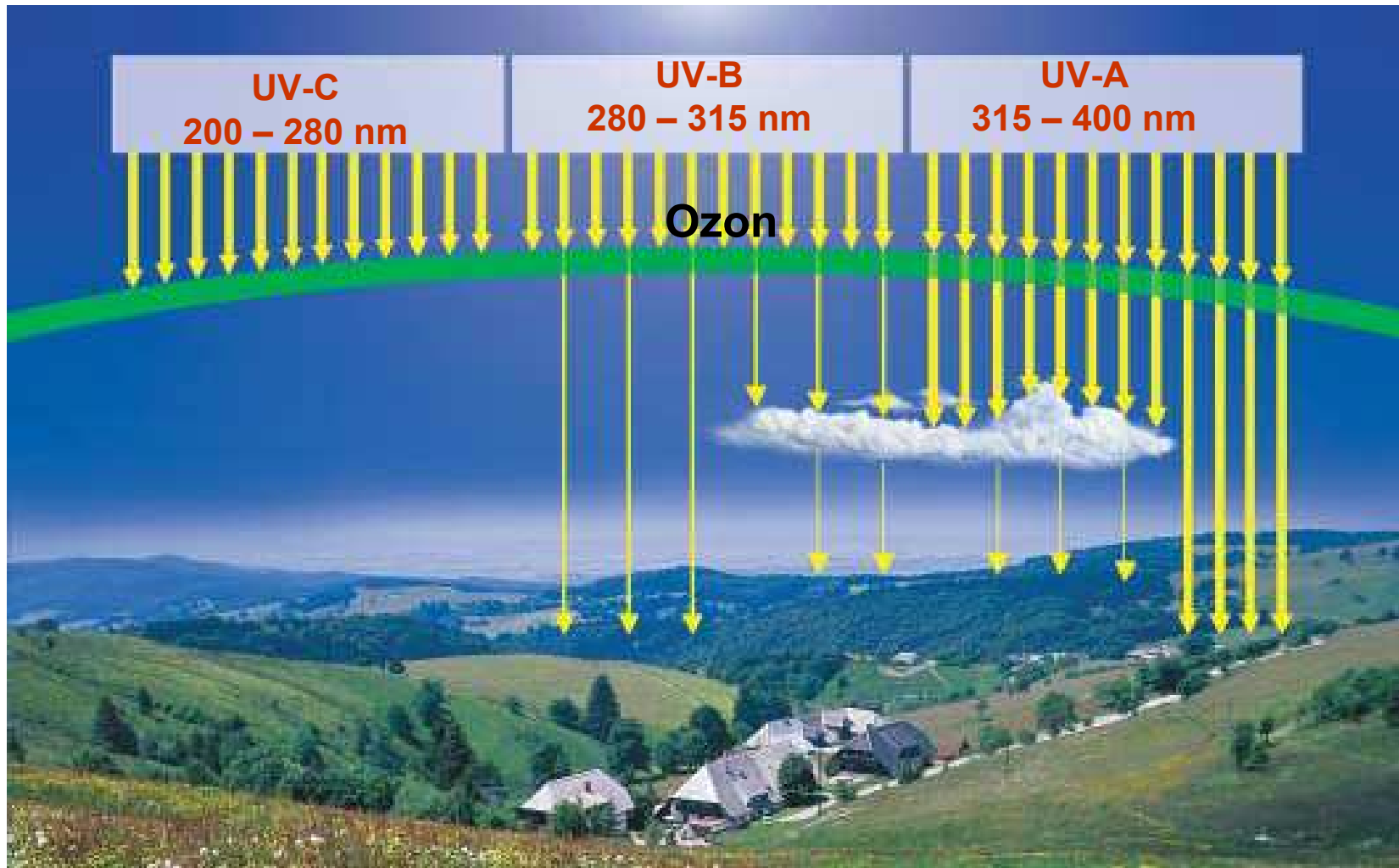
Tobacco, smokeless	1	89, 100E	2012
Tobacco smoke, second-hand	1	83, 100E	2012
000095-53-4 ortho-Toluidine	1	77, 99, 100F	2012
000299-75-2 Trisulfan	1	26, Sup 7, 100A	2012
Ultraviolet radiation (wavelengths 100-400 nm, encompassing UVA, UVB, and UVC)	1	100D	2012
000075-01-4 Vinyl chloride	1	100D	2012
Ultraviolet-emitting tanning devices	1	97, 100F	2012
Wood dust	1	62, 100C	2012
X- and Gamma-Radiation	1	75, 100D	2012
000079-06-1 Acrylamide	2A	60	1994
(NB: Overall evaluation upgraded to Group 2A with supporting evidence from other relevant data)	2A	10, Sup 7	1987
023214-92-8 Adriamycin	2A	10, Sup 7	1987

Auszug aus IARC-Monographs Vol 1-105



Bundesamt für Strahlenschutz

# Unterteilung nach Wellenlängen

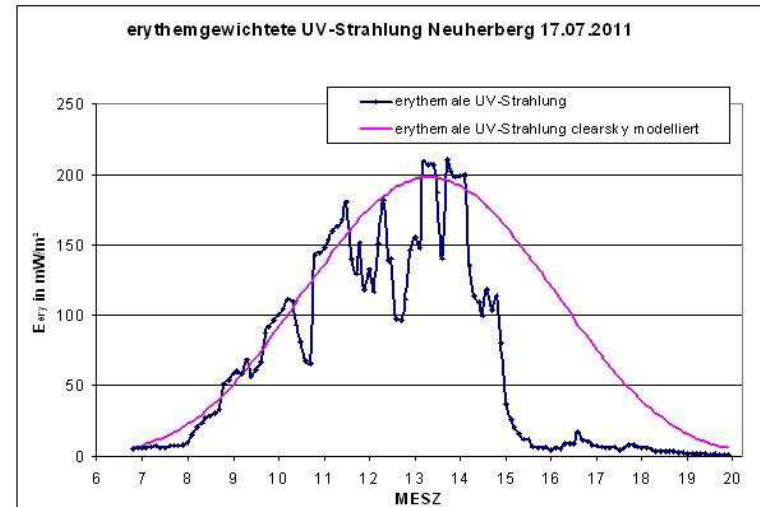


# Ozon und UV

- Faustregel: 1% weniger Ozon → Zunahme der erythemwirksamen UV-B-Strahlung um etwa 1,5%
- UV-B-Belastung steigt bei sehr starkem Ozonverlust, etwa im Bereich eines Ozonlochs, überproportional an
- Auch Ozon-“Minilöcher“ können für 2-4 Tage eine Erhöhung der UV-Strahlung verursachen
- Der größte Anstieg der erythemwirksamen UV-Strahlung erfolgt regelmäßig im Frühjahr. Die Haut ist sonnenungewohnt und damit besonders UV-empfindlich → **Auf Sonnenschutz achten, langsam eingewöhnen**

# Wichtige Einflussfaktoren für UV-Strahlung (1)

- **Sonnenstand**: je höher der Sonnenstand, desto stärker die UV-Strahlung (Tipp: „Schattenregel“)
- **Aerosole**: flüssige oder feste Schwebeteilchen natürlichen oder anthropogenen Ursprungs können die UV-Strahlung reduzieren (I) durch Filterwirkung, (II) durch Reflektion
- **Bewölkung**: Starke Bewölkung reduziert UV-Strahlung; leichte, durchbrochene Bewölkung kann UV-Strahlung durch Streuung sogar erhöhen.



Quelle: BfS 2011

## Wichtige Einflussfaktoren (2)

- Beschattung:

Im Schatten ist die UV-Strahlung reduziert,  
aber: Schatten ist nicht gleich Schatten!

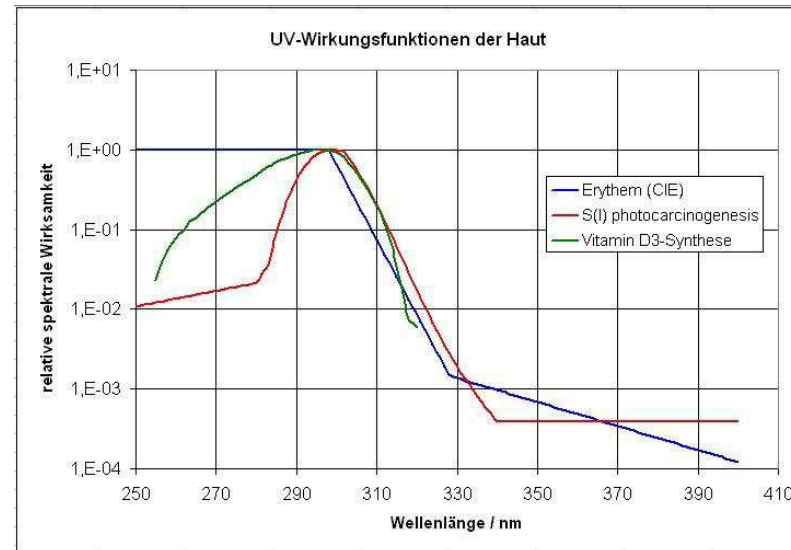
Je nach Bewölkungssituation kommt ein großer oder sogar der überwiegende Teil der solaren UV-Strahlung aus dem Himmelsgewölbe. Ursache: Streuung an den Luftmolekülen.

Die Rückstrahlung an Flächen der Umgebung kann die Schattenwirkung zusätzlich reduzieren.



# Messung der solaren UV-Strahlung (UV-Messverbund des BfS)

- Spektraleradiometer → Bestimmung der rein physikalischen Bestrahlungsstärke
- Wellenlängenabhängigkeit biologischer Wirkungen wird durch Wirkungsspektren beschrieben
- Multiplikation der physikalischen Bestrahlungsstärke mit dem Wirkungsspektrum → bewertetes Spektrum



Wichtungsfaktoren zur Ermittlung der **erythemwirksamen Bestrahlungsstärke**

Wellenlänge $\lambda$ in nm	Wichtungsfaktor $S_\lambda$
$\lambda < 298$	1
$298 \leq \lambda \leq 328$	$10^{0.094(298 - \lambda)}$
$328 < \lambda \leq 400$	$10^{0.015(140 - \lambda)}$

# UV-Index (UVI)

- **Wichtige Orientierungsgröße**
- **Ermöglicht international einheitlich Einschätzung der erythem-wirksamen Bestrahlungsstärke**

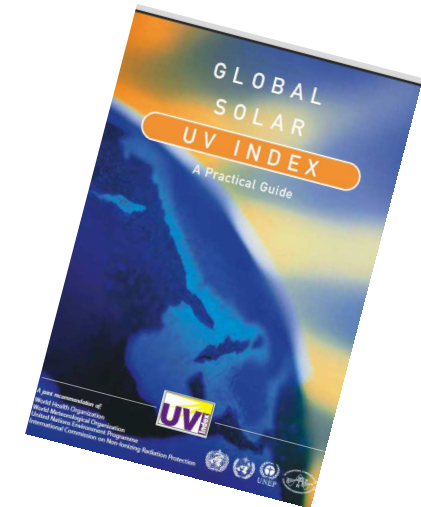
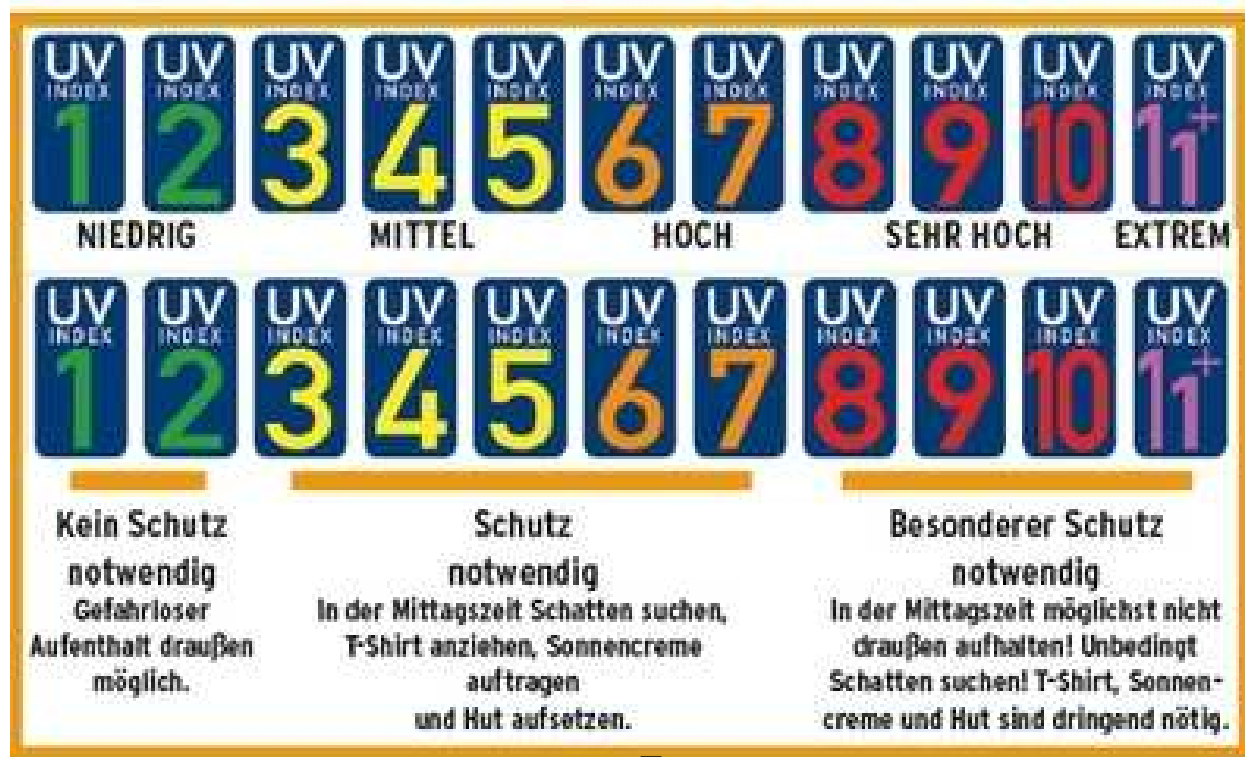
## Aber:

**nicht geeignet, individuell „sichere“ Aufenthaltszeiten in der Sonne zu berechnen!**

- Kann Bestrahlungsstärke unterschätzen (nicht auf Sonne ausgerichtet, Reflexionen nicht berücksichtigt)
- Kann individuelle Empfindlichkeiten nicht berücksichtigen und ist keine exakte Berechnungsgröße

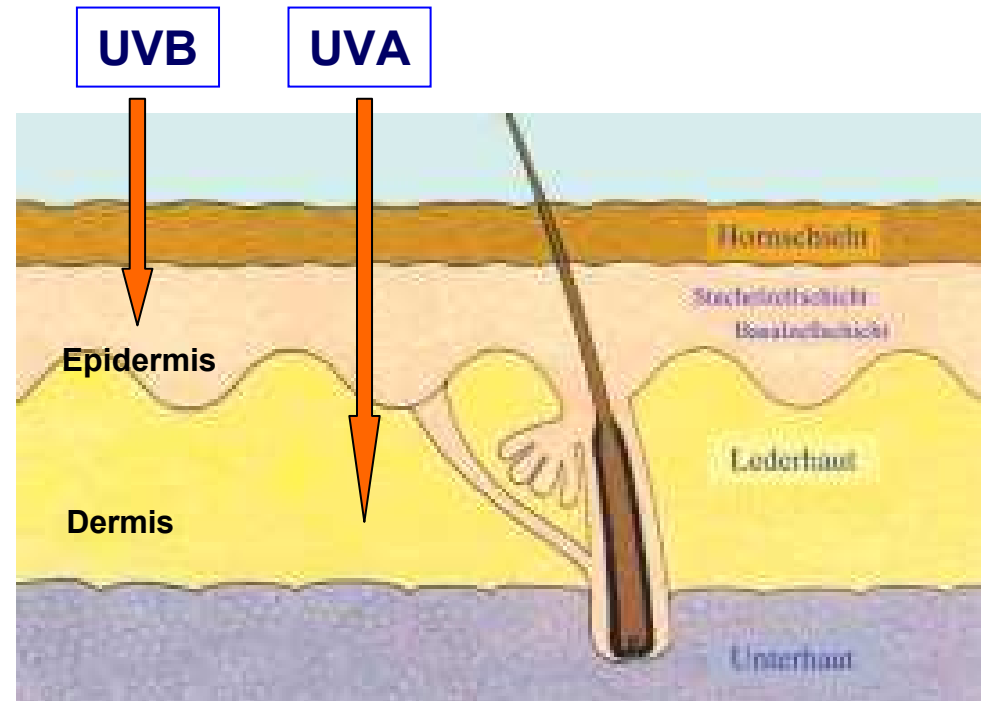
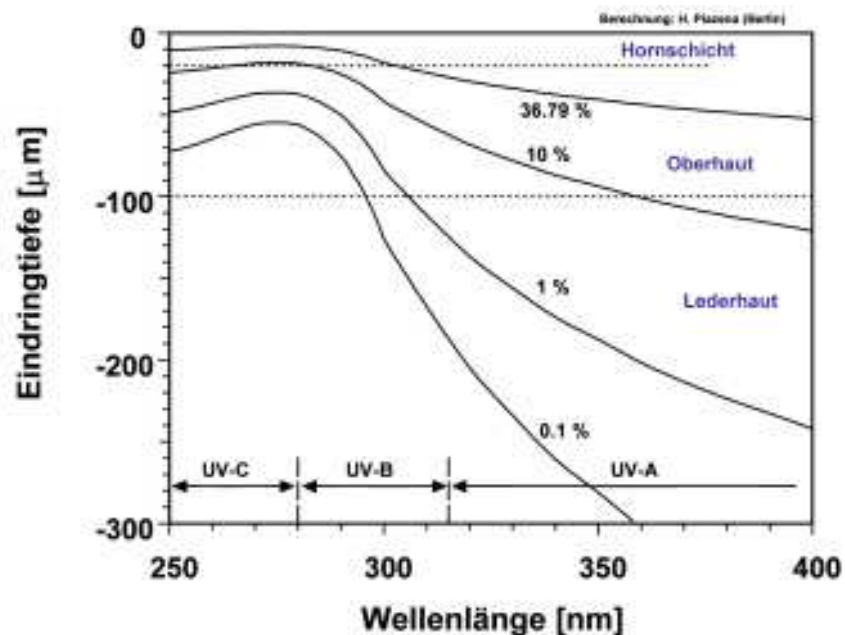


# Schutzniveaus auf Basis des UV-Index



**Verhalten – Kleidung - Sonnenschutzmittel**

# UV-Strahlung: Eindringtiefen in der Haut



Quelle: UV-Fibel, 2007; Berechnung: H. Piazena, Berlin



UVA dringt tiefer in die Haut und ins Auge ein als UVB

# Übersicht Wirkungen UV-Strahlung:

## ❖ Akute Wirkungen

- DNA-Schäden
- Zelltod/Apoptose
- Wirkungen auf das Immunsystem
- Photoallergische und phototoxische Reaktionen
- Erytheme (Sonnenbrand)
- Selbstschutz der Haut (Bräunung, Lichtschwiele)
- Vitamin D-Bildung
- Auge: Entzündungen an Hornhaut oder Bindehaut

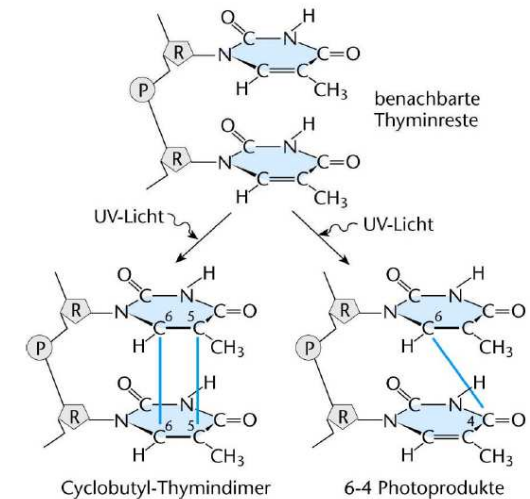
## ❖ Langzeitwirkungen:

- vorzeitige Hautalterung
- Hautkrebs
- Auge: Katarakt („grauer Star“)

# UV-Wirkungen auf die DNA

## UVB

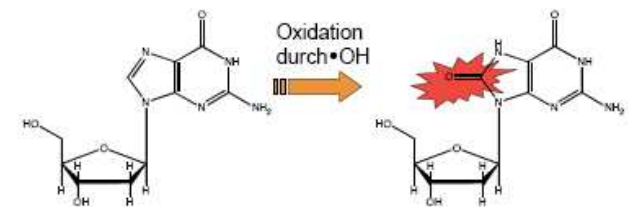
- direkt von DNA absorbiert
- v.a. CPD und 6-4 Photoprodukte (ca. 1000 x wirksamer als UVA)



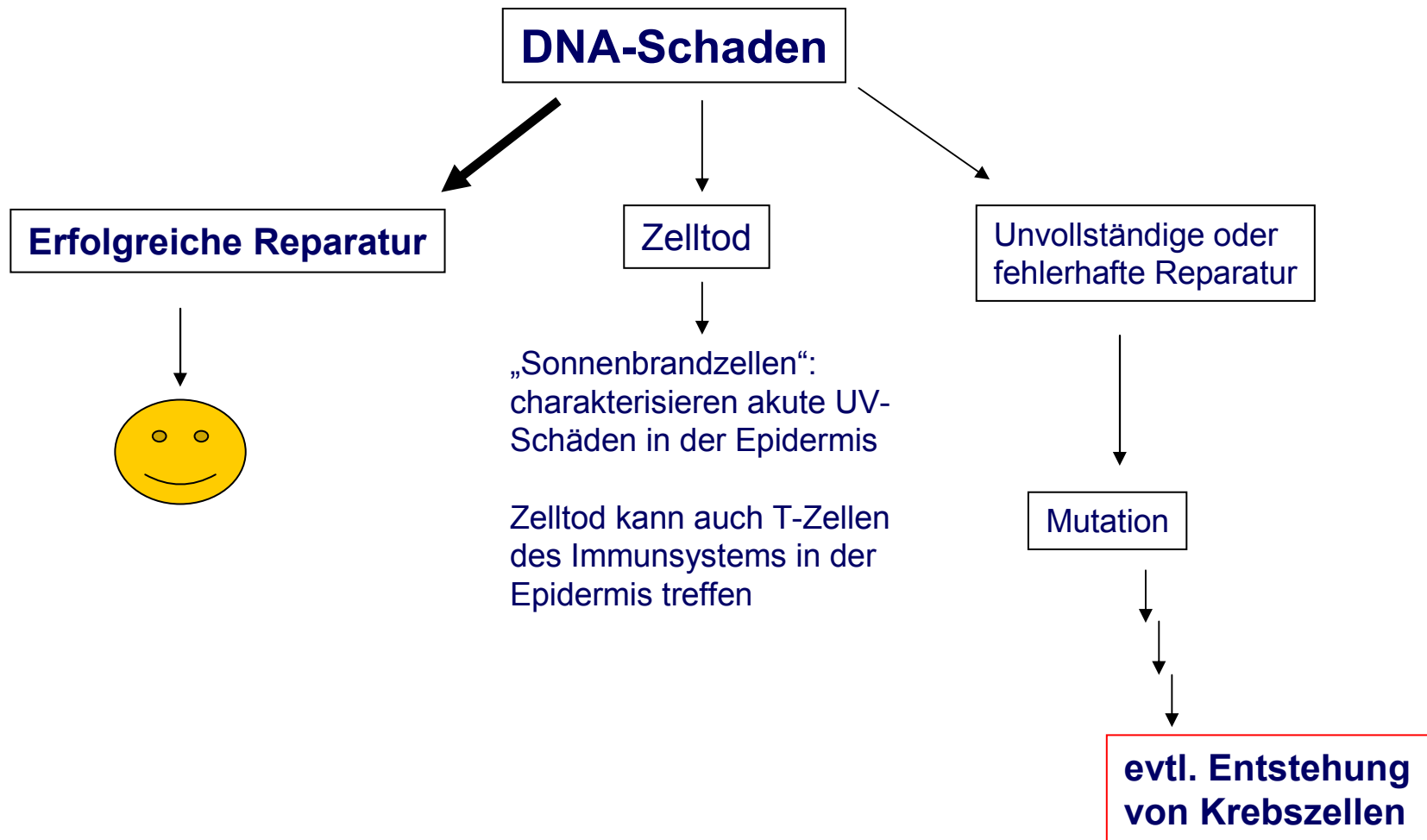
## UVA

- UVA-Photonen → photosensible Chromophoren (Photosensibilisatoren) z.B. Riboflavin, NADH
- reaktive Sauerstoffverbindungen
- oxidative DNA-Schäden wie 8-oxoGuanin

### Oxidation des Guanin-Bausteins der DNA



# Was geschieht bei DNA-Schäden?



## Weitere Wirkungen von UV-Strahlung:

- **Schwächung der zellvermittelten Immunantwort.** Zahl der immunkompetenten Langerhans-Zellen in der Epidermis reduziert. Empfindlichkeit für bestimmte virale Erkrankungen (Herpes) erhöht.
- **Fotoallergische oder fototoxische Reaktionen,** z.B. durch Inhaltsstoffe von Kosmetika oder Medikamenten
- **Selbstschutz der Haut:**  
(I) Pigmentierung (**Bräunung**); UVA bewirkt Nachdunkelung vorhandenen Melanins, Melaninneubildung durch UVB  
(II) „**Lichtschwiele**“ (Verdickung der Hornschicht)  
Achtung: bei Hauttyp 1 sowie bei Kindern kein bzw. kein ausreichender Eigenschutz

# Erythembildung (Hautrötung, Sonnenbrand)

## ➤ UVB-induziertes Erythem (Sonnenbrand)

- entzündliche Reaktion der Haut – Schwellung, Schmerzen, Juckreiz, ggf. Blasenbildung
- erreicht erst 6-24 Stunden nach der UV-Exposition seine stärkste Ausprägung
- Sichtbares Indiz für substantielle UV-Schäden
- **Sonnenbrände erhöhen das Hautkrebsrisiko!**
- Minimale Erythem-Dosis (MED) ist hauttypabhängig

# Hauttypen nach Fitzpatrick



## Hauttyp I

sehr helle, extrem empfindliche Haut, bräunt nie. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 200 J/m<sup>2</sup>



## Hauttyp II

helle, empfindliche Haut; bräunt langsam, oft Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 250 J/m<sup>2</sup>



## Hauttyp III

mittelhelle Haut; bräunt langsam, nur manchmal Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 350 J/m<sup>2</sup>



## Hauttyp IV

Bräunliche, wenig empfindliche Haut, bräunt schnell. Selten Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 450 J/m<sup>2</sup>



## Hauttyp V

Bräunliche, wenig empfindliche Haut, bräunt schnell. Selten Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 800 J/m<sup>2</sup>



## Hauttyp VI

schwarze, wenig empfindliche Haut, Sehr selten Sonnenbrand. Erythem-Wirksame Schwellenbestrahlung > 1000 J/m<sup>2</sup>



# UV und Vitamin D

- Wichtig für Calcium- und Phosphatstoffwechsel, Knochenaufbau. VitD-Mangel → Rachitis, Osteomalazie; weitere positive Wirkungen von Vitamin D werden diskutiert
- **UVB** notwendig für **Vitamin D** Synthese. Besonders wirksam: Wellenlängen um 300 nm (ca. 290-315). UVA trägt nichts bei, fördert evtl. sogar den Abbau.
- Wesentlicher Teil des Vitamin D wird (in den Sommermonaten) über die Haut gebildet, ein kleiner Teil aus der Nahrung aufgenommen. Im Winter kaum Vitamin D-Photosynthese. Speicherung in Fett- und Muskelgewebe möglich, biologische Halbwertszeit ca. 2 Monate
- **Normale Aufenthalte im Freien mit kurzer täglicher UV-Exposition sind in der Regel ausreichend. Bei längeren Aufenthalten in der Sonne ist angemessener UV-Schutz notwendig. Solariennutzung wird nicht empfohlen.**

# Chronische Wirkung: vorzeitige Hautalterung

- v.a. UVA (größere Eindringtiefe!) beeinflusst Kollagenstoffwechsel, Kollagensynthese ↓ kollagenabbauende Enzyme ↑
- Haut verliert Elastizität, wird dünner, Faltenbildung wird beschleunigt, Gefäßerweiterung, Bindegewebschädigung, Pigmentverschiebungen (Hautflecken)

# Schwerwiegendste Langzeitwirkung: Hautkrebs

- UV-Strahlung ist die Hauptursache für Hautkrebs!
- **Hautkrebsraten steigen**; seit den 1980er Jahren mehr als verdreifacht
- Hochrechnung Krebsregister Schleswig-Holstein für **2009**:

Erkrankungsfälle Hautkrebs in Deutschland insgesamt	<b>223.500</b>
davon malignes Melanom (invasiv und in situ)	<b>25.600</b>

# Hautkrebsformen (1)

## ➤ Epithelialer („heller“) Hautkrebs:

- entwickelt sich aus Keratinozyten
- bildet nur sehr selten Metastasen, zerstört aber Gewebe  
→ belastende operative Eingriffe

### Basalzellkarzinom (BCC):

häufigste Hautkrebsform (ca. 133.000 Neuerkrankungen/Jahr in D.)  
Auftreten meist an chronisch sonnenexponierten  
Körperstellen, z.B. Kopf

### Plattenepithelkarzinom (SCC):

zweithäufigste Hautkrebsform (ca. 65.000 Neuerkrankungen/Jahr)  
vorwiegend an sonnenexponierten  
Körperpartien. Vorstufe: Aktinische Keratose

V.a. akkumulierte UV-Dosis entscheidend

# Hautkrebsformen (2)

## ➤ Malignes Melanom („schwarzer Hautkrebs“):

- entwickelt sich aus den pigmentbildenden Hautzellen (Melanozyten)
- seltenste aber bösartigste Form des Hautkrebses.  
**2010 ca. 3.300 Sterbefälle in Deutschland** (Statistisches Bundesamt 2012)
- bildet häufig Metastasen
- tritt oft auch an normalerweise bekleideten Körperstellen auf.
- starke, intermittierende UV-Bestrahlung als wesentlicher Faktor

# Wichtige Risikofaktoren für Hautkrebs

- helle, empfindliche Haut, Neigung zu Sommersprossen und Sonnenbrand (Hauttyp I und II)
- rötliche Haarfarbe
- Sonnenbrände
- Vorstufen von Hautkrebs, Hautkrebs-Vorerkrankungen und/oder Hautkrebs in der Familie
- große Anzahl von Pigmentmalen (>50)
- atypische Pigmentmale\*

Hautkrebsfrüherkennung seit 2008 ab 35 Jahre alle 2 Jahre von Krankenkassen gezahlt!

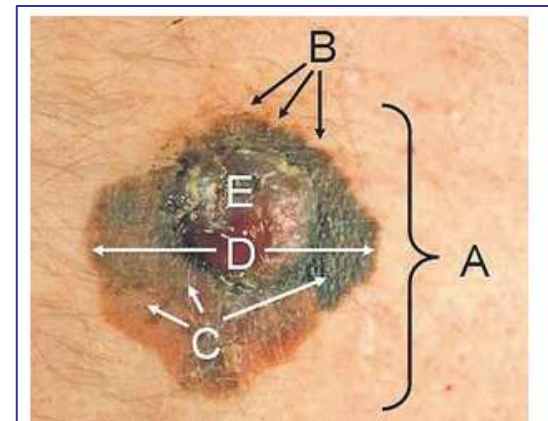
## \*„ABCD-Regel“

A = Asymmetrisch

B = Begrenzung (verwaschen, unscharf)

C = Colorit (mehrere Farbtönungen)

D = Durchmesser (> 5 mm)



**Wichtig: auf Veränderungen achten**



Bundesamt für Strahlenschutz

# Schutz vor UV-Strahlung

## Verhalten



ab UVI 3 über Mittag besser im Schatten bleiben, ab UVI 8 über Mittag besser im Haus bleiben



der Haut Zeit geben, sich an die Sonne zu gewöhnen, v.a. im Frühjahr oder im Urlaub

## Geeignete Kleidung



bedeckende Kleidung i.d.R. guter Sonnenschutz

## Sonnencreme



mittleres bis hohes Schutzniveau



**auf ausreichende Menge achten!** (2 mg/cm<sup>2</sup> → ca. 40 g oder gut 3 Esslöffel für einen Erwachsenen)



Sonnencreme rechtzeitig und wiederholt auftragen

# Besonderes Schutzbedürfnis für Kinder!

- **empfindliche Haut**, noch kein bzw. kein ausreichender Eigenschutz
- **Lebenslange Schadensakkumulation**
- Hinweise darauf, dass besonders **Sonnenbrände** in der Kindheit das **Hautkrebsrisiko** erhöhen

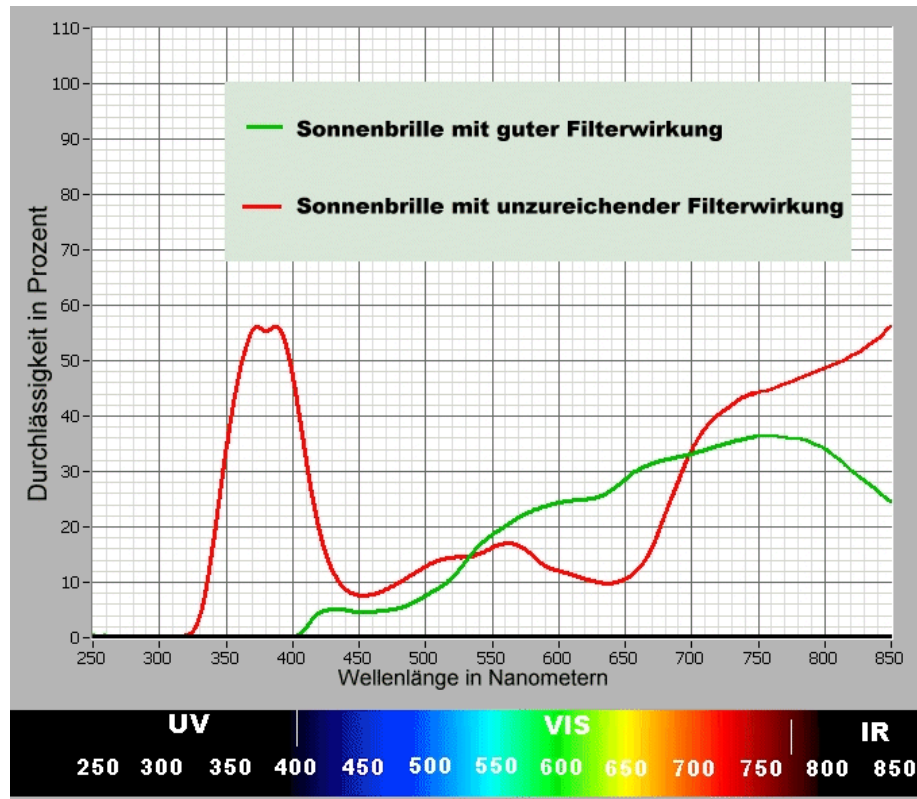
- ➔ **Bei Kindern besonders gut auf Sonnenschutz achten; Erwachsene sollten Vorbild sein**
- ➔ **Nutzungsverbot von Solarien für Minderjährige gem. § 4 NiSG und UVSV**



# Wirkungen von UV-Strahlung auf die Augen

- UVB wird vor allem von der Augenlinse aufgenommen, UVA-Strahlung erreicht anteilig auch die Netzhaut
- akute Wirkung starker UV-Strahlung: schmerzhafte Entzündungen an Hornhaut oder Bindehaut (Photokeratitis, Photokonjunktivitis)
- chronisch: Oxidation und Aggregation von Crystallinen in der Linse → Katarakt („grauer Star“)
- Schäden an der Netzhaut
- Tumoren am Augenlid (BCC, SCC)

# Zum Schutz der Augen – Sonnenbrille!



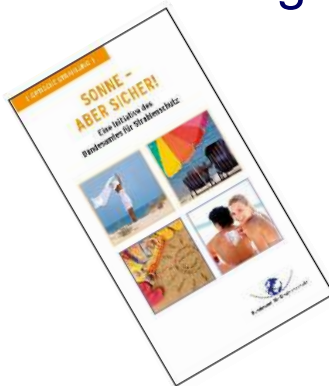
Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz



- Große Gläser
- Seitenschutz
- CE-Zeichen + „UV 400“  
bzw. „100% UV-Schutz“

# Unser Anliegen: UV-Schutz als Maßnahme der Primärprävention

- Wichtige Zielgruppen:
  - Kinder und Jugendliche, Eltern, LehrerInnen/ErzieherInnen
  - Risikogruppen (z.B. Transplantierte, Menschen mit Hautkrebs-Vorgeschichte, im Freien Beschäftigte, helle Hauttypen 1 und 2)
- **Ärzte und medizinisches Personal wichtige Akteure!**  
Können wirksam für Gesundheitsrisiken sensibilisieren und zu gesundheitsförderndem Verhalten beitragen. ➔ „UV-Bündnis“



# Mehr Informationen zu UV-Strahlung unter [www.bfs.de/de/uv](http://www.bfs.de/de/uv)



und im  
**UMID**  
Themenheft

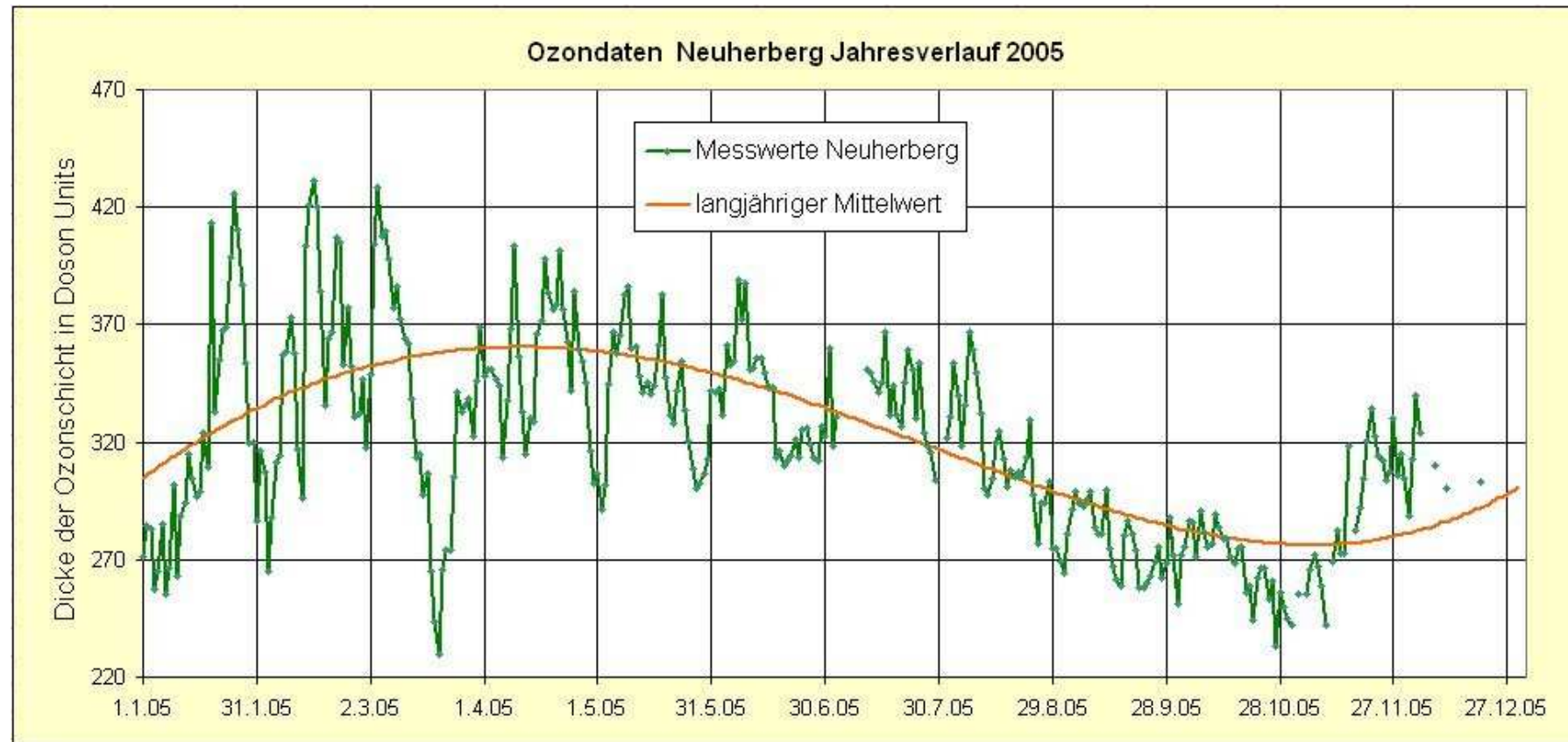


## Vielen Dank!



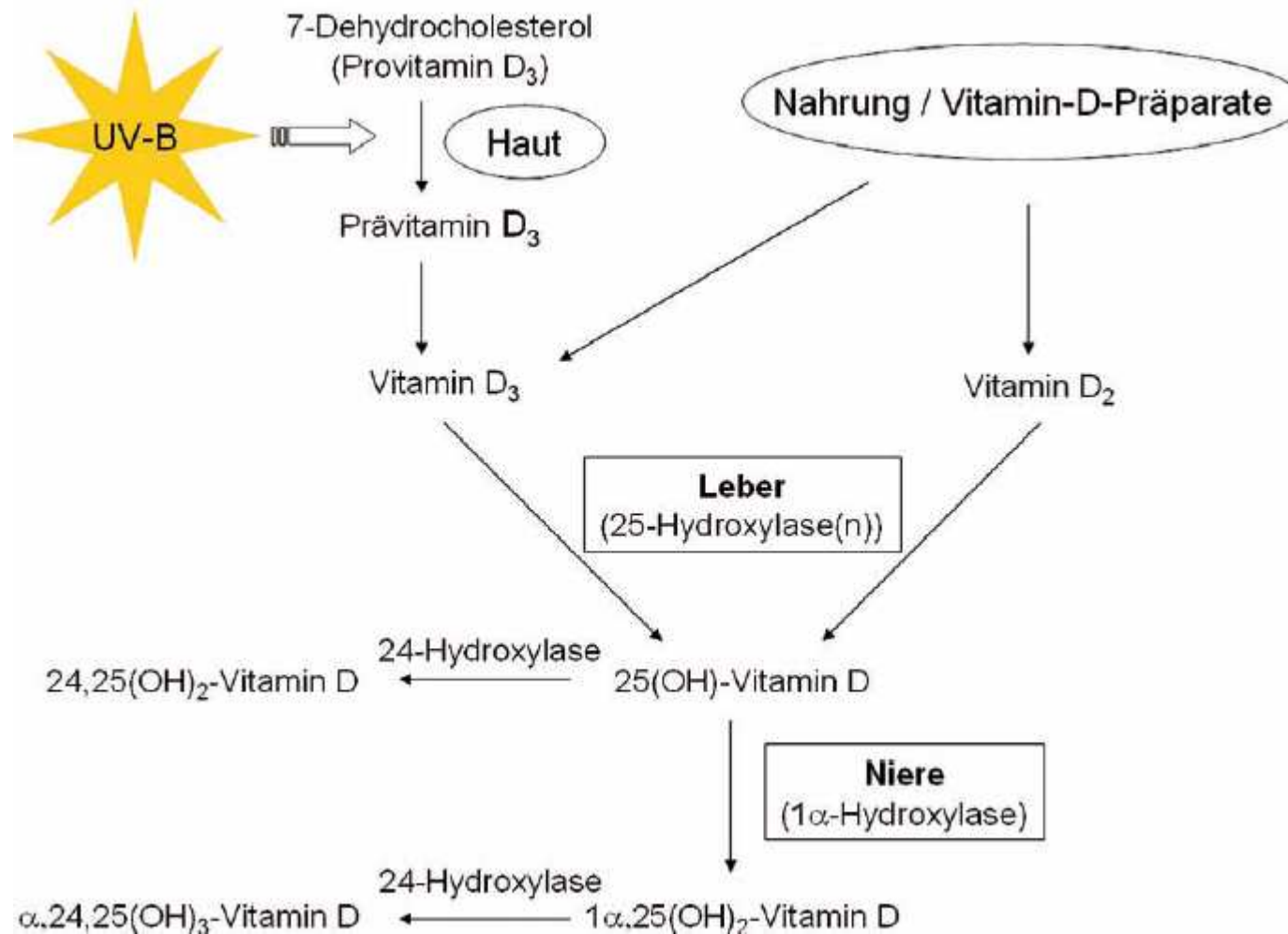
# *Reserve*

# Ozonschicht über Neuherberg im Jahresgang





# Schematische Darstellung der Bildung von Vitamin D



# Vitamin D – wie viel reicht aus?

➤ aktuelle Empfehlung DGE:

Säuglinge

10 µg, d.h. 400 IU /Tag

Kinder, Jugendliche,

Erwachsene

20 µg, d.h. 800 IU /Tag

➤ Serumspiegel 25(OH)VitD: 50 nmol/L (= 20 ng/ml) meist als ausreichend betrachtet.



## Subtypen malignes Melanom

(nach Garbe u.a. Deutsche Leitlinie malignes Melanom)

Subtyp	Abk	%-Anteil	Medianes Erkrankungsalter	
Superfiziell spreitend	SS M	57,4	51 Jahre	Wachstum ca 2-4 Jahre horizontal, dann vertikal
Nodulär	NM M	21,4	56 Jahre	Aggressivste Form, ungünstigste Prognose, schnelles vertikales Wachstum, frühzeitige Metastasierung
Lentigo-maligna	LM M	8,8 %	68 Jahre	Wächst v.a. horizontal, erst spät (bis zu 15 Jahre) vertikal
Akrolentiginös	AL M	4,0 %	63 Jahre	Aggressiver als LMM; meist an Handflächen oder Fußsohlen; v.a. dunkelhäutige Menschen betroffen
Nicht klassifizierbar	UC M	3,5 %	54 Jahre	
Sonstige		4,9 %	54 Jahre	