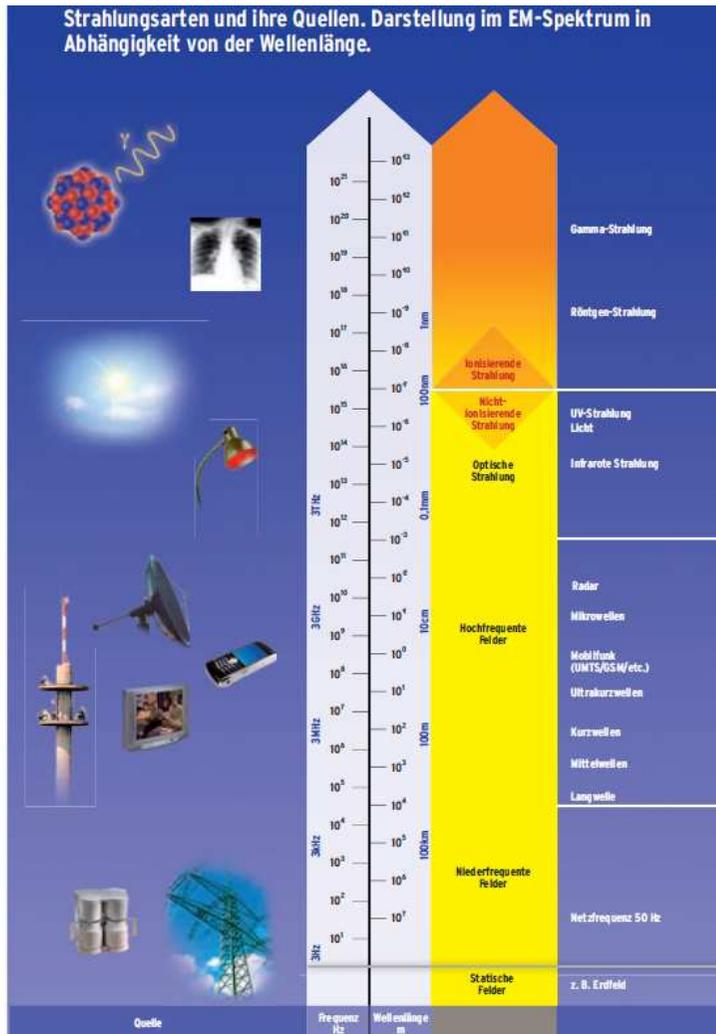


UV-Strahlung: Erfassung, Wirkung, medizinische Bedeutung

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz

Das elektromagnetische Spektrum



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

1	89, 100E	2012
1	83, 100E	2012
1	83, 100E	2012
1	77, 99, 100F	2012
1	26, Sup 7, 100A	2012
1	100D	2012
1	100D	2012
1	97, 100F	2012
1	62, 100C	2012
1	75, 100D	2012
2A	60	1994
2A	10, Sup 7	1987

Auszug aus IARC-Monographs Vol 1-105

Quelle: BfS, „Strahlung und Strahlenschutz“

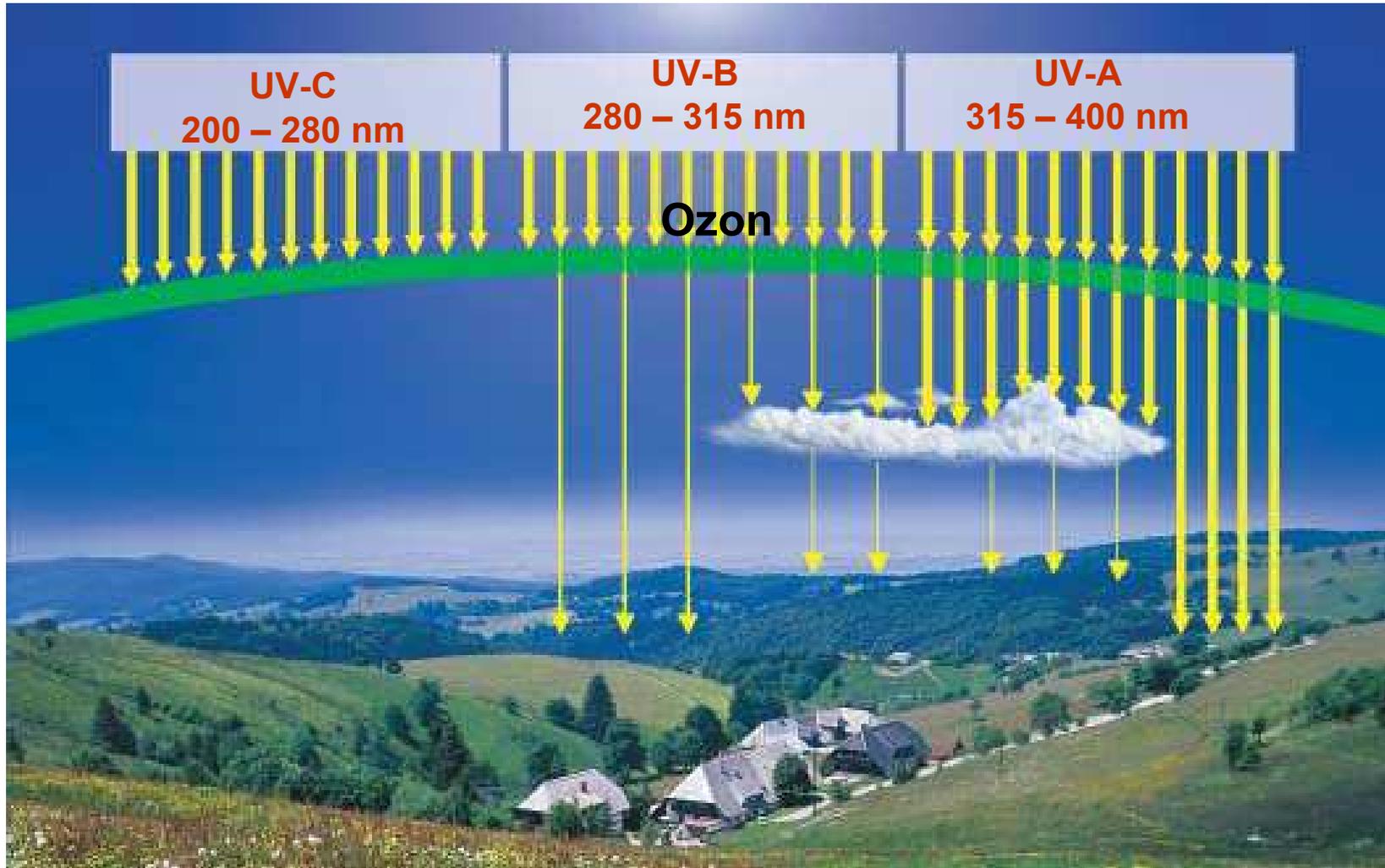
| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Klimaanpassungsschule Charité Berlin, 15.02.2013



Bundesamt für Strahlenschutz

Unterteilung nach Wellenlängen



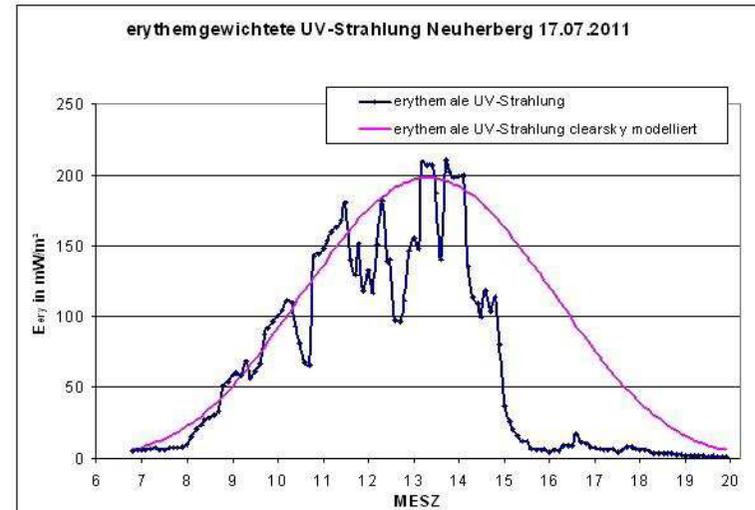
Ozon und UV

- 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!

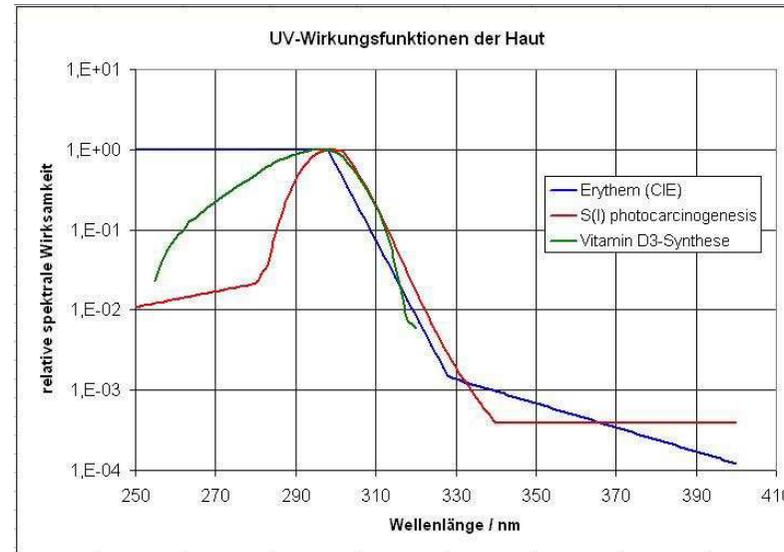
Je nach Bewölkungssituation kommt ein großer oder sogar der
überwiegende Teil der solaren UV-Strahlung aus dem
Himmelsgewölbe. Ursache: Streuung an den Luftmolekülen.

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



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

- Spektraldiometer → 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 λ in nm	Wichtungsfaktor S_λ
$\lambda < 298$	1
$298 \leq \lambda \leq 328$	$10^{0.094(298 - \lambda)}$
$328 < \lambda \leq 400$	$10^{0.015(140 - \lambda)}$

UV-Index (UVI)

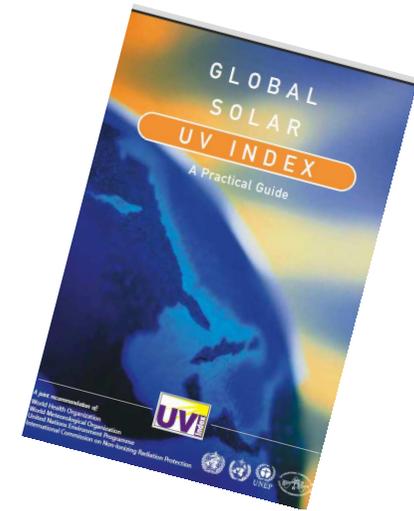
- **Wichtige Orientierungsgröße**
- **Ermöglicht international einheitlich Einschätzung der erythem-wirksamen Bestrahlungsstärke**

Aber:

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

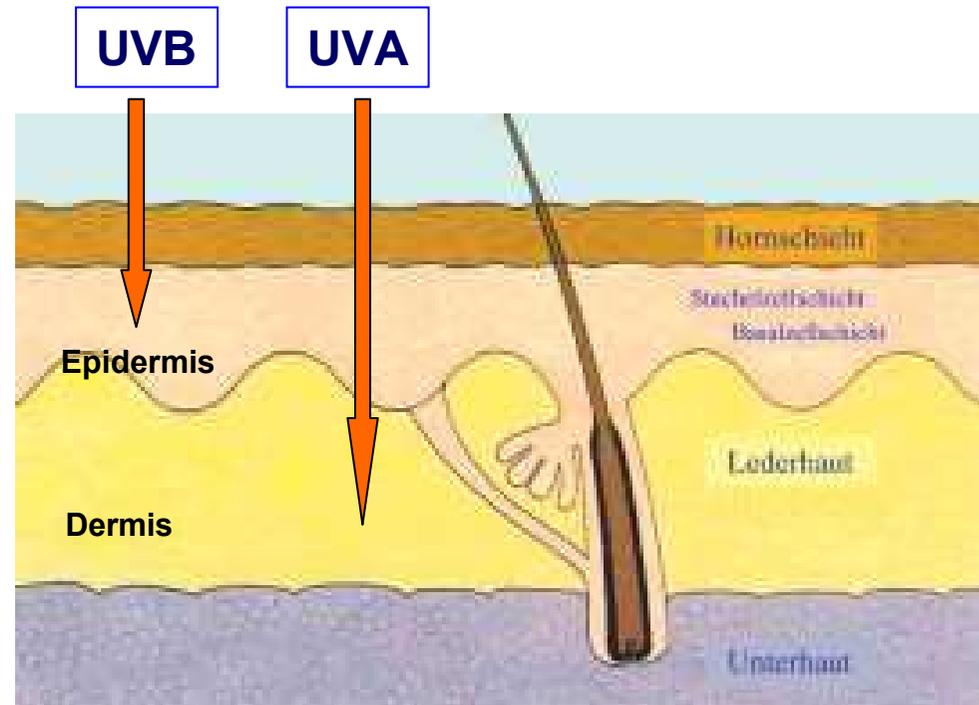
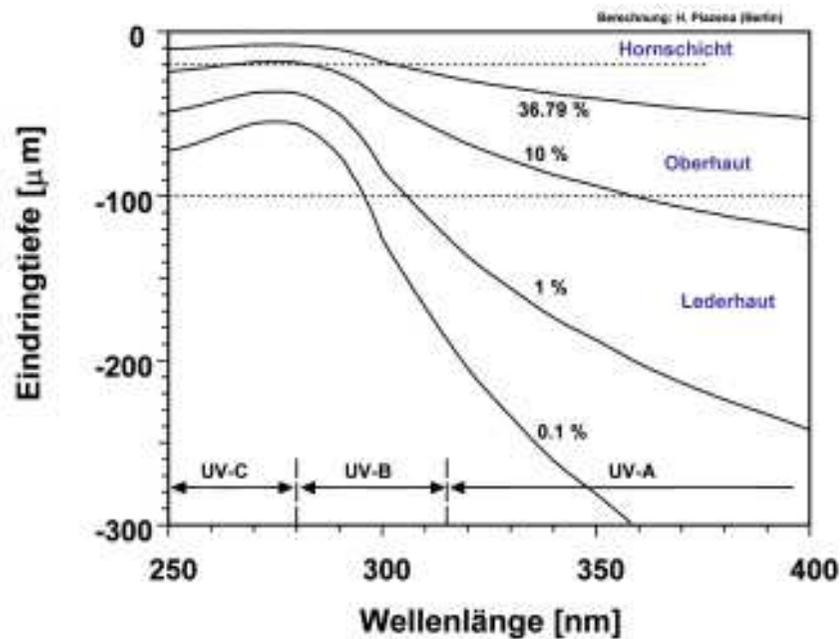
- Kann Bestrahlungsstärke unterschätzen (nicht auf Sonne ausgerichtet, Reflexionen nicht berücksichtigt)
- Kann individuelle Empfindlichkeiten nicht berücksichtigen und ist keine exakte Berechnungsgröße

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

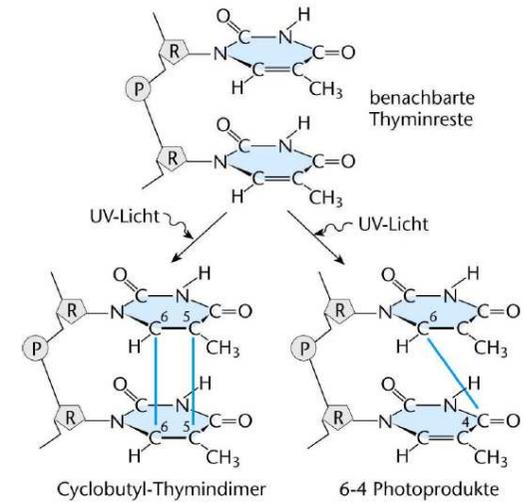
❖ Langzeitwirkungen:

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

UV-Wirkungen auf die DNA

UVB

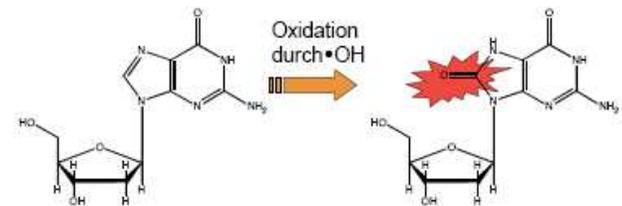
- direkt von DNA absorbiert
- v.a. CPD und 6-4 Photoprodukte (ca. 1000 x wirksamer als UVA)



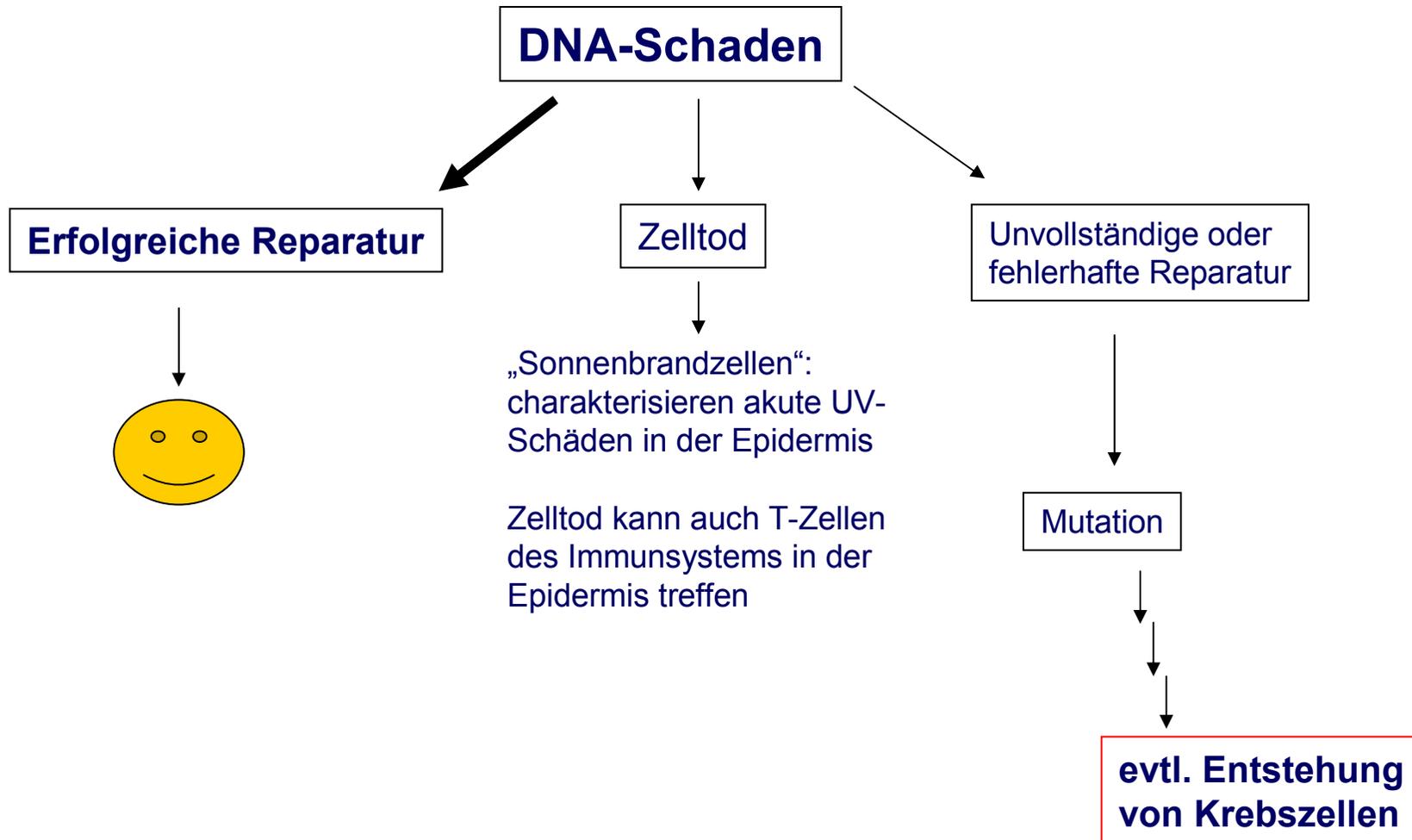
UVA

- 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/m²



Hauttyp II

helle, empfindliche Haut; bräunt langsam, oft Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 250 J/m²



Hauttyp III

mittelhelle Haut; bräunt langsam, nur manchmal Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 350 J/m²



Hauttyp IV

Bräunliche, wenig empfindliche Haut, bräunt schnell. Selten Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 450 J/m²



Hauttyp V

Bräunliche, wenig empfindliche Haut, bräunt schnell. Selten Sonnenbrand. Erythemwirksame Schwellenbestrahlung ca. 800 J/m²



Hauttyp VI

schwarze, wenig empfindliche Haut, Sehr selten Sonnenbrand. Erythem-Wirksame Schwellenbestrahlung > 1000 J/m²



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	223.500
davon malignes Melanom (invasiv und in situ)	25.600

Hautkrebformen (1)

➤ Epithelialer („heller“) Hautkrebs:

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

Basalzellkarzinom (BCC):

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

Plattenepithelkarzinom (SCC):

zweithäufigste Hautkrebform (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

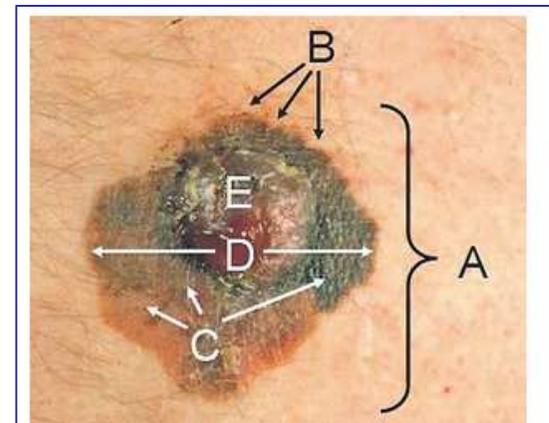
Wichtige Risikofaktoren für Hautkrebs

- 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

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/cm² → **ca. 40 g oder gut 3 Esslöffel für einen Erwachsenen**)
-  Sonnencreme rechtzeitig und wiederholt auftragen

Besonderes Schutzbedürfnis für Kinder!

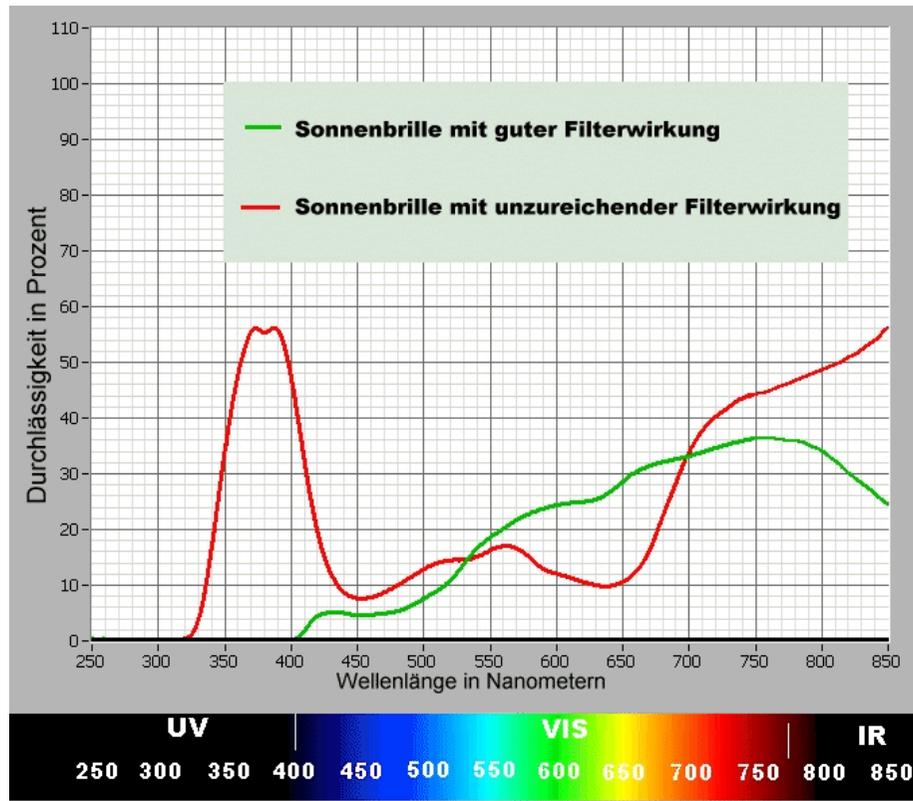
- **empfindliche Haut**, noch kein bzw. kein ausreichender Eigenschutz
- **Lebenslange Schadensakkumulation**
- Hinweise darauf, dass besonders **Sonnenbrände** in der Kindheit das **Hautkrebsrisiko** erhöhen

- ➔ **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

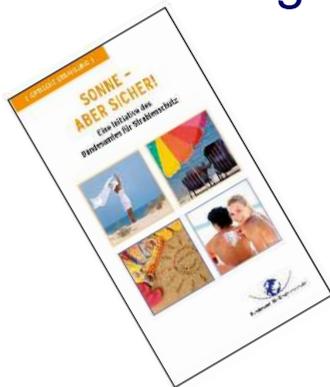
| Verantwortung für Mensch und Umwelt | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Klimaanpassungsschule Charité Berlin, 15.02.2013

- 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



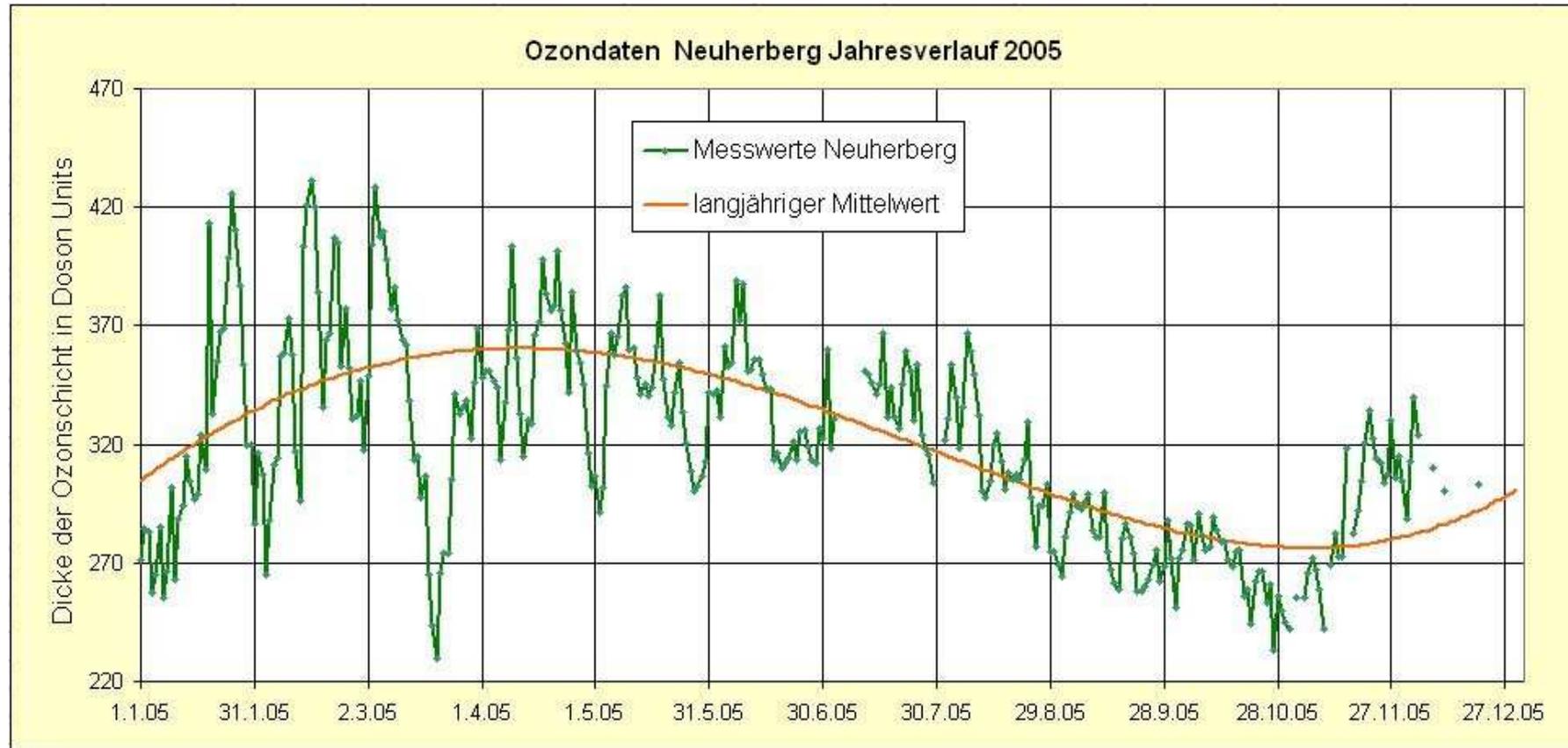
und im
UMID
Themenheft



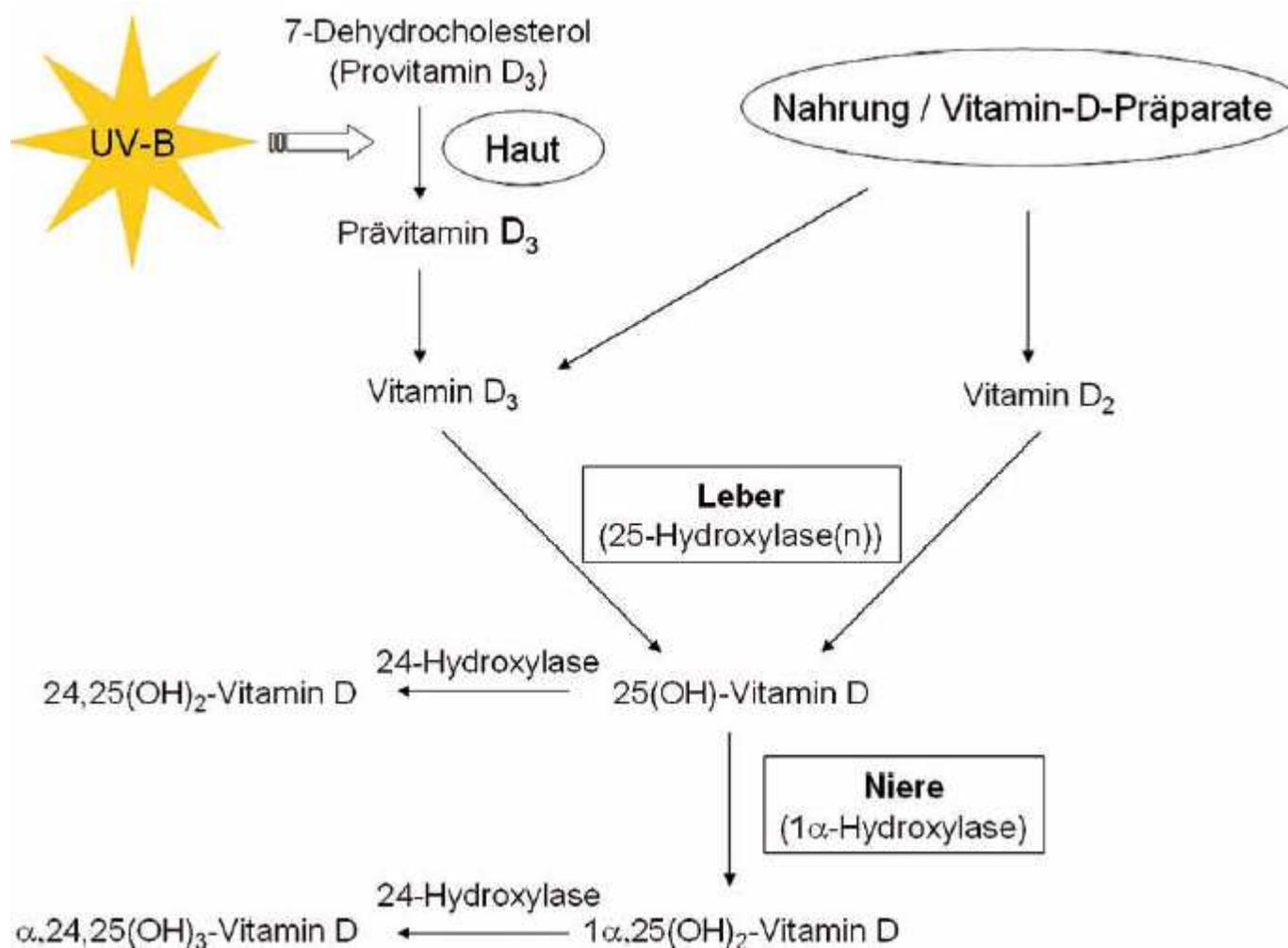
Vielen Dank!

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	