

Arbeitskreis für medizinische Geographie

Jahrestagung 2008

9.-11. Oktober, Remagen bei Bonn

Der Einfluss des Klimawandels auf die Prävalenz von Hautkrebserkrankungen in Deutschland

Jobst Augustin (Dipl.-Geogr.)

- Geographisches Institut der Universität Göttingen, Abt. Kartographie, GIS & Fernerkundung
- Kompetenzzentrum Versorgungsforschung (CVderm), Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf



Gliederung

- Einleitung
- Hautkrebs
 - Merkmale und Epidemiologie
 - Risikofaktoren
- Klimawandel
 - Klima und Ozon
 - Klima und UV
- Klimawandel und Hautkrebs
 - Verhalten und Exposition
 - Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- Fazit



Der Mensch unter klimatischen Veränderungen

· Einleitung

· Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

· Klimawandel

- Klimawandel und Ozon
- Klimawandel und UV

· Klimawandel und Hautkrebs

- Verhalten und Exposition
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

· Fazit

- Zunehmender Einfluss von klimatischen Veränderungen auf die Gesundheit
- *Direkte* und *indirekte* Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit
 - *Direkt:*
 - Thermische Extreme → z.B. Herz-Kreislaufkrankungen
 - Extremwetterereignisse → z.B. psychische Folgen
 - *Indirekt:*
 - Phänologie → Allergien
 - Habitate v. Vektoren, Parasiten → z.B. FSME
 - Ozon → UV-Strahlung → Hautkrebs, Katarakt



Mutationen der Haut

. Einleitung

. **Hautkrebs**

. Merkmale und
Epidemiologie

. Risikofaktoren

. Klimawandel

. Klimawandel und
Ozon

. Klimawandel und UV

. Klimawandel und
Hautkrebs

. Verhalten und
Exposition

. Zukünftige
Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

- *Hautkrebs* = alle bösartigen Veränderungen der Haut
- Unterschieden wird zwischen:
 - *Hellen Hautkrebs (nicht-melanozytär)*
 - → Basalzellkarzinom (= Basaliom, BCC)
 - → Plattenepithelkarzinom (= Spinaliom, SCC)
 - *Schwarzen Hautkrebs (melanozytär)*
 - → Malignes Melanom (MM)
- Zudem existieren weitere seltene Arten (Merkelzellkarzinom)



Individuelle Merkmale des hellen Hautkrebses (Basaliom)

. Einleitung

. **Hautkrebs**

. Merkmale und Epidemiologie

. Risikofaktoren

. Klimawandel

. Klimawandel und Ozon

. Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

. Verhalten und Exposition

. Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

- *Basaliom*

- Häufigster (semi-) maligner Hauttumor (75-80 %)
- Nicht metastasierend
- Mittlere Inzidenzrate (♂) bei 67 Neuerkrankungen (Saarland) in den 90er Jahren
- Häufigkeitsgipfel liegt bei ca. 65-69 Jahre (♂, ♀)
 - → *Altersabhängigkeit*
- Am häufigsten im Gesicht (80 %)
 - → *Expositionsabhängigkeit*

(Quelle: RKI, 2004)



Individuelle Merkmale des *hellen* Hautkrebses (Spinaliom)

. Einleitung

. Hautkrebs

. Merkmale und Epidemiologie

. Risikofaktoren

. Klimawandel

. Klimawandel und Ozon

. Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

. Verhalten und Exposition

. Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

• *Spinaliom*

- Zweithäufigste Form von malignen Hauttumoren (19 %)
- Metastasiert über Lymphe und Blutbahn
- Mittlere Inzidenzrate (♂) liegt bei ca. 16 Neuerkrankungen (Saarland) in den 90er Jahren
- Häufigkeitsgipfel liegt bei ca. 70-74 (♂), 75-79 (♀)
 - → *Altersabhängigkeit*
- Vor allem im Gesicht, Ohren, Arme, Hände
 - → *Expositionsabhängigkeit*

(Quelle: RKI, 2004)



Individuelle Merkmale des *schwarzen* Hautkrebses

. Einleitung

. Hautkrebs

. Merkmale und Epidemiologie

. Risikofaktoren

. Klimawandel

. Klimawandel und Ozon

. Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

. Verhalten und Exposition

. Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

• *Malignes Melanom*

- Hohes malignes Potential (Metastasenbildung)
- Mittlere Inzidenzrate liegt bei ca. 10 (♂) Neuerkrankungen (Saarland) Ende der 90er Jahre
- Entdeckungsalter 58 Jahre (♂), 56 Jahre (♀)
 - 50 % < 60 Jahre
 - → geringere Altersabhängigkeit
- Tritt an allen Körperteilen auf
 - → geringere Expositionsabhängigkeit

(Quelle: RKI, 2004)



Potentielle Risikofaktoren

. Einleitung

. **Hautkrebs**

. Merkmale und Epidemiologie

. **Risikofaktoren**

. Klimawandel

. Klimawandel und Ozon

. Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

. Verhalten und Exposition

. Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

- **Basaliom**

- *Kurzzeitig* hohe UV-B-Exposition/viele Sonnenbrände im Kinder- und Jugendalter
- Hauttyp, genetische Faktoren, Chemikalien

- **Spinaliom**

- *Kumulative*, d.h. über Jahre angehäuften UV-B-Dosis
- Hauttyp, Medikamente, andere Strahlenschäden (z.B. Röntgenstrahlung)

- **Malignes Melanom**

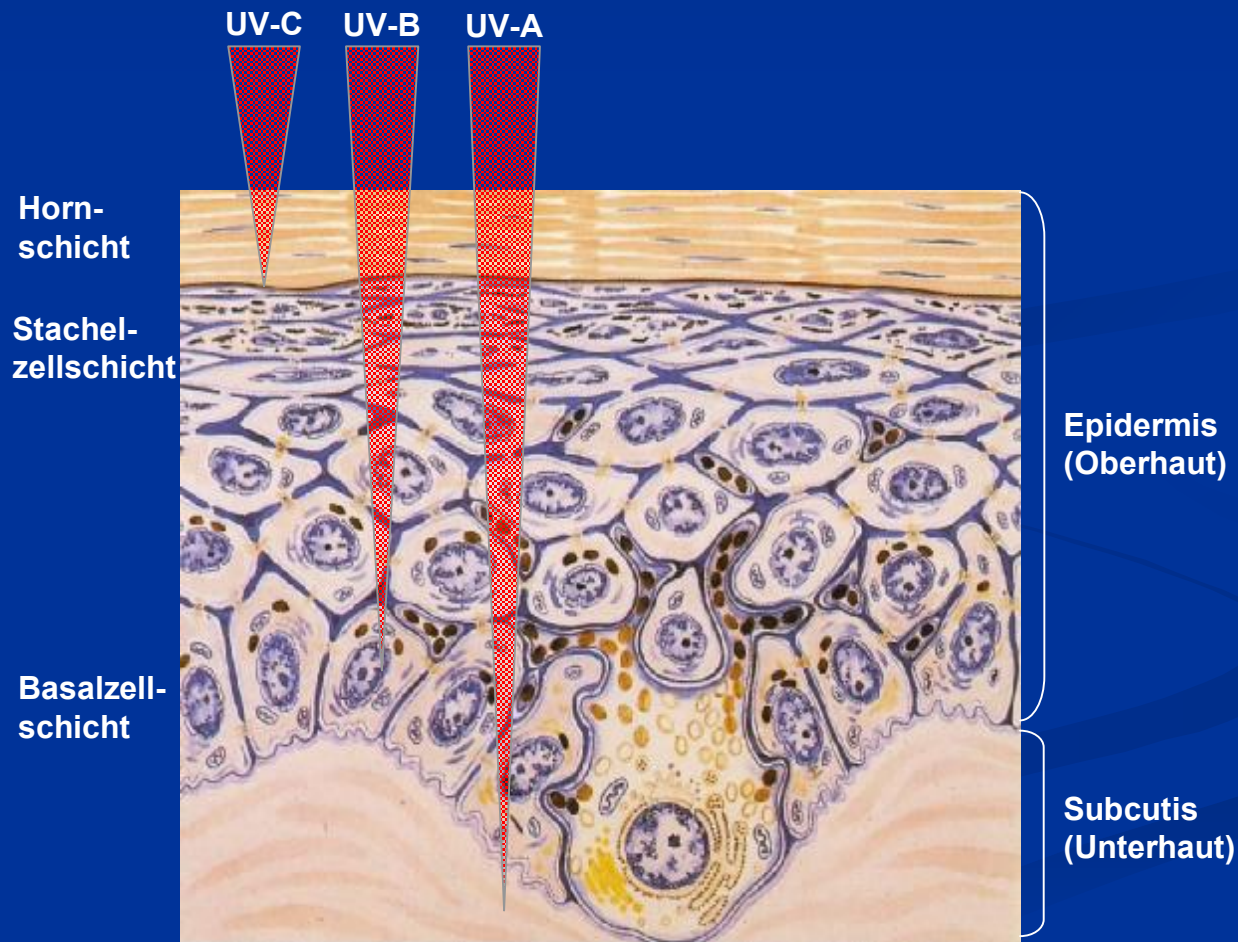
- Kurzzeitig hohe UV-B-Exposition/viele Sonnenbrände im Kindesalter
- Hauttyp, genetische Faktoren; vermutlich auch UV-A-Exposition (z.B. Sonnenbänke) relevant!



Wirkung der UV-Strahlung in der Haut

- . Einleitung
- . **Hautkrebs**
 - . Merkmale und Epidemiologie
 - . **Risikofaktoren**
- . Klimawandel
 - . Klimawandel und Ozon
 - . Klimawandel und UV
- . Klimawandel und Hautkrebs
 - . Verhalten und Exposition
 - . Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- . Fazit

- Eindringtiefe bzw. biologische Wirkung der UV-Strahlung von der Wellenlänge abhängig





Wirkung der UV-Strahlung in der Haut

. Einleitung

. Hautkrebs

- . Merkmale und Epidemiologie

. Risikofaktoren

. Klimawandel

- . Klimawandel und Ozon

- . Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

- . Verhalten und Exposition
- . Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit

- Kontakt der Haut mit UV-Strahlung führen zu:
 - → photochemischen und photophysikalischen Reaktionen
 - → Veränderung biologischer Eigenschaften relevanter Moleküle
- Nach Überschreitung der MED (Minimale Erythemale Dosis) akute Hautschäden
 - 1 MED beschreibt die UV-Dosis, bei der gerade noch eine Rötung eintritt (24 Std. nach Exposition)
 - an heißen Sommertagen bis zu 17fache MED



Was beeinflusst die UV-Strahlung?

· Einleitung

· **Hautkrebs**

· Merkmale und
Epidemiologie

· **Risikofaktoren**

· Klimawandel

· Klimawandel und
Ozon

· Klimawandel und UV

· Klimawandel und
Hautkrebs

· Verhalten und
Exposition

· Zukünftige
Inzidenz/Prävalenz

· Fazit

- Hohe Abhängigkeit der UV-Strahlung von meteorologischen/klimatischen Faktoren
 - *Ozon*
 - Filtert die energiereiche und gefährliche UV-C, im „Normalfall“ auch Großteile des UV-B
 - *Wolken*
 - Reduzieren die UV-Strahlung (Schatten)
 - Können UV-Strahlung aber auch stark erhöhen!
 - Abhängig vom Bedeckungsgrad & Wolkenart
 - *Aerosole*
 - Je nach Partikelart wellenlängenabhängige Reduzierung der UV-Strahlung
 - *Zenitwinkel/Tageszeit*
 - Veränderung der Bestrahlungsstärke/Wellenlänge



Das Klima in Wandel

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

- Klimawandel

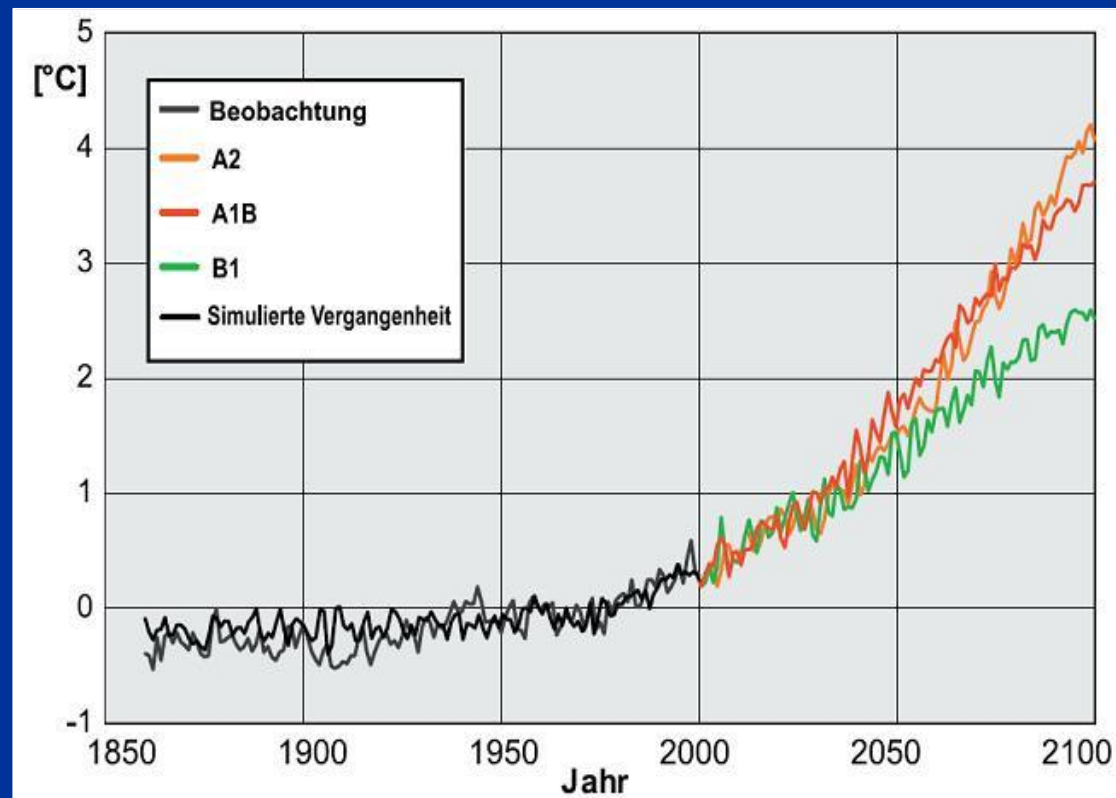
- Klimawandel und Ozon
- Klimawandel und UV

- Klimawandel und Hautkrebs

- Verhalten und Exposition
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

- Fazit

- **Gesichert:** Anthropogener Eintrag von Treibhausgasen (CO₂, CH₄, etc.) führt zur verstärkten Erwärmung der Atmosphäre
- **Wahrscheinlich:** Mittlere Erwärmung bis 2100: 2,5 C° bis 4,5°C



Veränderung der Jahresmitteltemperatur im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961-1990). Quelle: Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg, 2006



Klimawandel und „Ozonloch“

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie

- Risikofaktoren

- **Klimawandel**

- **Klimawandel und Ozon**

- Klimawandel und UV

- Klimawandel und Hautkrebs

- Verhalten und Exposition

- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

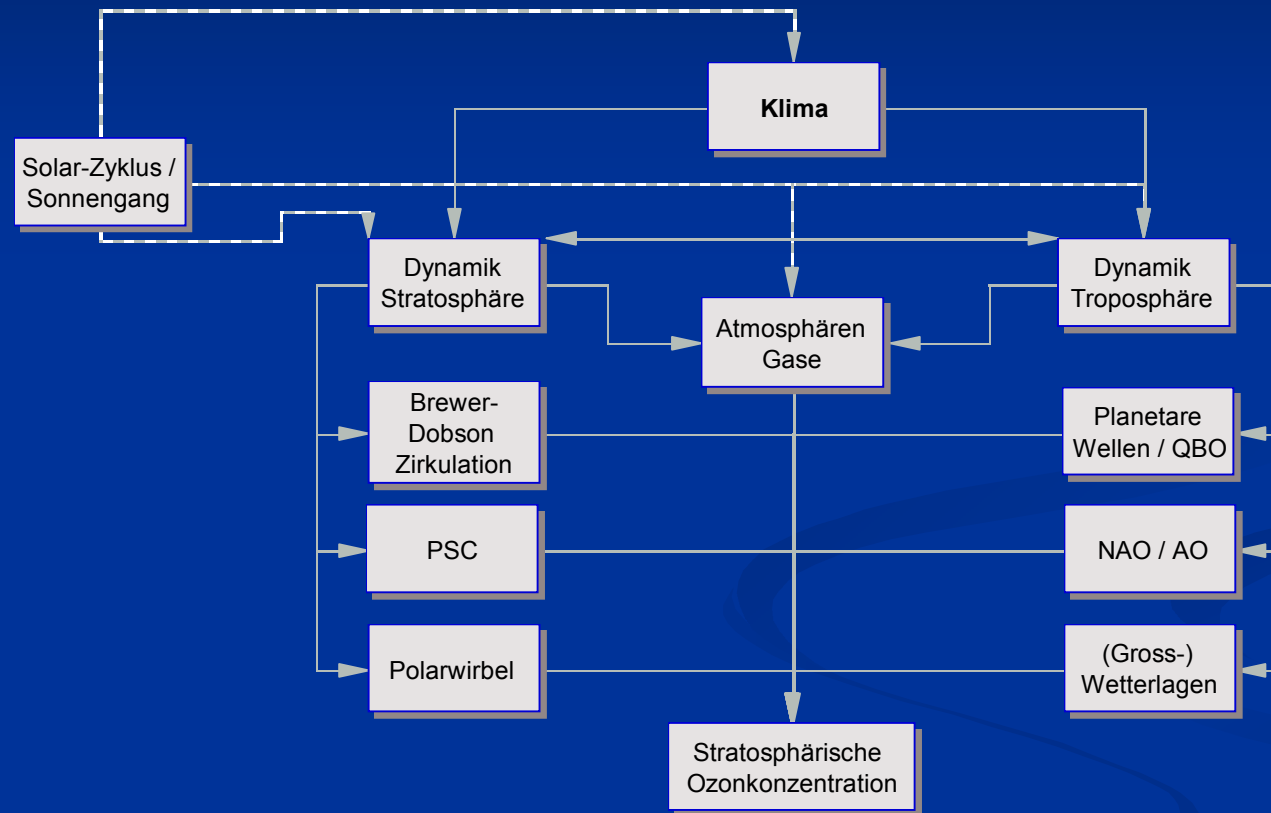
- Fazit

- Differenzierung zwischen Klimawandel und „Ozonloch“
 - Klimawandel
 - → Eintrag von Treibhausgasen (CO_2 , CH_4)
 - → Erwärmung der Atmosphäre (Treibhauseffekt)
 - „Ozonloch“
 - → Eintrag von FCKWs
 - → Abbau des stratosphärischen Ozons (Ozonschicht)
 - → Erhöhte UV-Strahlung
- Einfluss klimatischer Veränderungen auf den Ozonhaushalt und Ozontransport in der Atmosphäre!



Komplexe Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Veränderung des Ozons

- Einleitung
- Hautkrebs
 - Merkmale und Epidemiologie
 - Risikofaktoren
- Klimawandel
 - Klimawandel und Ozon
 - Klimawandel und UV
- Klimawandel und Hautkrebs
 - Verhalten und Exposition
 - Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- Fazit

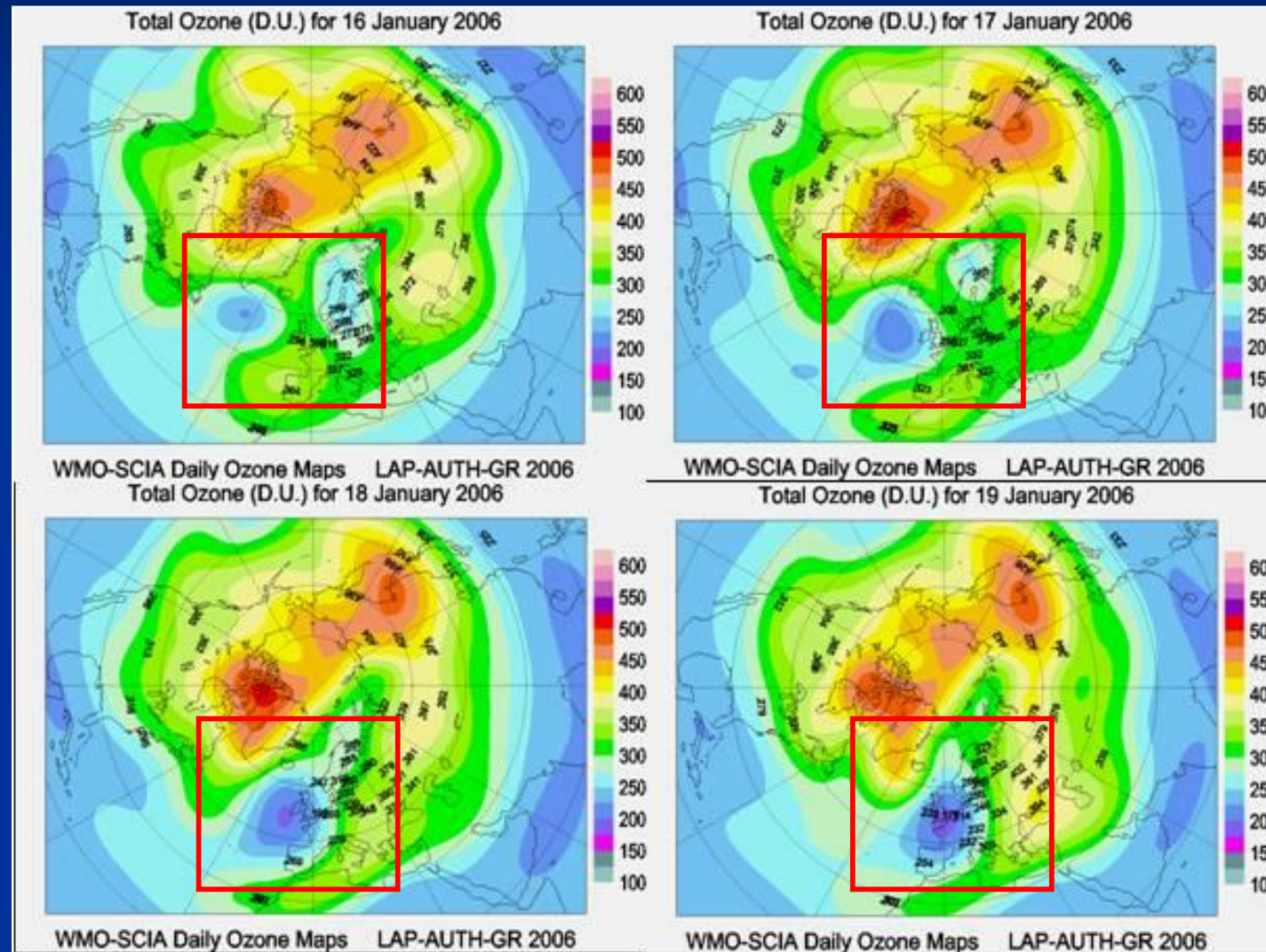


- Regionale Ozonverluste durch *atmosphärische Zirkulation*:
 - z.B. *Ozonniedrigereignisse und Ozonminilöcher*
 - z.B. *Hochdruckwetterlagen*



Ozonniedrigereignisse und Ozonminilöcher

- Einleitung
- Hautkrebs
 - Merkmale und Epidemiologie
 - Risikofaktoren
- Klimawandel
 - Klimawandel und Ozon
 - Klimawandel und UV
- Klimawandel und Hautkrebs
 - Verhalten und Exposition
 - Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- Fazit

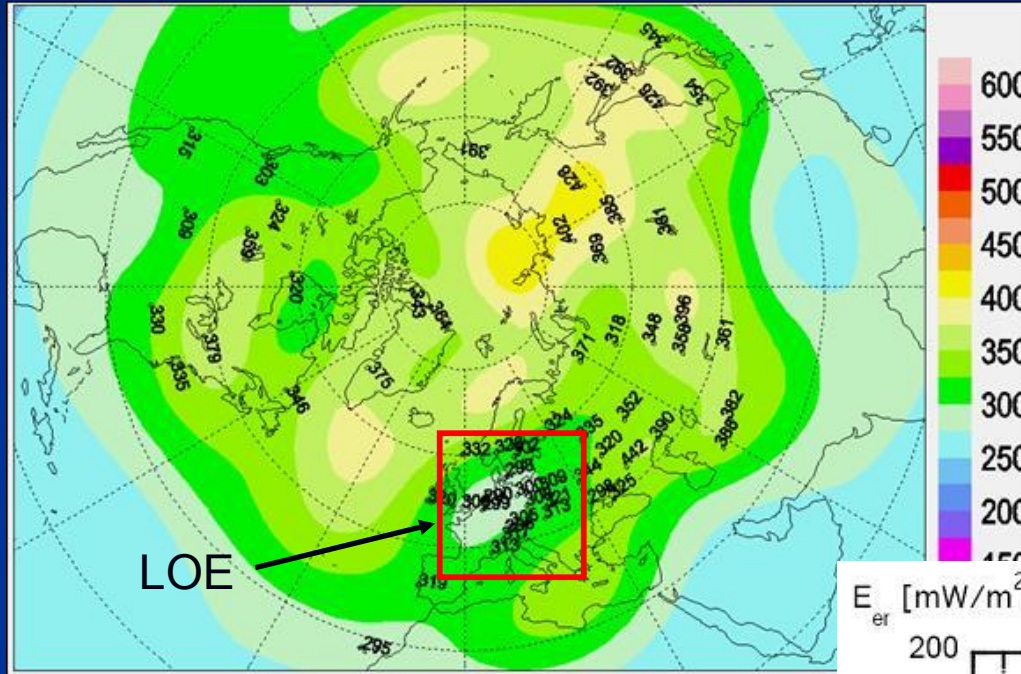


Entwicklung eines Ozonminilochs (OM) über Nordeuropa (16. Januar – 19. Januar). Quelle: WMO, 2008

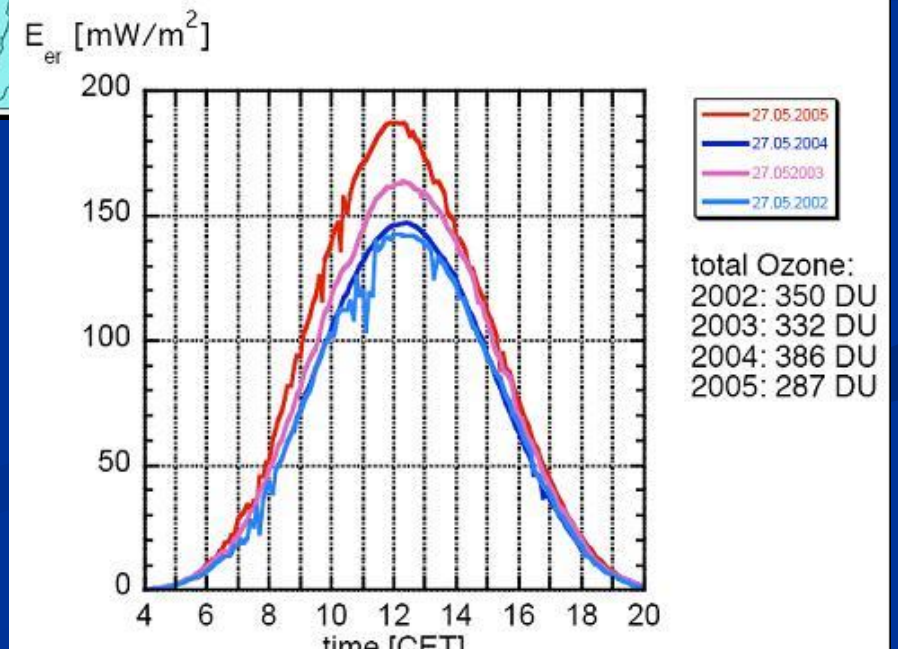


Ozonniedrigereigniss und UV-Strahlung

- . Einleitung
- . Hautkrebs
 - . Merkmale und Epidemiologie
 - . Risikofaktoren
- . Klimawandel
 - . Klimawandel und Ozon
 - . Klimawandel und UV
- . Klimawandel und Hautkrebs
 - . Verhalten und Exposition
 - . Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- . Fazit



Ozonniedrigereigniss (LOE) am 27. Mai 2005 über Norddeutschland. Quelle: WMO, 2008



Tagesgang der UV-Intensität am 27. Mai 2005 in Westland auf Sylt. Quelle: Stick et al., 2005



Unsicherheit von Bewölkung und Wetterlagen

. Einleitung

. Hautkrebs

- . Merkmale und Epidemiologie
- . Risikofaktoren

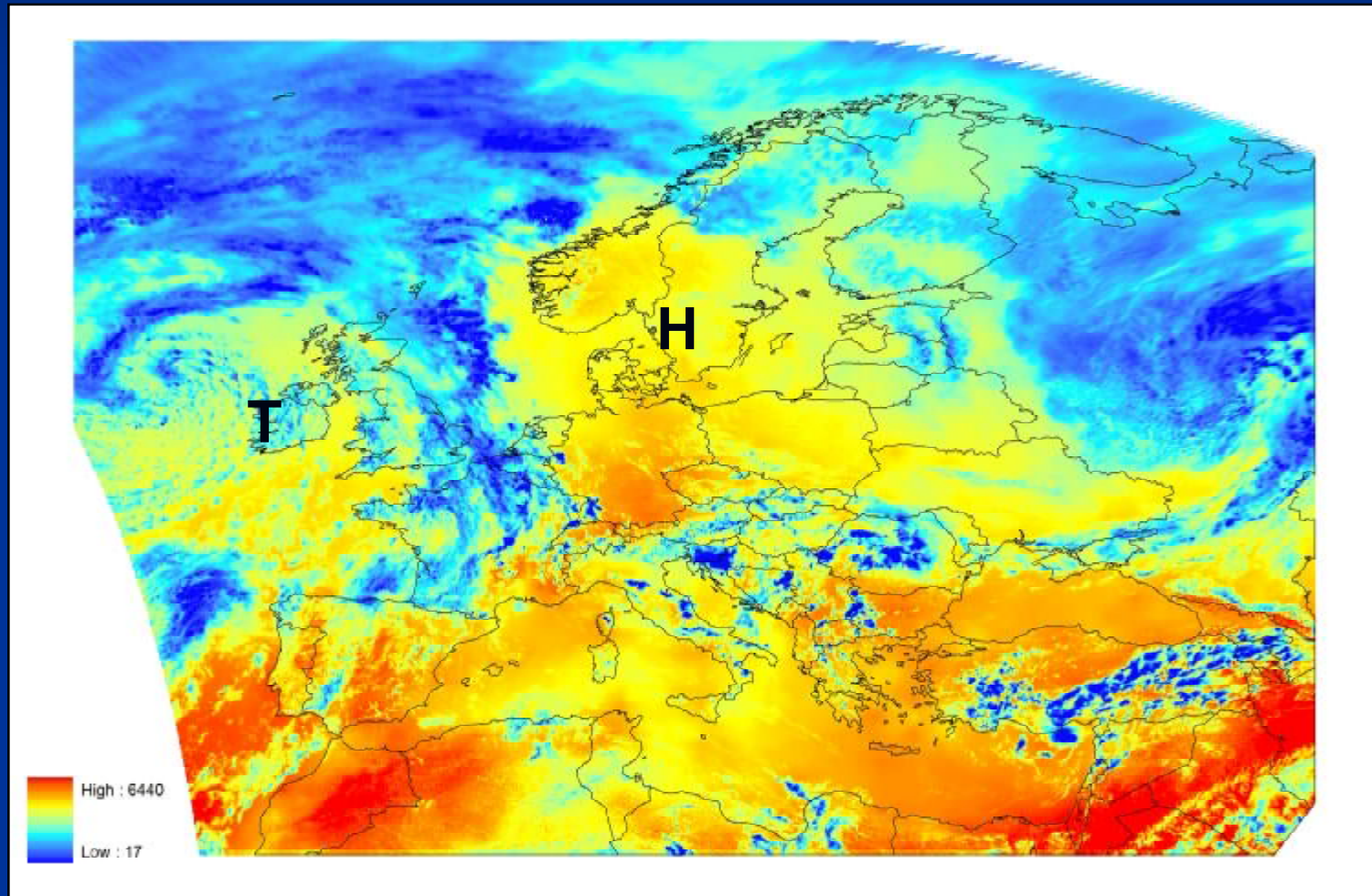
. Klimawandel

- . Klimawandel und Ozon
- . Klimawandel und UV

. Klimawandel und Hautkrebs

- . Verhalten und Exposition
- . Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

. Fazit



Erythemwirksame Tagesdosis (J/m^2) für den 22. Juni 2003



UV-Veränderung durch Klimawandel

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

- **Klimawandel**

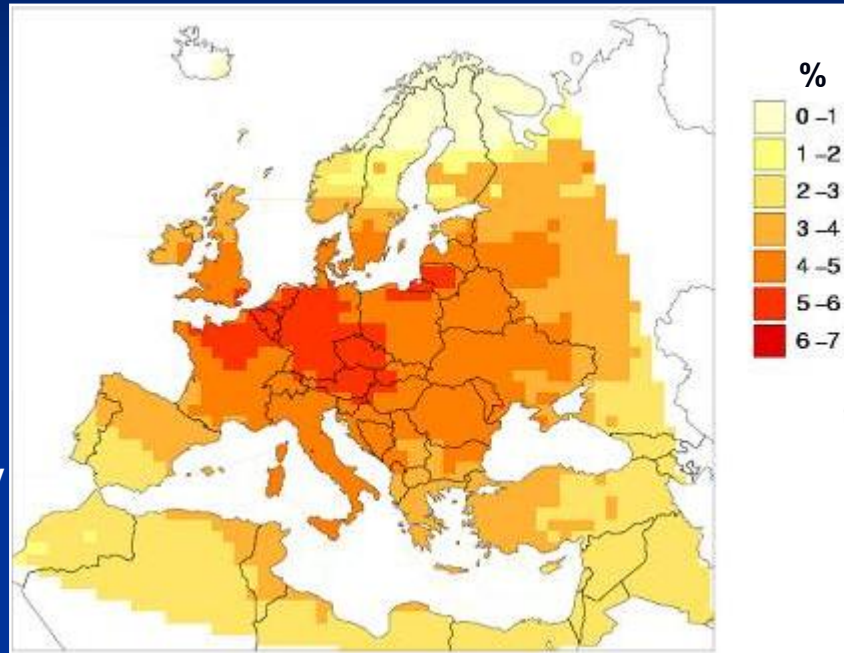
- Klimawandel und Ozon

- **Klimawandel und UV**

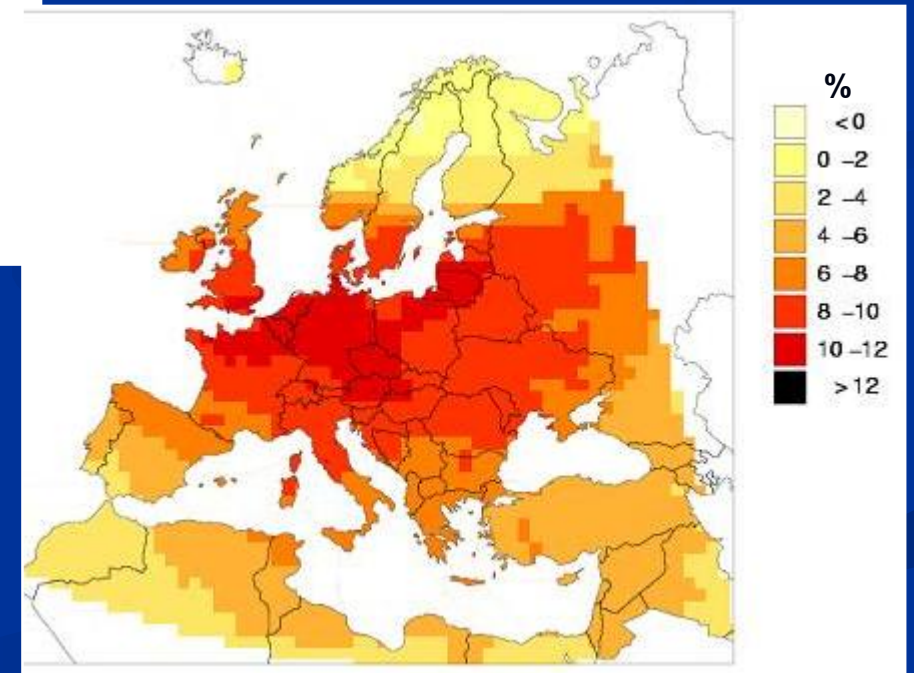
- Klimawandel und Hautkrebs

- Verhalten und Exposition
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

- Fazit



Prognose zur Entwicklung der effektiven UV-Strahlung (%) im Jahre 2020 *ohne* dem Einfluss des Klimawandels. Quelle: Kelfkens et al., 2002



Prognose zur Entwicklung der effektiven UV-Strahlung (%) im Jahre 2020 *mit* dem Einfluss des Klimawandels. Quelle: Kelfkens et al., 2002



Entwicklungen und Aspekte für Ozon und UV

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

- **Klimawandel**

- Klimawandel und Ozon

- **Klimawandel und UV**

- Klimawandel und Hautkrebs

- Verhalten und Exposition
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

- Fazit

- *Ozon*

- Unsicherheiten in Wechselwirkung zwischen Klimawandel, Treibhausgasen und Ozonkreislauf
- Zukünftig weniger das „Ozonloch“, sondern lokale, temporäre Ereignisse (OM, LOE's) oder Hochdruckwetterlagen in Verbindung mit ozonarmen Luftmassen von Bedeutung

- *UV-Strahlung*

- Erhöhte UV-Strahlung aufgrund von Bewölkungsabnahme durch verstärkte Ostwetterlagen (Bayern)
- Zukünftig vermutlich eher Zunahme kurzfristiger Extremereignisse, als kontinuierliche Zunahme



Verhalten und UV-Exposition

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

- Klimawandel

- Klimawandel und Ozon
- Klimawandel und UV

- **Klimawandel und Hautkrebs**

- **Verhalten und Exposition**
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

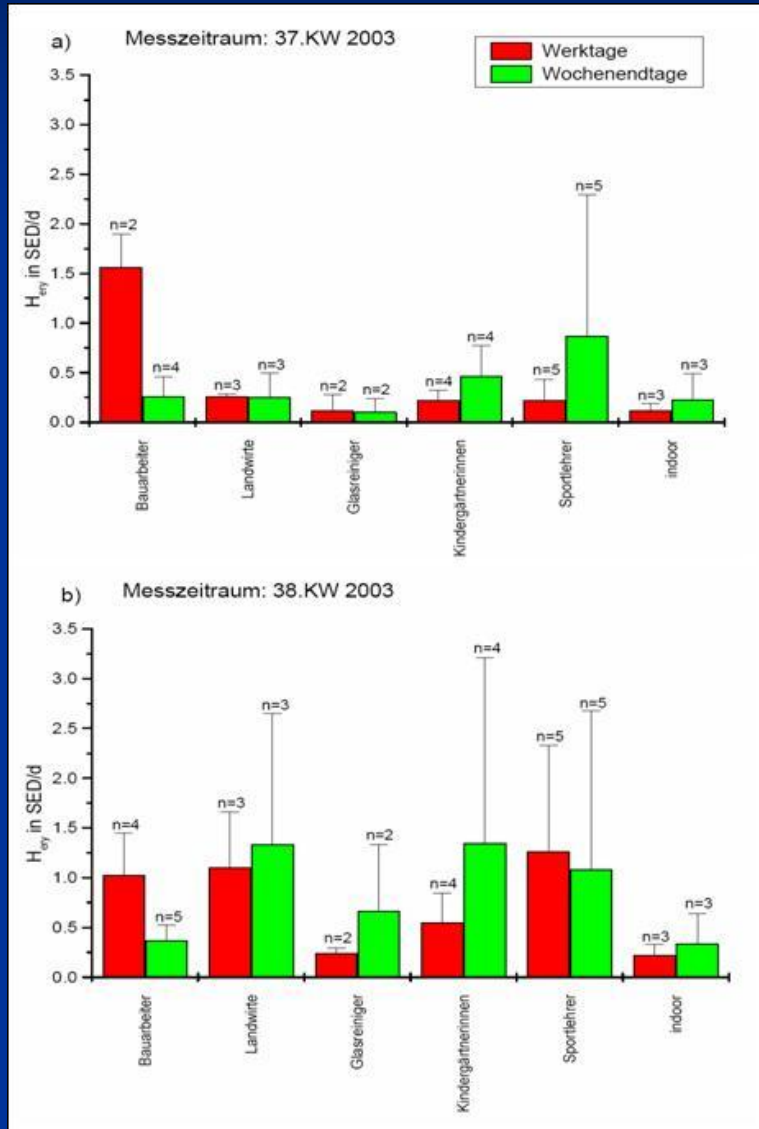
- Fazit

- Hautkrebsinzidenz/-prävalenz im wesentlichen vom menschlichen Verhalten abhängig:
 - Präventionsverhalten
 - Urlaubs- und Freizeitverhalten
 - Lebensstil
 - Kleidung
- Klimatische Veränderungen:
 - Veränderung der thermischen Gegebenheiten
 - → *thermisch motiviertes Expositionsverhalten!*

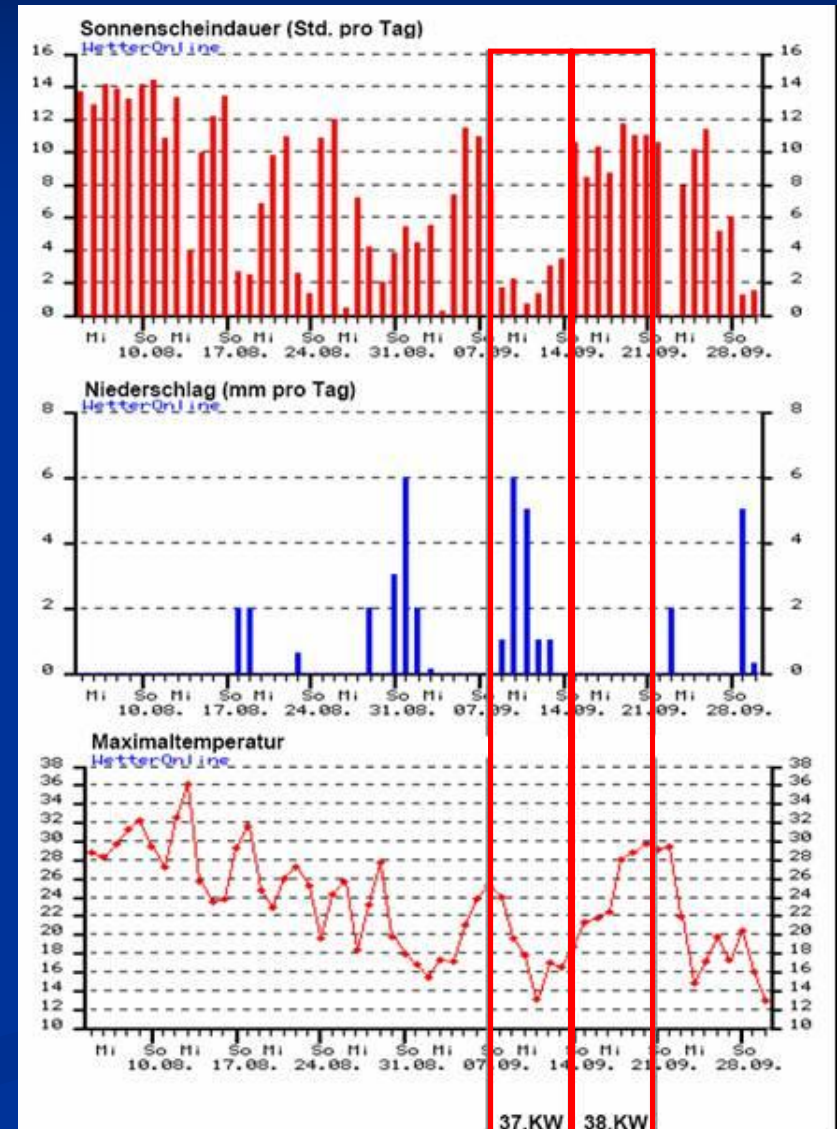


Thermische Motivation und UV-Exposition

- Einleitung
- Hautkrebs
 - Merkmale und Epidemiologie
 - Risikofaktoren
- Klimawandel
 - Klimawandel und Ozon
 - Klimawandel und UV
- Klimawandel und Hautkrebs
 - Verhalten und Exposition
 - Zukünftige Inzidenz/Prävalenz
- Fazit



Mittlere solare UV-Exposition an Werk- und Wochenendtagen ($\gamma_s=42^\circ$) für die 37. (a) und 38. (b)



Meteorologische Situation (aus WetterOnline) während der 37. und 38. Kalenderwoche. Quelle: Knuschke et al,



Klimawandel und Hautkrebs

· Einleitung

· Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

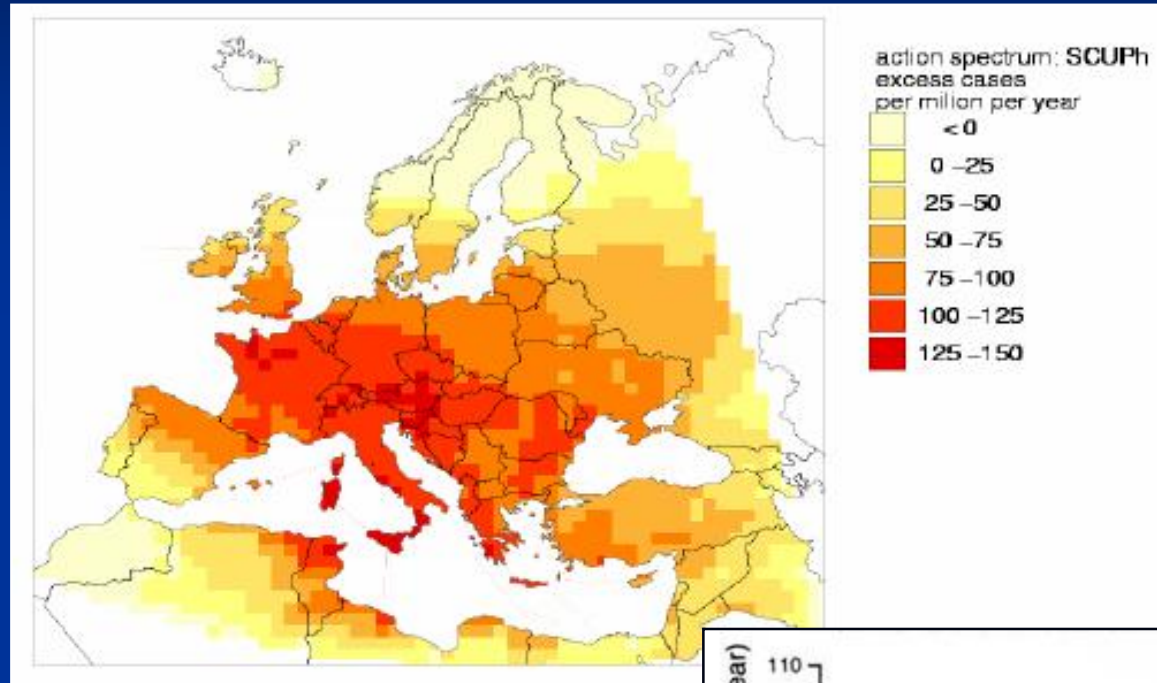
· Klimawandel

- Klimawandel und Ozon
- Klimawandel und UV

· Klimawandel und Hautkrebs

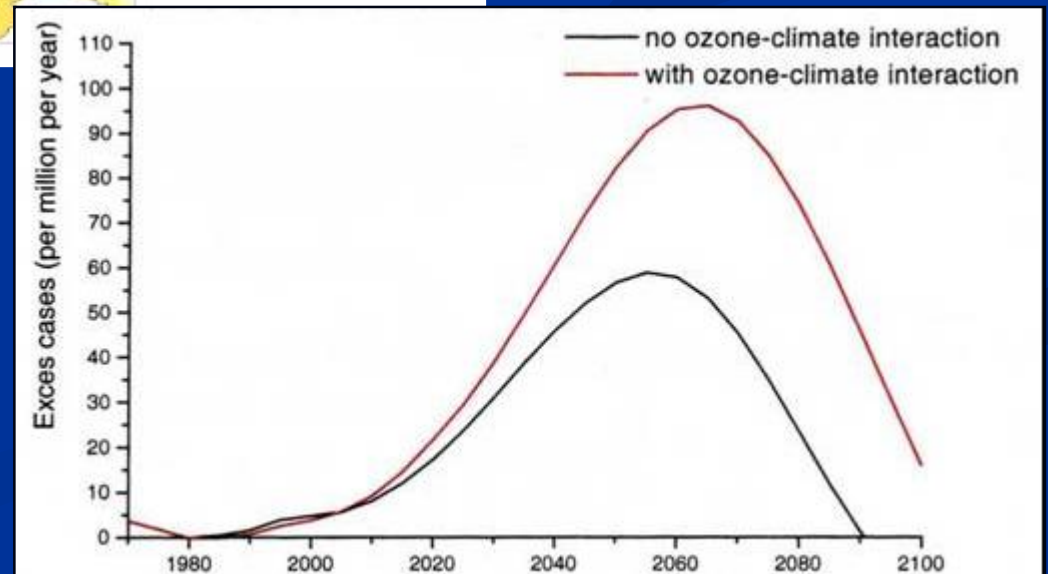
- Verhalten und Exposition
- Zukünftige Inzidenz/Prävalenz

· Fazit



Extra Fälle von Hautkrebs (2070 zu 1980) unter Einfluss des Klimawandels in Europa.
Quelle: Kelfkens et al., 2002

Zunahme der Hautkrebsinzidenz in De Bilt mit und ohne dem Einfluss des Klimawandels. Quelle: Kelfkens et al., 2002





Fazit

- . Einleitung
- . Hautkrebs
 - . Merkmale und Epidemiologie
 - . Risikofaktoren
- . Klimawandel
 - . Klimawandel und Ozon
 - . Klimawandel und UV
- . **Klimawandel und Hautkrebs**
 - . Verhalten und Exposition
 - . **Zukünftige Inzidenz/Prävalenz**
- . Fazit

- Klimawandel begünstigt eine steigende Inzidenz von Hautkrebserkrankungen in Deutschland
 - Unsicherheiten in der Entwicklung UV-Strahlungsbeeinflussenden Faktoren (Ozon, Bewölkung, etc.)
 - Unsicherheiten im Präventionsverhalten (z.B. Australien)
 - Unsicherheiten im Expositionsverhalten
 - Veränderung externer Bedingungen zunehmend „expositionsfreundlich“



CLIMAderm

- Einleitung

- Hautkrebs

- Merkmale und Epidemiologie
- Risikofaktoren

- Klimawandel

- Klimawandel und Ozon
- Klimawandel und UV

- **Klimawandel und Hautkrebs**

- Verhalten und Exposition
- **Zukünftige Inzidenz/Prävalenz**

- Fazit

- Multidisziplinäres Forschungsprojekt zum Einfluss des Klimawandels auf die Inzidenz/Prävalenz von Hautkrebserkrankungen in Deutschland
- *Aufgaben CLIMAderm:*
 - Entwicklung eines Modells zur Prognose zukünftiger Hautkrebsinzidenzen unter klimatischen Veränderungen
 - Erarbeitung von Anpassungsstrategien
 - Entwicklung von Leitlinien für technologische und systematische Innovationen
 - Identifizierung und Bewertung ökonomischer Auswirkungen



Vielen Dank für
die Aufmerksamkeit!