

20 Jahre UV und Ozonforschung auf dem Hohen Sonnblick

Stana Simic

Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

Foto: Rasser Lug



20 Jahre UV und Ozonforschung auf dem Hohen Sonnblick

- 
Was haben wir aus 20 Jahren UV und Ozonmessungen gelernt? (Auswahl von Ergebnissen)
 - **Kurzfristige Schwankungen von Gesamtozon und UV-Strahlung**
Extremereignisse in der stratosphärischen Ozonkonzentration, Kurzfristige Variabilität der UV-Strahlung, Einflussparameter
 - **Langfristige Entwicklung der Ozonschicht und der UV-Bestrahlungsstärke am Erdboden**
Trendanalyse, Identifikation langfristiger Veränderungen, Ursachenbestimmung
 - **Gesundheitsrisiken der UV-Strahlung**

- 
Welche Forschungsfragen sind im Rahmen eines zukünftigen Monitorings wichtig?

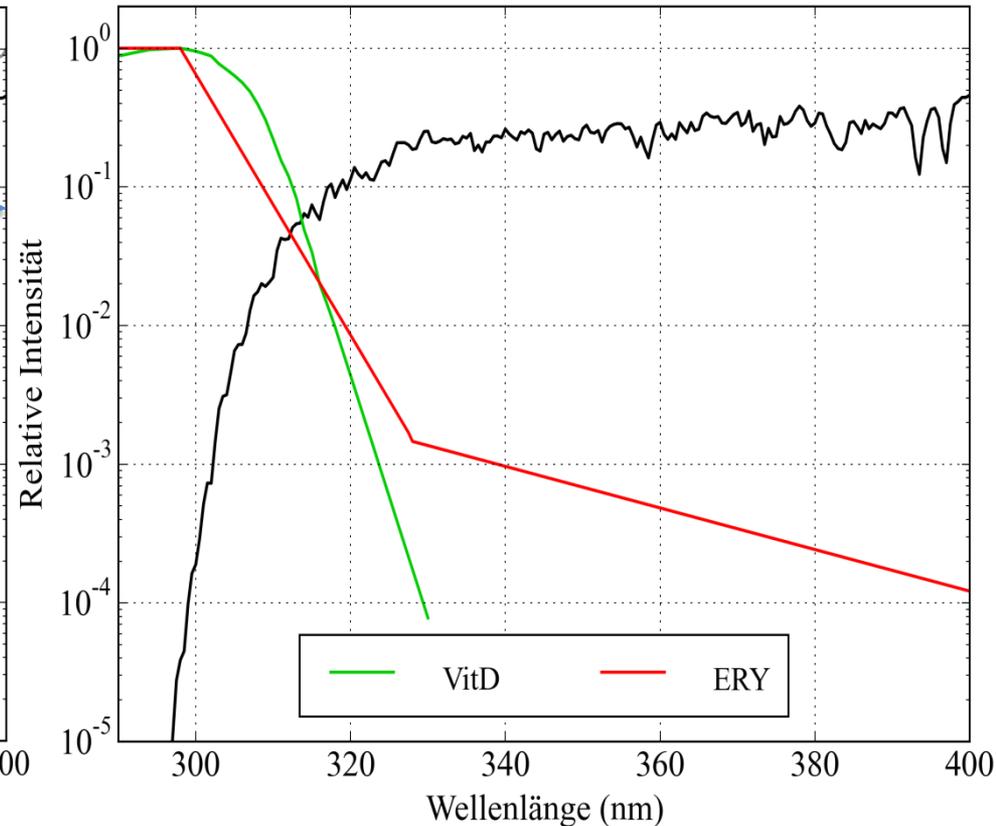
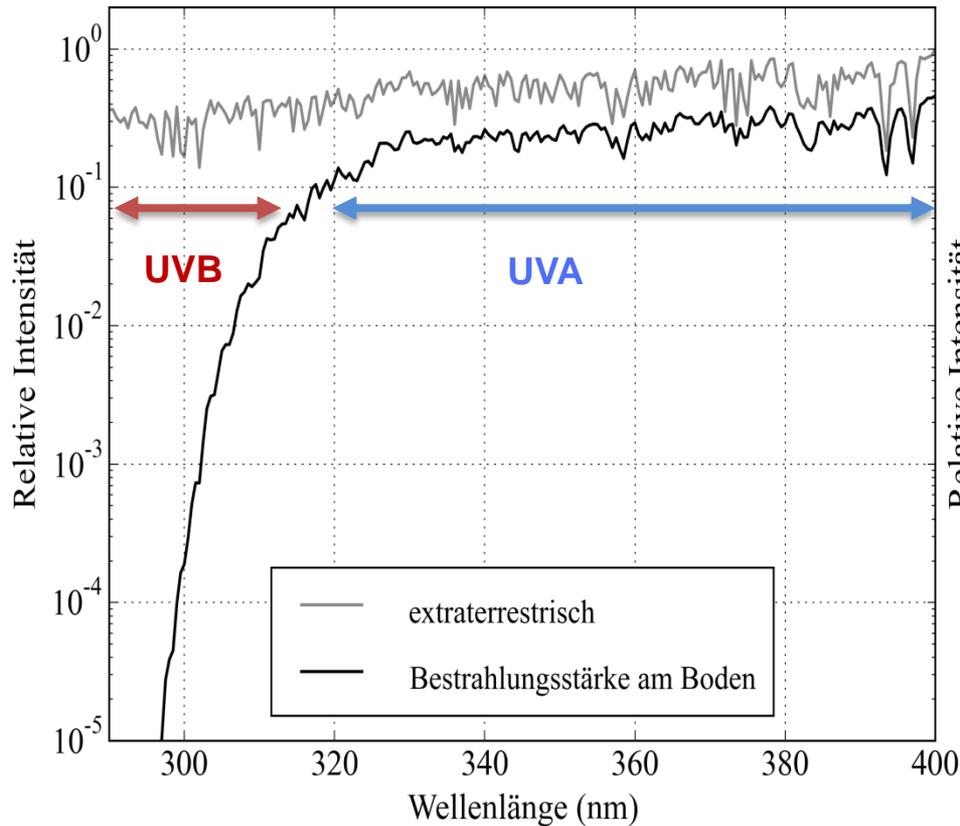
Motivation

Bedeutung der Ozonschicht

UVB 280nm - 315nm

UVA 315nm - 400nm

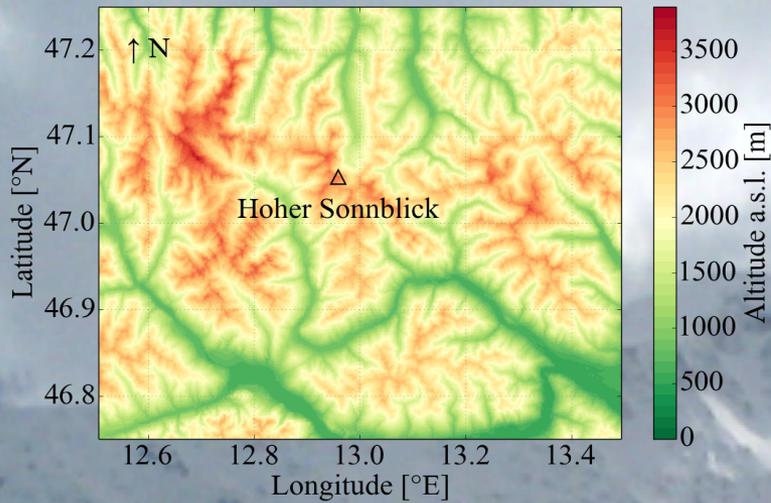
Wichtigkeit der langjährigen Messungen mit spektral hoch auflösenden Geräten



Schwächung der UV-Globalstrahlung durch den Atmosphäreneinfluss im wolkenlosen Fall

Biologische Wirkung der UV-Strahlung zeigt starke Wellenlängenabhängigkeit

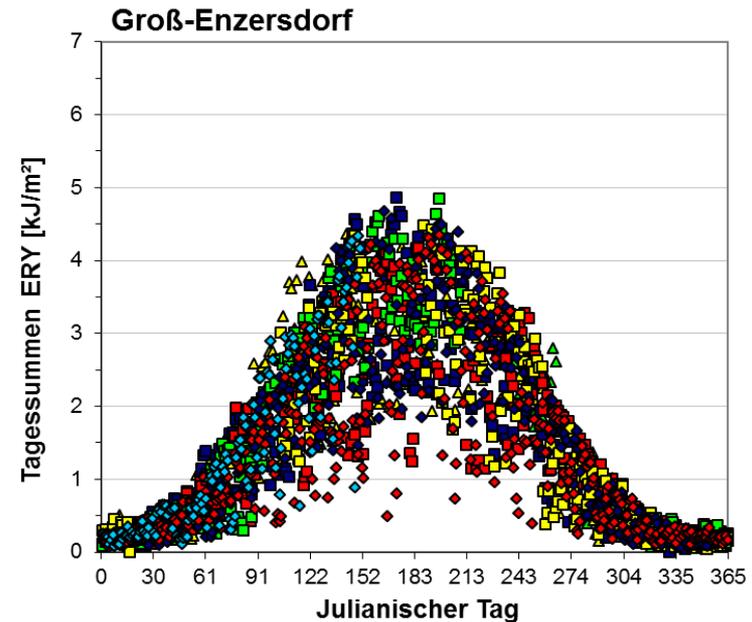
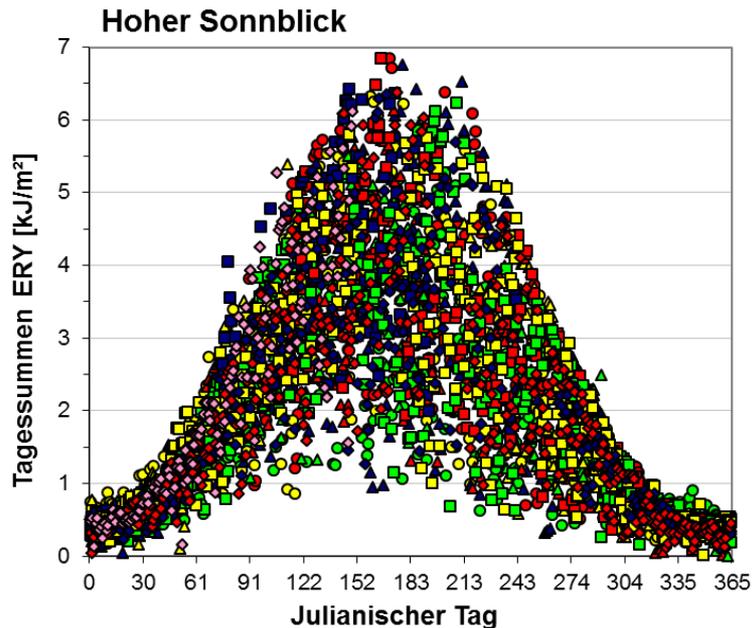
Messort: Hoher Sonnblick



Observatorium

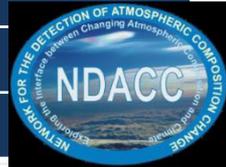
- große Seehöhe (3106 m)
- reduzierter Einfluss von Aerosolen und Luftverschmutzung
- komplexe Topographie
- Albedo Einfluss
- komplexe Bewölkungsbedingungen

- hohe Bestrahlungen am Sonnblick



Datengrundlage: Instrumente

INSTRUMENT	Typ	Wellenlänge	Zeit	Aufgestellt
BREWER 093	Spektralradiometer	Gesamtozon 280-325 nm	SZA 0.5 nm	1993
BENTHAM DM 150	Spektralradiometer	280-500 nm	½ St. 0.5 nm	1996
Solar Light 501	UV-Biometer	Erythem	10 min	1997
Wolkenkamera			5 min	



Wolkenkamera

UV-Biometer

Bentham DM150

Brewer MkIV #093

•GENAUE MESSUNGEN DER SPEKTRALEN UV-STRAHLUNG erfordern:

- eine komplexe und gut durchdachte Installation der Instrumente
- (konstant gehaltene Temperatur der Geräte, gute Optik, Streulichtunterdrückung, gute Nachweisgrenze, automatische Software, Datenübertragung, Auswertesoftware)

ERGEBNISSE GESAMTOZON

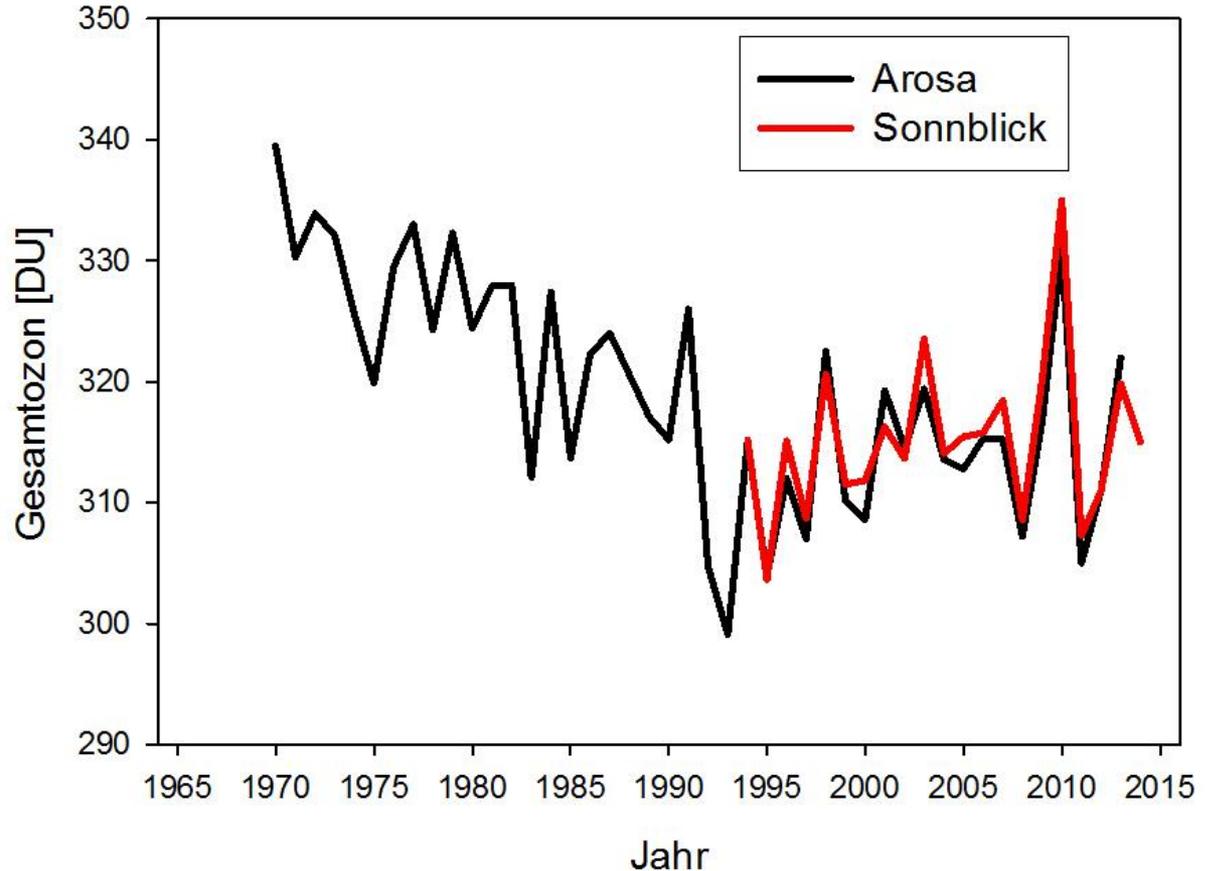
Montrealer Protokoll:

FCKW-Verbote zeigen Wirkung

- seit Anfang der 1990er Jahre ist die Produktion von FCKWs weltweit eingestellt
- die Konzentration ozonschädigender Substanzen (ODS) nimmt ab

Gesamtozon

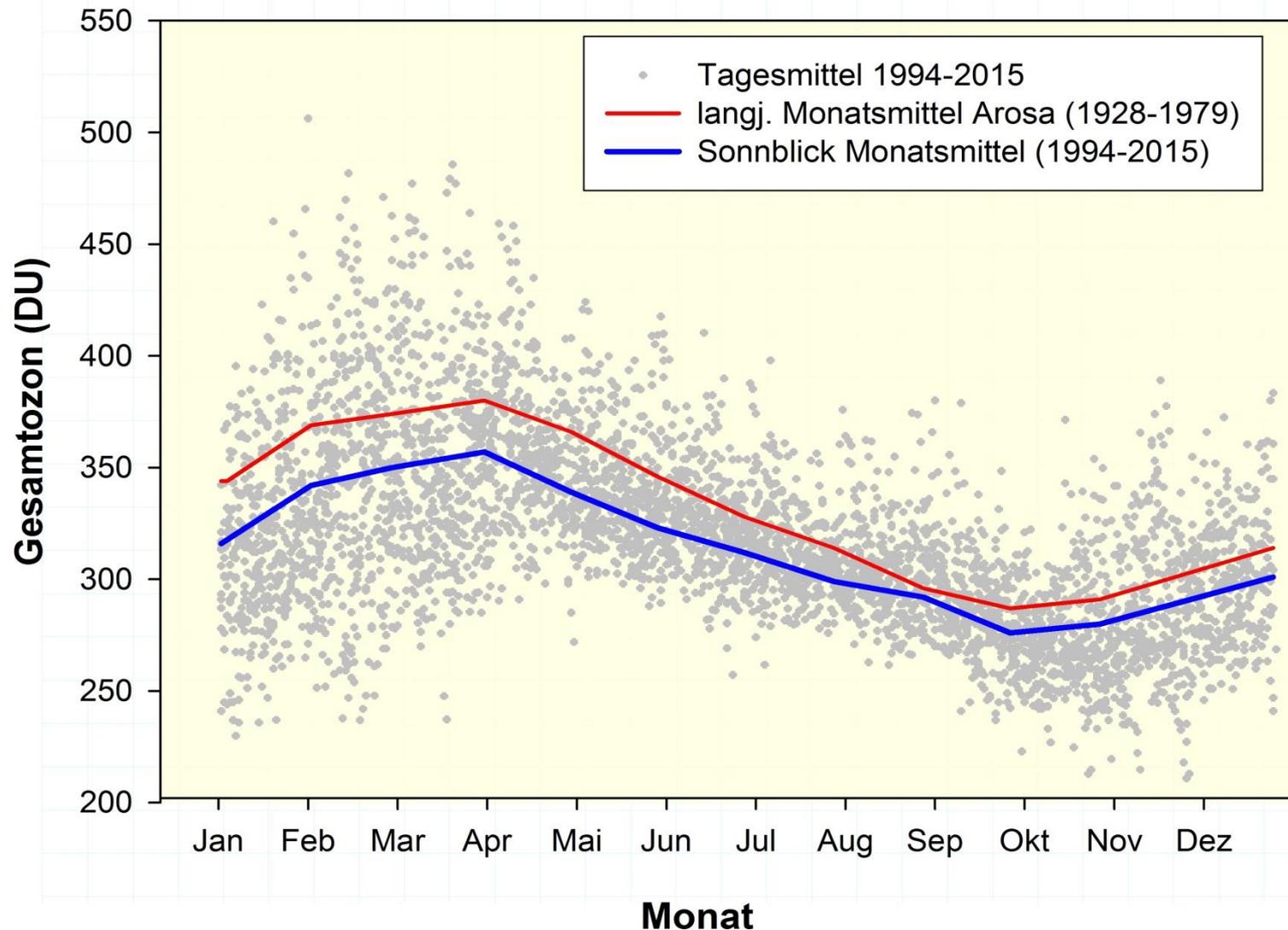
- Variabilität hat zugenommen
- positiver Ozontrend?



Jahresmittelwerte des Gesamtozons in Arosa und am Hohen Sonnblick

ERGEBNISSE GESAMTOZON

Gesamtozon Jahresgang 1994-2015



Jahresgang aller Ozon-Tagesmittel am Hohen Sonnblick; grau alle Jahre seit 1994

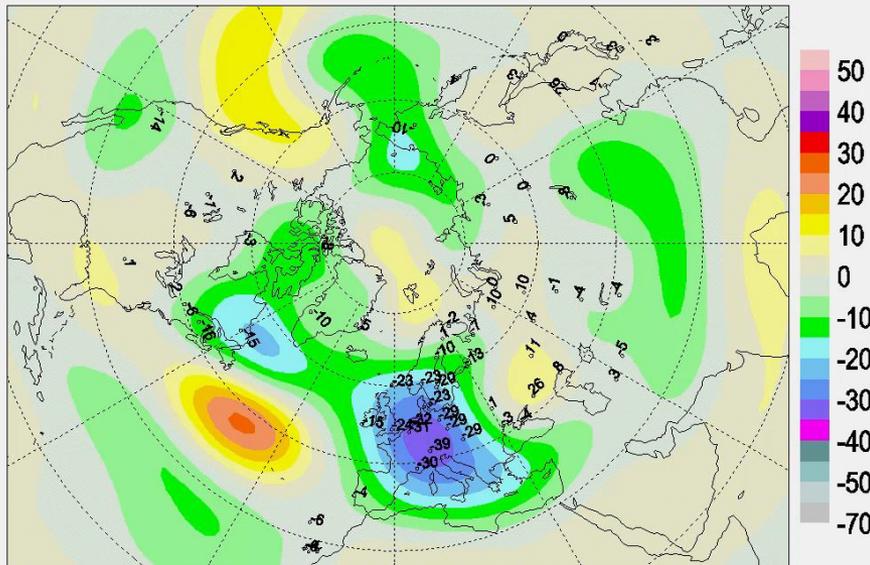
Ozon Abnahme – UV Zunahme

Ozon-Minilöcher

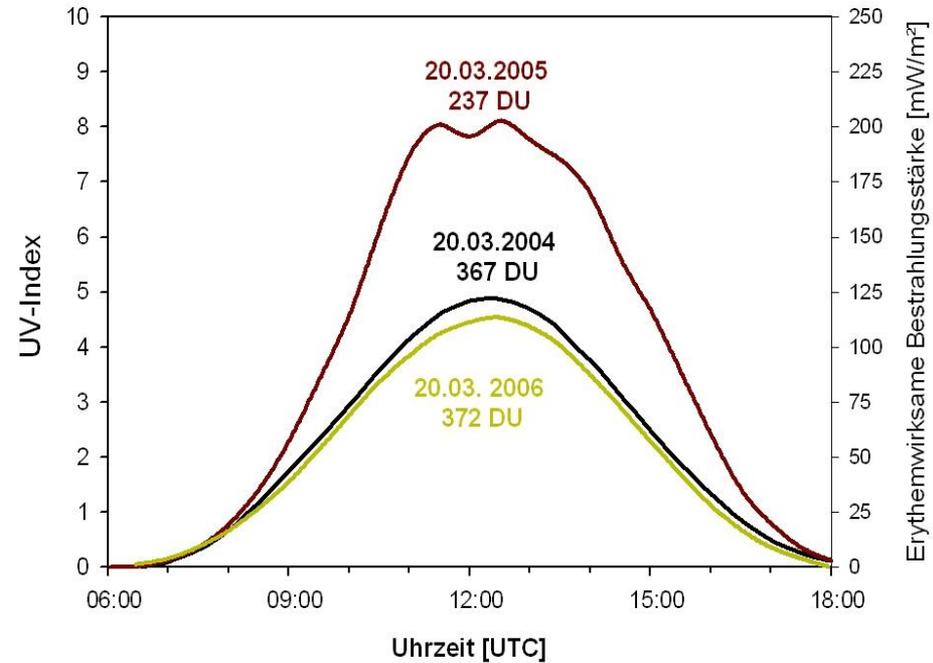
Gesamtozon 237 DU
Abnahme -37%

**UV-Strahlung am Hohen Sonnblick
am 20. März 2004-2006**

Total Ozone Departures (%) for 20 March 2005



WMO-OMI Daily Ozone Maps LAP-AUTH-GR 2005



Extremereignisse im Gesamttozon

- Häufigkeit **niedriger Extremereignisse** nimmt ab
- Keine Veränderungen in den **Magnituden der Extremereignisse**
- Häufigkeit **hoher Extremereignisse** nimmt zu

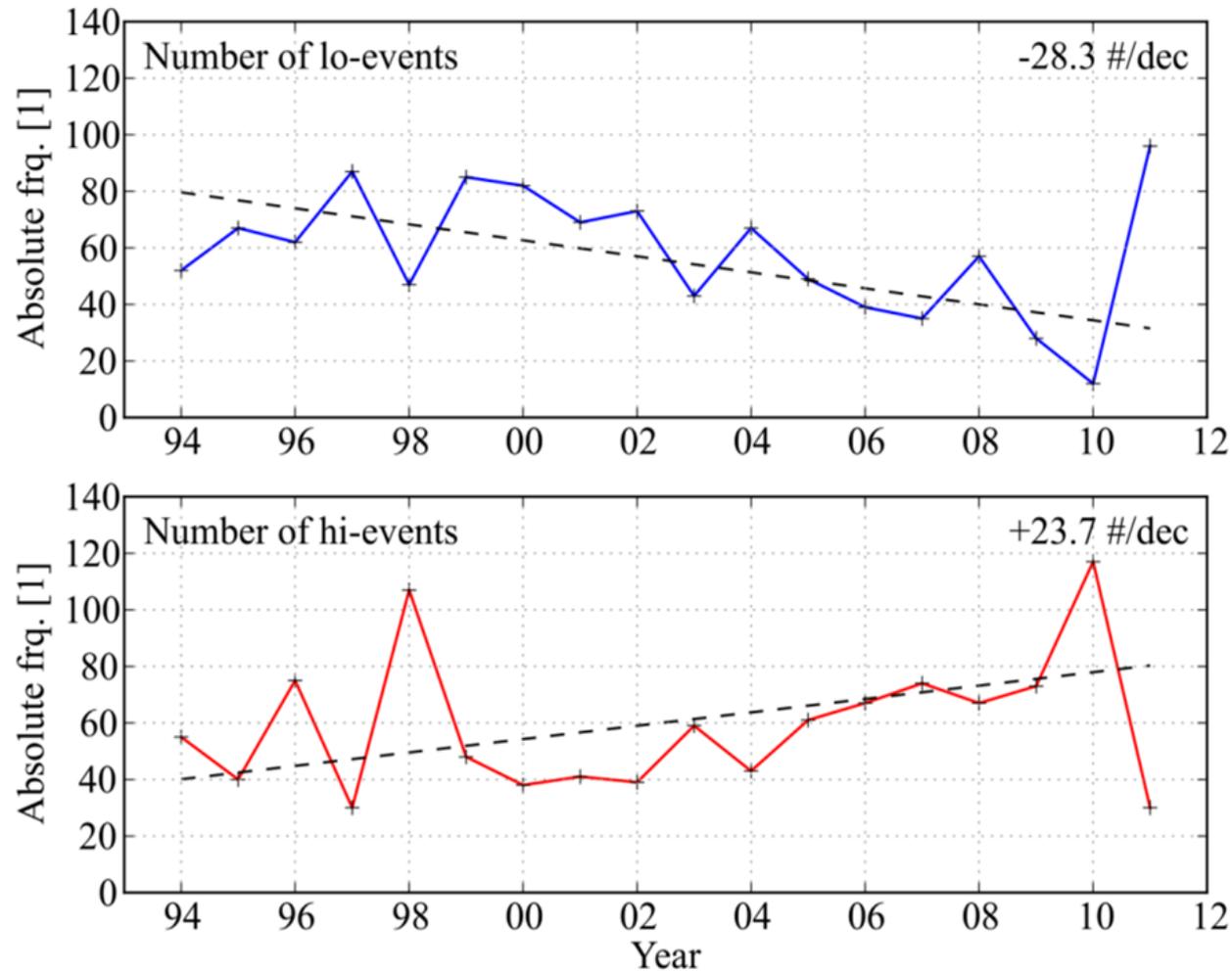


Abbildung: Anzahl der Extremereignisse 1994-2011

Trends des stratosphärischen Ozons

Trends im Gesamtozon (1994-2011)

- Signifikante Zunahme um ≈ 2 % pro Dekade
- Trends stärker für 1997-2011 \rightarrow Hinweis auf Turnaround um ca. 1997

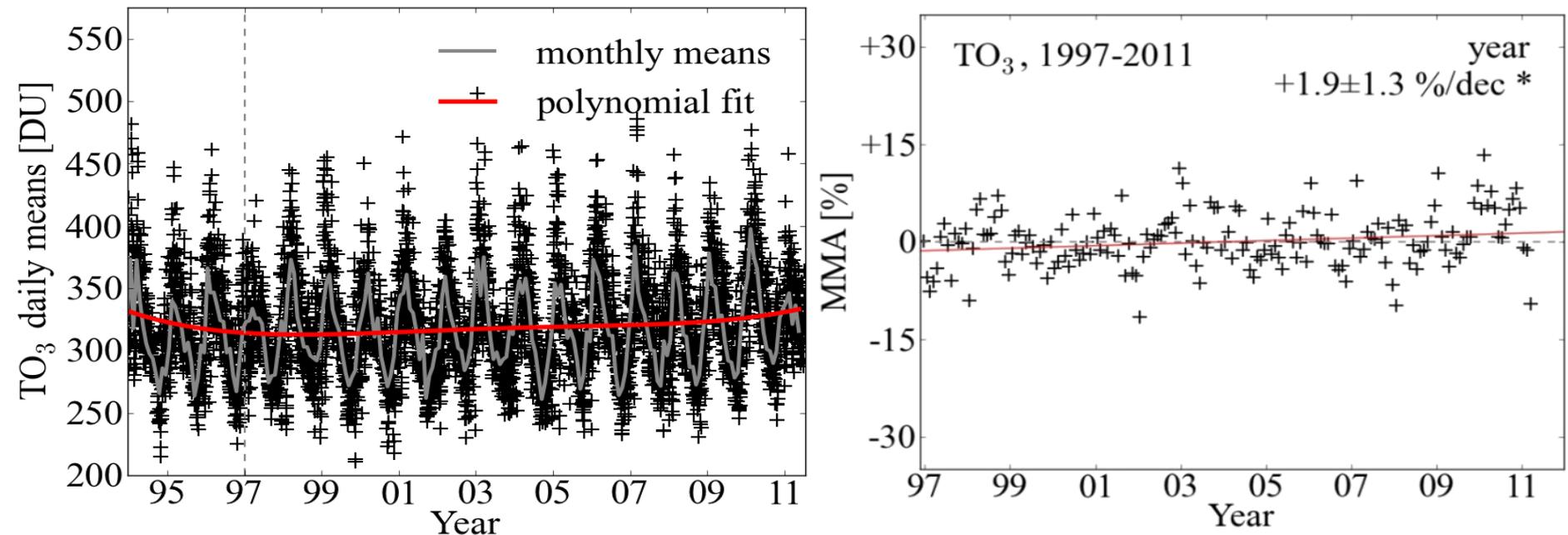


Abbildung: Tages- und Monatsmittelwerte des Gesamtozons am Hohen Sonnblick, 1994-2011

Trends des stratosphärischen Ozons

- Trenduntersuchung in Monatsanomalien
- Entwicklung in einzelnen Schichten der Stratosphäre

erlaubt **Rückschlüsse** auf unterschiedliche Einflüsse auf die Entwicklung des stratosphären Ozons

- chemische Ozonzerstörung
- atmosphärische Zirkulation

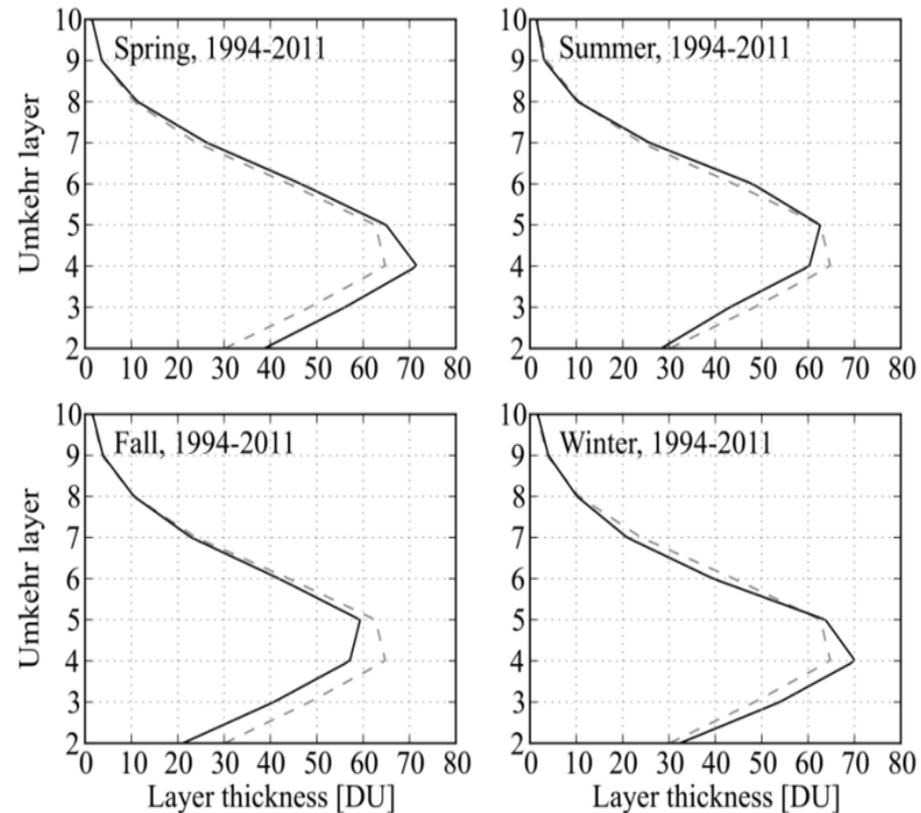


Abbildung: Klimatologische Umkehrprofile, saisonal

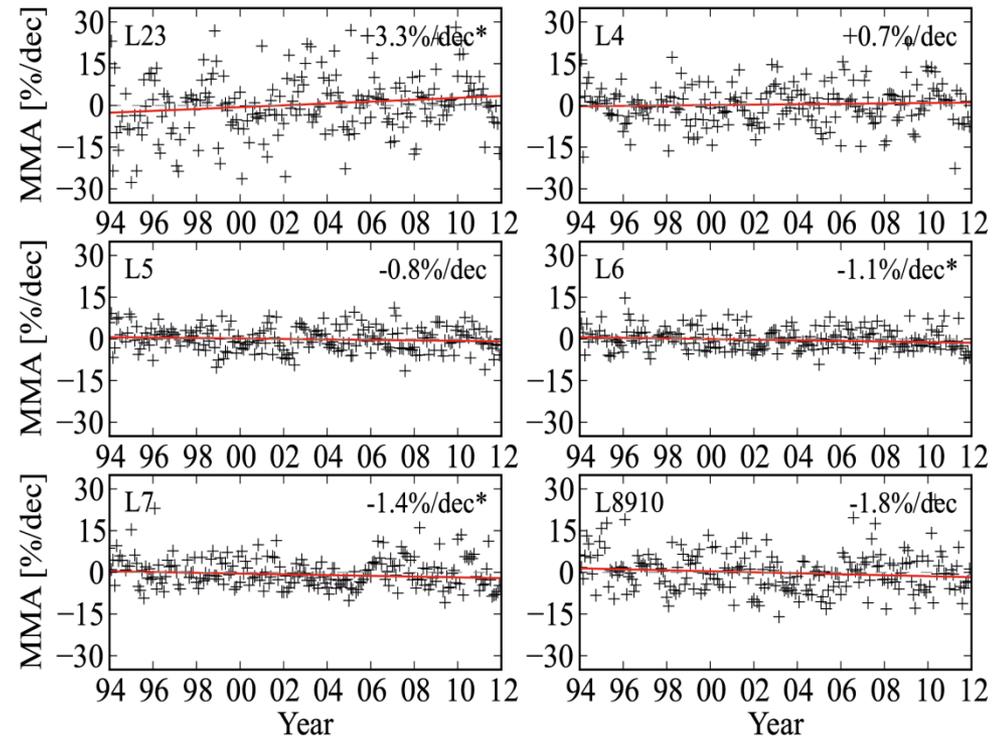
Trends des stratosphärischen Ozons

Trends in unterer Stratosphäre

- starker Einfluss der **atmosphärischen Dynamik**
- signifikante Trends identifiziert
- Zunahme über das Jahr (+3.3 %/Dekade)

Trends in oberer Stratosphäre

- keine signifikante Trends erkennbar
- Säulendicke nimmt leicht ab (nicht signifikant) oder stagniert



Trends, nach Umkehr-layer dargestellt

Zusammenfassung

- **Gesamtozon zeigt einen seit 1994 insgesamt positiven Trend**
 - Gesamtozonwerte sind immer noch unter den Durchschnittswerten (Arosa 1928-1987)
 - nicht eindeutig auf Verringerung der chemischen Ozonzerstörung zurückführbar
 - starker Einfluss der atmosphärischen Dynamik auf Ozonkonzentrationen
- **Extremereignissen in stratosphärischem Ozon**
 - in den meisten Fällen dynamische Ursachen
 - wesentlicher Einfluss auf beobachtete Gesamtozonkonzentrationen

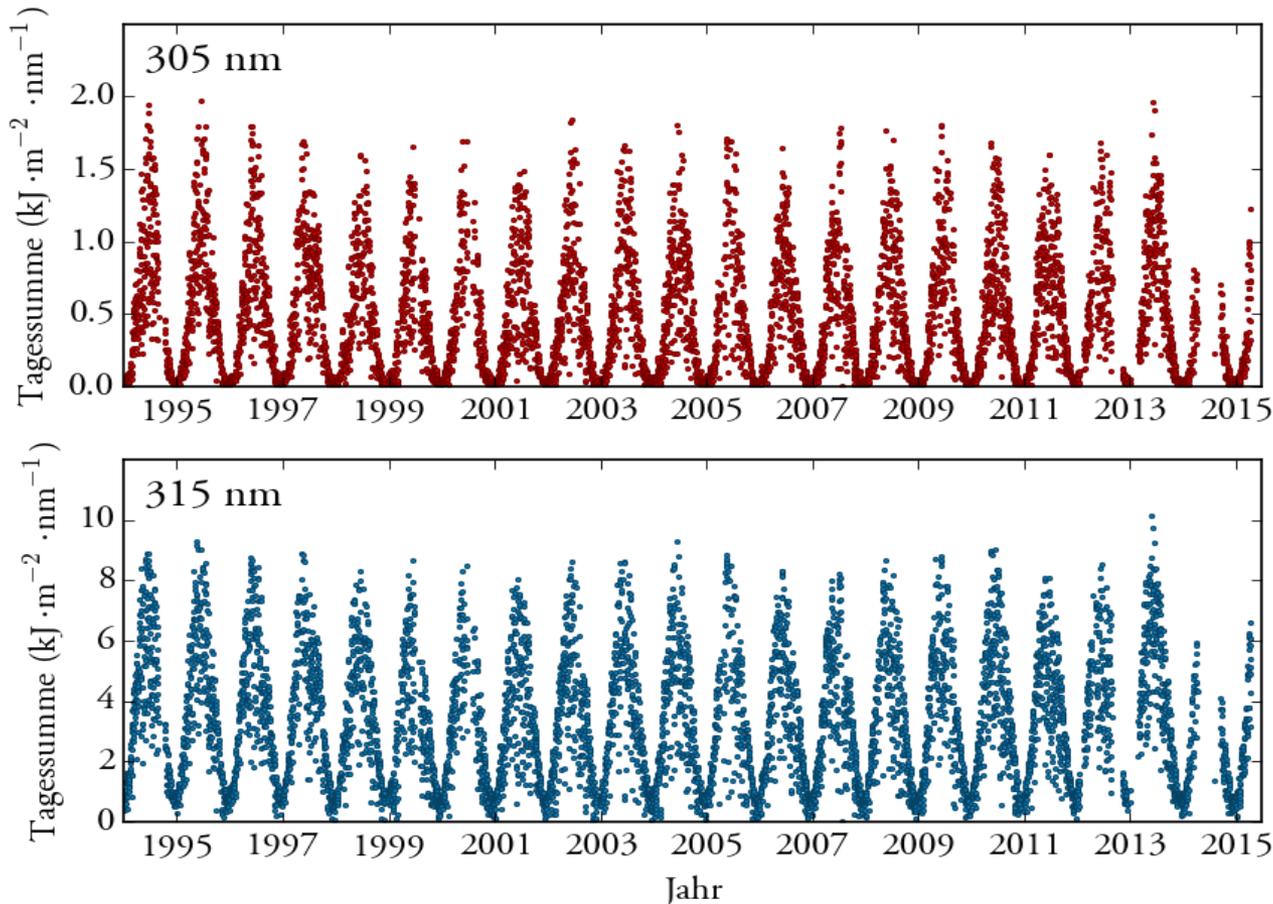


ERGEBNISSE UV-STRAHLUNG

Einflussfaktoren auf die UV-Strahlung

Sonnenstand, Seehöhe, Ozon, Bewölkung, Bodenalbedo, Aerosole

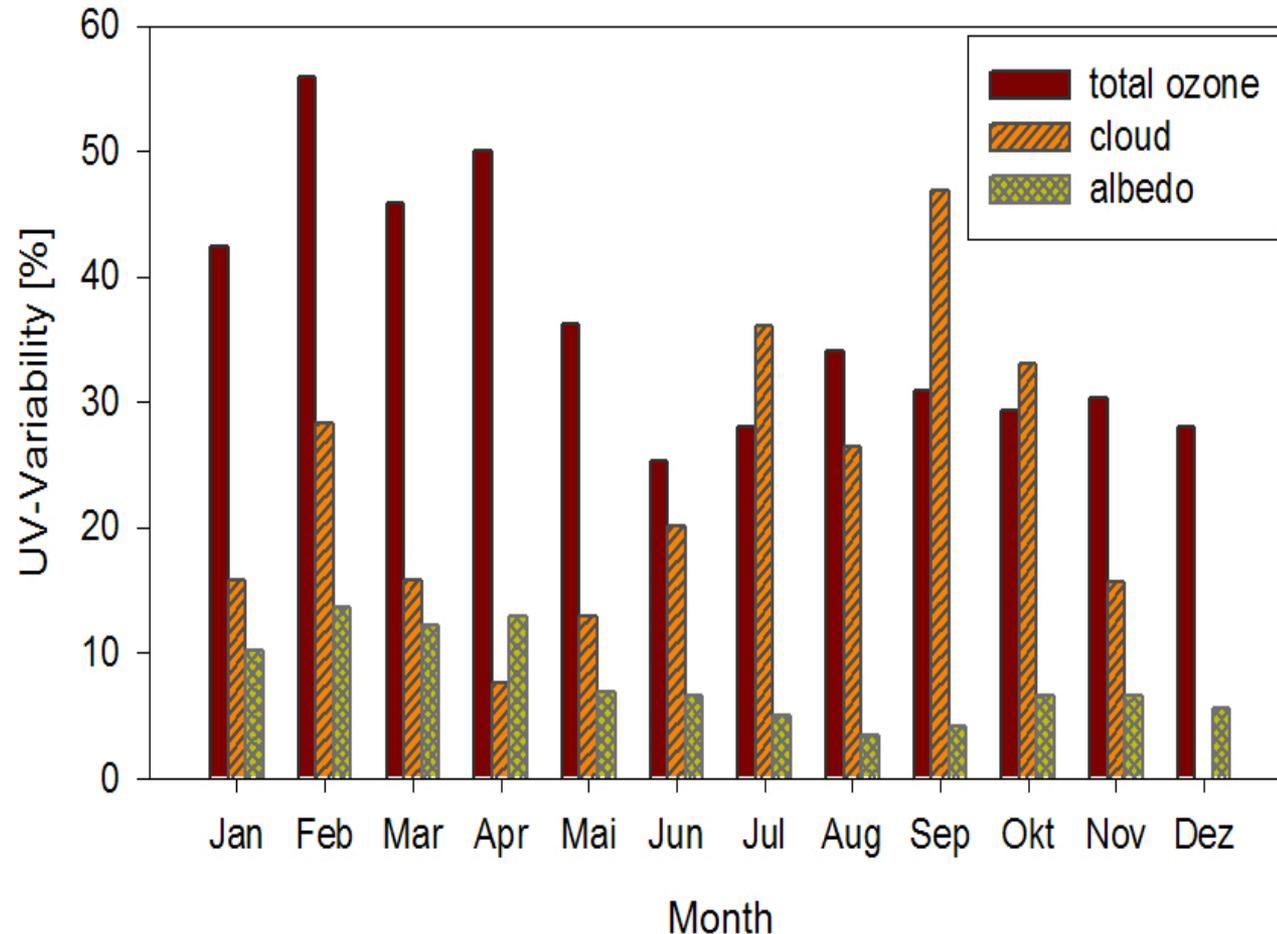
Brewer MkIV #093 Spektrale Tagessummen



Tagessummen der spektralen UV-Bestrahlungsstärke am Hohen Sonnblick bei 305 nm und 310 nm seit 1994

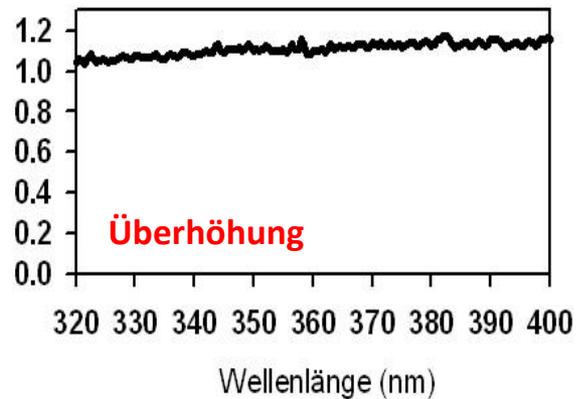
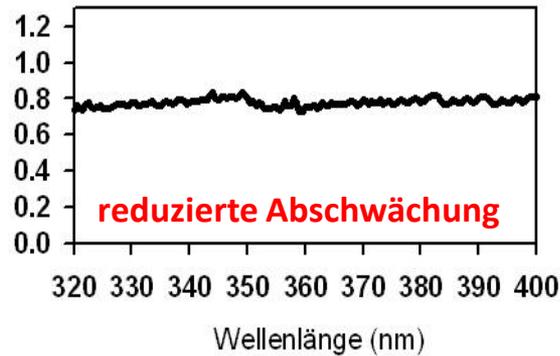
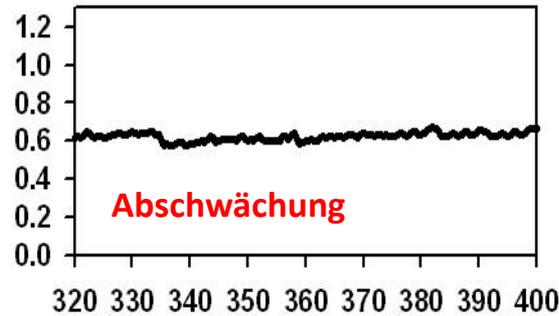
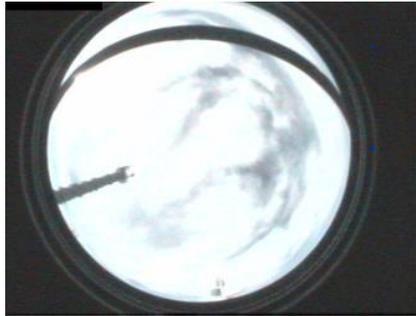
VARIABILITÄT DER UV-STRAHLUNG

Variabilität der Monatsmittelwerte der UVB-Bestrahlungsstärke (305 nm)



Die Variabilität in % berechnet für jede der Einflussgrößen: Gesamtozon, Wolken, Albedo (Maximum-Minimum/Mittelwert) der Monatsmittelwerte der Zeitreihe (1994 -2003)

FALLSTUDIE: Einfluss von Wolken

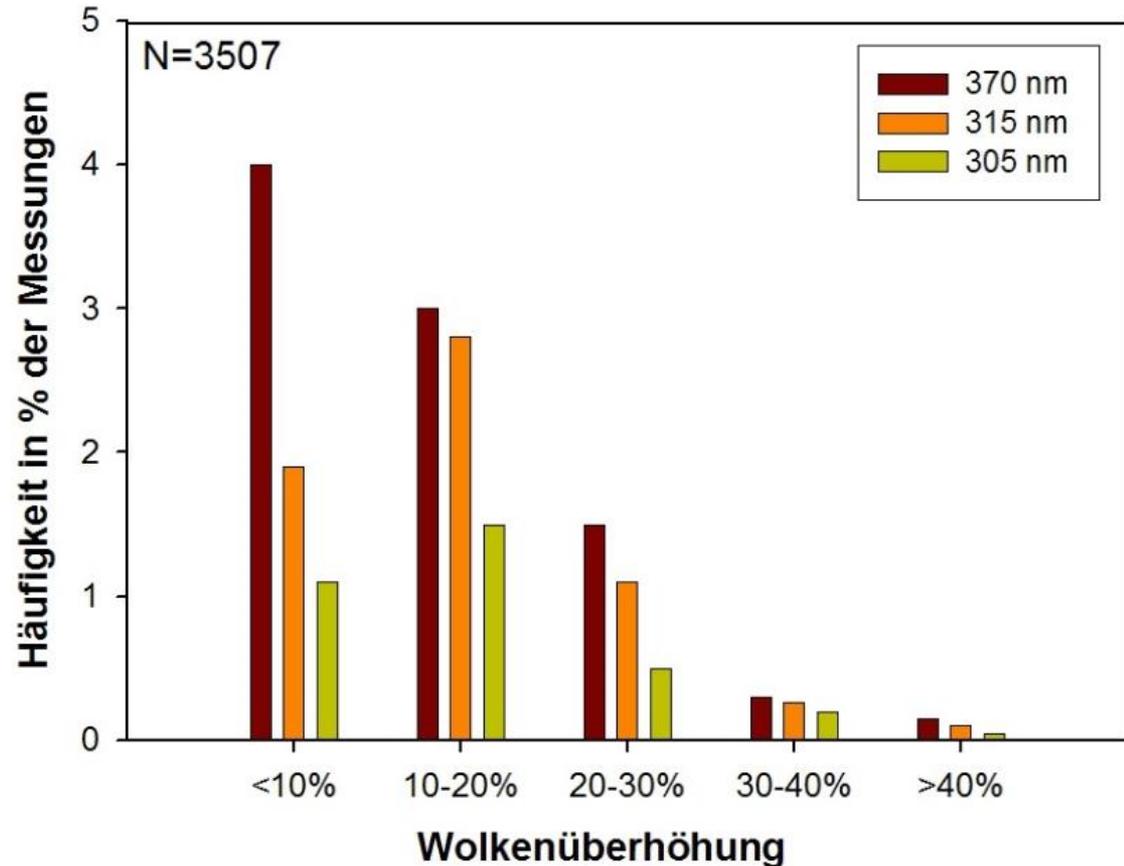


- **Abschwächung**
Reduktion um bis zu 95% gegenüber wolkenlosem Himmel
- **Wellenlängenabhängigkeit des Wolkeneinflusses**
- **Wechselwirkung zwischen Albedo und Wolken**
- **Strahlungsüberhöhung**
Strahlung höher als bei wolkenlosem Himmel

FALLSTUDIE: Einfluss von Wolken

■ Strahlungsüberhöhung durch Wolken

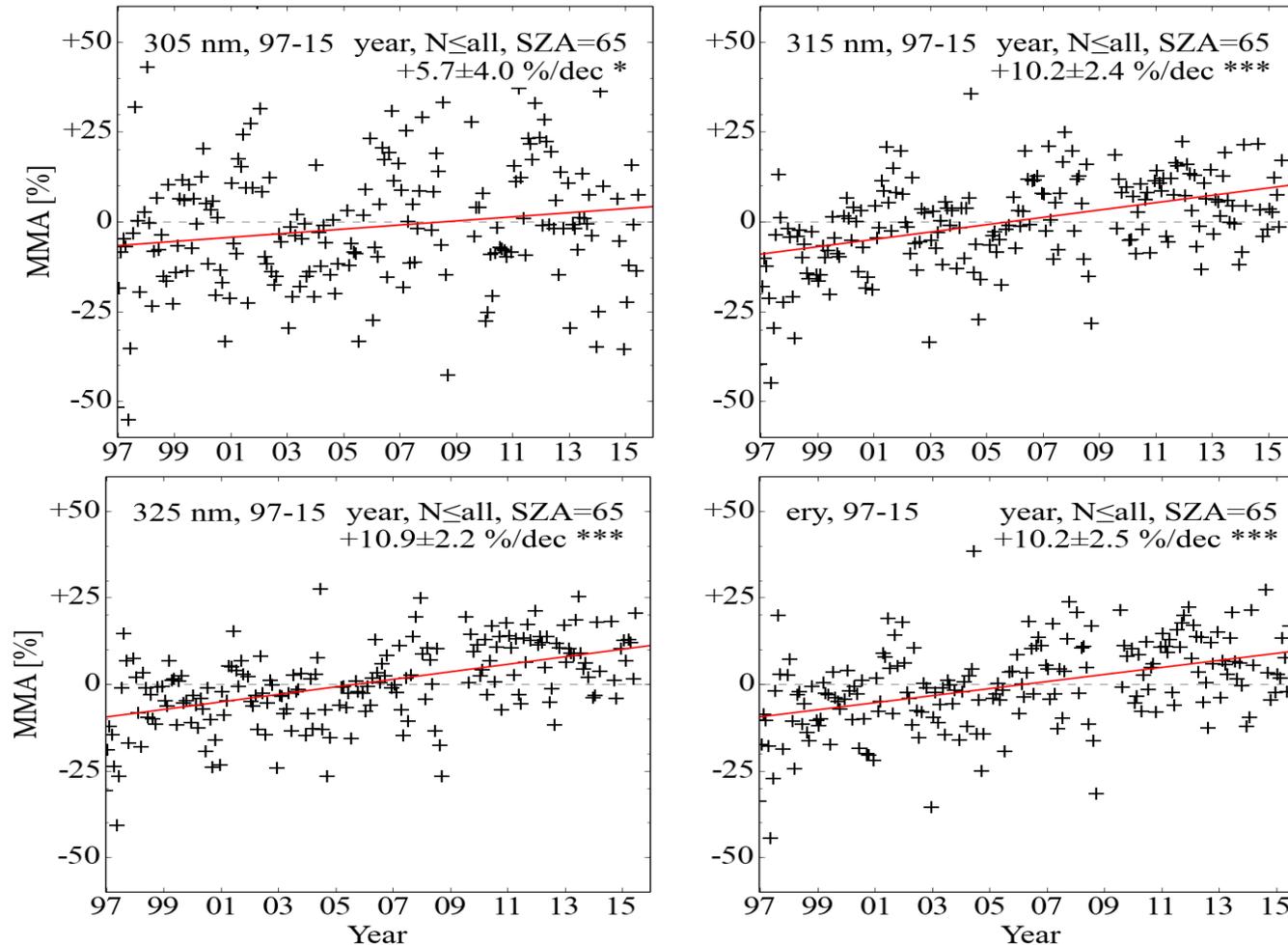
- am häufigsten bei Wolken unter der Station und Bedeckungsgraden ≥ 5 Achtel
- Cumuluswolken (Cu, Ac, Sc)



Häufigkeit der Wolkenüberhöhung auf dem Hohen Sonnblick aufgeteilt nach Ausmaß der Überhöhung bei drei Wellenlängen. Die Anzahl der untersuchten Messwerte ist N=3507

Trends UV-Strahlung (1997-2015)

Zeitperiode 1997-2015 zeigt positiven signifikanten Trend **+10 % pro Dekade**



Trends in Abweichungen von den langjährigen Monatsmittelwerten spektraler UV Bestrahlungsstärke bei $\text{SZA } 65^\circ$, bei verschiedenen Wellenlängen und für erythemwirksame Bestrahlungsstärke angezeigt (* sig. 95 %, ** sig 99 %, *** sig. 99.9 %)

Fitzka, M et al., (2012): Trends in spectral UV radiation from long-term measurements at Hoher Sonnblick, THEOR APPL CLIMATOL. 2012; 110(4): 585-593 (update 2015)

UV Trends: Erklärung für Zunahmen

Keine nachweisbare Reaktion der UV-Strahlung auf die Erholung der Ozonschicht

Trends im Gesamtbedeckungsgrad

- Abnahme um bis zu 10 % pro Dekade in den den UV Messungen zugeordneten Wolkenbeobachtungen (1997-2011)
- Zunahme der Sonnenscheindauer seit den 1960er Jahren (HISTALP)

Abnahme in der Aerosol-optischen Dicke

- erste Ergebnisse von Messungen mit Brewer MkIV #093
- Aerosolseinfluss auf UV kann 8% erreichen
- kann verbleibende Trends bei wolkenlosem Himmel erklären

Zunahme tiefer Bewölkung unterhalb der Station (N_{h_1})

- N_{h_1} trägt zu effektiver Albedo bei ($\sim 0.28 \pm 0.15$) ^[1]
- $N_{h_1} \geq 4/8$ kann UV Bestrahlungsstärke um bis zu 7% erhöhen ^[1]
- Zunahme allerdings nicht signifikant

[1] Simic, S., P. Weihs, A. Vacek, H. Kromp-Kolb and M. Fitzka (2008). "Spectral UV measurements in Austria from 1994 to 2006: Investigations of short- and long-term changes." *Atmospheric Chemistry and Physics* 8(23): 7033-7043.

Trends UV-Strahlung in Österreich (1961-2011)

Hoch signifikante Trends

1961-2011:

alle Bedeckungsgrade

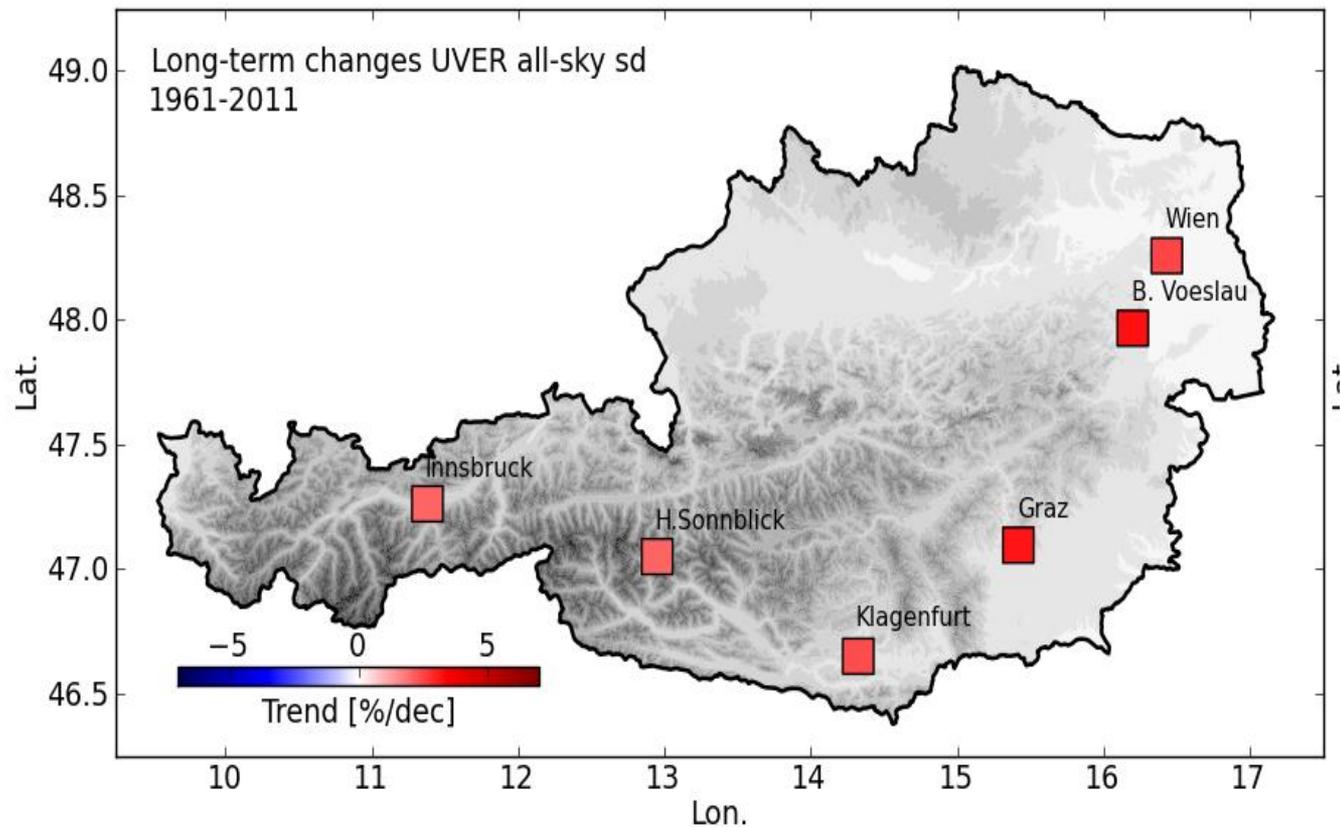
+2.1%/dec bis +3.3%/dec

Hoch signifikante Trends

1979-1996:

alle Bedeckungsgrade

+3.8%/dec bis +6.7%/dec



Rekonstruktion der Tagessummen der ERY-UV seit 1961 basierend auf Sonnenscheindauer, Globalstrahlung, Tagesdaten und Strahlungstransfermodellierung

Zusammenfassung

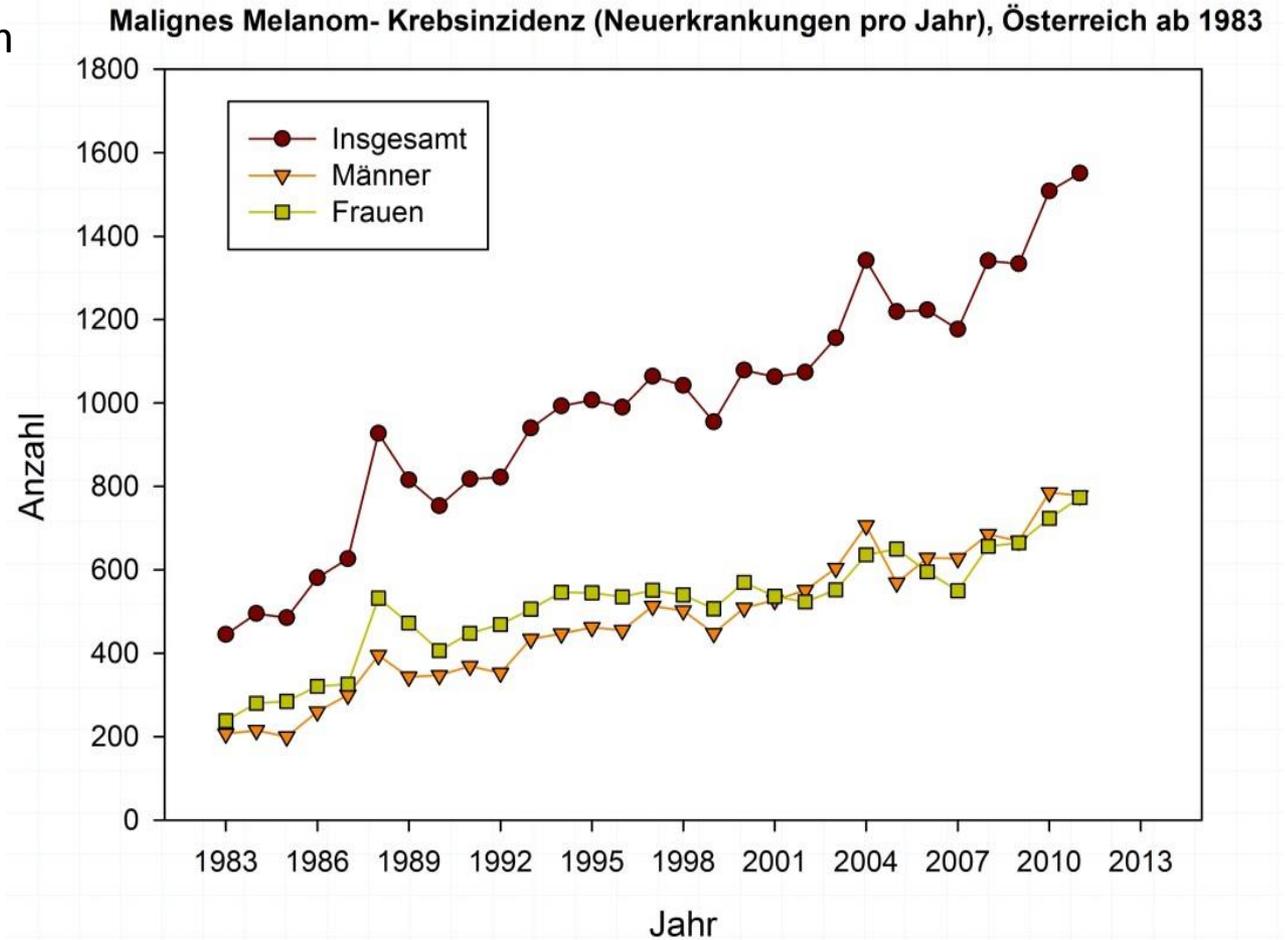
- **Große Variabilität der UV-Bestrahlungsstärke durch die Einflussfaktoren**
- **Klar erkennbare Trends in der UV-Bestrahlungsstärke**
 - UV-Bestrahlungsstärke hat im Zeitraum 1997-2015 signifikant zugenommen
 - Keine statistisch signifikante nachweisbare Reaktion der UV-Strahlung auf Ozonerholung
 - Bewölkung, Sonnenscheindauer und Lufttrübung haben wesentlichen Einfluss



Gesundheitsrisiken UV-Strahlung

MELANOMRISIKO IN ÖSTERREICH

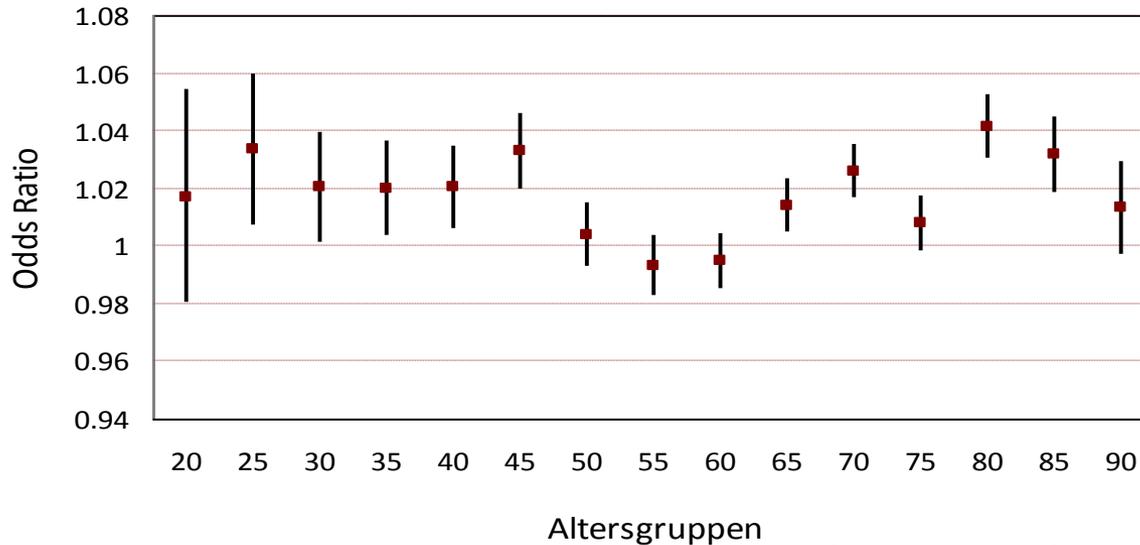
- Jahr 2011: 1.551 Melanom Neuerkrankungen
- Todesfälle durch maligne Melanome nehmen zu



Datenquelle: Statistik Austria 2015

MELANOMRISIKO IN ÖSTERREICH

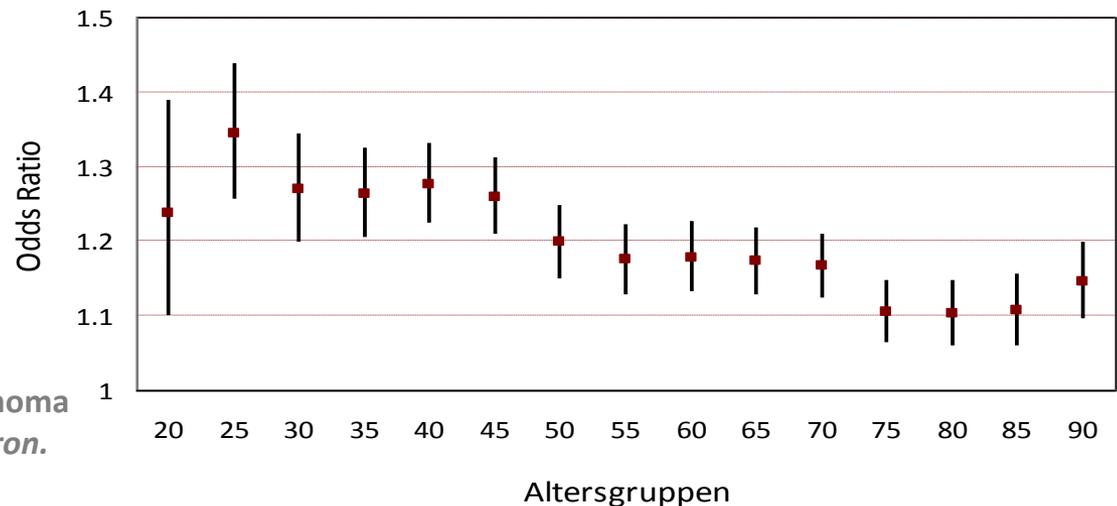
Altersverteilung Veränderung Melanominzidenz



Anstieg um ca. 2%/Jahr für
Zeitperiode 1990-2010

Der Anstieg mit der
Seehöhe des Bezirkes
beträgt ca. 20%/100m.

Altersverteilung Seehöhenabhängigkeit Melanominzidenz



Haluza et al., (2014): Temporal and Spatial Melanoma
Trends in Austria: An Ecological Study, *Int. J. Environ.
Res. Public Health* , 11, 734-748;

Gesundheitsrisiken UV-Strahlung

Zusammenfassung und Forschungsbedarf

- Melanomerkrankungen nehmen zu – in Österreich und weltweit
- Spektrales UV-Monitoring liefert wertvolle Daten für **klimawandelbezogene Gesundheitsforschung**
- Nutzen und Risiken der UV-Strahlung – **Forschungsbedarf**
- Weiterentwicklung personenbezogener Messungen der UV-Exposition sind erforderlich, um die Risiken von Vitamin-D-Mangel und Hautkrebs zu minimieren
- Wirkungsforschung soll intensiviert werden - Interdisziplinärer Ansatz

Ausblick

- **Langzeitmessungen** zur Ermittlung qualitativ hochwertiger Daten sind notwendig für Klimawandelbezogene Forschung
- **Spektrales UV-Monitoring** liefert wertvolle Daten für gesundheitsbezogene Forschung
 - Unvollständige Charakterisierung von vielen Wirkungsspektren (Provitamin D3, Melanom)
 - Personenbezogene Messungen der UV-Exposition notwendig
- **Entwicklung der Ozonschicht** hängt in hohem Maße vom Klimawandel ab
 - Entwicklungen nach wie vor eine große Herausforderung
 - Viele Einflussfaktoren sowie komplexe Wechselwirkungen
- **Zukünftige Änderung der UV-Strahlung**
 - Quantifizierung der Effekte für einige Einflussfaktoren schwierig (z.B. Wolken, Aerosole)
 - Schädliche und positive Auswirkungen auf die Biosphäre - Forschungsbedarf
 - Änderung des Expositionsverhaltens durch Klimawandel?
 - Hoher Forschungsbedarf zu Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Ozon und UV-Strahlung sowie Expositions- Präventionsverhalten

Blick auf die Menschen hinter dem Projekt

Umweltministerium: **BOKU-Met:**



Helmut Hojesky

Ingeborg FIALA
Martin Kriech



Initiatorin:
Inge Dirmhirn



Helga Kromp-Kolb



Rengarajan
Govindarajan



Wieslaw
MIKIELEWICZ



Marina
Breycha



Andreas Vacek



Michael Fitzka



Daniel Rauter



Philipp Weihs



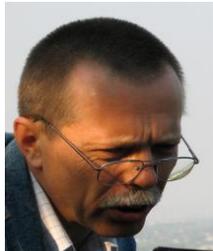
Jasmina
Hadzimustafic



Florian Eywo



Susanna
Ostertag



Wolfgang Laube

ZAMG:



Michael
Staudinger

Gerhard Schauer, Michael Mandl und
Wetterbeobachter



**Diplomanden, Doktoranden,
Auslandstudenten.....**

Eichung des Brewer Nr. 093 in Arosa im Jahr 1993: Dirmhirn, Högger und Dütsch



Danke!

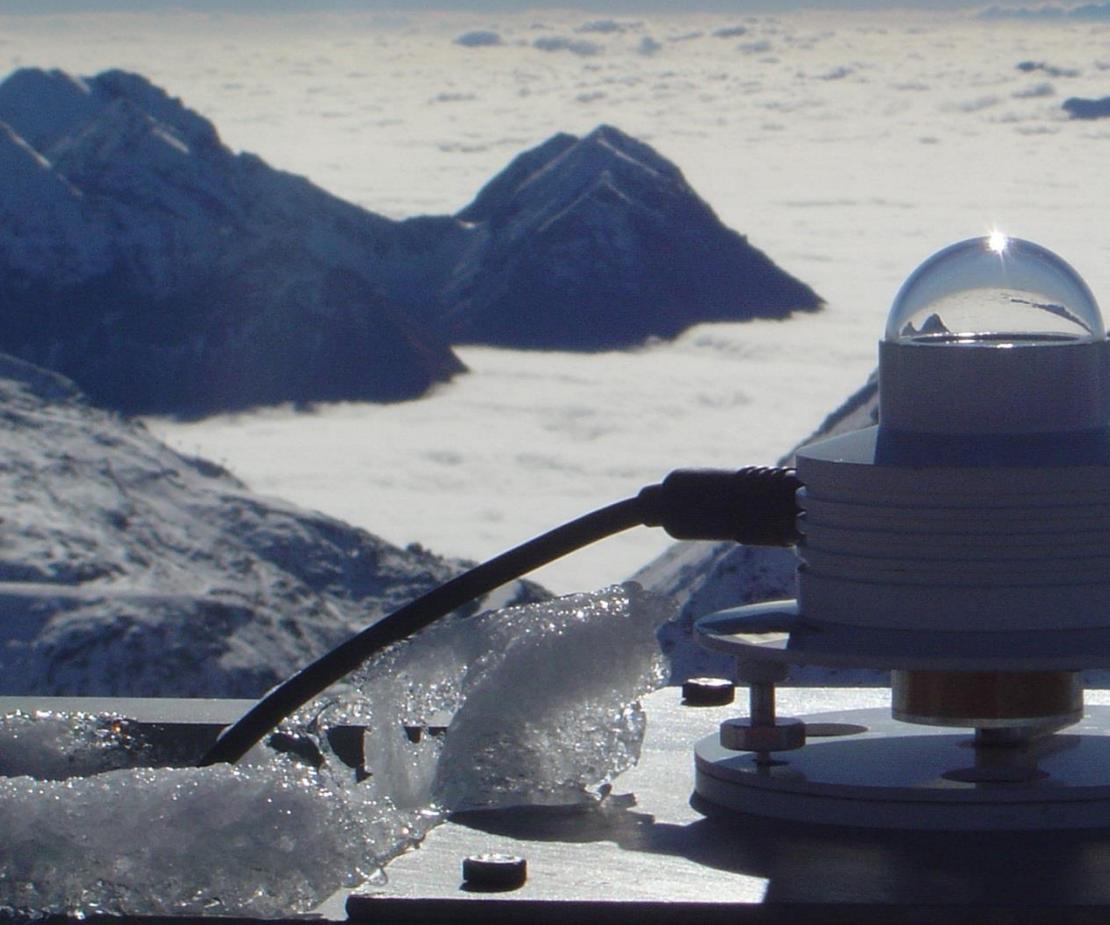


Foto: Gerhard Schauer



böhlau

Labor über den Wolken

DIE GESCHICHTE DES SONNBLICK-OBSERVATORIUMS

Reinhard Böhm · Ingeborg Auer · Wolfgang Schöner

