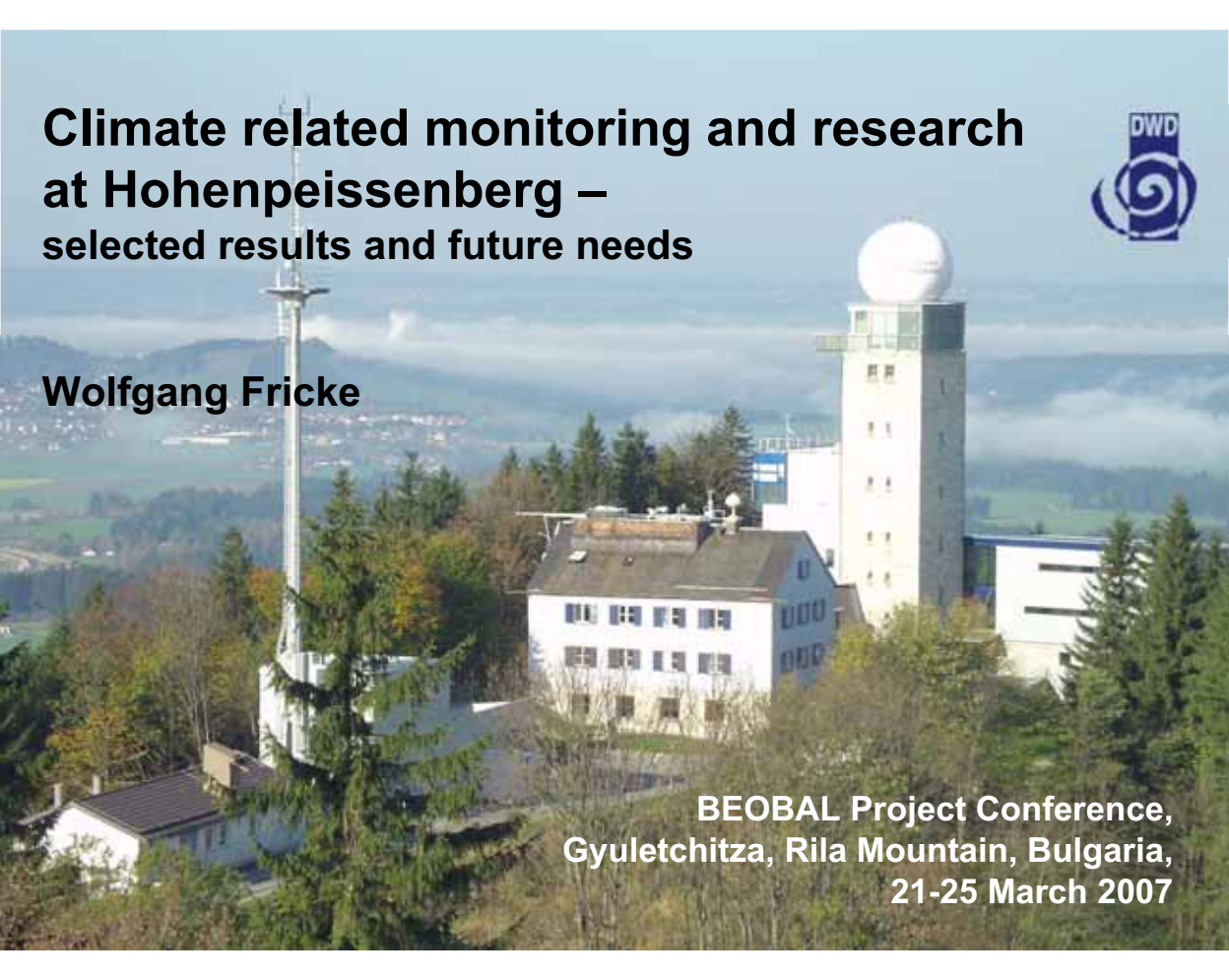
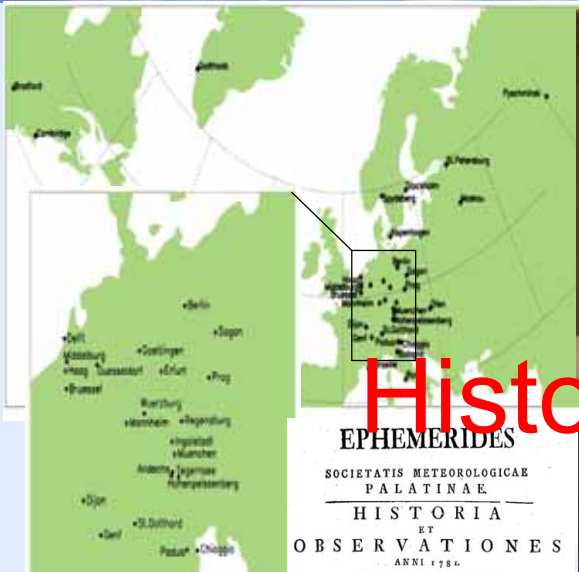
Climate related monitoring and research at Hohenpeissenberg –
selected results and future needs

Wolfgang Fricke

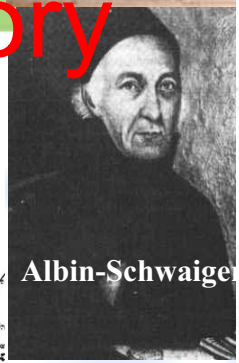


BEOBAL Project Conference,
Gyuletchitza, Rila Mountain, Bulgaria,
21-25 March 2007


Germany
Bavaria

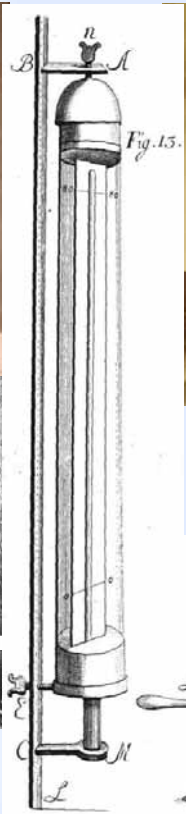


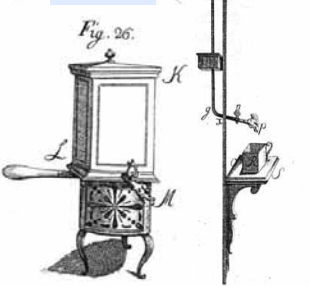
History



Albin-Schwaiger

EPHEMERIDES
SOCIETATIS METEOROLOGICAE PALATINAE.
HISTORIA ET OBSERVATIONES ANNI 1781.
ACCEDIT DESCRIPTIO INSTRUMENTORUM METEOROLOGICORUM, TAM EORUM, QUAE SOCIETAS PER EUROPAM DISTRIBUIT, QUAM QUORUM PRAETER HAEC MANUDUM UTITUR.
CUM FIGURIS AERE INCISIS.
MANHEIMII
EX OFFICINA NOVAE SOCIETATIS TYPOGRAPHICAE MDCCLXXXIII.



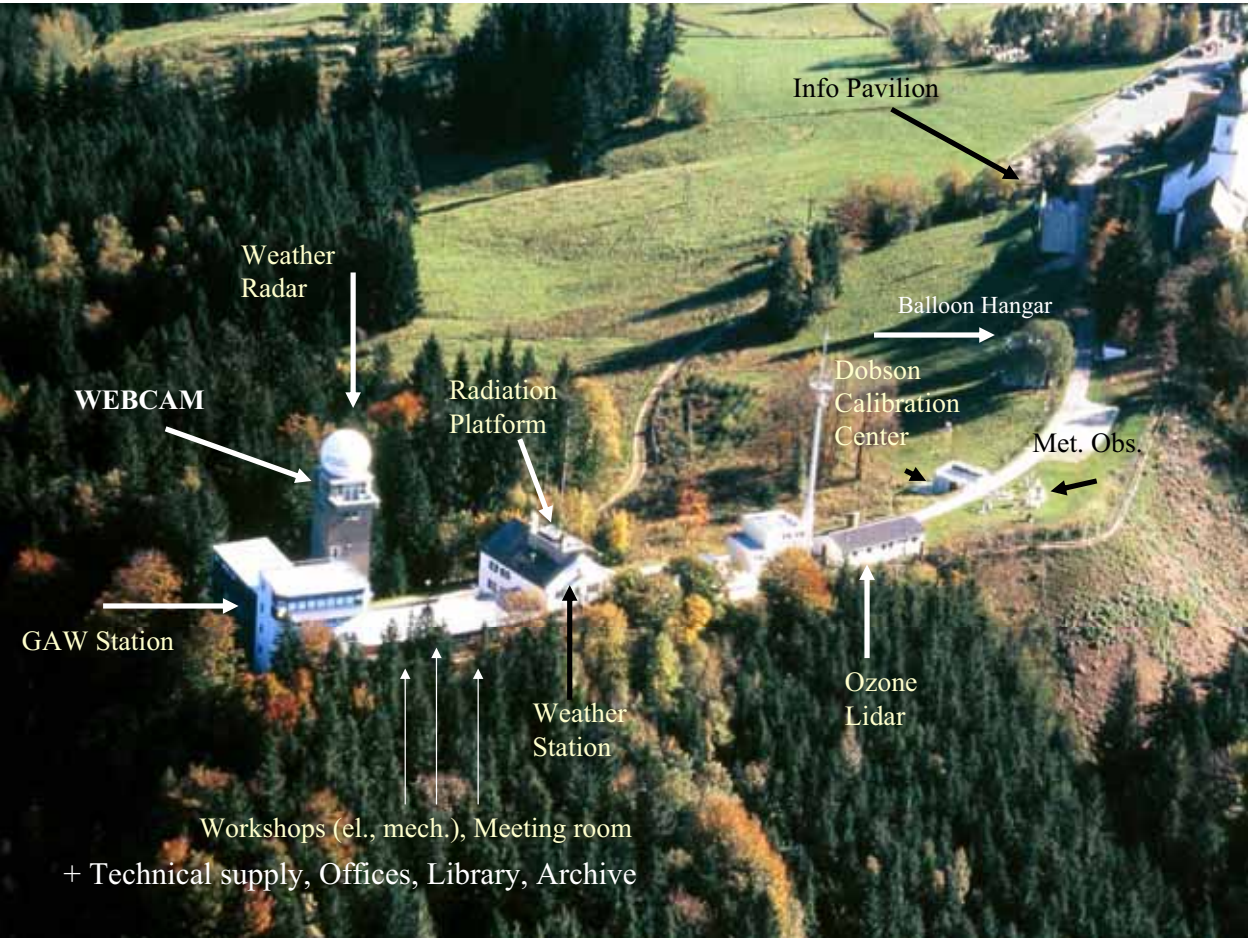


The observatory owns many long data records:

Meteorology	since	1781
Daily precipitation since		1879
Solar radiation since		1948
Ozone since		1967
Precipitation radar		1986
UV-B		1990
Air chemistry (GAW)		1995

These data records serve for documenting climate change, for validation of satellite data and model results as well as for the analysis of complex processes and interactions in the atmosphere

Deutscher Wetterdienst


Info Pavilion
Weather Radar
Balloon Hangar
WEBCAM
Radiation Platform
Dobson Calibration Center
Met. Obs.
GAW Station
Ozone Lidar
Weather Station
Workshops (el., mech.), Meeting room
+ Technical supply, Offices, Library, Archive

Meteorological Observatory Hohenpeissenberg

Head: Dr. W. Fricke

Administration:
F. Riesemann

Department **1**:
N.N.

„Atmospheric chemistry“
OH, H_2SO_4, VOC, particle formation, oxidation capacity of atmosphere.

Department **2**:
Dr. C. Plaß-Dülmer

„GAW global station“
Reactive trace gases, physical & chemical properties of aerosols, precipitation chemistry.

Department **ZEHP**:
Dr. J. Seltmann

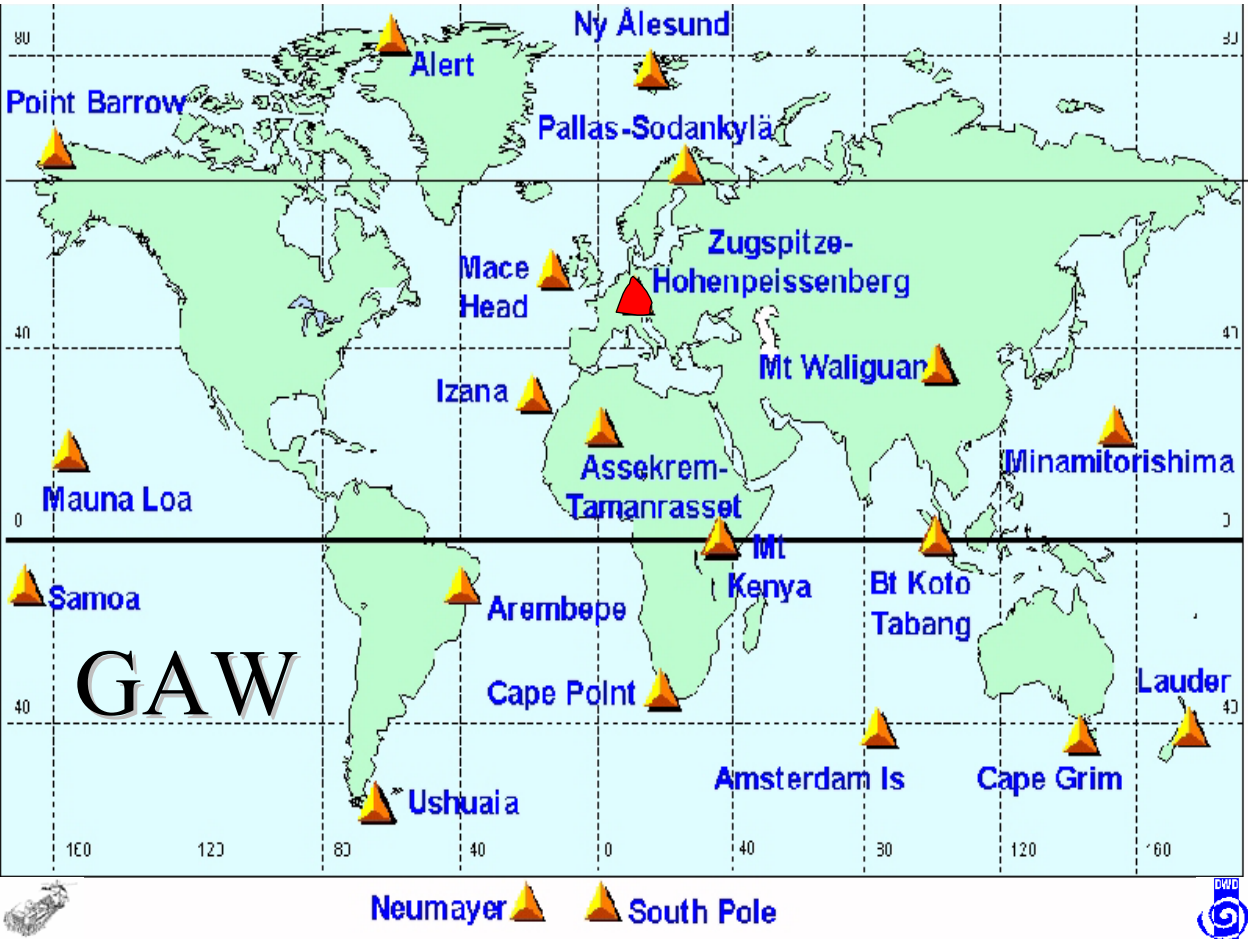
„Radar meteorology“
Precipitation processes, research radar, radar network, wind speed and direction with Doppler radar.

Department **2a**:
H. Claude

„ Ozone“
Dobson, Brewer, LIDAR, O_3-sondes, RCC for Dobson.

Class I weather station

Mechanics + electronics workshop


Ny Ålesund
Alert
Point Barrow
Pallas-Sodankylä
Zugspitze-
Hohenpeissenberg
Mace
Head
Mt Waliguan
Izana
Assekrem-
Tamanrasset
Minamitorishima
Mauna Loa
Mt
Kenya
Bt Koto
Tabang
Samoa
Arembepe
GAW
Cape Point
Lauder
Amsterdam Is
Cape Grim
Ushuaia
Neumayer
South Pole

Monitoring Programme at the GAW Global Station Zugspitze/Hohenpeissenberg

Reactive gas species:

sulphur dioxide (SO_2),
carbon monoxide (CO),
nitrogen oxides (NO, NO_x, NO_y),
peroxiacetyl nitrate (PAN),
hydrogen peroxide (H_2O_2),
volatile organic compounds (VOCs).

Ozone (O_3):

ambient concentration,
vertical profile with ozone sonde and Lidar (troposphere and stratosphere),
total ozone (Dobson and Brewer).

Radiation:

Global and diffuse solar radiation,
UV-B radiation,
photolysis frequency j-NO_2 and j-(O^1D).

Atmospheric particles:

aerosol optical depth, scattering, black carbon,
particulate matter (PM-10), size distribution, Aitken nuclei (3 nm, 11 nm),
chemical composition (4 size ranges), radon.

Chemical composition of precipitation:

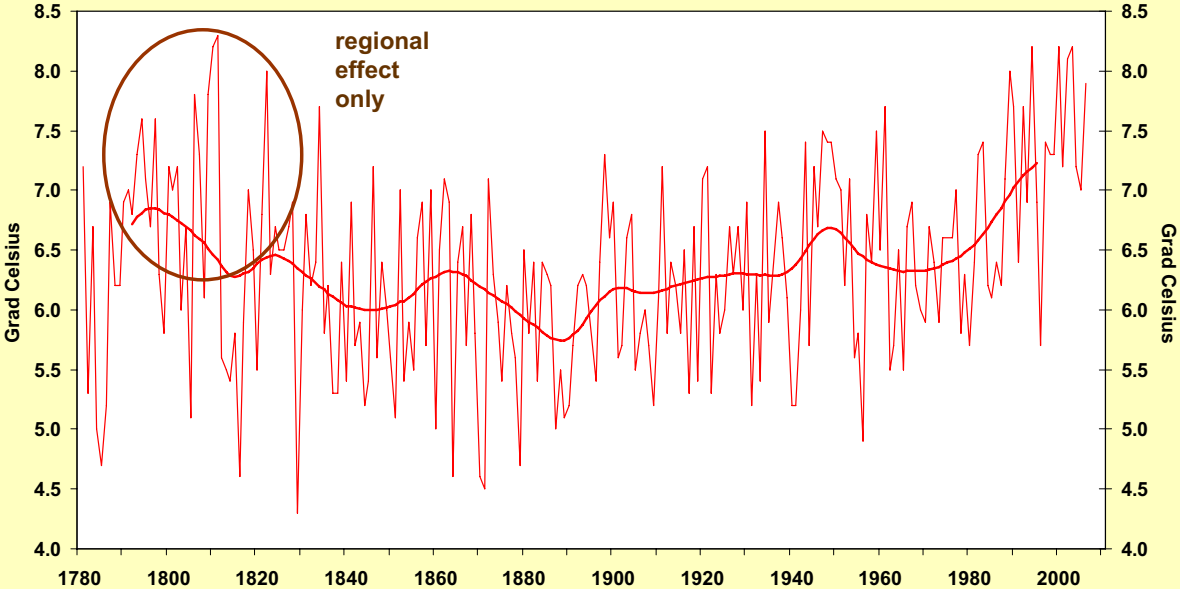
pH, electrical conductivity,
ions of sulphate, nitrate, chloride, ammonia, sodium, potassium, calcium, and magnesium,
heavy metals.

Routine meteorological elements:

full set of data, trajectories

Hohenpeissenberg: Annual average temperature 1781-2006

with low-pass filter (30 yrs)

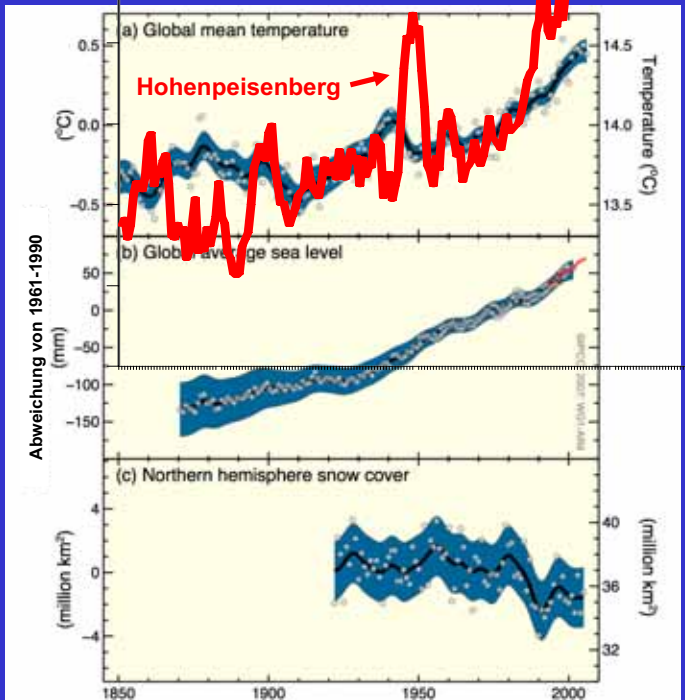


Direct observations of recent climate change

Global average temperature

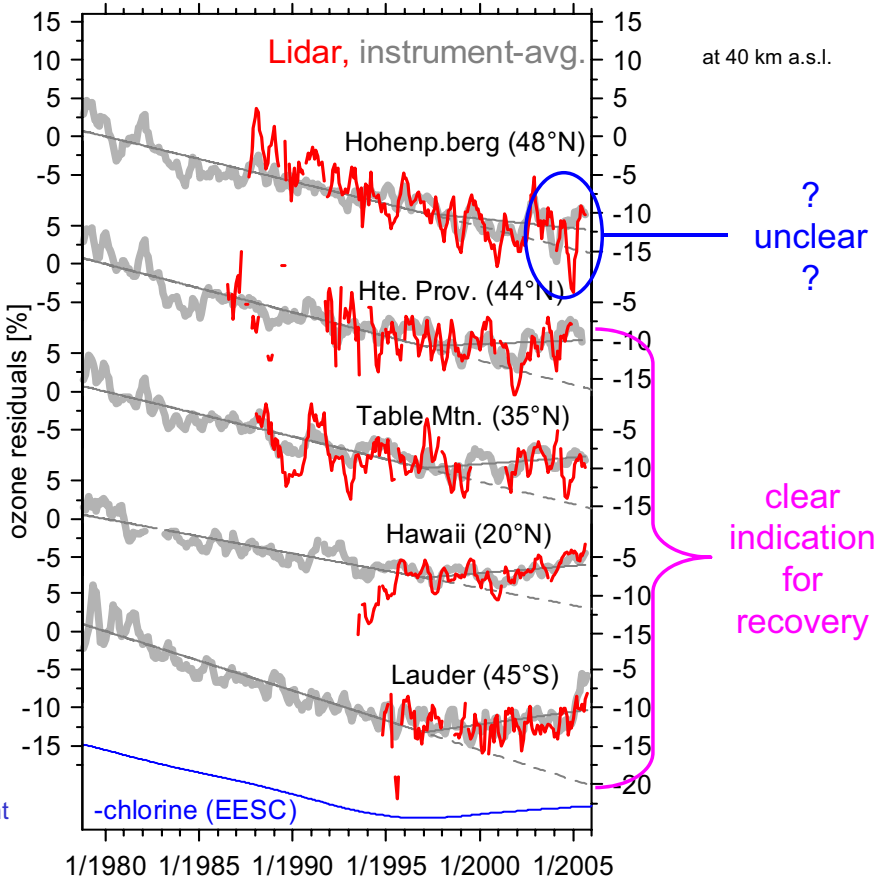
Global mean sea level

Snow cover northern hemisphere



5 NDSC stations solar-cycle (and QBO) removed

Steinbrecht et al., JGR, 2006



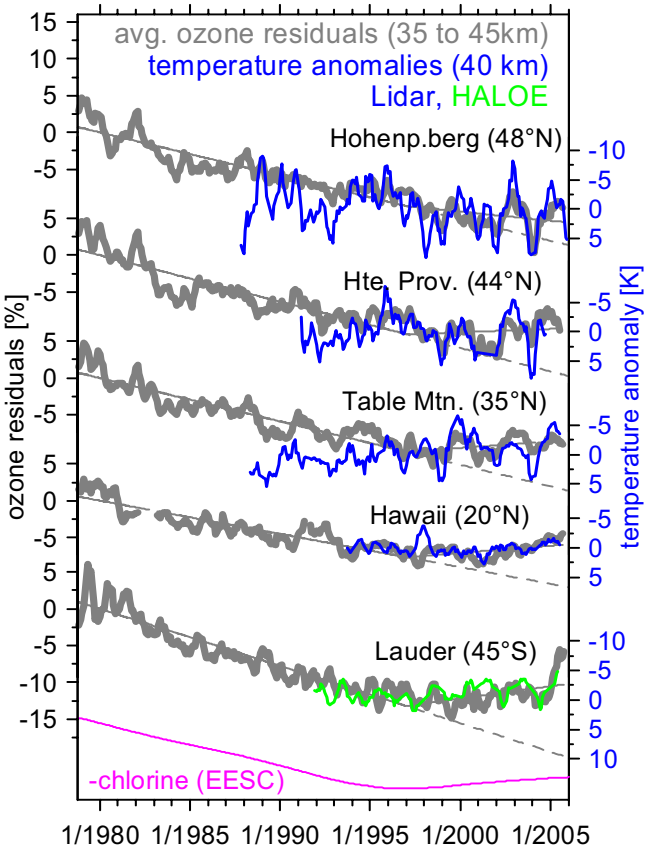
EESC = Effective Equivalent Stratospheric Chlorine

Temperature?

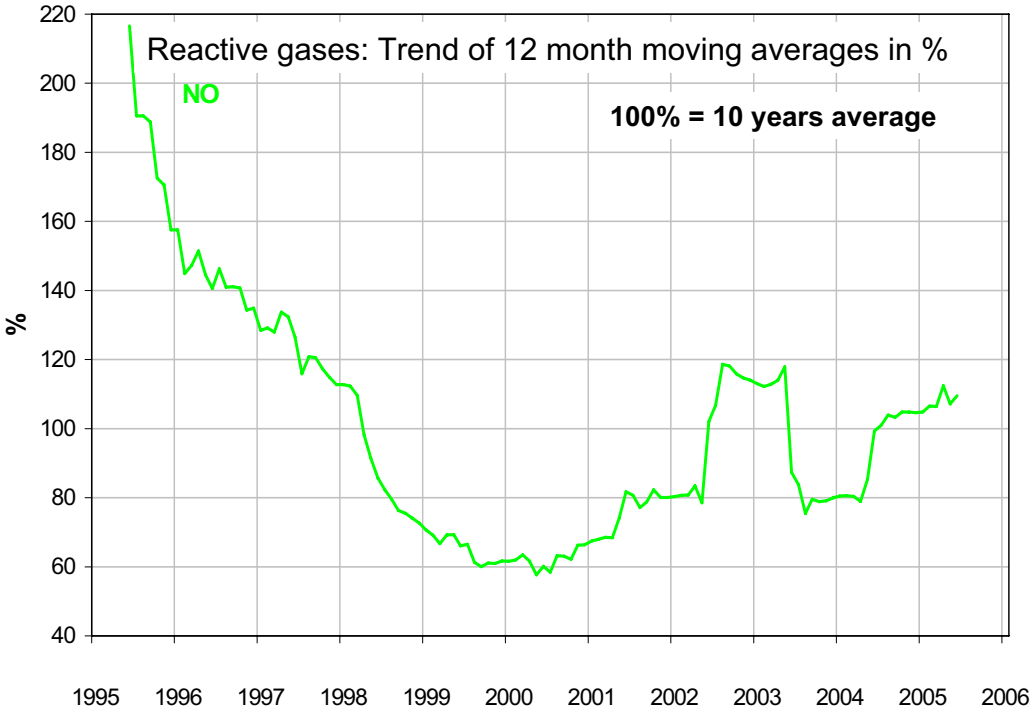
Negative temperature dependence of O_x loss

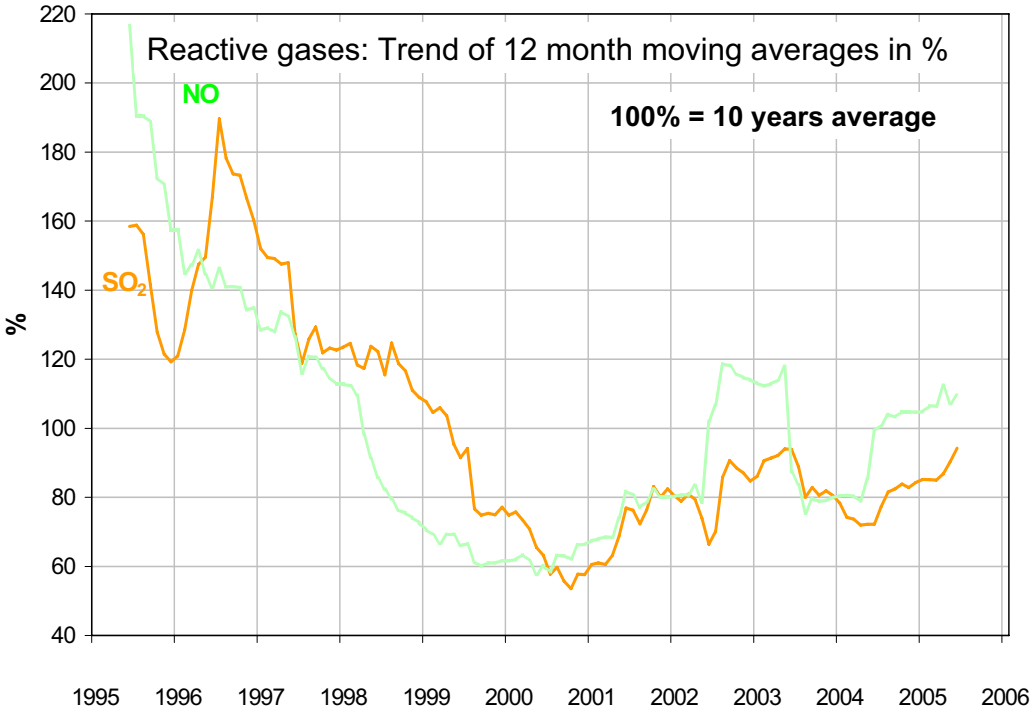
=>

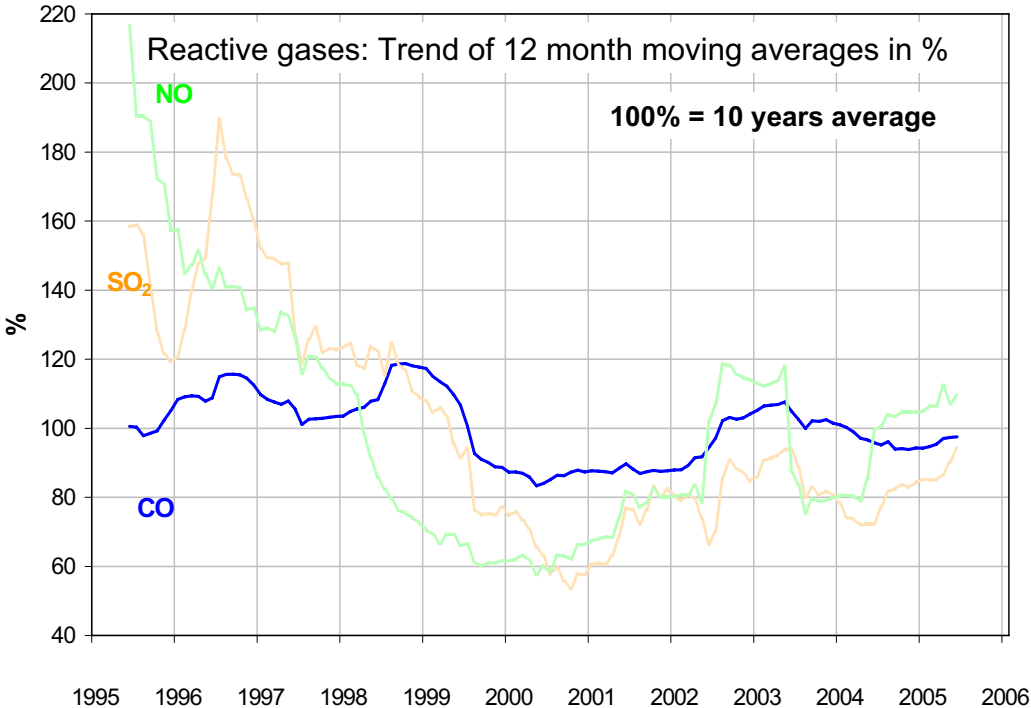
-1% ozone / Kelvin

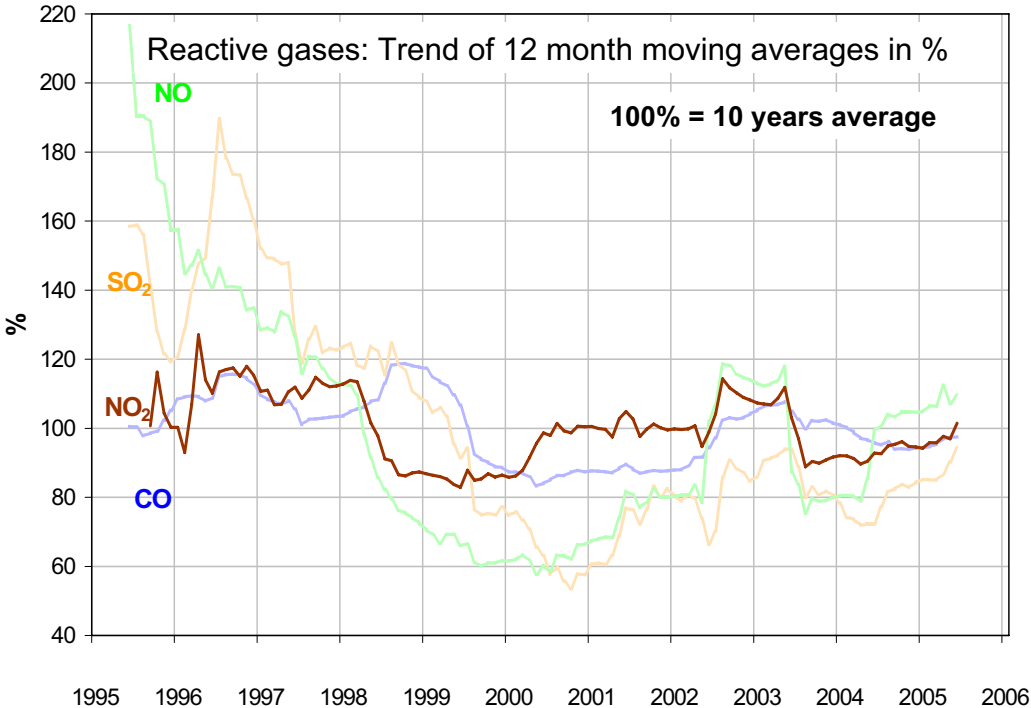


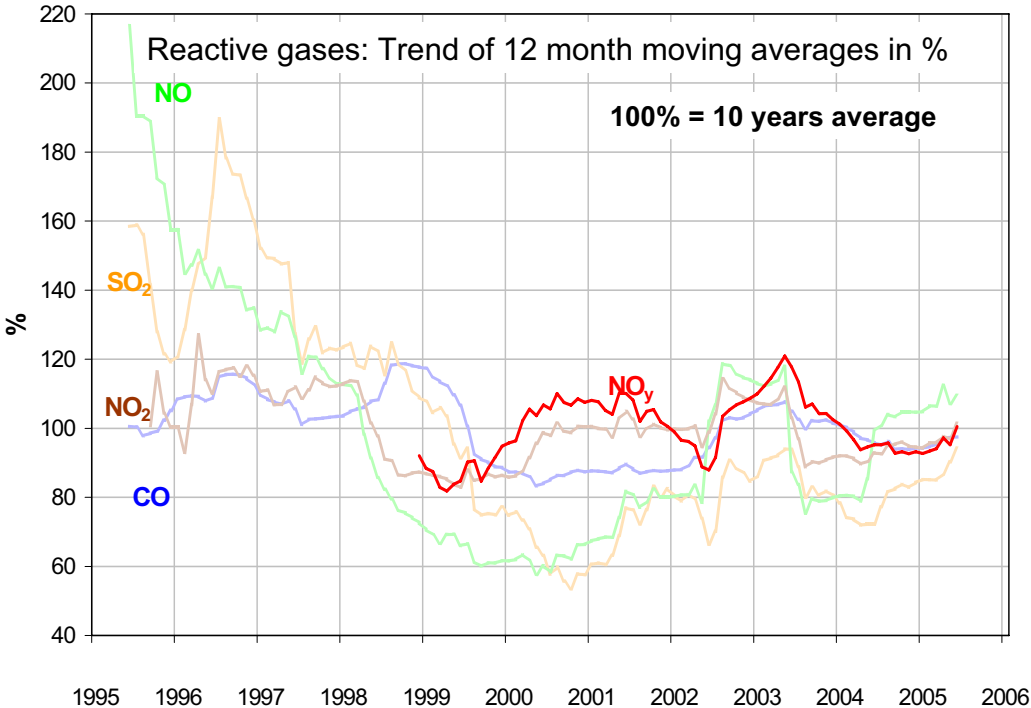
EESC = Effective Equivalent Stratospheric Chlorine

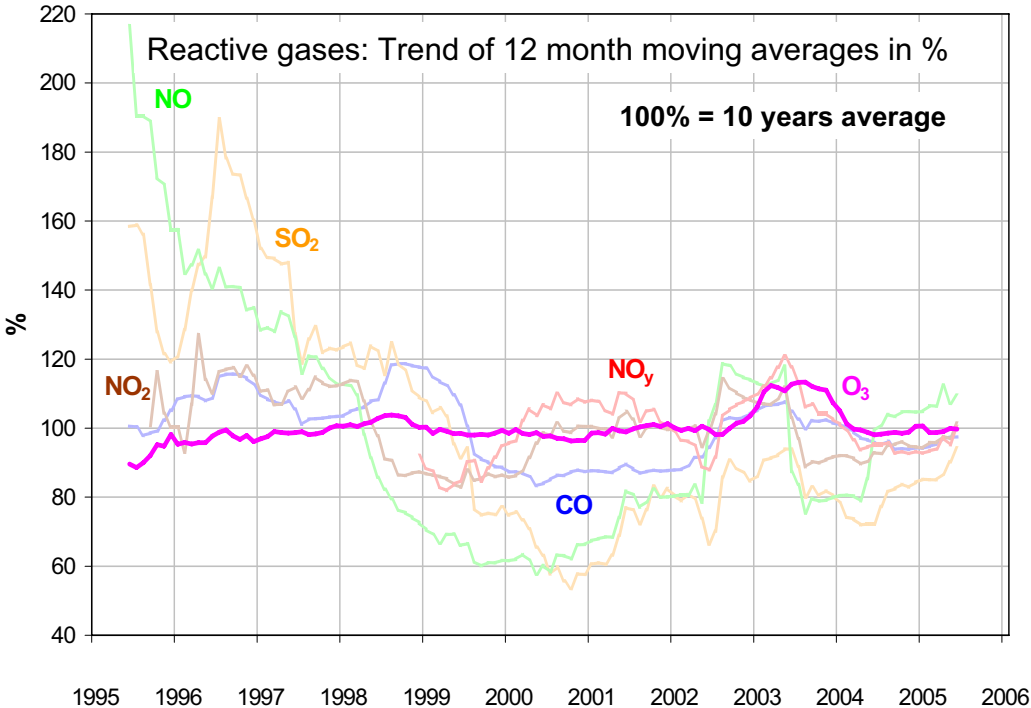

Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
NO
100% = 10 years average
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006


Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
100% = 10 years average
NO
SO2
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006

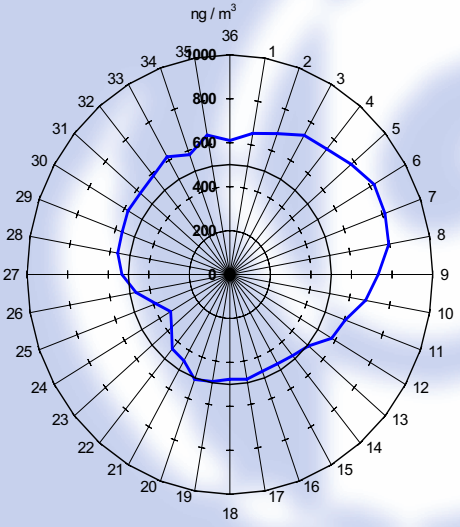

Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
100% = 10 years average
NO
SO2
CO
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006

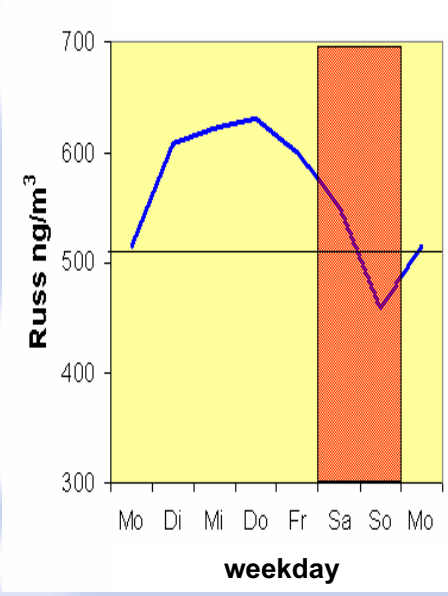

Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
100% = 10 years average
NO
SO2
NO2
CO
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006


Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
100% = 10 years average
NO
SO2
NO2
CO
NOy
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006

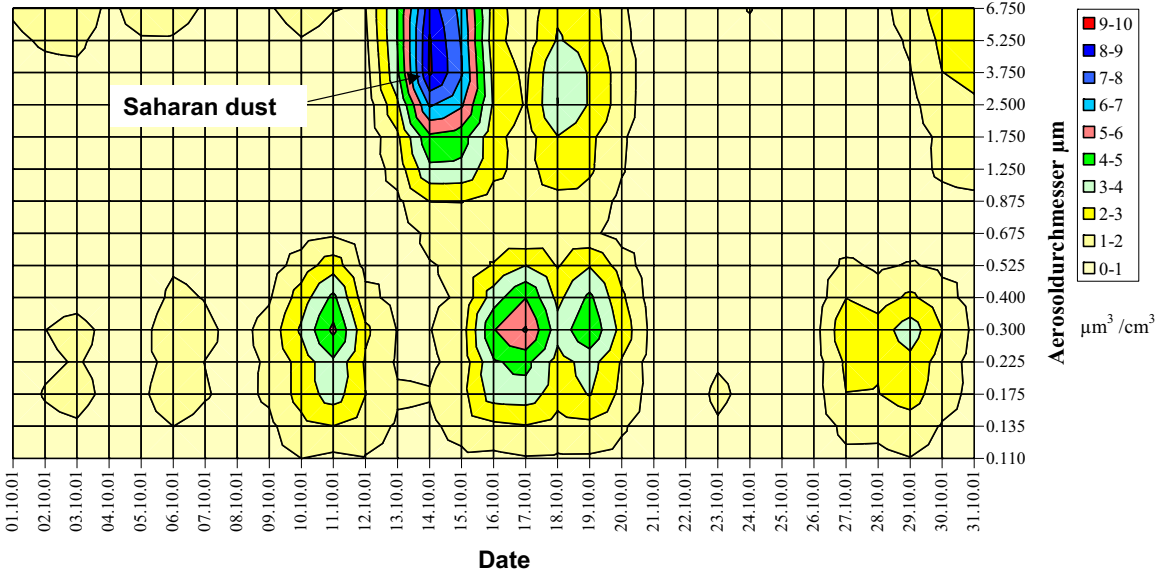

Reactive gases: Trend of 12 month moving averages in %
100% = 10 years average
NO
SO2
NO2
NOy
O3
CO
%
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006

Concentration wind rose and average weekly cycle of black carbon at Hohenpeissenberg, 1995-2001

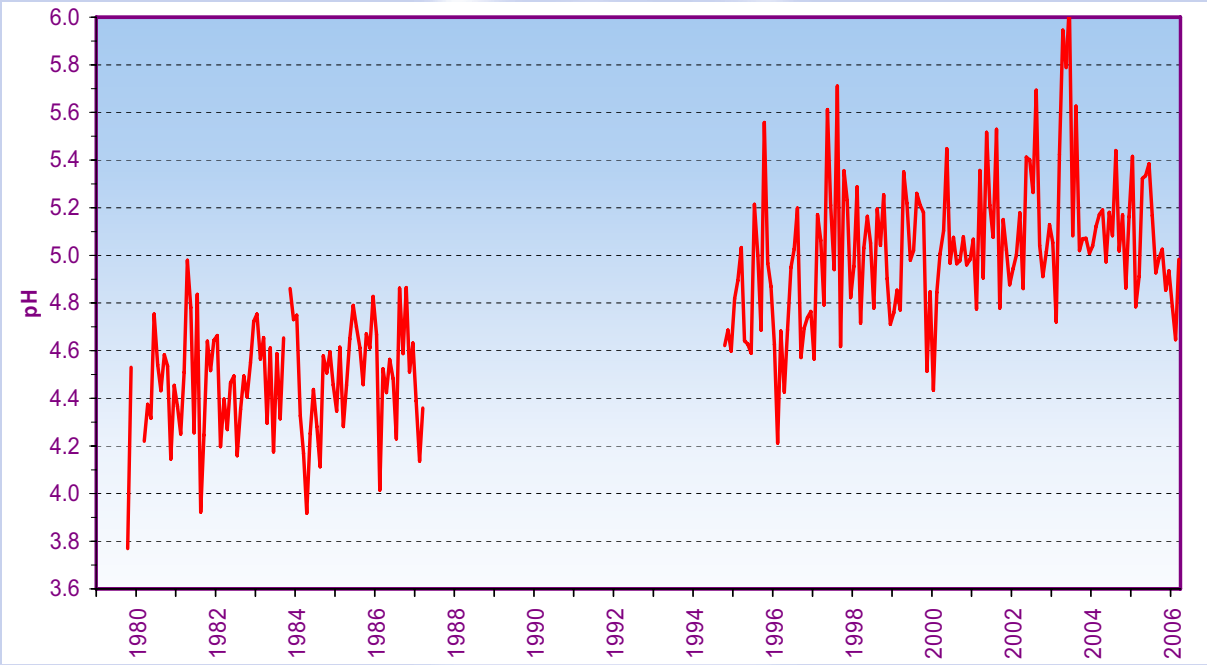




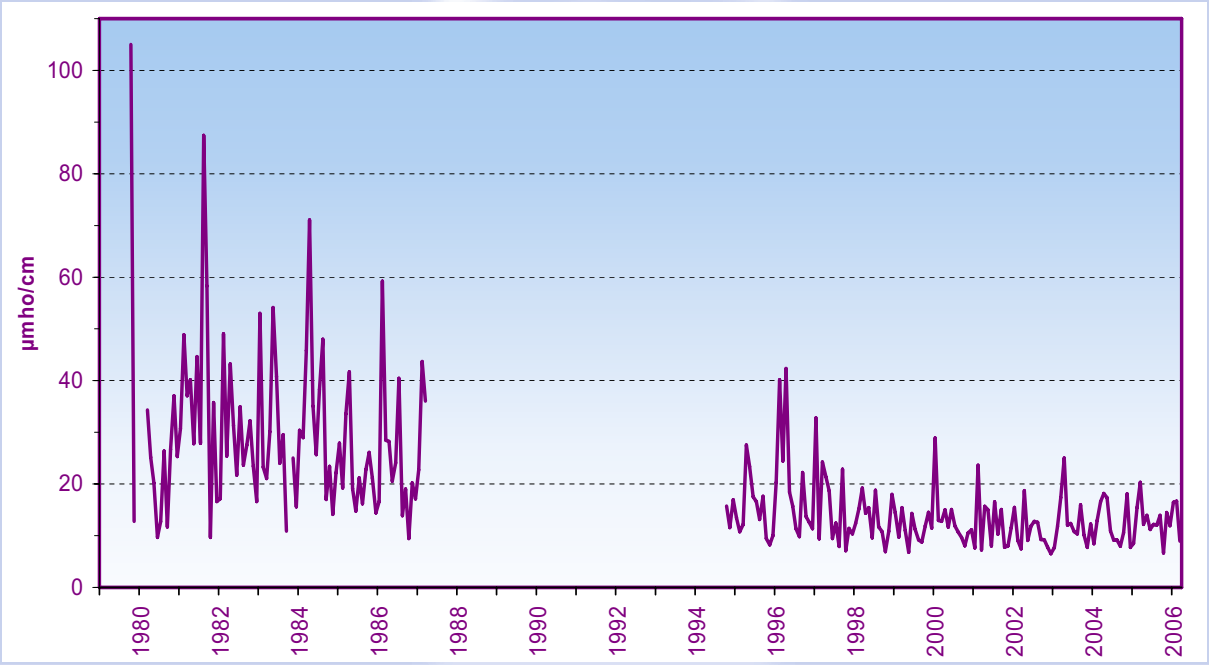
Size distribution of aerosol particles at Hohenpeissenberg, Oct 2001



Monthly averages of pH at Hohenpeissenberg since 1980



Monthly averages of conductivity at Hohenpeissenberg



Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes

Ausgabe Nr. 94, Erscheinungstermin: 15. August 2003

Erholung der Ozonschicht: Erste Anzeichen oder vorübergehende Schwankung?

Sieht man vom antarktischen Ozonloch der unteren Stratosphäre ab, so zeigt sich die stärkste Ozonabnahme durch Chlor aus menschengemachten Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen in der oberen Stratosphäre in rund 40 km Höhe. Vorhergesagt wurde dies bereits 1974 von Molina, Rowland und Crutzen (Nobelpreis 1995). Beobachtet wird die Abnahme seit Anfang der 90er Jahre (Bulletins Nr. 5, 48). Dank Montrealer Protokoll (1987) zeigen die Chlor-Konzentrationen seit kurzem Anzeichen für einen Rückgang in der unteren Stratosphäre (Bulletin Nr. 70). Bis vor wenigen Wochen war sich die Fachwelt aber einig, daß es noch Jahre dauern sollte, bis das Chlor auch in der oberen Stratosphäre zurückgehen könnte, um dort eine Erholung der Ozonschicht einzuleiten. Prof. Newchurch von der University of Alabama hat mit einer kürzlich in den Medien zitierten und bei JGR erscheinenden Arbeit diese Auffassung gehörig erschüttert (*http://vortex.nsstc.uah.edu/atmchem/recent_events/upperstrat03_recovery.html*). Seine Analyse zeigt zwar bis 1998 den bekannten starken Rückgang in der oberen Stratosphäre um etwa 7% pro Jahrzehnt. Dieser Rückgang scheint sich aber zuletzt nicht mehr fortgesetzt zu haben.

Auch der Deutsche Wetterdienst misst seit 1987 auf dem Hohenpeißenberg mit einem Laser-Radar (LIDAR) hochgenaue Ozonprofile bis in Höhen von 50 km. Diese Daten scheinen Newchurch's Ergebnisse zu bestätigen (Abb. 1). Auch über dem Hohenpeißenberg haben die Ozonwerte seit 1987 um rund 7% pro Jahrzehnt abgenommen. In den letzten Jahren liegen die Daten von HALOE (grau) oder dem Hohenpeißenberger Lidar (rot, blau) aber in der Regel oberhalb der grauen Trend-Geraden. Dies wird von Newchurch als erstes Anzeichen einer Erholung der Ozonschicht gewertet.

Die höheren Werte der letzten Jahre könnten aber auch eine Folge des gerade vergangenen Maximums der Sonnenaktivität (2000 bis 2003) sein. Newchurch hat zwar versucht, Beiträge des Sonnenzyklus und der quasi-zweijährigen Oszillation (QBO, Bulletin Nr. 60) von der Ozonzeitreihe abzuziehen. Die eingehendere Untersuchung der Hohenpeißenberger Reihe zeigt aber, daß hier deutliche Unsicherheiten bestehen: Während die rote Kurve seit 1997 in etwa konstante und Anfang 2003 besonders hohe Werte zeigt, erkennt man bei der blauen Kurve, wo die Beiträge von QBO und Sonnenzyklus aus den Lidardaten eliminiert wurden, eine stetige, fast lineare Abnahme von 1987 bis 2003. Eine „Trendwende" ist bei der blauen Kurve kaum mehr erkennbar.

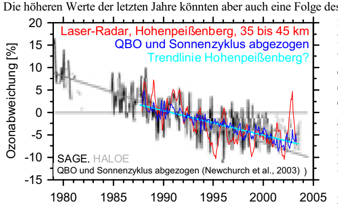


Abb. 1: Ozongehalt zwischen 35 und 45 km Höhe aus Hohenpeißenberger Lidarmessungen nach Abzug des mittleren Jahresgangs (rot), sowie nach Abzug der Auswirkungen von QBO und 11-jährigem Sonnenzyklus (blau). Die Kurven wurden über 5 Monate gleitend gemittelt. Bei den hinterlegten Ergebnissen von Newchurch et al., (JGR, 2003) sind mittlerer Jahresgang, QBO und Sonnenzyklus ebenfalls abgezogen.

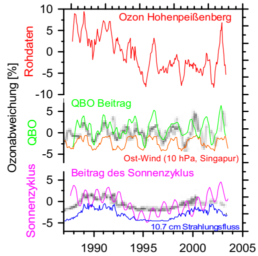


Abb. 2: Oben: Ozongehalt wie in Abb. 1. Mitte: Beitrag der QBO (grün); Zonalwind in 10 hPa über dem Äquator (rot, Ostwind = positiv, Daten von B. Naujokat, FU Berlin). Unten: Beitrag des 11-jährigen Sonnenzyklus (magenta); Solarer Strahlungsfluss bei 10.7 cm (blau). Newchurch's Abschätzungen für SAGE und HALOE sind hinterlegt (schwarz und

Es kommt demnach stark auf die Beiträge von QBO und Sonnenzyklus an. Unsere Abschätzung des QBO Beitrags (Abb. 2, grün) stimmt sehr gut mit der von Newchurch (grau, schwarz) überein. Sie ergibt sich, wie bei Newchurch, als Summe harmonischer Schwingungen mit Perioden bei 28, 21 und 8.4 Monaten (QBO Grundfrequenz, sowie Differenz und Summen-Frequenz mit der Jahresperiode). Mit einer einfachen Kurve, wie dem Wind in 10 hPa (rot), ist dagegen der variable QBO Beitrag nur schlecht darstellbar.

Auch der Beitrag des Sonnenzyklus wurde als Summe harmonischer Schwingungen mit Perioden bei 11 und 5.5 Jahren und bei 13.2 Monaten (Grundfrequenz, 1. Harmonische und Differenz-Frequenz mit Jahresperiode) dargestellt (magenta). Hier unterscheiden wir uns von Newchurch, der den solaren Strahlungsfluss bei 10.7 cm (blau) für die Abschätzung des Sonnenzyklus-Beitrags verwendet (grau, schwarz). Unsere Abschätzung hat eine größere Amplitude und einen deutlichen Jahresgang. Vor allem könnte sie die hohen Werte der letzten Jahre erklären. Zeitpunkt und Größe der Ozon-Maxima und Minima wird bei uns nicht exakt durch den 10.7 cm-Fluss vorgegeben. Ein Jahresgang ist vorhanden. Das ist auch realistisch, denn der 10.7 cm Fluss ist nur eine beschreibende Größe. Die Atmosphäre könnte durchaus unterschiedlich stark, sowie früher oder später, auf den einen oder anderen Sonnenzyklus reagieren.

Insgesamt bestätigen die Hohenpeißenberger Lidarmessungen die SAGE und HALOE Satellitendaten. Newchurch's „Trendwende" hängt aber stark davon ab, wie die Ozonschicht auf das gerade zu Ende gehende Maximum des 11-jährigen Sonnenzyklus reagiert. Klarheit können wir erst in etwa 5 Jahren erwarten, zum Ende des jetzt beginnenden Minimums. In keinem Fall bedeutet eine „Trendwende" in 40 km Höhe, wo sich nur sehr wenig Ozon befindet, auch ein Ende der Ozonprobleme in der unteren Stratosphäre, wo das meiste Ozon ist. Dort können Klimaänderung und weiter zunehmende Brom-Konzentrationen der Ozonschicht auch in Zukunft zusetzen.

W. Steinbrecht und H. Claude, Met. Obs. Hohenpeißenberg, Deutscher Wetterdienst

Monatsstatistik Gesamt-Ozon für Mai/Juni 2003

Unternormale Ozonschichtdicken an nahezu allen Stationen spiegeln insbesondere im Juni (-8% in Arosa und Uccle) die extrem sommerliche Witterung in Mitteleuropa in diesen beiden Monaten wider.

Station	Mittel 05/06.2003	langjährige Mittel	Max.	Jahre	Min.	Jahre	Sigma
Hohenpeißenberg	349/328	359/346	395/370	80/69	327/317	97/00	±17,0/13,
Arosa (CH)	339/317	361/344	411/382	41/40	319/312	97/00	±15,2/11,
Hradec Kralove (CZ)	349/335	366/352	396/374	80/84	334/325	02/00	±15,7/14,

Nr. 35 Juli 2006

Global Atmosphere Watch

GAW Brief des Deutschen Wetterdienstes

Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

Allgemein · Klima · Strahlung · Treibhausgase · Spurengase · Aerosol · Niederschlag · Analysen · Trends · Ursachen

Bodennahes Ozon im Juli 2006

Stefan Gilge, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

Bodennahes Ozon (O_3) ist ein sogenanntes sekundäres Spurengas; d.h. es wird nicht direkt in die Troposphäre emittiert, sondern durch Vorläufersubstanzen – Kohlenwasserstoffe und Stickoxide – in Gegenwart von Sonnenlicht gebildet. In höheren Konzentrationen wirkt O_3 toxisch. EG-weit sind Grenzwerte für Ozon eingeführt worden, bei deren Überschreitung bestimmte Maßnahmen eingeleitet werden. Die erste Stufe ist der "Vorsorgewert" von 180 µg/m³ (≈ 90 ppb), bei dessen Überschreitung die Bevölkerung informiert wird und auf Ozon sensibel reagierende Personen körperliche Anstrengungen im Freien vermeiden sollten.

Da Ozon photochemisch erzeugt wird, ist besonders im Sommer mit erhöhten O_3-Mischungsverhältnissen zu rechnen. Die Lufttemperatur wird ebenfalls maßgeblich von der Sonneneinstrahlung bestimmt. Somit sind Ozon und Temperatur gut korreliert.

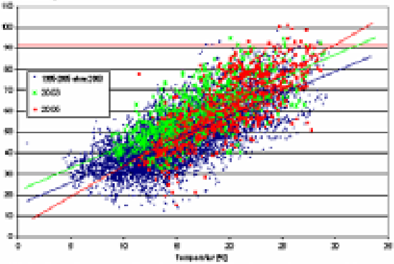


Abb. 1: Ozon-Temperatur-Korrelationen für Stundenmittelwerte im Juli am Meteorologischen Observatorium Hohenpeissenberg (MOHp) mit jeweiligen linearen Regressionen

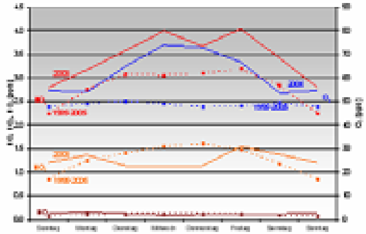


Abb. 2: Mittlerer Wochengang der O_3 (blau), NO (braun), NO_2 (orange) und NO_y (rot) Mischungsverhältnisse am MOHp im Juli.

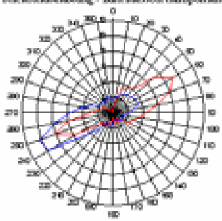
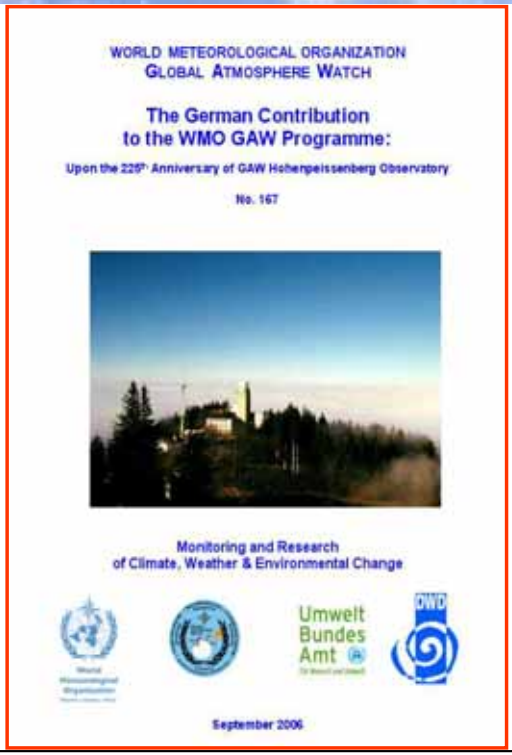


Abb. 3: Prozentuale Windrichtungshäufigkeitsverteilung am MOHp im Juli für die Jahre 1995 bis 2005 (blau) und 2006 (rot) in 10 Grad Intervallen.

www.dwd.de/gaw



GAW Report No. 167

WMO TD No. 1336

225 Jahre Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
Deutscher Wetterdienst

Geschichte der Meteorologie in Deutschland

7

Hohenpeißenberg 1781 - 2006
- das älteste Bergobservatorium der Welt

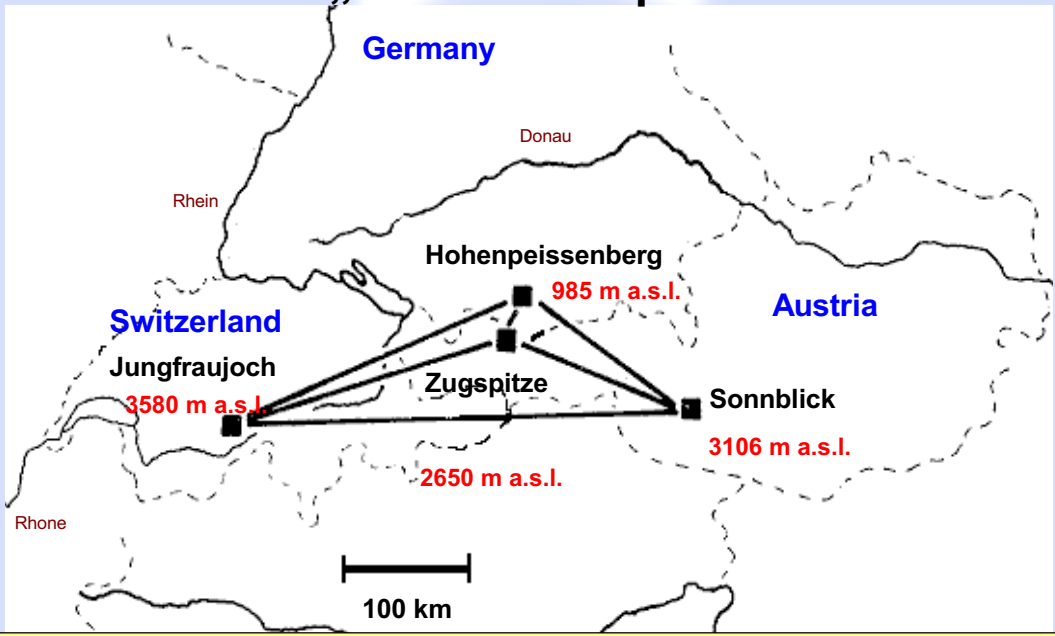
von
Peter Winkler

Offenbach am Main 2006
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Observatory present and future needs:

- Continuity
- Innovation
- Homogeneous data records
- Research at the site
- Data quality
- Documentation
- Contribute to earth observation systems
- International co-operation

The „DACH“ co-operation



Background air pollution data representative of the Alpine region

Ozone satellite application facility (Ozone-SAF):

Validation of ozone satellite data with Hohenpeissenberg ozone data in the frame of EUMETSAT

Co-ordination: FMI Helsinki

GEMS: A European programme for making "Chemical Weather Forecasts" operational

Global and regional Earth-system Monitoring using Satellite and in-situ data

Long-term modelling of air quality (input: satellite data) and improvement of weather forecast (e.g. radiation, precipitation)

Role of DWD as GEMS partner: Validation of model forecasts using ground-based measurements (Global Atmosphere Watch and other networks)

Co-ordination: ECMWF www.ecmwf.int/research/EU_projects/GEMS/

Thank you!

Deutscher Wetterdienst
Global Atmosphere Watch

Component	Method	Type/Manufacturer	Time Resolution	Status	Calibration
O_3 at ground level	UV absorption	TECO 49 C	10 min	operational	1 / month with transfer standard
O_3 at ground level	UV absorption	TECO 49 C	10 min	operational (backup)	Teco 49PS
O_3 at ground level	Chemoluminescence	UPK (Bendix)	10 min	operational	(US O_3 transfer standard)
O_3 at ground level	Electrochem./KI	self-built	10 min	operational	
O_3 sonde	Electrochem./KI	Brewer-Mast / Mast-Keystone	2-3 / week	operational	normalisation with total ozone
O_3 column	Spectrometry	Dobson #104	sunny cond. on workdays	operational	every 4 years against regional standard #64 at MOHp
O_3 column	Spectrometry	Brewer #010	sunny cond.	operational	1 / year against travelling standard #17
UV radiation	Spectrometry	Brewer #010	30 min	operational	2 / year with 1000W quartz halogen lamp
O_3 column	Filter	Microtops II / Solar Light	sunny cond.	operational (backup)	against Dobson
O_3 profile stratosphere	Differential absorp. lidar	XeCl excimer laser, self-built	1 / clear night	operational	self-calibrating
SO_2	Fluorescence	TE 43 C TL	10 min	operational	1 / week with calibration gas
CO	Gas filter correlation / cat. zero air generation	TE 48 S / self-built	10 min	operational	(Messer Griesheim), dilution with MFC´s
NO	Chemoluminescence	ECO-Physics CLD 770AL ppt	10 min	operational	Every 2nd day with calibration gas (MG) / MFC´s
NO	CrO_3 converter / chemoluminescence	Scintrex / Unisys Luminox LMA 3	10 min	operational (backup)	1 / week with calibration gas / MFC´s
NO_2	Photolysis converter / chemoluminescence	ECO-Physics PLC / CLD	10 min	operational	Every 2nd day by gas phase titration (GPT)

Deutscher Wetterdienst
Global Atmosphere Watch

NO_2	Chemoluminescence	Scintrex / Unisys Luminox LMA 3	10 min	operational (backup)	1 / week with GPT
NO_y	Au converter / chemoluminescence	self-built	10 min	operational	Every 2nd day with GPT and permeation source
PAN	GC / ECD	Meteorologie-Consult	6 / hour	operational	1/week with acetone photolysis, GPT and dilution with MFC
H_2O_2 & ROOH	Enzyme catalysed fluorescence	Aero-Laser / self-built	10 min	operational	2 / week liquid calibration 1 / month gas phase calibration
NH_3	NO chemiluminescence after catalytic conversion	ECO Physics CLD 88 CYP	10 min	test phase	Calibration gas (MG) / liquid calibration
HNO_3	Diffusion scrubber / IC(?)			planned	Permeation source
HCHO	GC			planned	
VOC (C_2-C_8)	GC / FID and ECD and PFPD	Varian Saturn 3600 / self-built	1-6 / day	operational	Gas phase standard / intercomparisons
VOC (C_6-C_{16})	GC / FID and MS	Varian Saturn 3400 / self-built	1-6 / day	operational	Gas & liquid standards / intercomparisons
Gaseous H_2SO_4	Chemical ionisation mass spectrom. (CIMS)	self-built (modified after Eisele)	10 min	operational	Internal factor / with OH
OH			10 min	operational	Optical
Condensation nuclei	Optical	TSI 3025A (> 3 nm)	10 min	operational	Test aerosol
Condensation nuclei	Optical	TSI 7610 (> 10 nm)	10 min	operational	Test aerosol
Black carbon (BC)	Optical	Aethalometer / GIV	10 min	operational	Reduction to absolute calibration
Aerosol size distribution	Optical	PMT LAS-X 0.1 < d < 7.5 µm	3 / hour	operational	Test aerosol

PM 10	Frequency method	TEOM 1400 a	10 min	operational	Calibration filter
Light scattering coefficient	Optical	Nephelometer (TSI 3563)	10 min	operational	CO_2 calibration gas
Rn – 222	Aerosol beta activity	Tracerlab WLM-Plus/ASF-200	1 hour	operational	by manufacturer
Turbidity	Optical	SP 2 H / PFR	10 min	operational	in Potsdam / Davos
Chem. comp. of aerosol (4 size ranges)	Impactor	Berner-Impactor LPI 80/0.20/3.11/	1 / day	operational	Air flow measurement / IC-standard; comp. with other systems
Anions in precipitation (wet only)	Ion chromatography	Dionex	1 /day	operational	Liquid standards / intercomparisons
Cations in precipitation (wet only)	Ion chromatography	Dionex	1 / day	operational	Liquid standards / intercomparisons
Heavy metals in precipitation	ICP - MS	by LfU – Augsburg	1/ week	operational	Liquid standards / intercomparisons
j NO_2	Filter radiometer	Meteorologie-Consult	10 min	operational	by manufacturer
j O_1D	Filter radiometer	Meteorologie-Consult	10 min	operational	US transfer standard
Global radiation	Pyranometer	Kipp&Zonen CM 11	10 min	operational	by National radiation centre Potsdam with nat. reference pyranometer, related to WRR
Diffuse radiation	Pyranometer with shadow disk	Kipp&Zonen CM 11	10 min	operational	by National radiation centre Potsdam by nat. reference pyranometer, related to WRR
Long-wave downward radiation	Pyrgeometer	Kipp&Zonen CG 4	10 min	operational	by National radiation centre Potsdam by comp-arison with PIR 30475 and with black body
Full set of meteorological data			10 min	operational	