

Forschung auf dem Jungfraujoch gestern und heute





Übersicht

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (MeteoSchweiz)
 - Sonne und Erdatmosphäre (Université de Liège)
 - Luftschadstoffe (Empa)
 - Aerosole (PSI)
- Touristen und Forschung
- Zusammenfassung



- Im 19. Jahrhundert fand ein Wandel statt: die Alpen wurden nicht mehr als Bedrohung, sondern als Naturschönheit empfunden,
 - damit begann auch die alpine Forschung
 - z.B. Expeditionen von Louis Agassiz im Gebiet des Unteraar- und Aletschgletschers (1838-1845).
 - der alpine Tourismus entwickelte sich: Bau von Hotels & Bahnen.
 - 1894 Konzession zum Bau der Jungfraubahn; verbunden mit der Verpflichtung die Forschung zu unterstützen!
 - 1896 Baubeginn der Jungfraubahn
 - 1912 die Strecke Kl. Scheidegg–Jungfraujoch wird eröffnet, und garantiert den ganzjährigen Zugang zum Hochgebirge.
- **1922** gründet die SNG (heute: SCNAT) die «**Schweizerische Kommission für die hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch**» — Präsident: **Alfred de Quervain** (1879-1927)



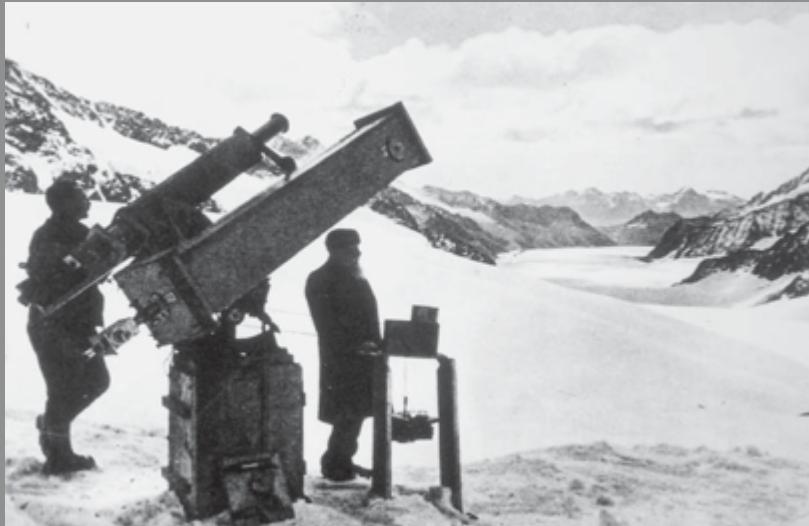
Nach Gründung der Kommission, aber vor Errichtung der Forschungsstation

- 1922-27 Astronomische Beobachtungen (Observ. Genf)
- 1925 Errichtung des

*«Meteorologischen
Pavillons»*
auf Jungfraujoch



- 1925-26 Expeditionen zur Untersuchung der kosmischen Strahlung auf Jungfraujoch und dem Mönchsgipfel



1922–1927 — Astronomische Beobachtungen auf Jungfraujoch von Prof. Schär (Obs. de Genève)



1925–1926 — Messungen der kosmischen Strahlung auf dem Mönchsgipfel



1933 — Spektrophotometrie der Sonne und der Sterne (D. Chalonge und D. Barbier)



Anfangs diente eine Schneehöhle am Mönch als wissenschaftliches Laboratorium



Tod von Alfred de Quervain (1879-1927) Gründung der Internationalen Stiftung HFSJ

- 1927 - nach Alfred de Quervains Tod wird Walter Rudolf Hess (Physiologe, Nobelpreis 1949) Präsident der Jungfraujoch Kommission
- 1930 - Unterzeichnung des Bauvertrags für die Forschungsstation
 - Gründung der Internationalen Stiftung «Hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch» (Präsident W.R. Hess), Erste Stiftungsmitglieder sind:
 - Deutschland Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft
 - Frankreich Université de Paris
 - Grossbritannien Royal Society
 - Österreich Akademie der Wissenschaften
 - Schweiz Schweiz. Naturforschende Gesellschaft
 - Belgien (1931) Fonds National de la Recherche Scientifique
 - Jungfraubahngesellschaft



1931 — Eröffnung der Forschungsstation

- Wissenschaftliche Arbeiten in den Gebieten
 - Physiologie
 - Meteorologie
 - Glaziologie
 - Strahlungsforschung
 - Astronomie und
 - Kosmische Strahlung

1937 — Sphinxgebäude fertig gestellt



Forschungsstation

1931 — Die Forschungsstation neben dem damaligen Hotel Berghaus



Heute — Touristenrestaurant, Forschungsstation und Sphinxobservatorium



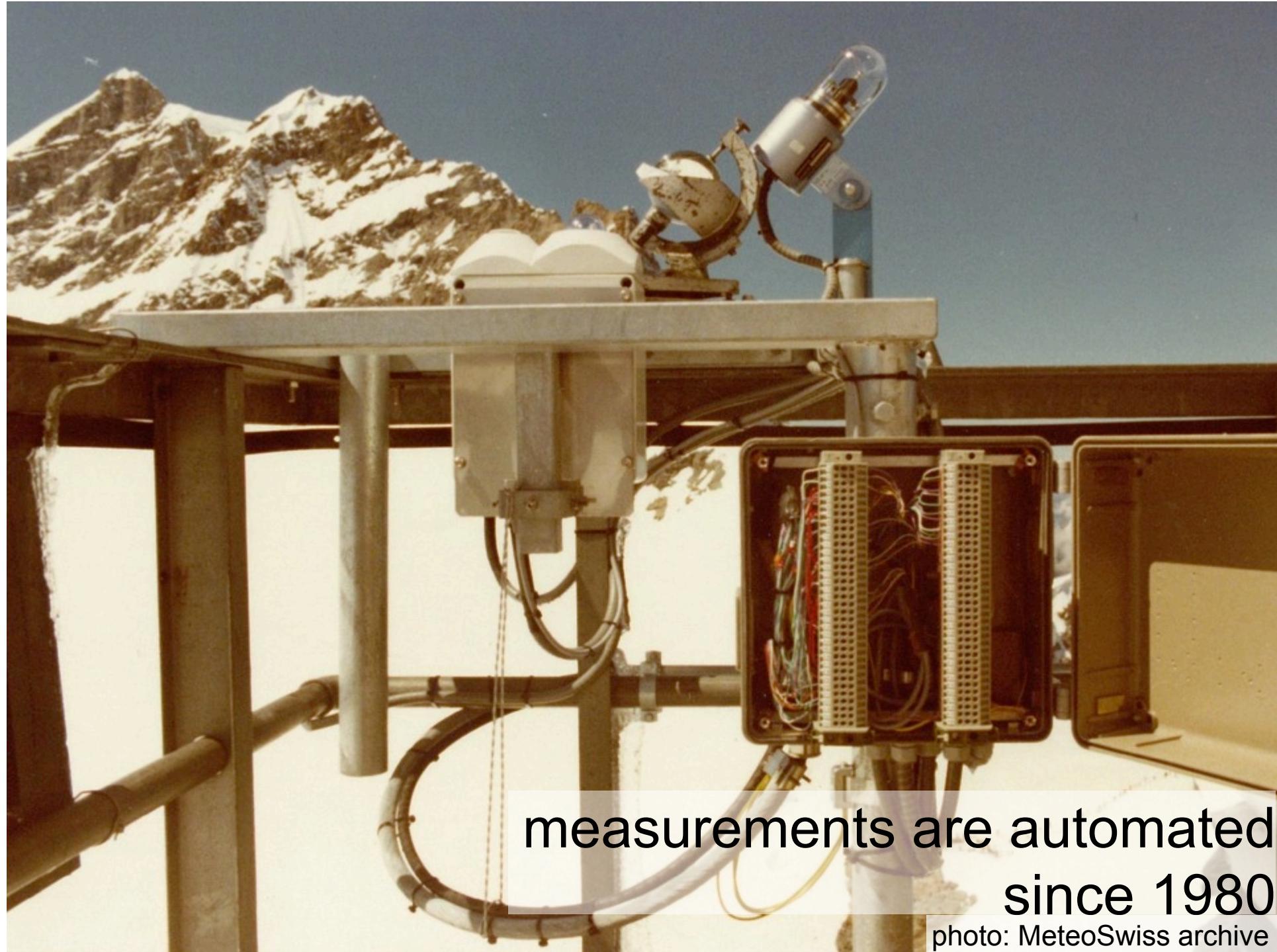
Inhalt

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (Wettersituation, Klima Archiv)
 - Sonne und Erdatmosphäre (früher & laufender globaler Nachweis)
 - Luftschadstoffe (lokaler Nachweis und geographische Überwachung)
 - Aerosole (Atmosphärenchemie, Wolkenphysik)
- Touristen und Forschung (ein Balanceakt)
- Zusammenfassung



Meteorological observations
since the 1930s

photo: MeteoSwiss archive

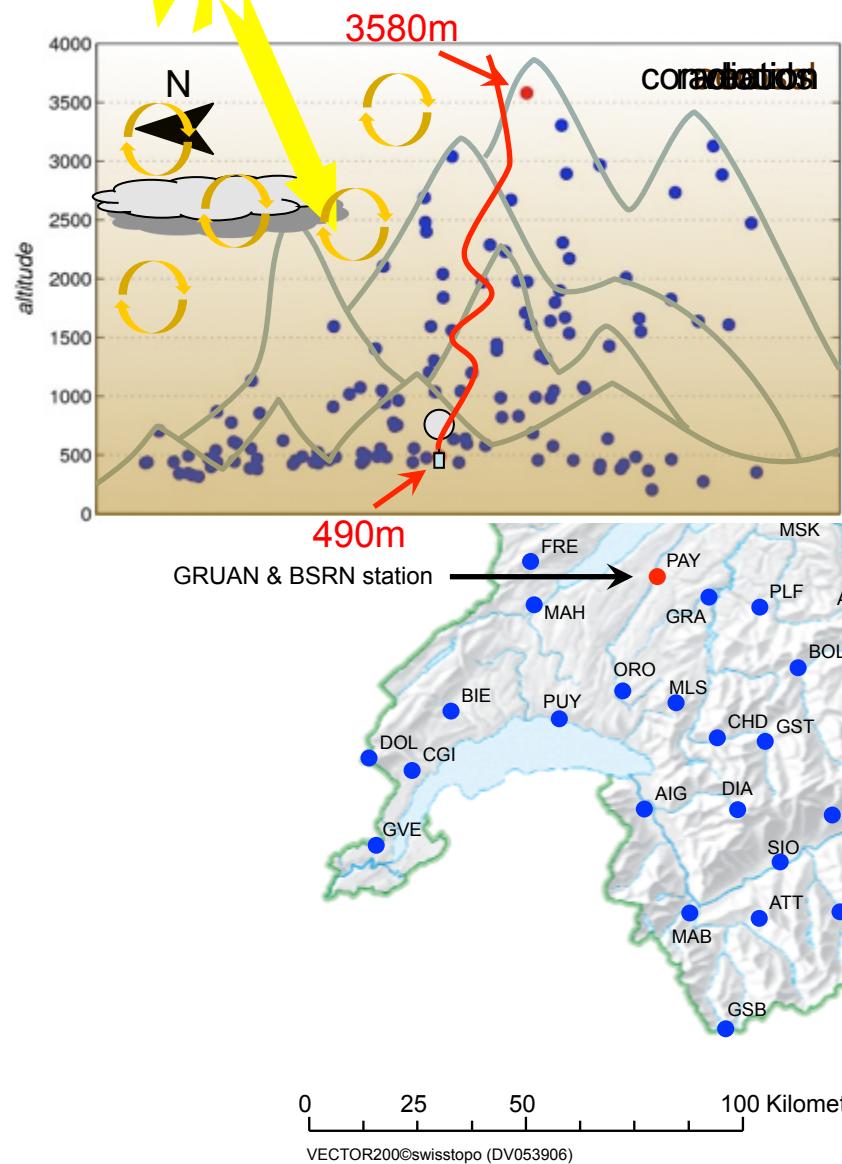


measurements are automated
since 1980

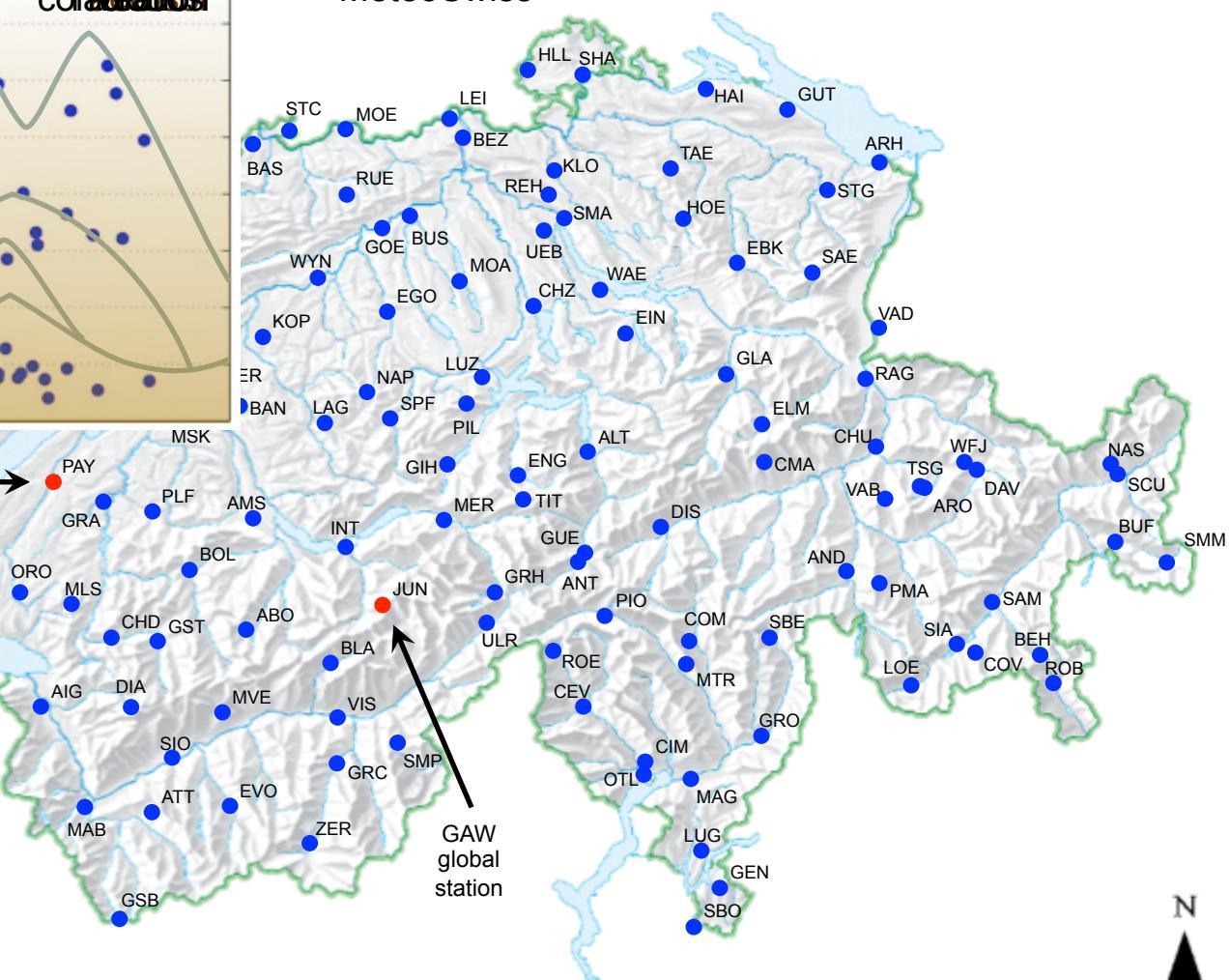
photo: MeteoSwiss archive



Strength in combining information



Vuilleumier, L., Félix, C. & Collaud Coen, M.,
MeteoSwiss

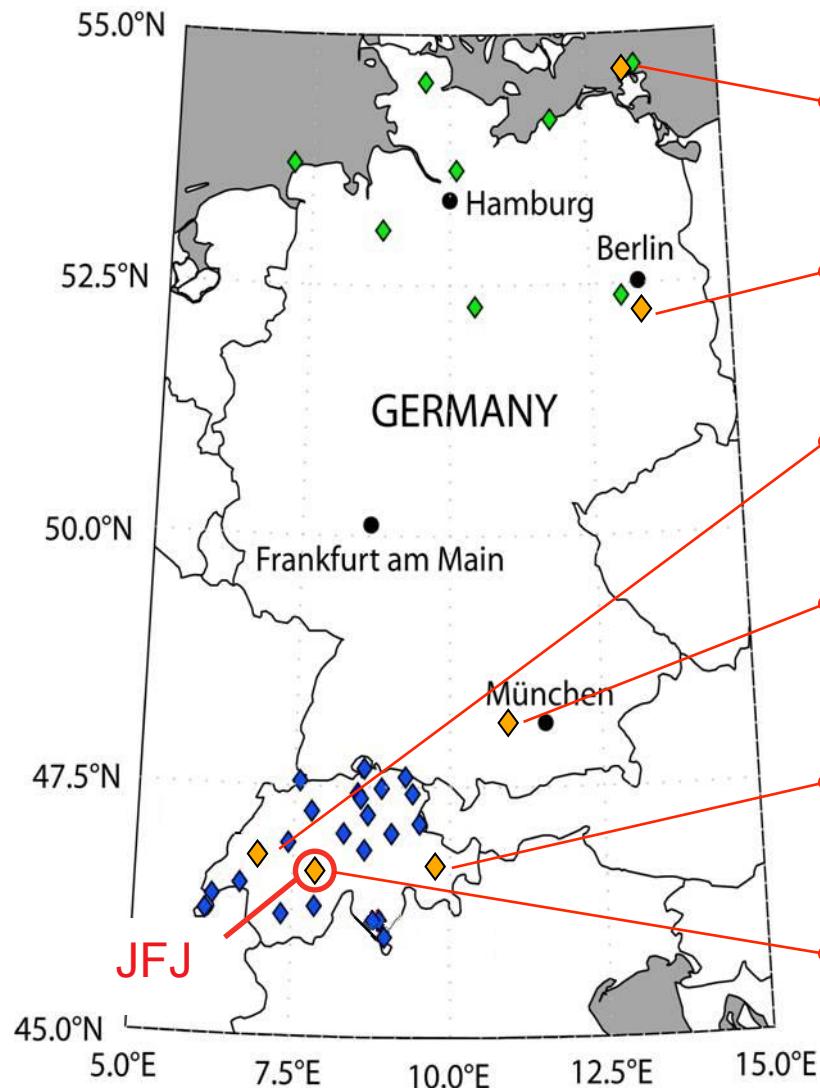


Automated Swiss Meteorological Network stations

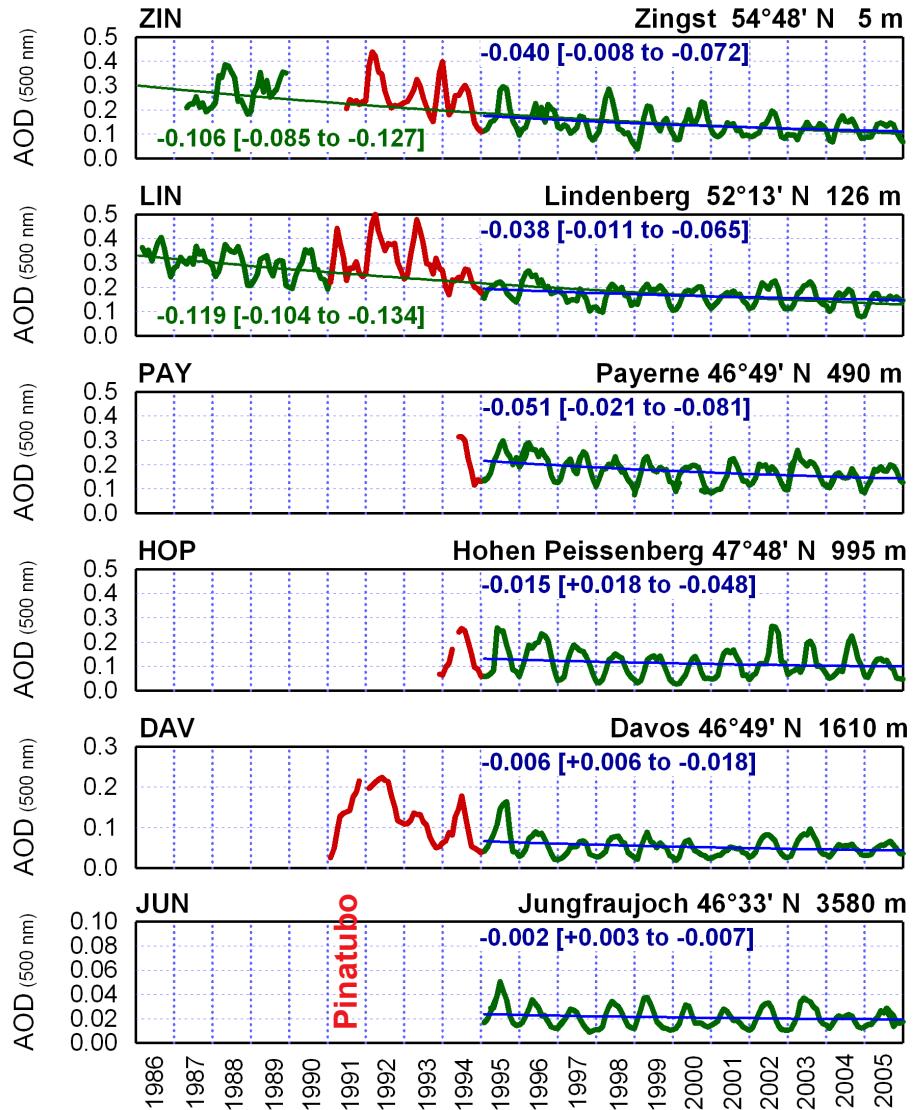


Aerosol Optical Depth (AOD)

Long-term AOD time series in Europe



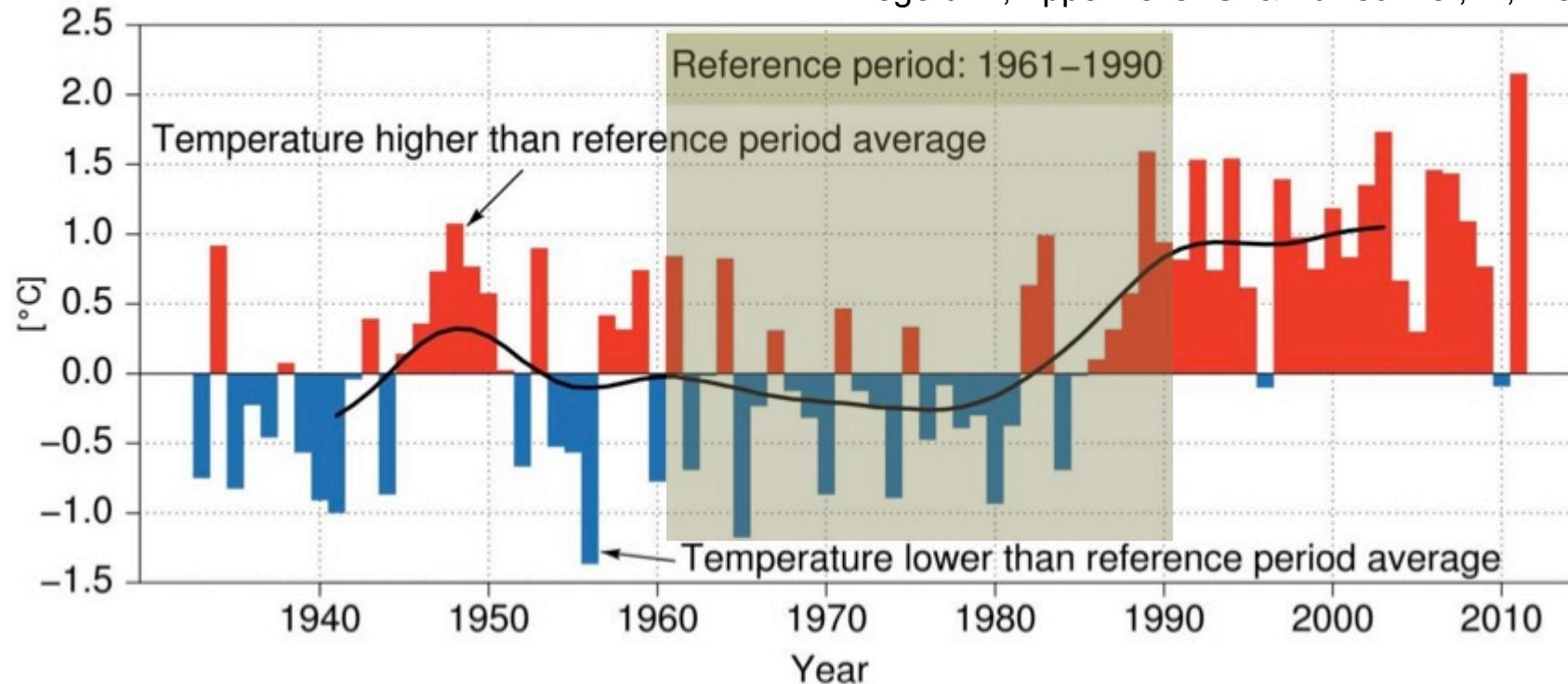
Ruckstuhl, C., Philipona, R. & Vuilleumier, L., MeteoSwiss





Long term climatological record obtained at Jungfraujoch

Begert M., Appenzeller C. & Vuilleumier, L., MeteoSwiss



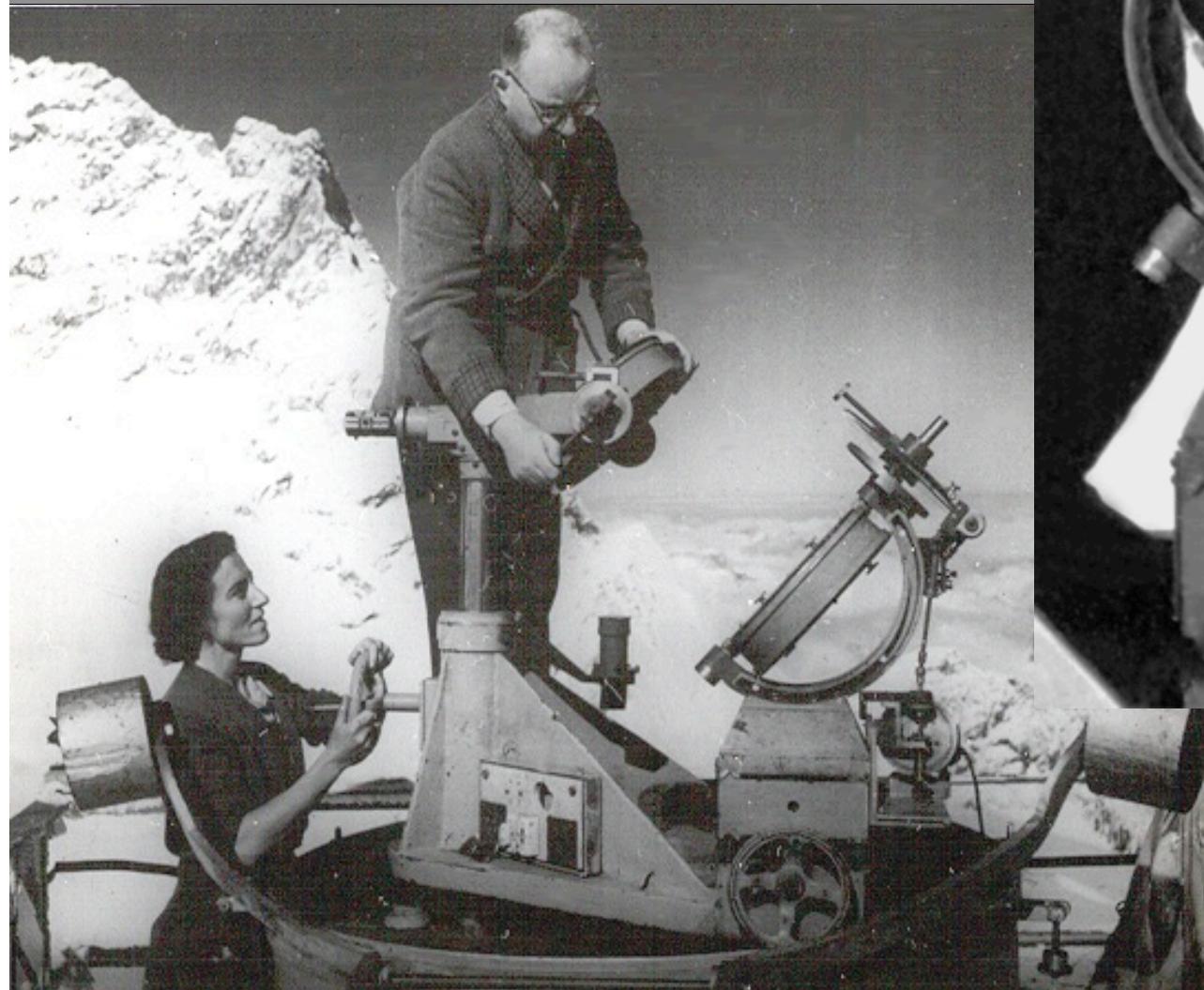
- since 1933: temperature increased by ~ 1.4 °C
- since 1961: 60 % more days with $T > 0$ °C
(during 24h)



Inhalt

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (Klima Archiv, Wettersituation)
 - Sonne und Erdatmosphäre (früher & laufender globaler Nachweis)
 - Luftschadstoffe (lokaler Nachweis und geographische Überwachung)
 - Aerosole (Atmosphärenchemie, Wolkenphysik)
- Touristen und Forschung (ein Balanceakt)
- Zusammenfassung

First measurements by the Liège Group



in 1950

“ It will be very interesting to systematically record telluric bands due to CH₄, N₂O and CO in view to study or detect intensity variations with time”.

Marcel Migeotte, 1951

In: “Zwanzig Jahre Hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch”
Editor : A. von Muralt
Verlag Stämpfli & Cie, Bern, 1951

... a visionary

Molecules identified in solar infrared high-resolution spectra

Major greenhouse gases: H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O

Ozone

Halogen compounds: CCl_3F , CCl_2F_2 , CHClF_2 , CH_3Cl , CCl_4 ,
 CF_4 , HCl , HF , ClONO_2 , COF_2 , SF_6

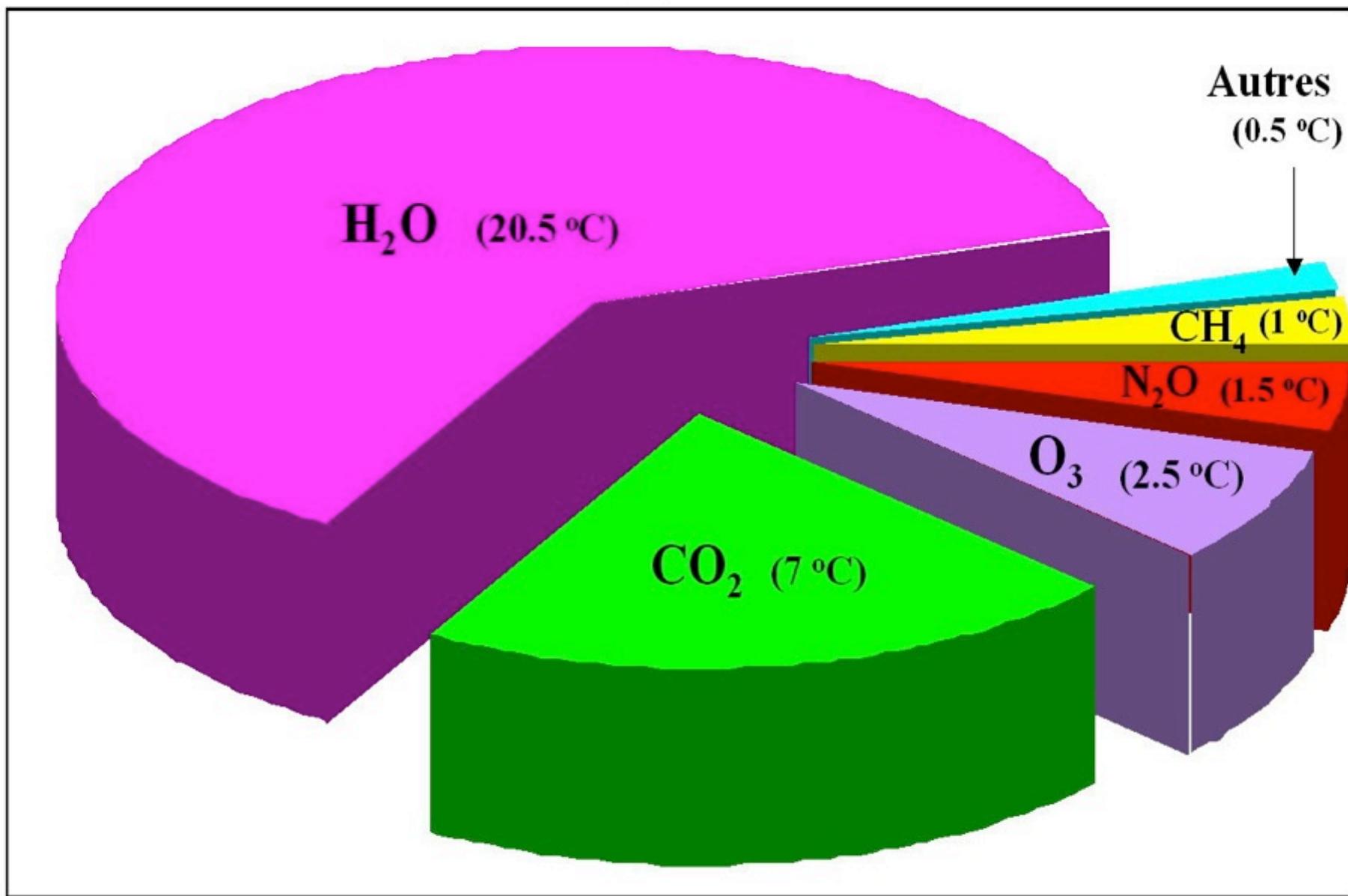
Nitrogen compounds: N_2 , NO , NO_2 , HNO_3 , HNO_4

Organic compounds: CO , CH_3OH , C_2H_2 , C_2H_6 , C_2H_4 , HCN ,
 H_2CO_2 , H_2CO , OCS

Many isotopic forms of H_2O , CH_4 , CO , O_3 , HCl ...

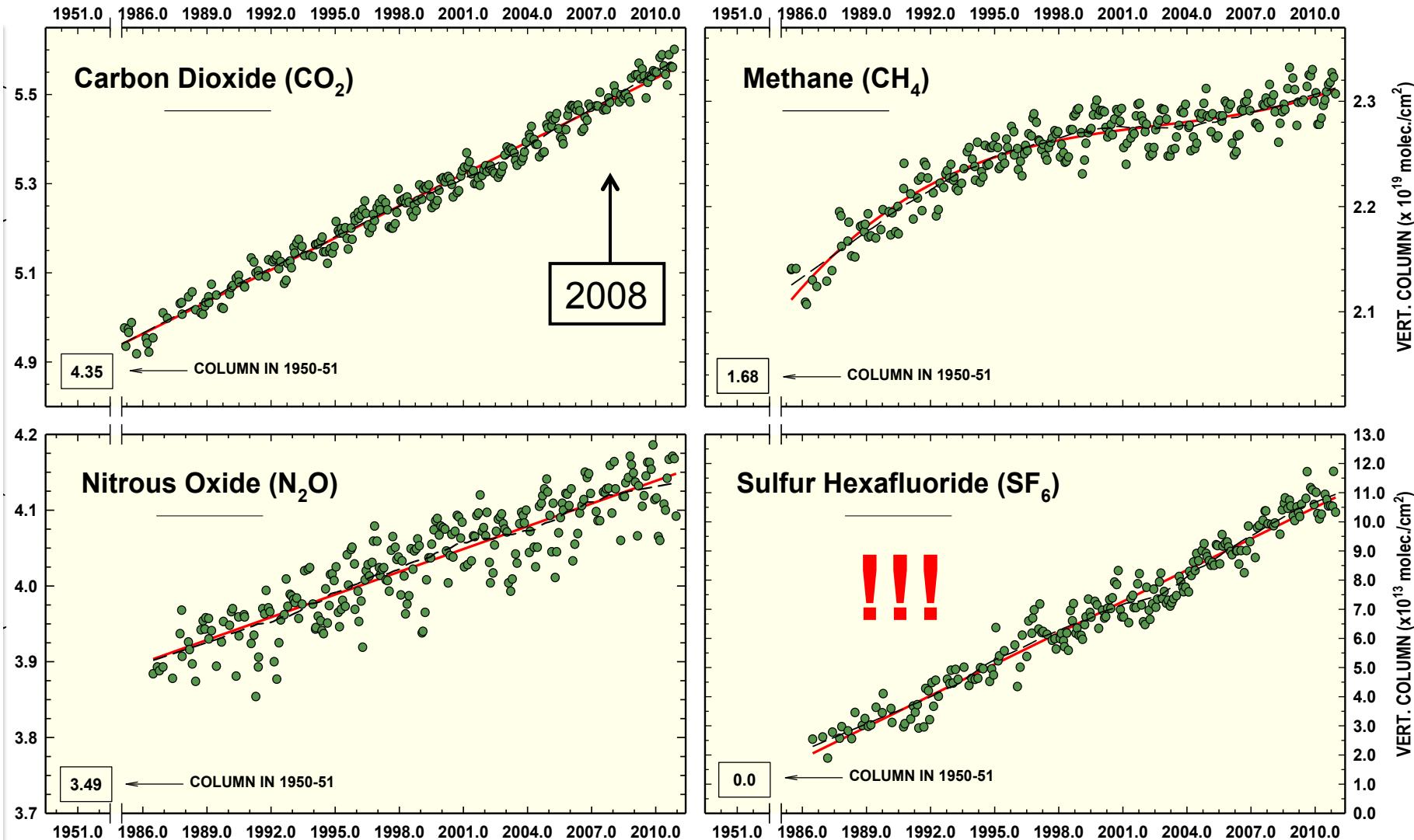
Today, Jungfraujoch is a prime site of two global networks
– NDSC (stratospheric change) and NDSC (atmospheric composition change) –
and continuously monitors the abundance
of these molecules in the terrestrial atmosphere.

Contributions to the Greenhouse Effect



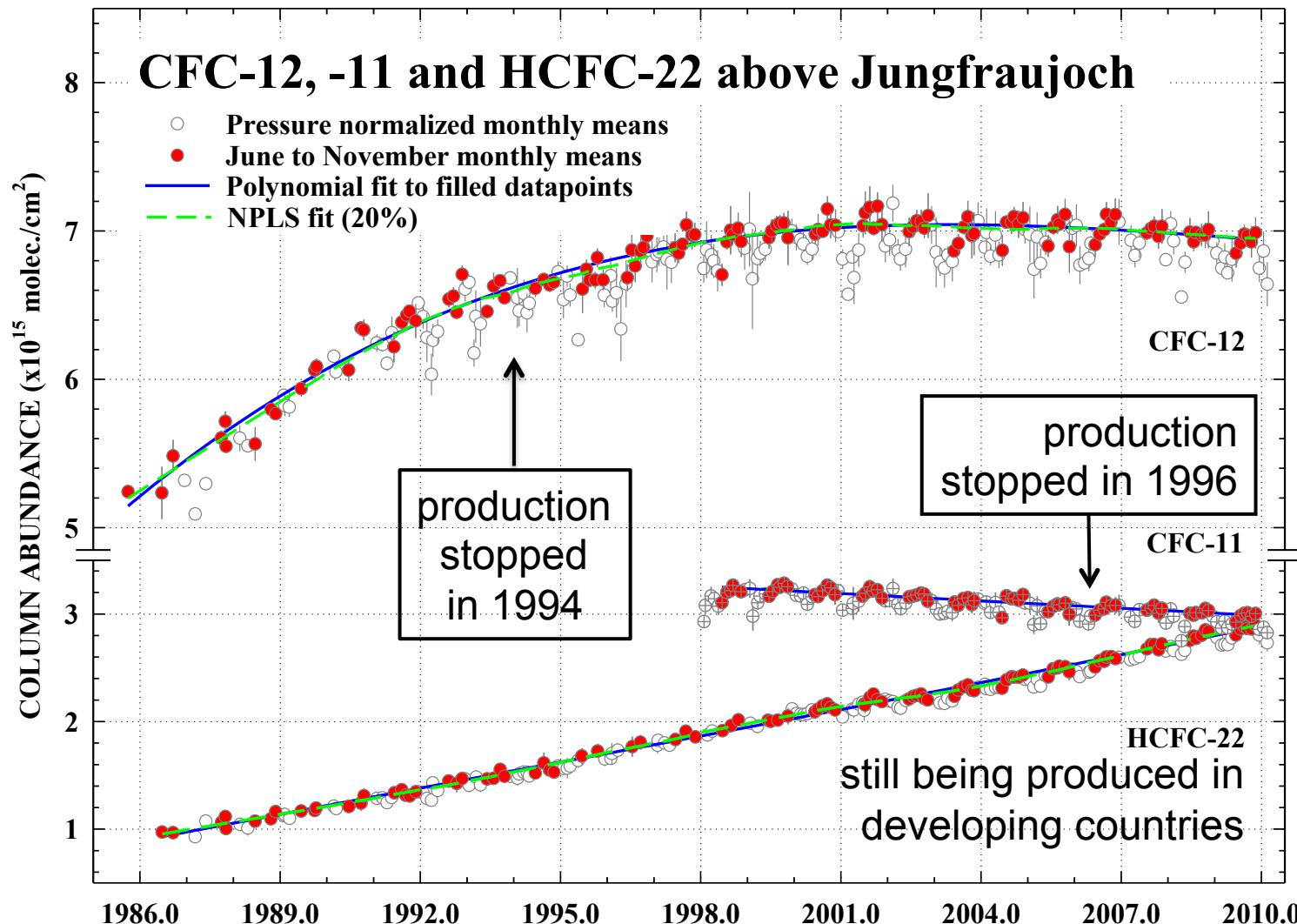
Greenhouse Gases: Kyoto Protocol, in force since 2008, requires that greenhouse-gas emissions go 5.2 % below those of 1990.

Trends observed at Jungfraujoch



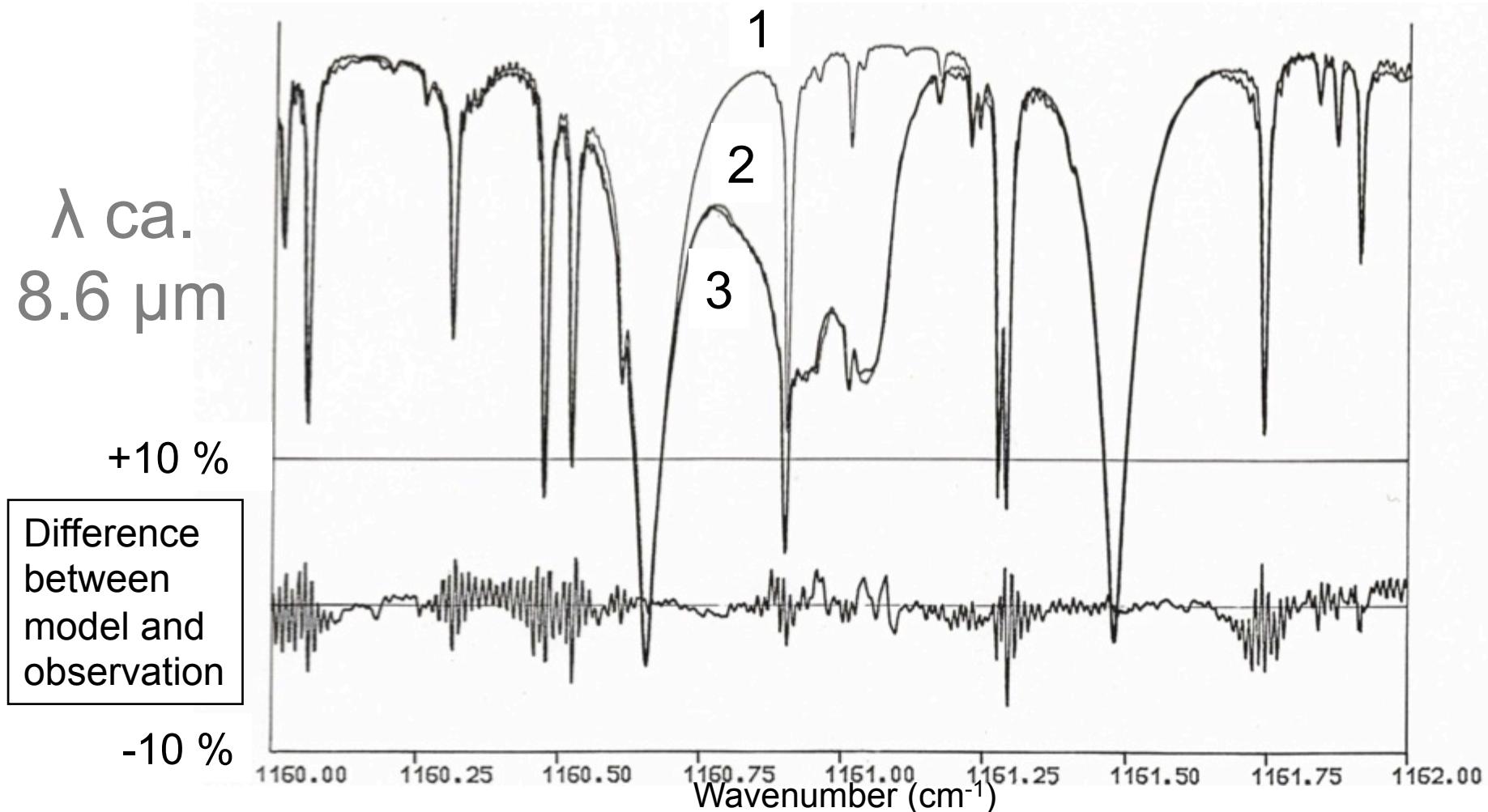
Ozone: the Montreal Protocol, in force since 1989, concerns ozone destroying molecules ('Freon').

Trends observed at Jungfraujoch



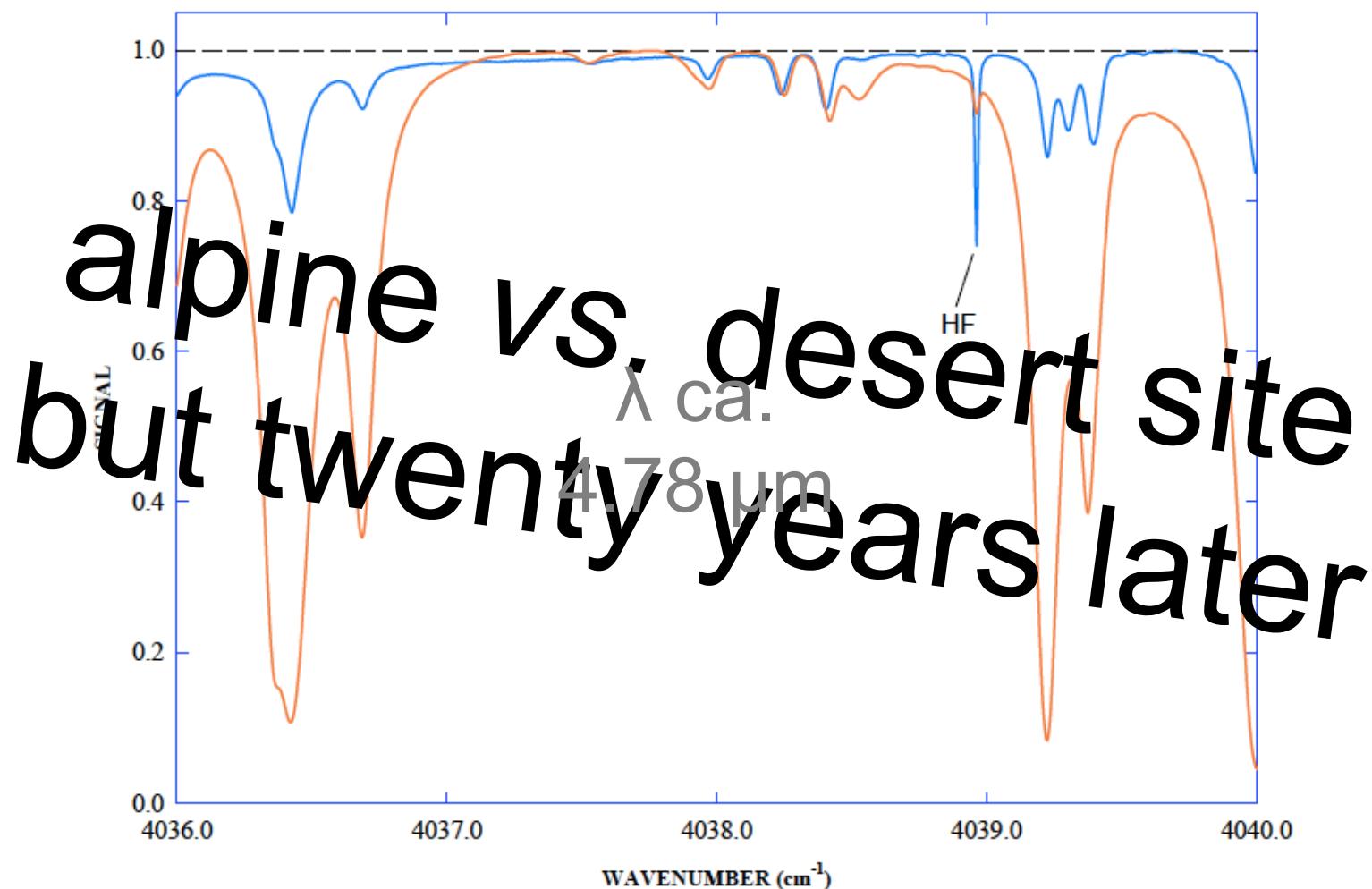
How to identify and determine the Freon contribution?

- 1 – Solar atmosphere model without absorption by CF_2Cl_2
- 2 – Solar atmosphere model with telluric CF_2Cl_2 absorption
- 3 – Spectrum observed on Jungfraujoch



Water in the terrestrial atmosphere:

blue Jungfraujoch, atm. water content = 0.7 mm Hg, April 2000
orange Kitt Peak AZ, atm. water content = 5.8 mm Hg, Oct. 1979





Inhalt

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (Klima Archiv, Wettersituation)
 - Sonne und Erdatmosphäre (früher & laufender globaler Nachweis)
 - Luftschadstoffe (lokaler Nachweis und geographische Überwachung)
 - Aerosole (Atmosphärenchemie, Wolkenphysik)
- Touristen und Forschung (ein Balanceakt)
- Zusammenfassung

Research Station Jungfraujoch

— far above and far away from local air polluters —

- 
- long-term continuous measurements allow to
- detect changes in the composition of the air
 - assess trends in air pollution
 - investigate the long-range transport of trace gases
 - verify European greenhouse gas emissions

© R. Lorenzo

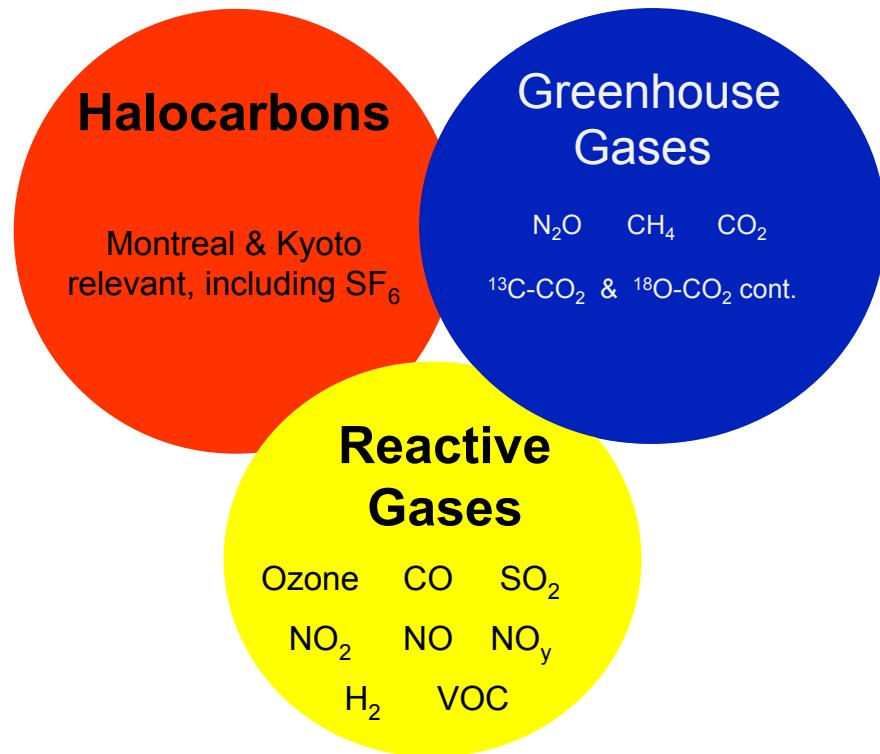
Air inlet



Comprehensive Measurement Programme on Jungfraujoch

Isotopic Composition of Reactive Gases & Greenhouse Gases

More than 70 continuous time-series



Montreal & Kyoto
relevant, including SF₆

Greenhouse
Gases

N₂O CH₄ CO₂

¹³C-CO₂ & ¹⁸O-CO₂ cont.

Reactive
Gases

Ozone CO SO₂

NO₂ NO NO_y

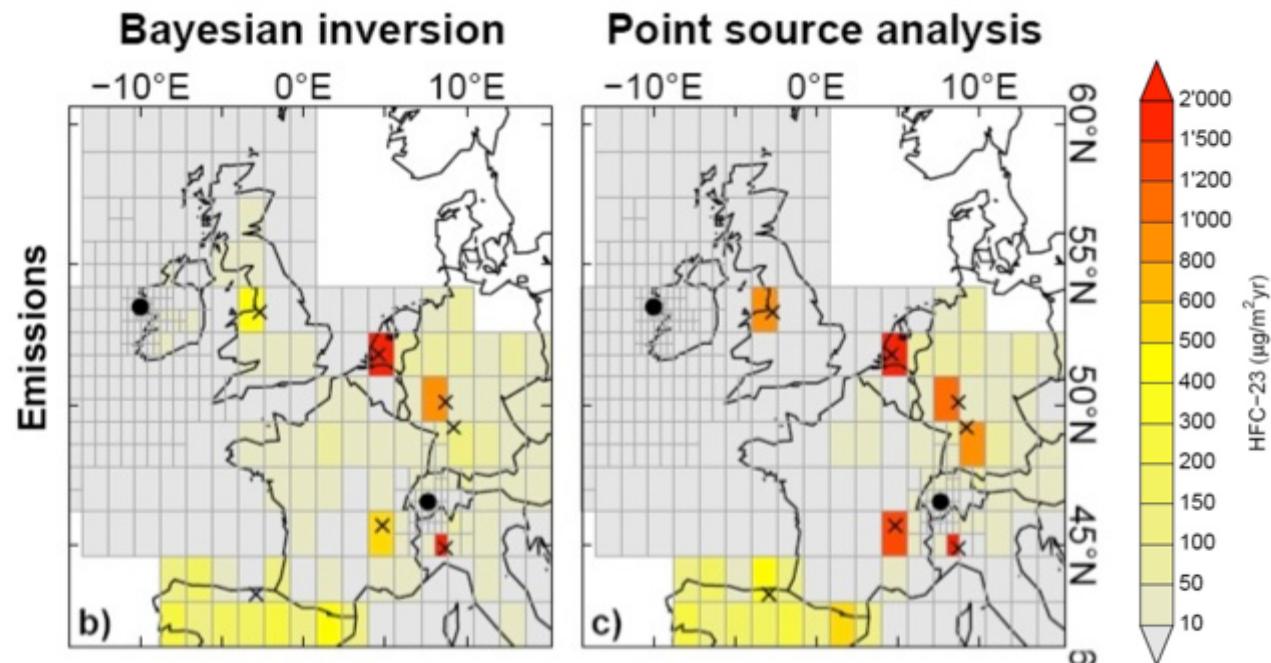
H₂ VOC

NABEL & Halclim & AGAGE: Empa & BAFU



Source Identification and Quantification

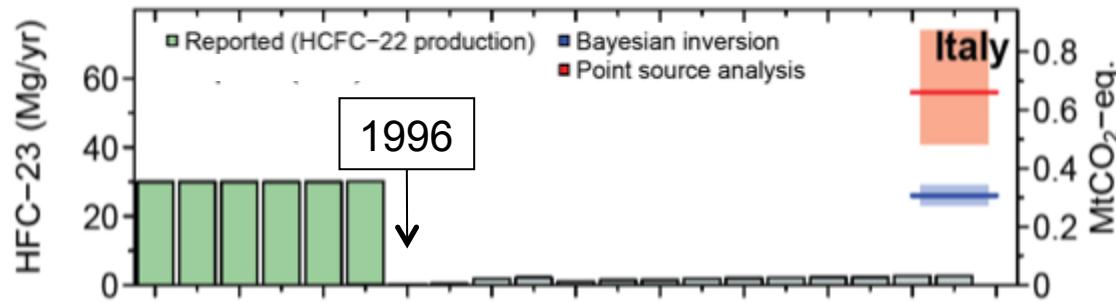
long-term continuous observations combined with model calculations



HFC-23

Source
Identification

Source
Quantification

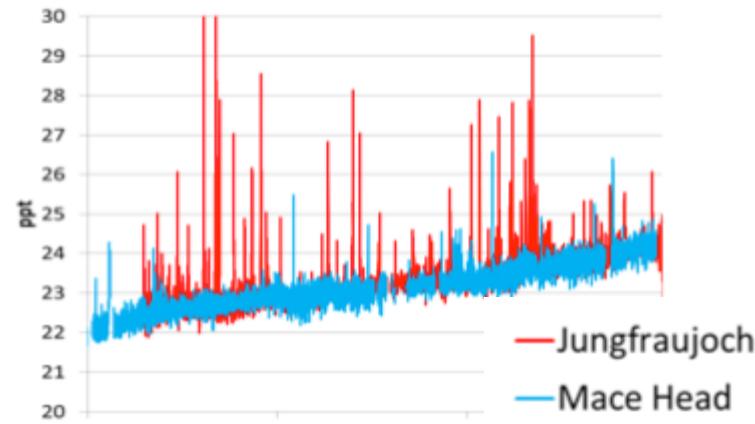


Independent
Verification of
Emissions

Keller et al. 2011, Geophys. Res. Lett.

Research at Jungfraujoch supports policy

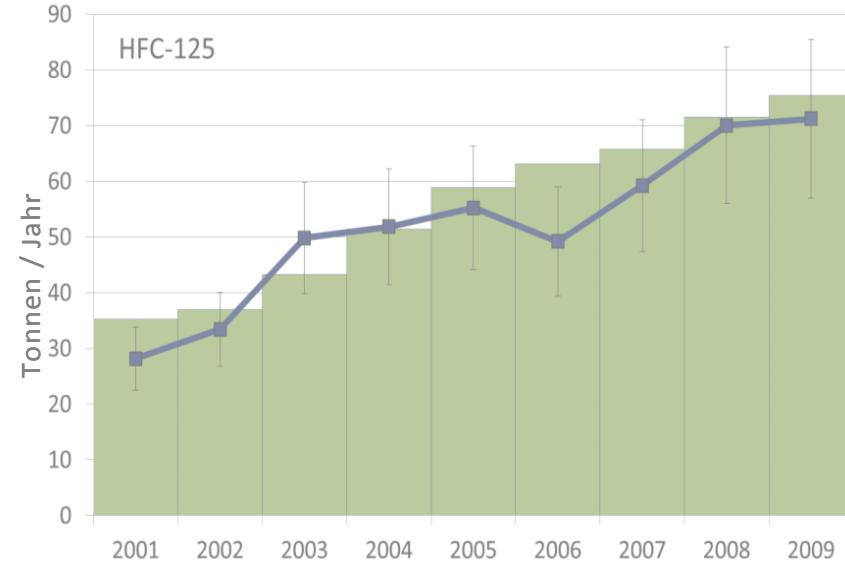
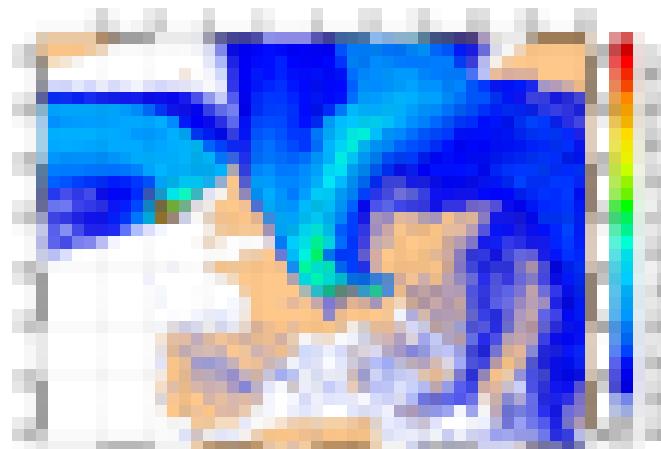
Time Series



HFC-23 = By-product of HFC-22 synthesis

+

Models



Swiss inventory
 Modelled Emission based on measurements



UNFCCC
Scientific and Technological Advice
(SBSTA)
Bonn, Mai 2012

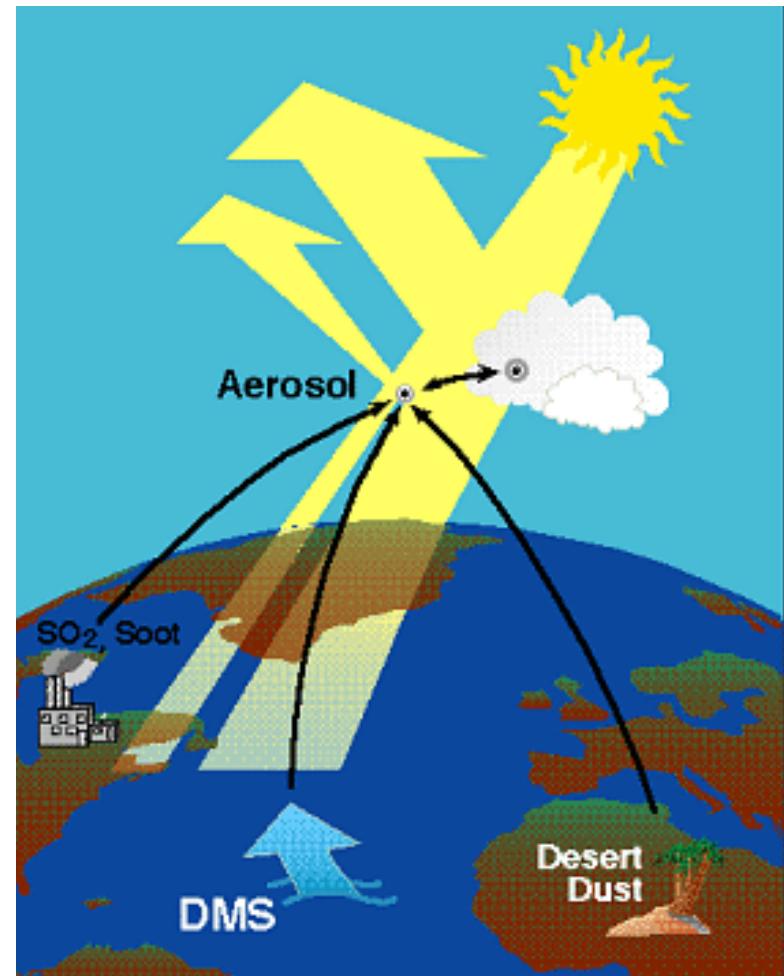


Inhalt

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (Klima Archiv, Wettersituation)
 - Sonne und Erdatmosphäre (früher & laufender globaler Nachweis)
 - Luftschadstoffe (lokaler Nachweis und geographische Überwachung)
 - Aerosole (Atmosphärenchemie, Wolkenphysik)
- Touristen und Forschung (ein Balanceakt)
- Zusammenfassung

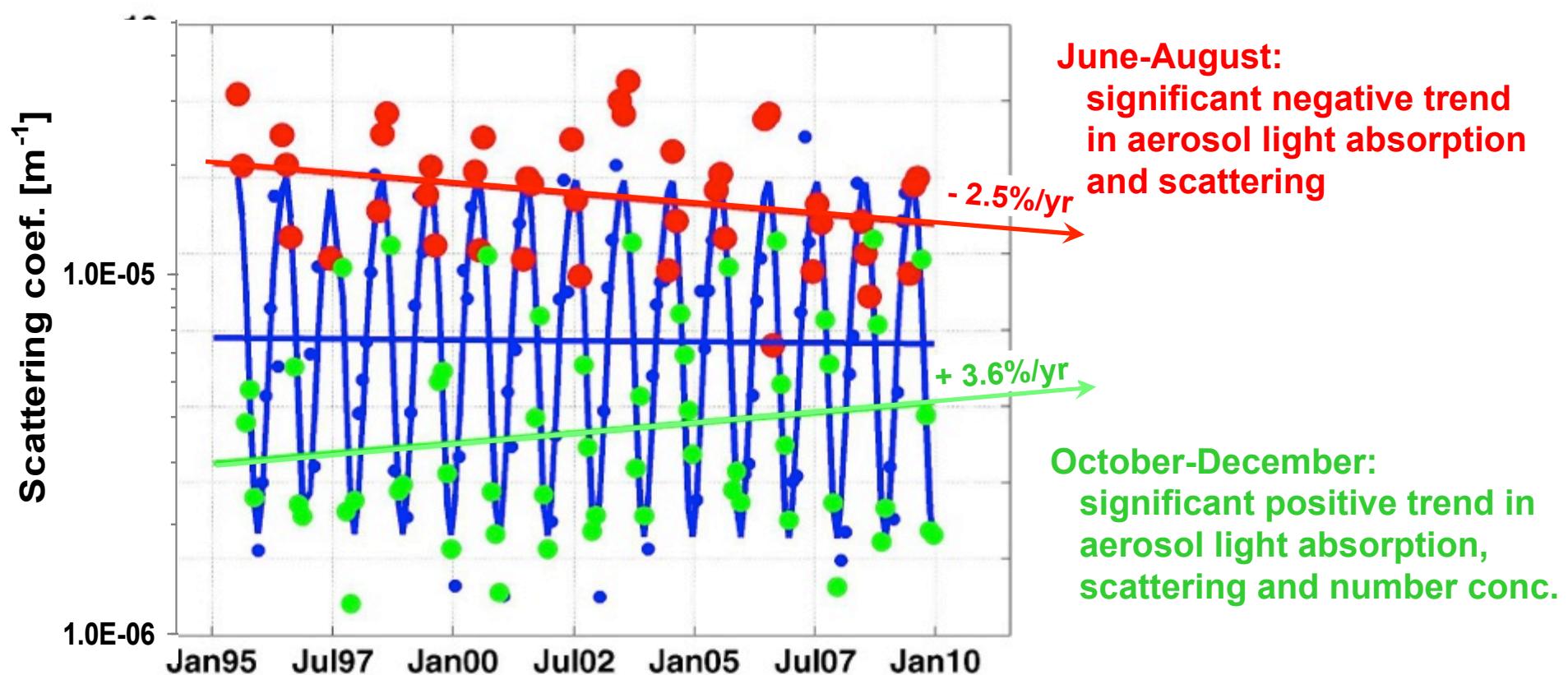
Why do we perform aerosol research at the Jungfraujoch?

- Aerosol particles influence climate directly and indirectly:
 - directly,
by scattering and absorbing light.
 - scattering results in cooling;
 - absorption results in warming.
 - indirectly,
by modifying cloud properties:
 - more aerosol particles result in more and smaller cloud droplets; such clouds reflect more light back to space and this results in a cooling.
- Both aerosol effects still have a high uncertainty and need to be known for better climate projections.



Long-term aerosol trend calculations: the evolution of the aerosol impact on climate

These trends, summarised in two recent overview papers, will be part of the next IPCC report (collaboration with MeteoSwiss).



Adapted from Collaud et al., J.Geophys.Res. 2007; complemented with newer data





Inhalt

- Wie es zur alpinen Forschung kam und eine kurze Geschichte der Forschungsstation Jungfraujoch
- Beispiele aus der gegenwärtigen Forschung auf Jungfraujoch
 - Meteorologie (Klima Archiv, Wettersituation)
 - Sonne und Erdatmosphäre (früher & laufender globaler Nachweis)
 - Luftschadstoffe (lokaler Nachweis und geographische Überwachung)
 - Aerosole (Atmosphärenchemie, Wolkenphysik)
- Touristen und Forschung (ein Balanceakt)
- Zusammenfassung



Tourists and Research (a balancing act)

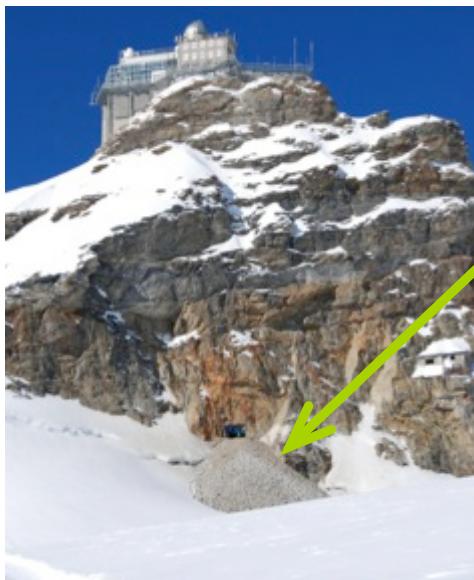
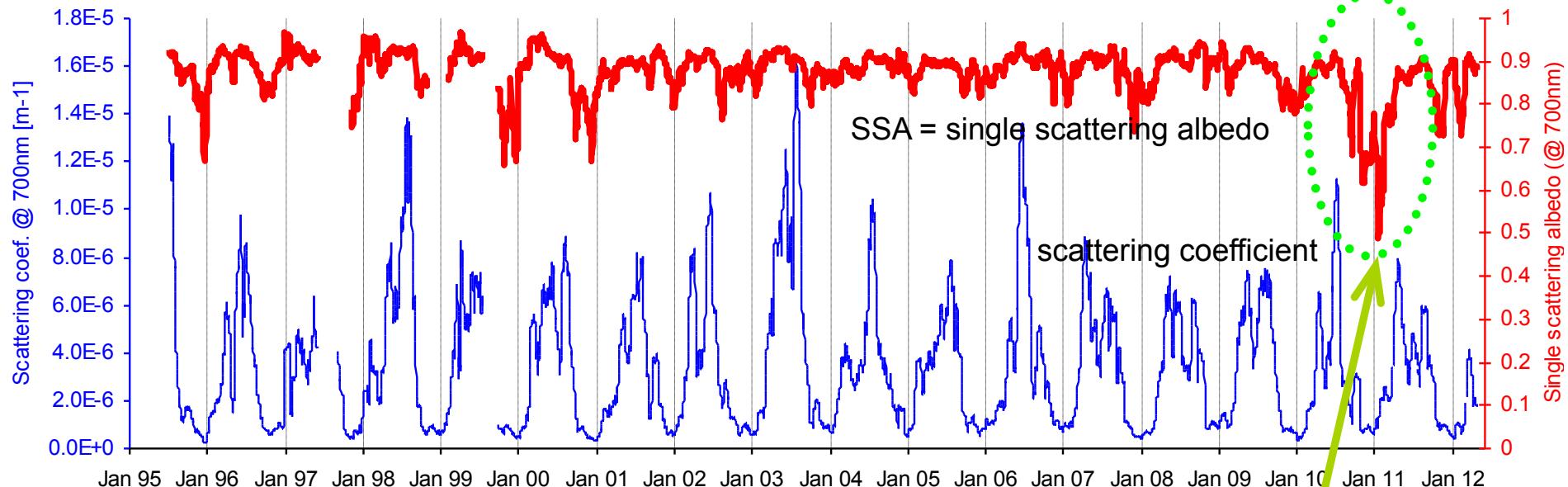
- The good part:
 - In the average we can reach 2000 daily visitors, who might want to take a look at the exhibit.
- The bad part:
 - The Jungfraujoch is also a prime tourist site. More tourists bring more disturbances and the adaptation of the infrastructure is deteriorating the pristine environment. Local pollution falsifies measurements and makes it difficult to obtain undisturbed long-time observing material.

Science exhibition

100 years railway to Jungfraujoch & 75 years Sphinx Observatory



An Illustration: recent construction work influenced long-term aerosol data (monthly means)



While constructing a tunnel for their tourist infrastructure, the Jungfraubahn discharges construction waste.

The resulting airborne material changed aerosol properties and seriously affected the long-term trends of both gas-phase and aerosol measurements!



White Book — Research Site Jungfraujoch

The Jungfraujoch Commission is currently addressing the problems of quality assurance for the Jungfraujoch Research Station by writing a White Book.

The White Book will be presented for endorsement to

- the Swiss Academy of Sciences and
- the Board of the International Foundation for the Research Station Jungfraujoch.



Summary

- Jungfraujoch is a prime site of many global networks for atmospheric monitoring, and thus contributes important data to the Global Atmosphere Watch (GAW) of the WMO.
- Atmosphere research on Jungfraujoch follows three main lines:
 - Research of natural phenomena
 - Monitoring of atmospheric composition
 - Research for policy support
- It is mandatory that pristine conditions be preserved in spite of an ever increasing flow of tourists.



Thanks

I am indebted to my colleagues

- Martine Collaud Coen and Laurent Vuilleumier (MeteoSwiss)
- Ginette Roland and Emanuel Mahieu (Université de Liège)
- Brigitte Buchmann (Empa)
- Urs Baltensperger (PSI)

for providing their slides for this presentation, and

- Erwin Flückiger (Pres. Int'l Foundation for the Research Station JFJ)
- Markus Leuenberger (Dir. Research Station JFJ)

for supplying additional information

Forschung auf dem Jungfraujoch gestern und heute

