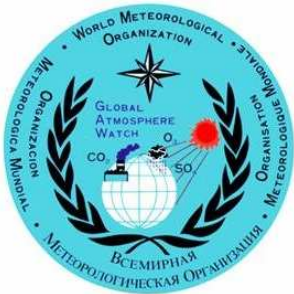




## Messungen atmosphärischer Spurengase am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg

### Interpretation möglicher Trends



Stefan Gilge, Christian Plass-Dülmer, Wolfgang Fricke





## Gliederung:

- Einleitung: GAW und DACH
- Das GAW-Messprogramm am MOHp
- Der Ozontrend am MOHp
- Vergleich zwischen den DACH-Stationen
- Zeitreihen primärer Spurengase
- Mögliche Ursachen
- Zusammenfassung / Ausblick

# Global Atmosphere Watch

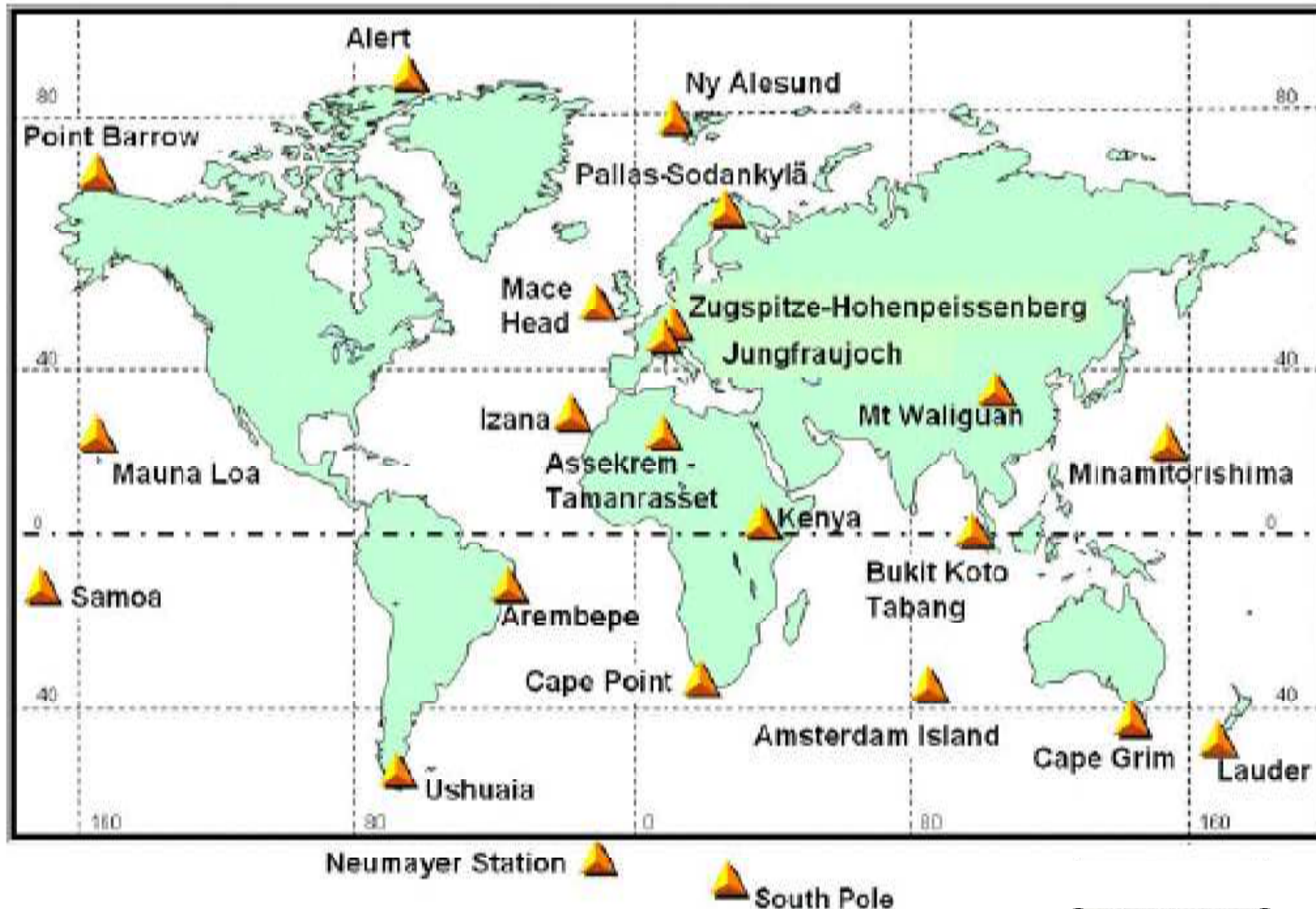


- Seit ca. 100 Jahren internationale Wetterbeobachtung ⇒ Erweiterung um die für das Klima wichtige Beobachtung der Spurenstoffe in der Atmosphäre.
- Weltumspannendes Netzwerk, um den Zustand der Atmosphäre verlässlich zu dokumentieren.

## Aufgaben und Ziele

- Hochwertige Daten mit **weltweit vergleichbarer Qualität**.
- Langzeitbeobachtung, um schleichende Veränderungen in der Atmosphäre sicher erkennen zu können ⇒ „**Frühwarnsystem**“
- Untersuchung von **Wirkungszusammenhängen**: Die wiss. Be- und Auswertung der Messdaten liefert einen
- Beitrag zu **Verständnis** der großräumigen luftchemischen Prozesse
- **Auswirkungen** auf Umwelt und Klima abschätzen und geeignete **Maßnahmen** empfehlen

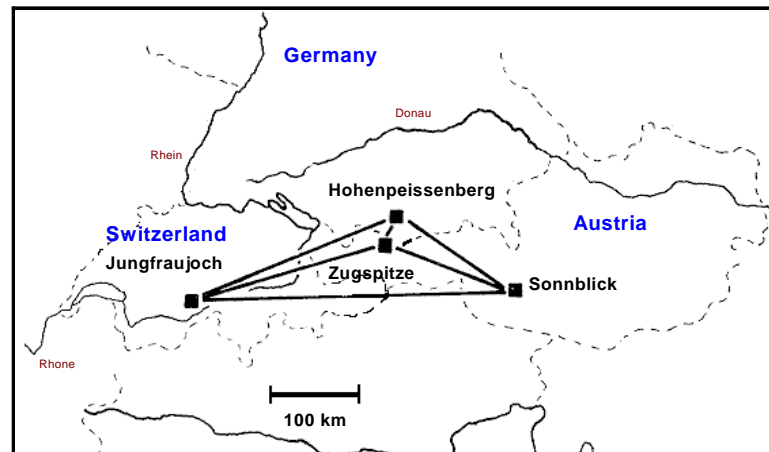
# Global Atmosphere Watch



# DACH - Kooperation



- Zusammenarbeit von Deutschland, Österreich und Schweiz seit 1996
- Schaffung einer größeren Datenbasis
- Abschätzung einer globalen Relevanz durch Vergleich der Daten untereinander
- Abschätzung der lokalen, regionalen und globalen Einflüsse – Entwicklung von „Filtern“
- „know how“ - Austausch bei Messtechnik, Datenverarbeitung



## Aerosol Characteristics:

### Physical:

mass (TSP, PM-10),  
number (> 3 nm, > 11 nm),  
size distribution (13 nm – 32 µm)

### Optical:

scattering, absorption (BC), turbidity,  
optical depth, backscatter coefficient profile

### Chemical:

Impactor (4 size classes), IC-analysis

## Precipitation:

pH, electrical conductivity,  
kations , anions , heavy metals.

## Meteorology:

full set of data, backward trajectories.

## Trace Gases:

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> (NOAA flask sampling)

O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>(Mo), NO<sub>y</sub>, PAN, NH<sub>3</sub>,

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, <sup>222</sup>Rn

VOC: light, heavy, biogenic, oxygenated

OH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

NO<sub>2</sub> profile (U.Heidelberg)

## Solar Radiation:

Global, diffuse, IR, UV-B,  
Photolysis frequencies j(NO<sub>2</sub>) and j(O<sup>1</sup>D).

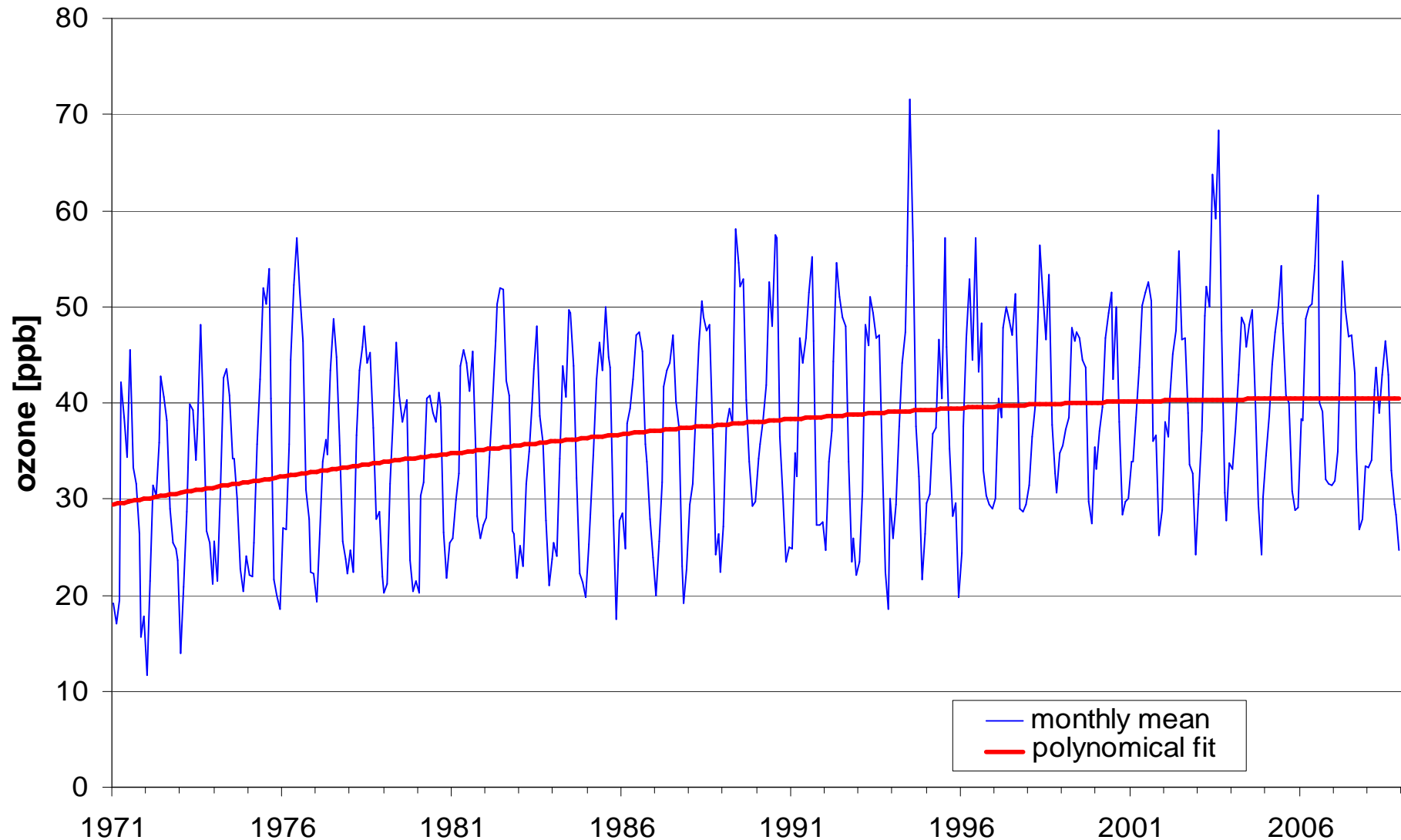
## Ozone (O<sub>3</sub>):

ambient,

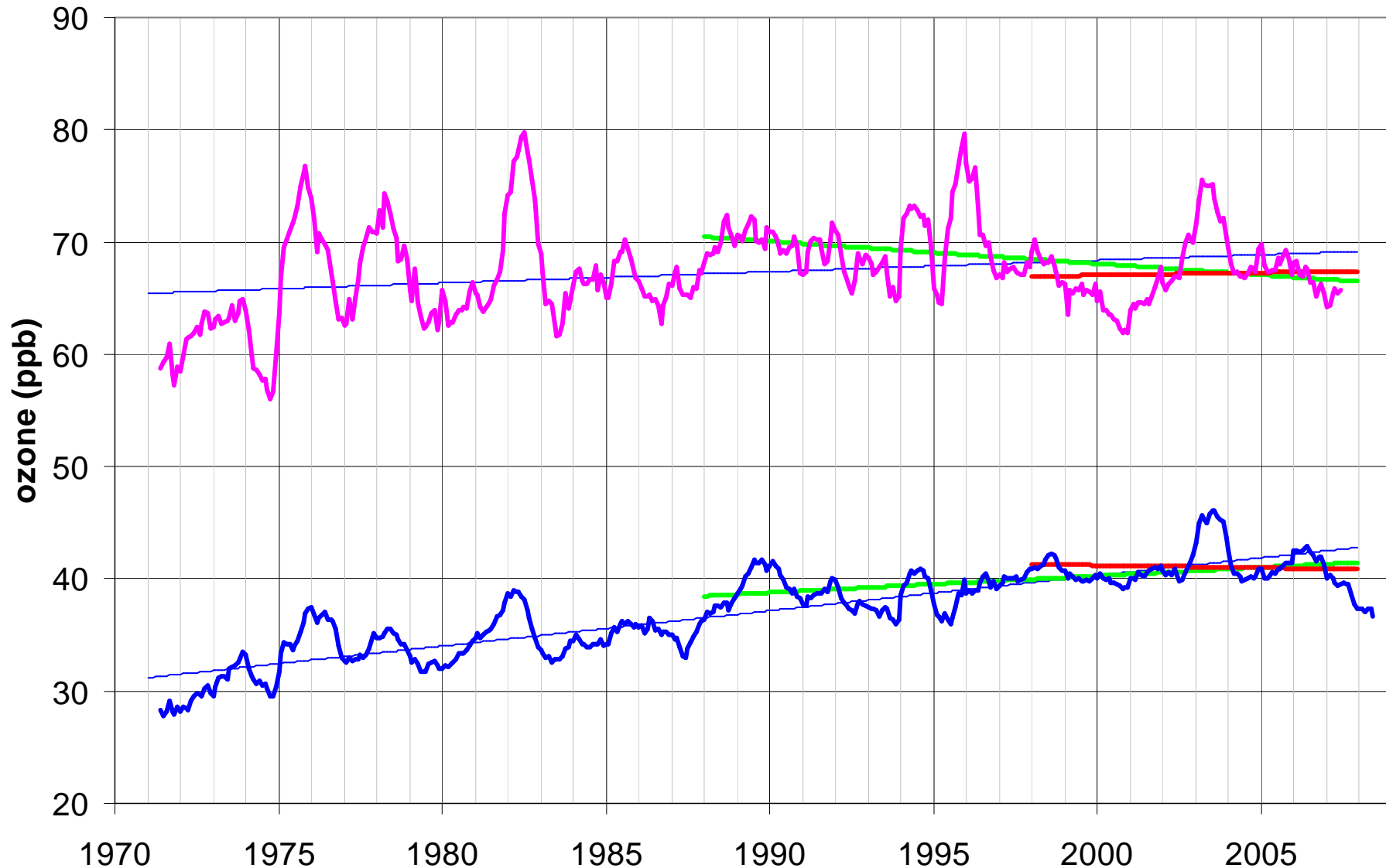
vertical profile with ozone sonde and Lidar  
(troposphere and stratosphere),

total ozone (Dobson and Brewer).

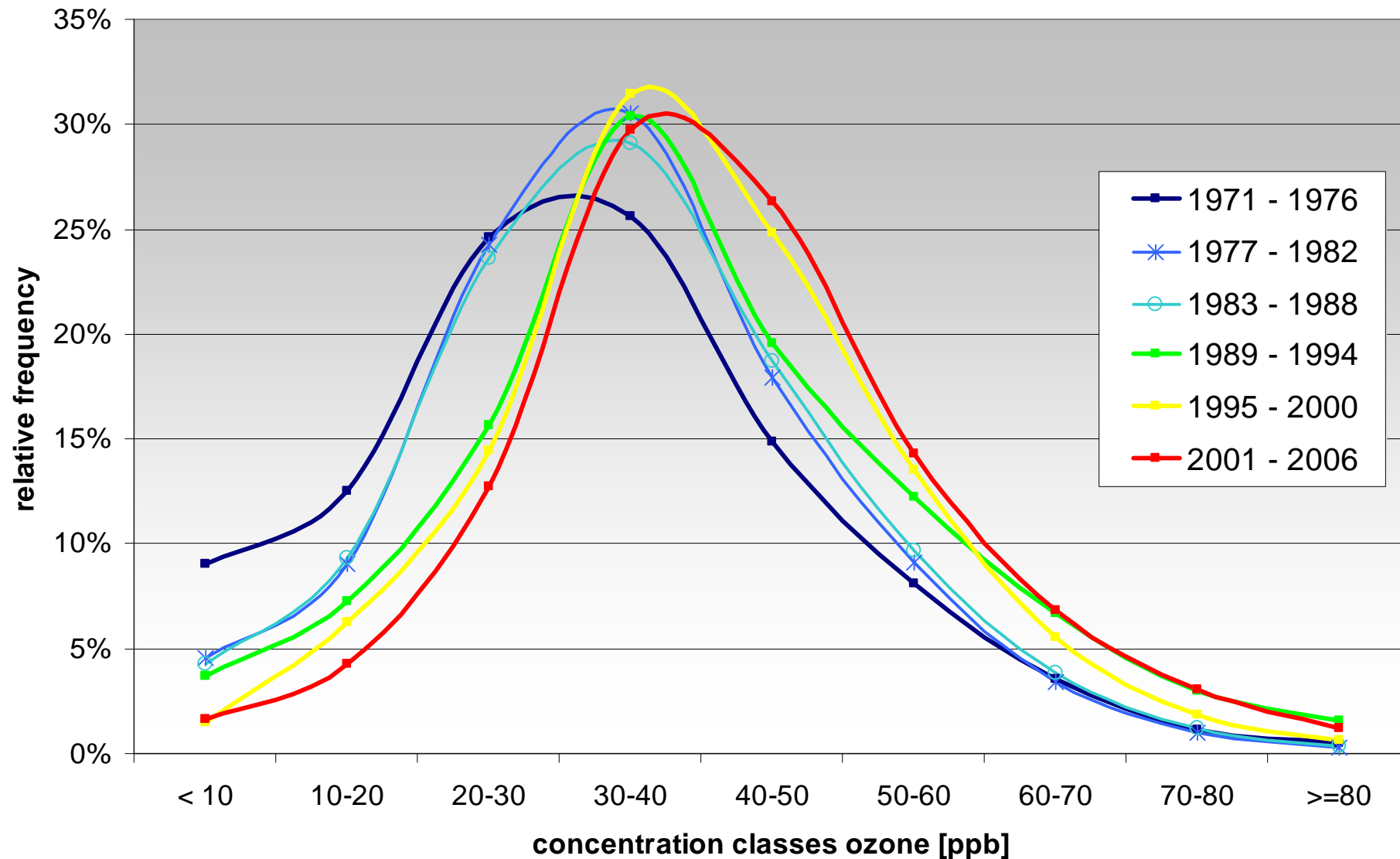
# Ozonzeitreihe am MOHp seit 1971



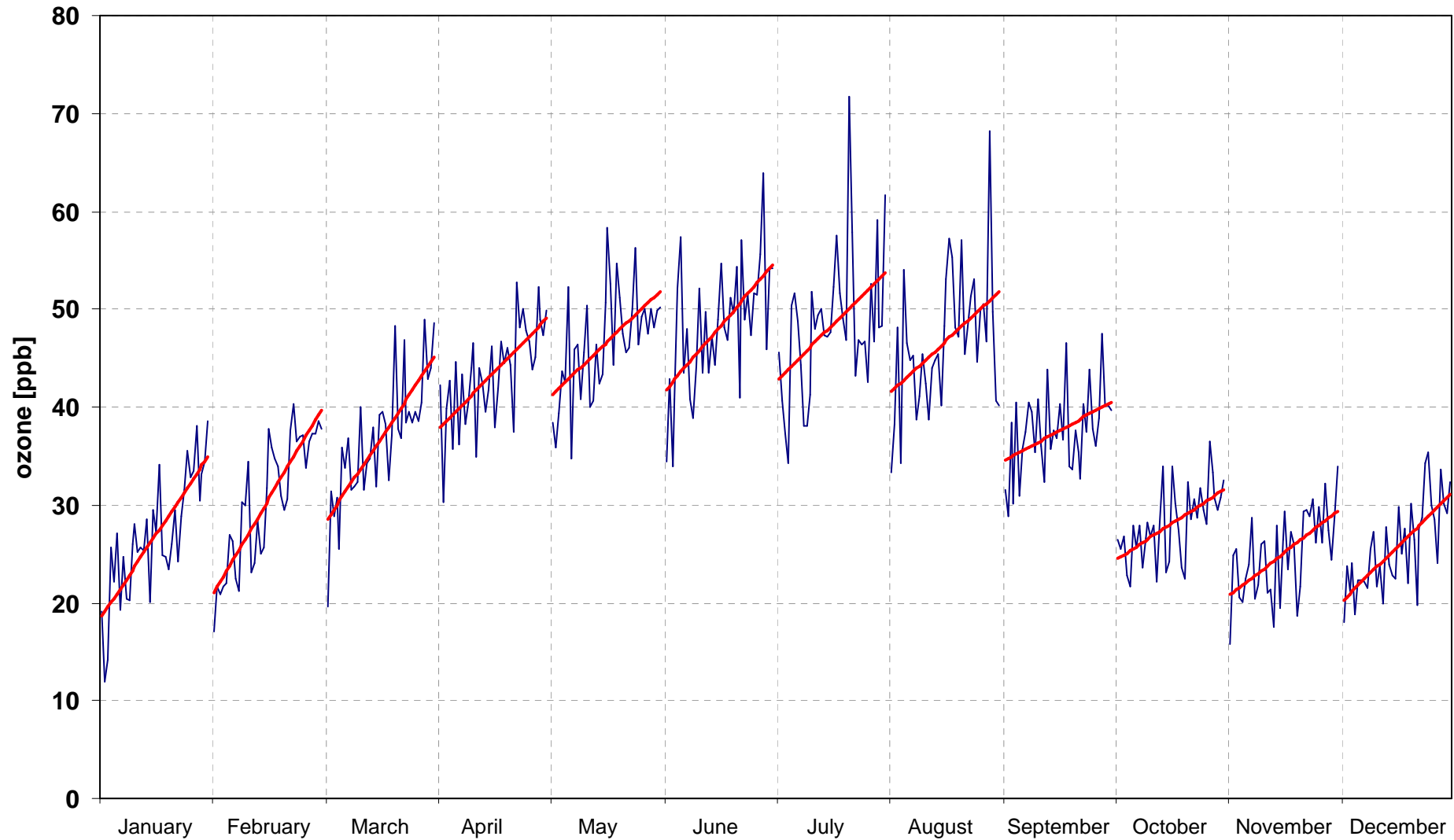
# $O_3$ MOHp: Mittelwerte und Maxima



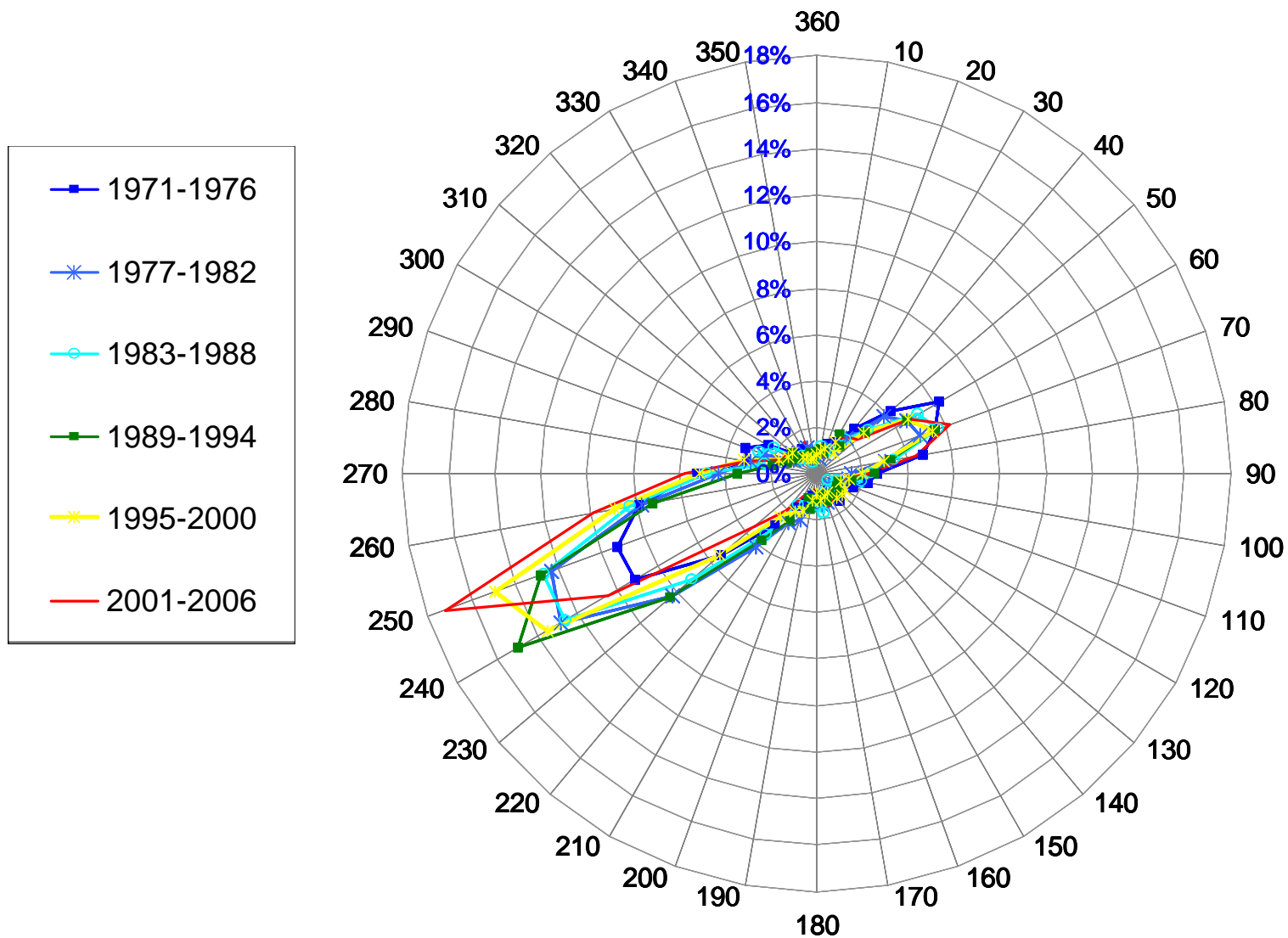
# O<sub>3</sub> MOHp: Änderung der Häufigkeitsverteilung



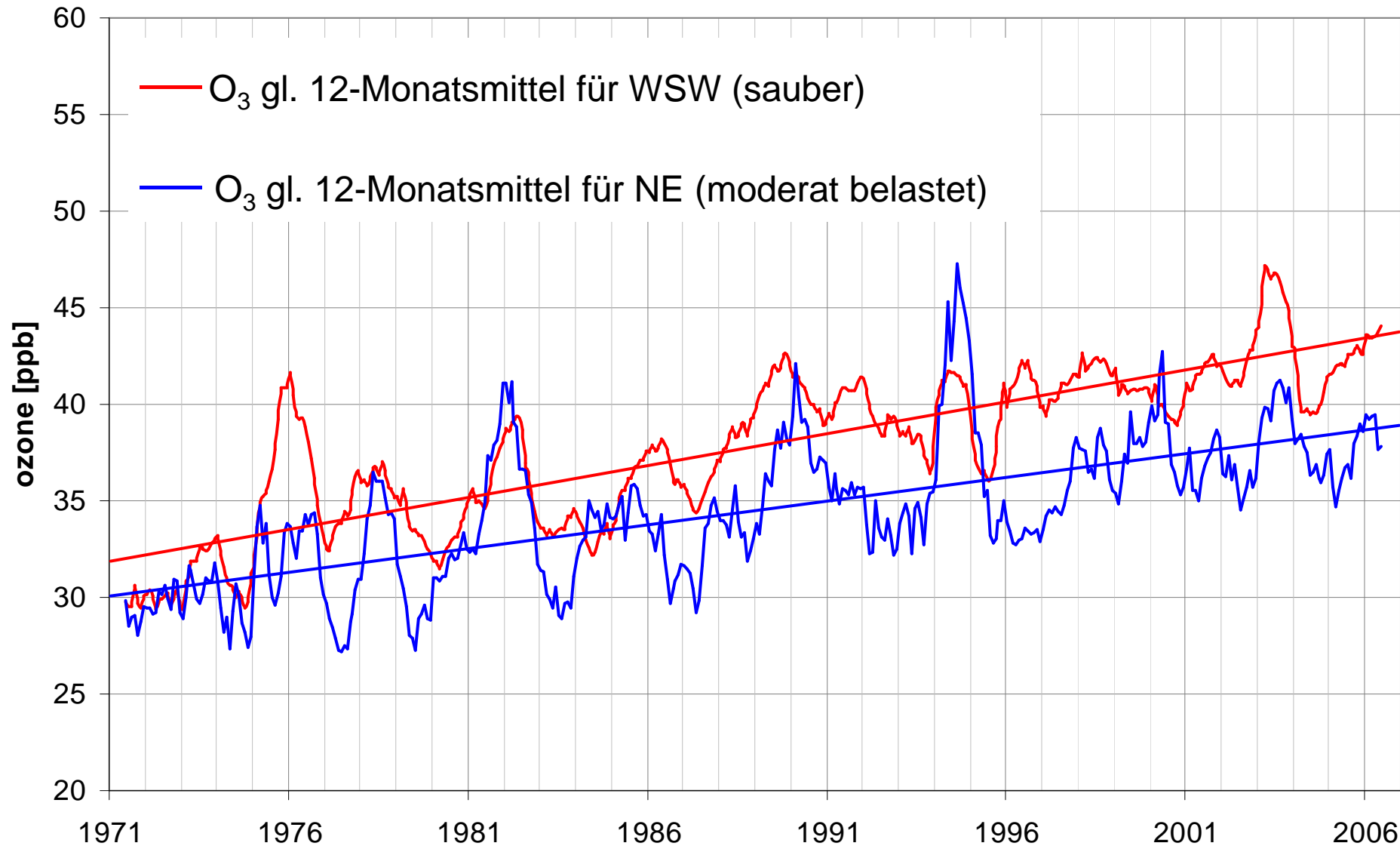
# $O_3$ MOHp: Trends nach Monaten (1971-2007)



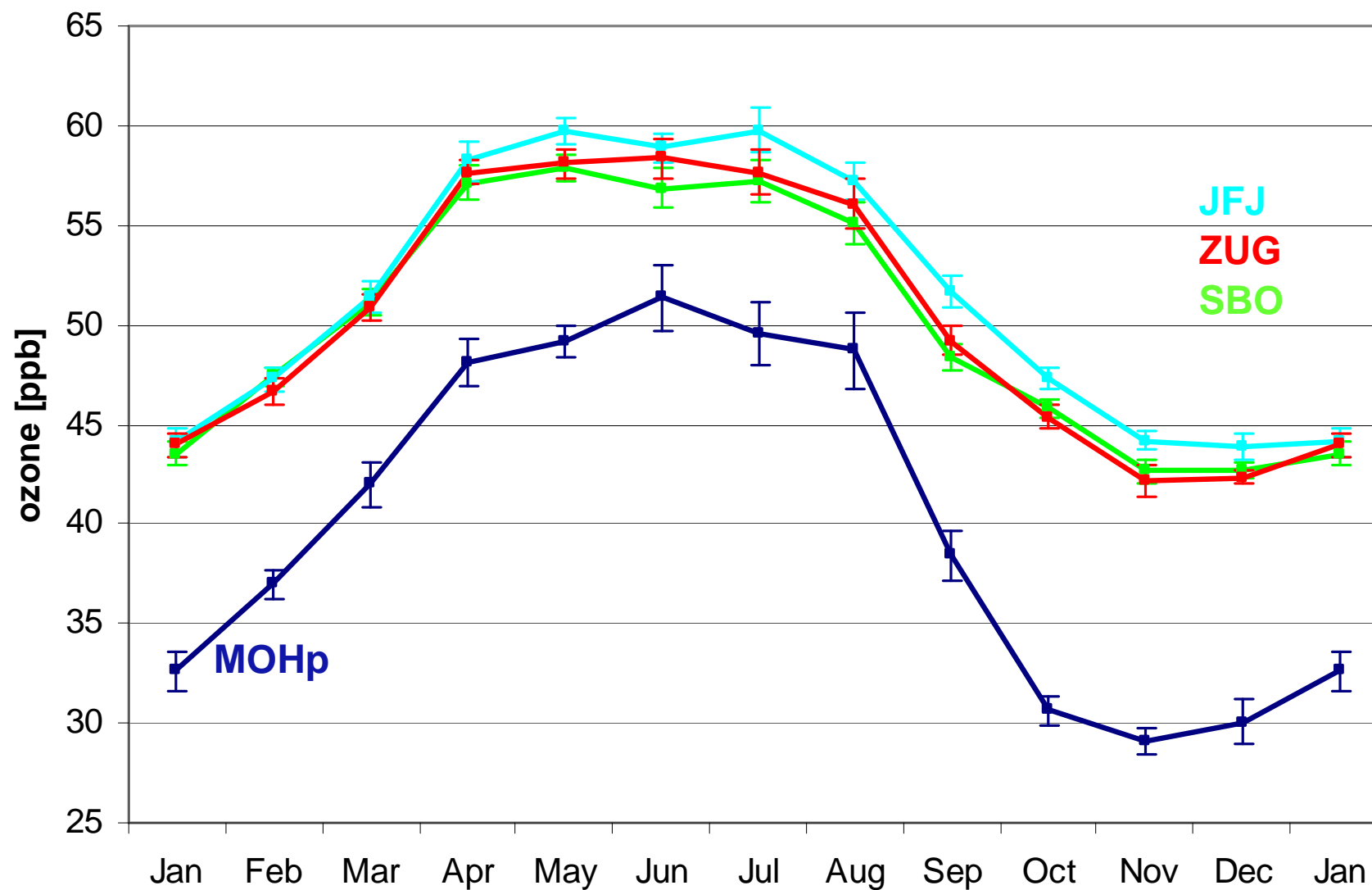
# $O_3$ MOHp: Änderung der Windrichtungshäufigkeitsverteilung



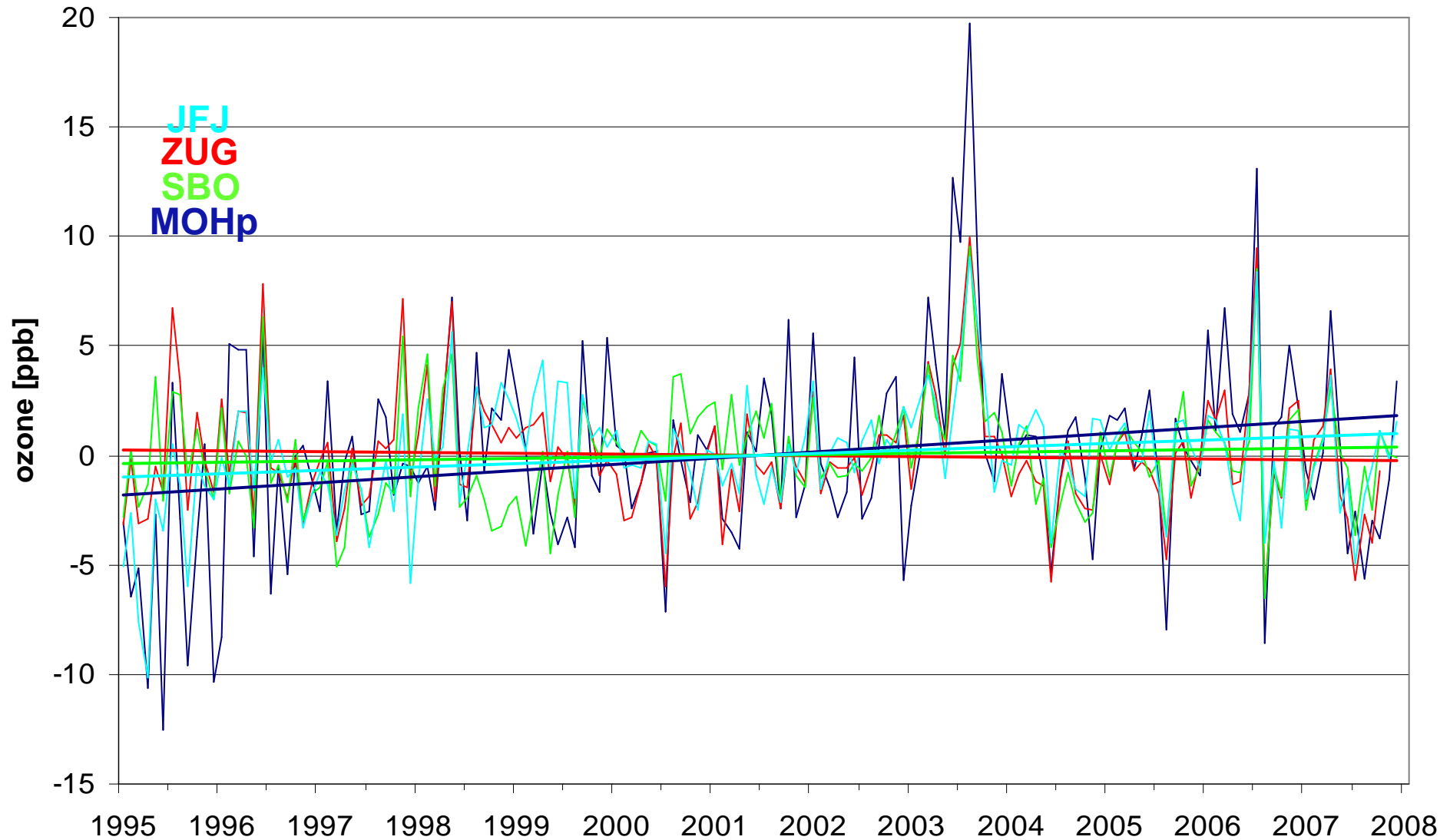
# $O_3$ MOHp: Trend nach Hauptwindrichtungen



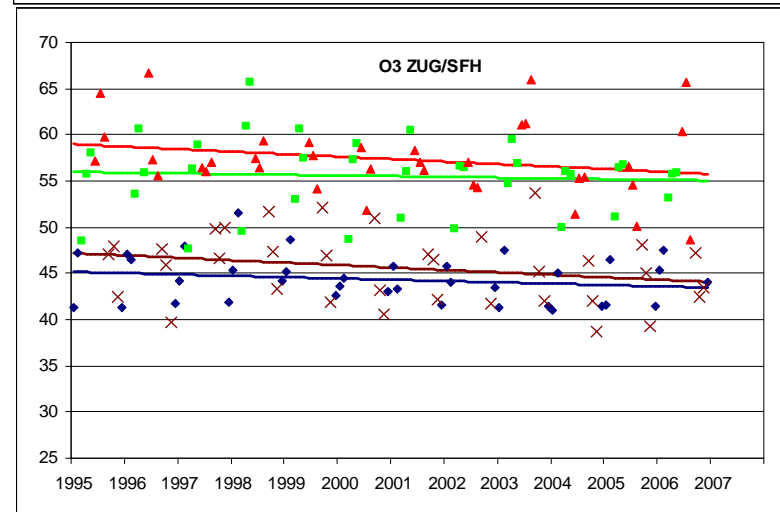
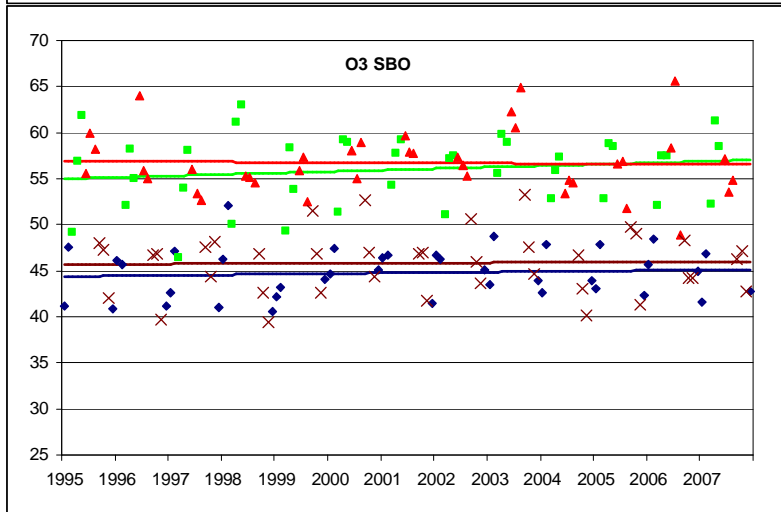
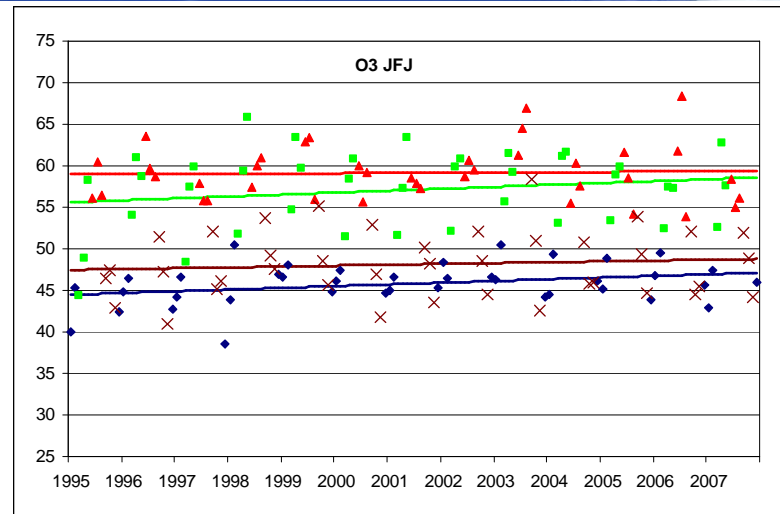
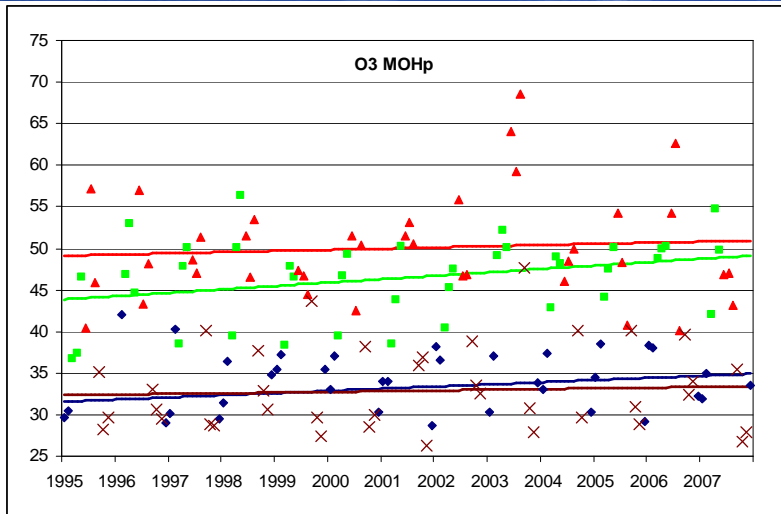
# O<sub>3</sub>: MJG der DACH-Stationen



# O<sub>3</sub>: Abweichungen vom MJG



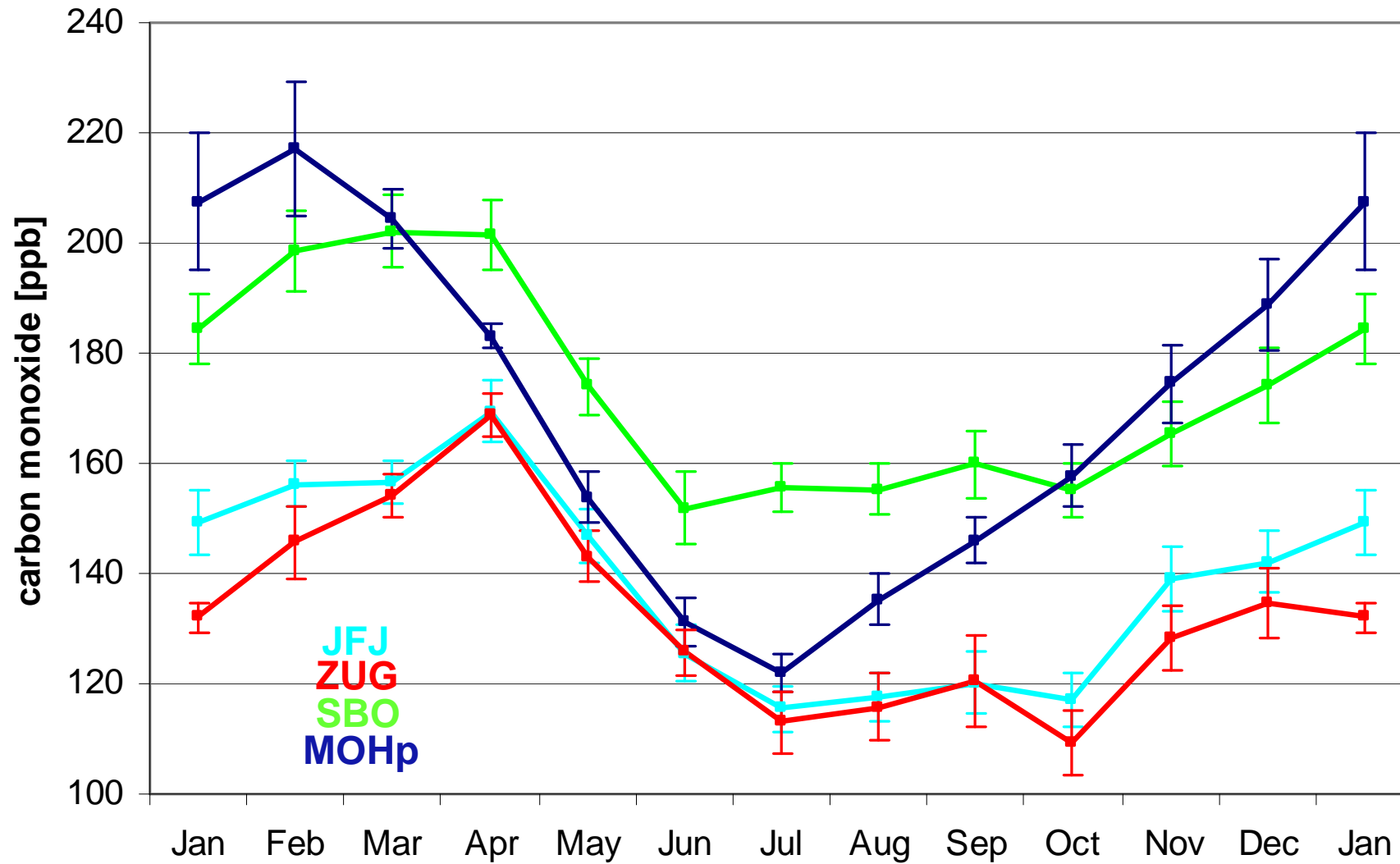
# O<sub>3</sub>: Zeitreihen getrennt nach Jahreszeiten (1995-2007)



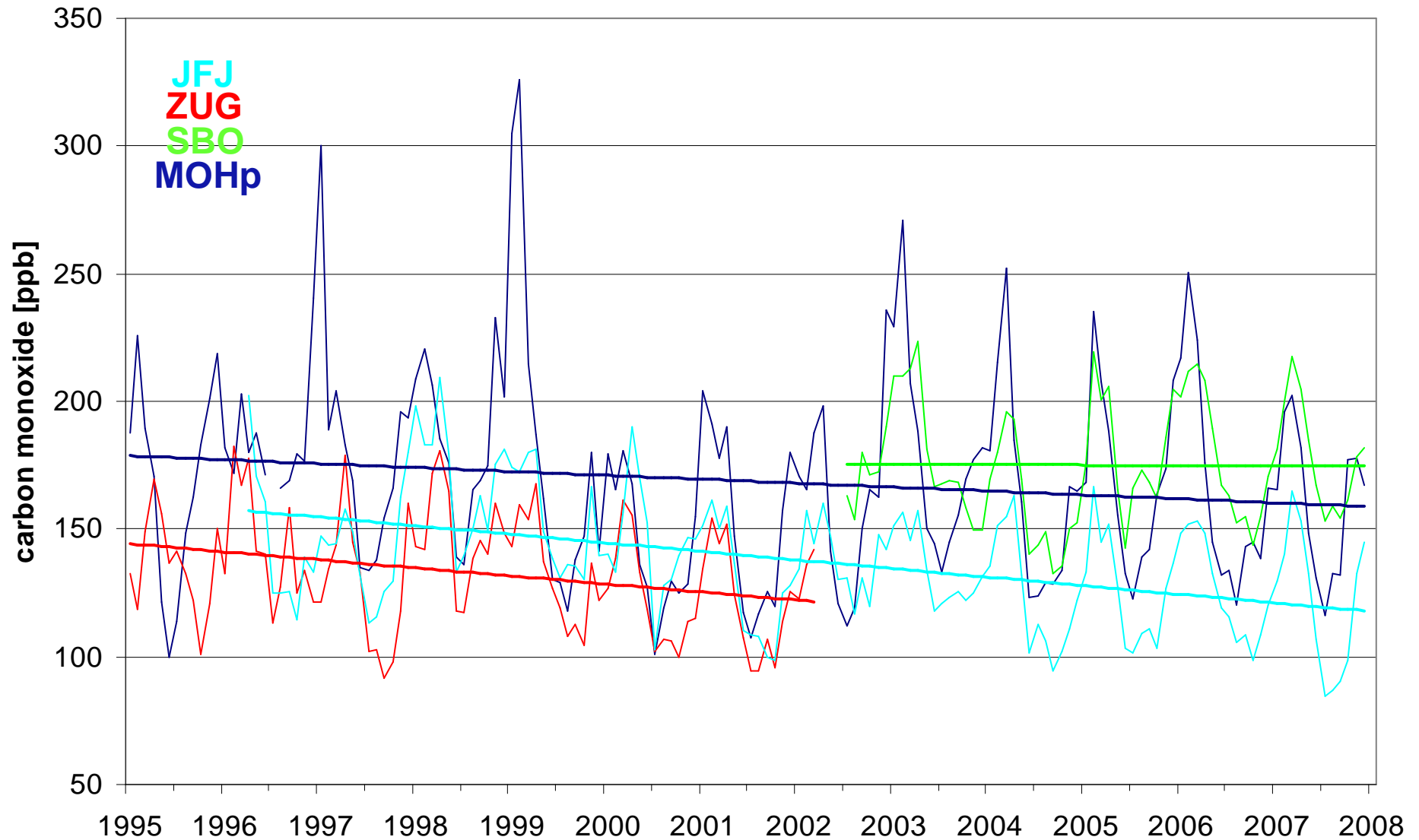
Winter: blau; Frühling: grün; Sommer: rot; Herbst: braun



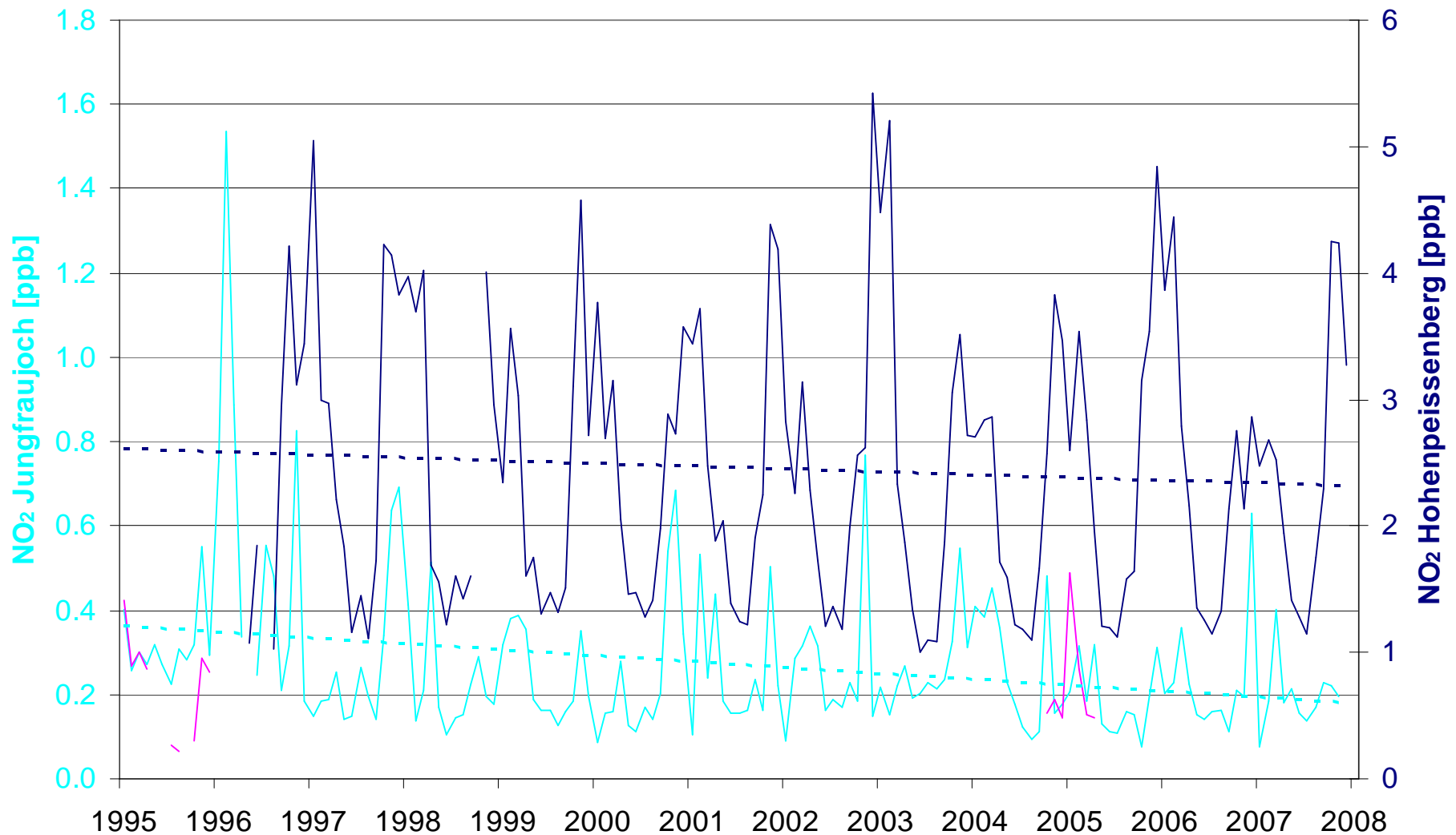
# CO: mittlerer Jahresgang



# CO: Zeitreihen & lin. Trend



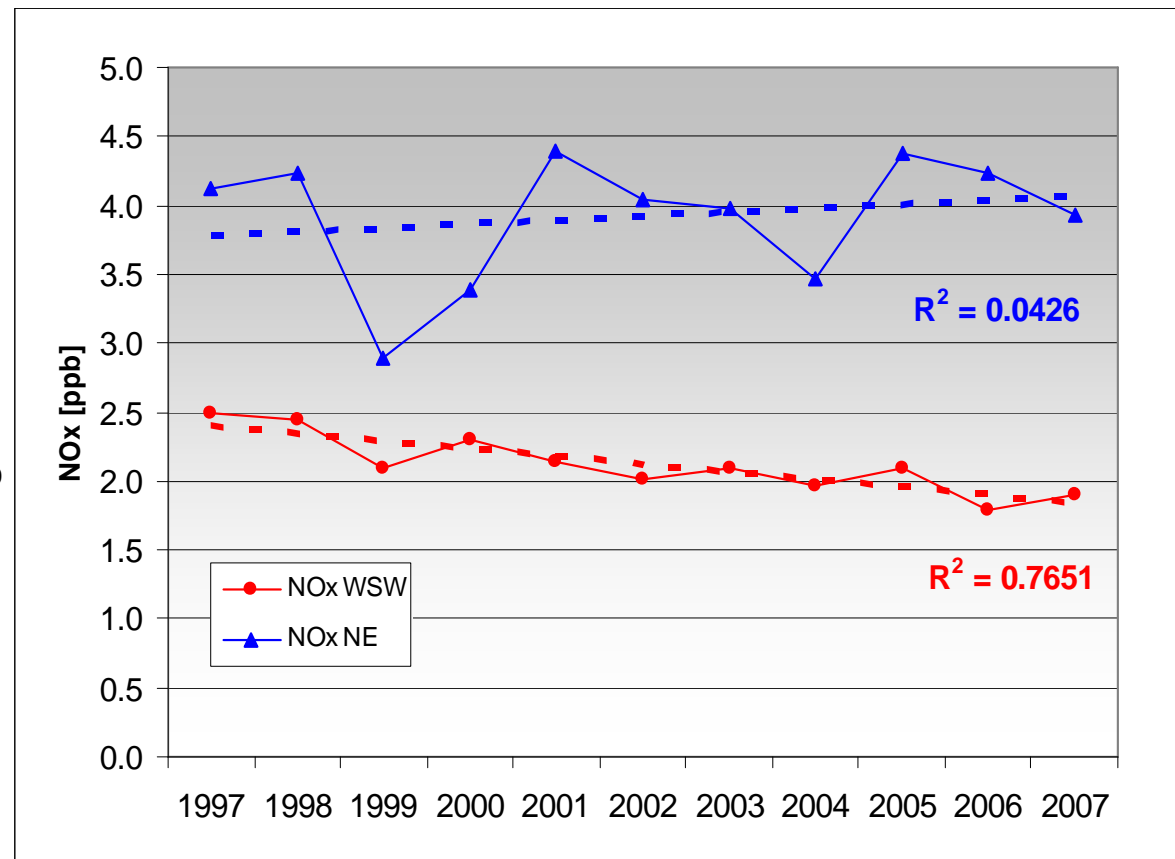
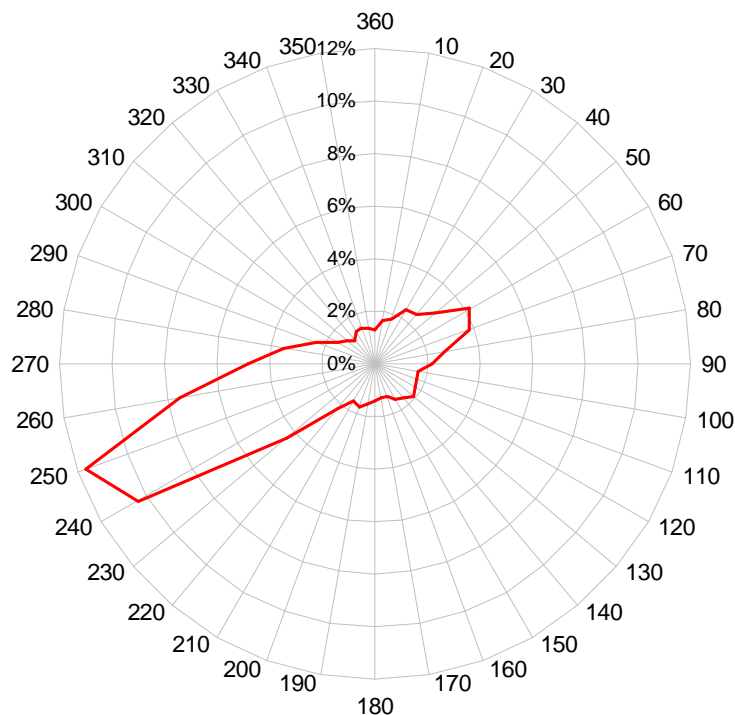
# NO<sub>2</sub>: Zeitreihen & lin. Trend



# NO<sub>2</sub>: Zeitreihen Windrichtungsabhängigkeit



- insgesamt kein signifikanter Trend
- Windrichtungen: WSW „ländl. Hintergrund“ und NE “moderat belastet”
- insignifikante Zunahme bei NE und signifikante Abnahme bei WSW

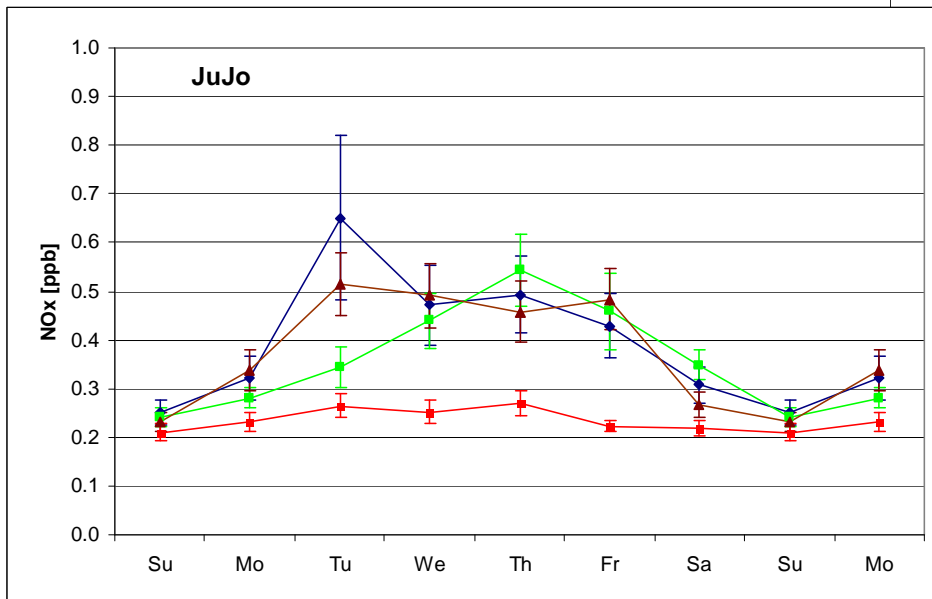
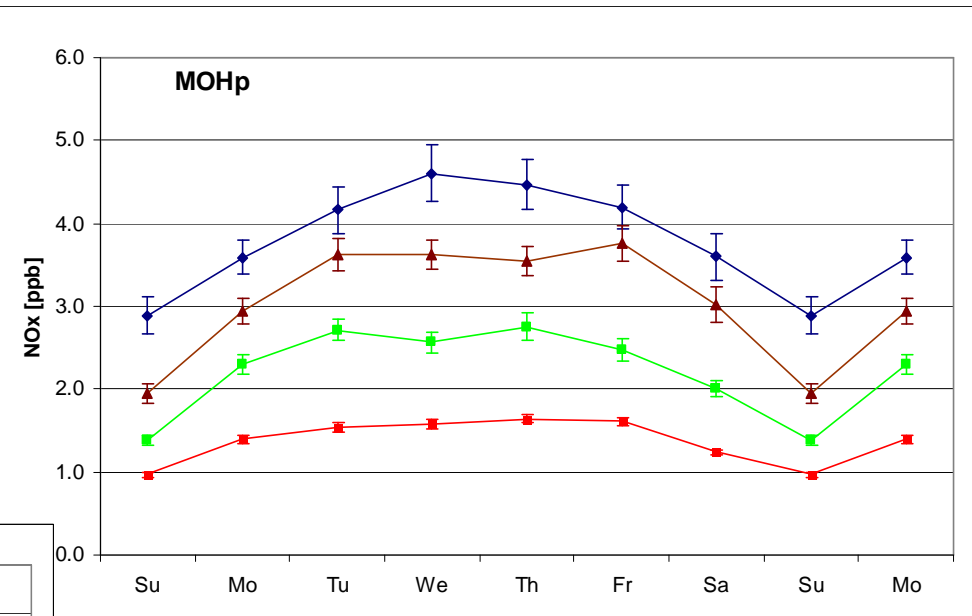


# NO<sub>2</sub>: Wochengänge



## MOHp:

- zu allen Jahreszeiten typischer anthropogener (Verkehr) Wochengang mit minimalen Konzentrationen sonntags
- im Sommer wesentlich schwächer ausgeprägt wegen kürzerer Lebensdauer des NO<sub>x</sub>.



## JFJ:

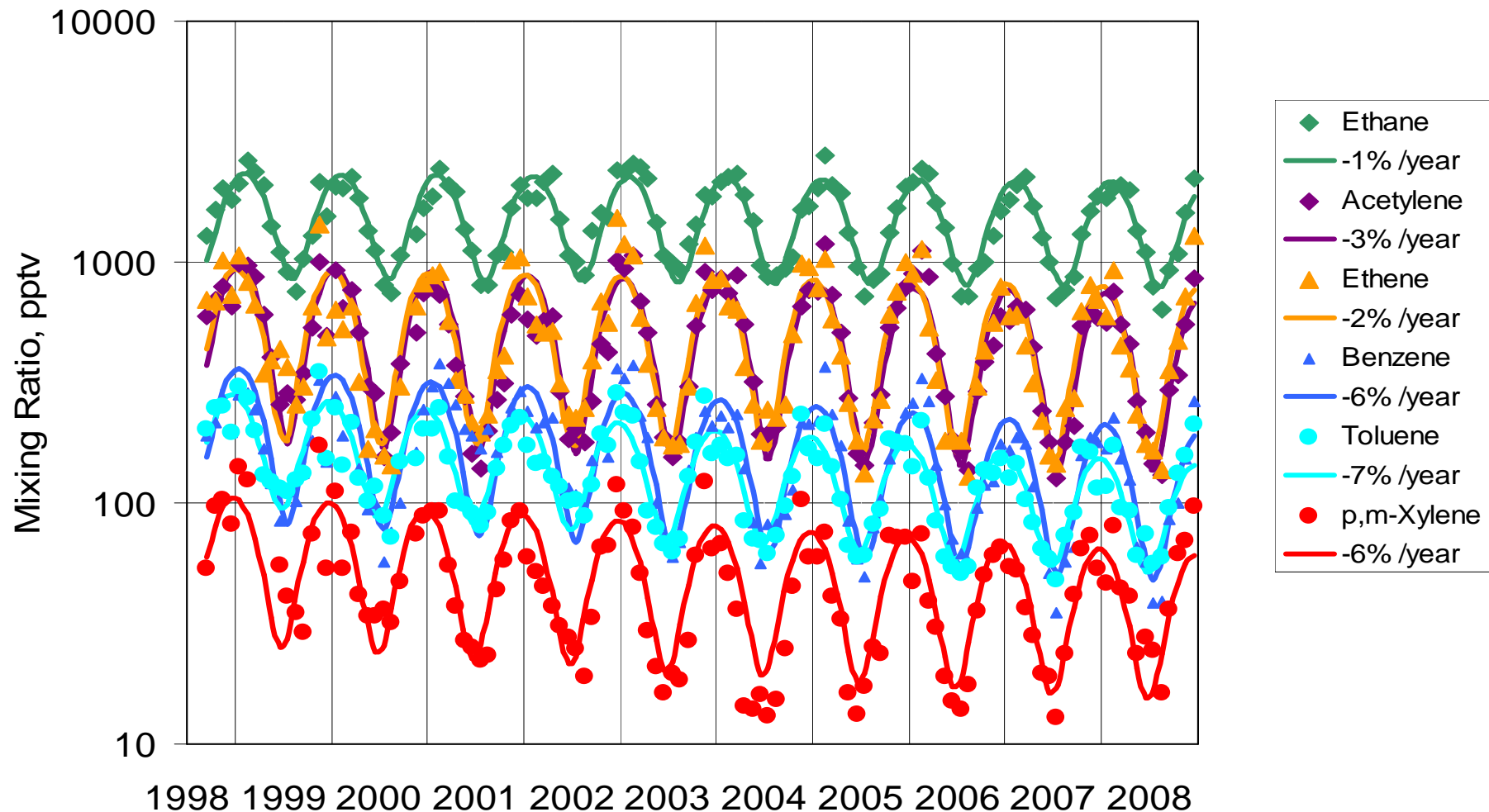
- ähnliches Verhalten wie am MOHp, auf einem wesentlich geringeren Konzentrationsniveau
- im Sommer ebenfalls wesentlich schwächer => innerhalb der Lebenszeit von NO<sub>x</sub> (Stunden) keine lokale Quelle



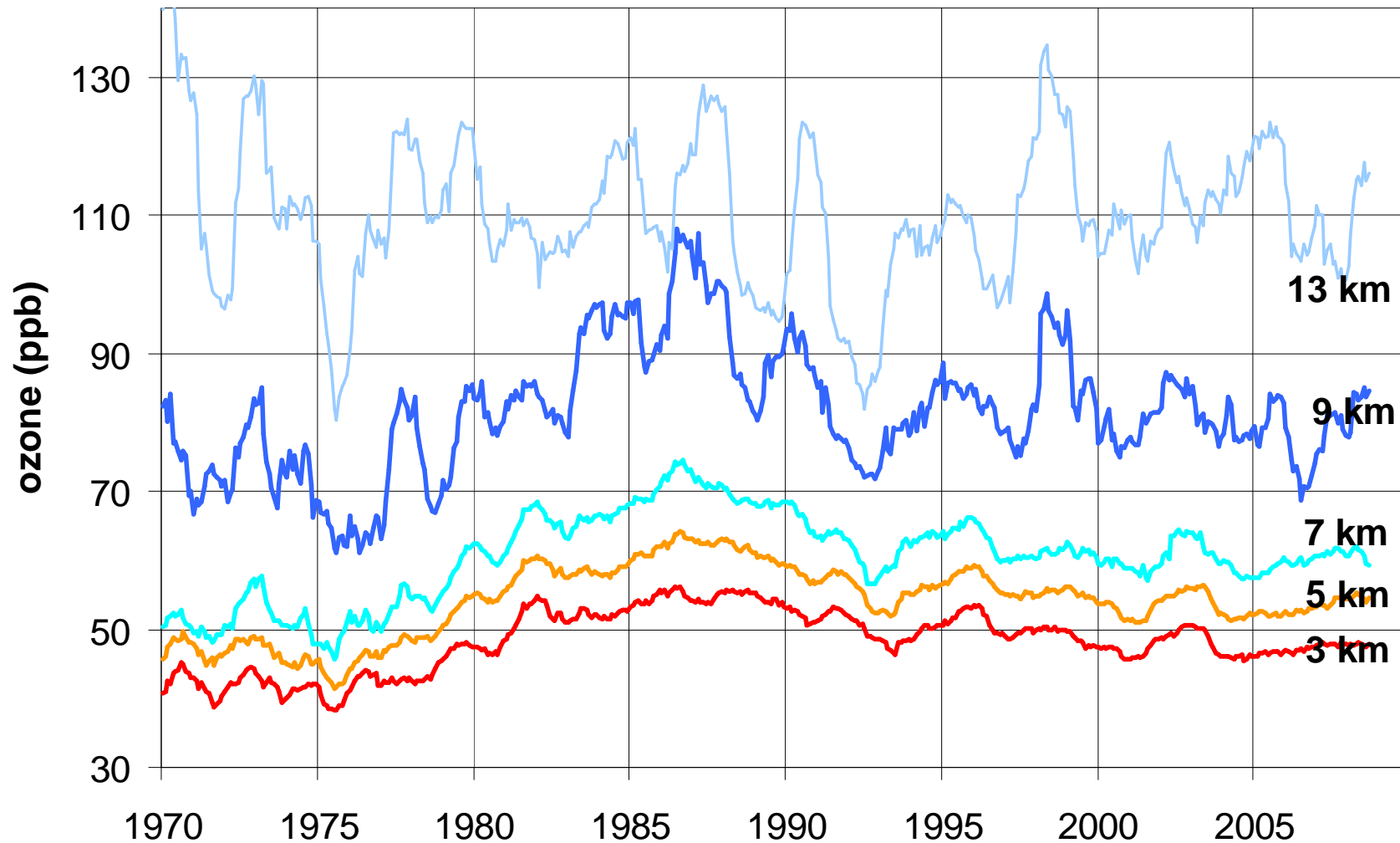
# anthrop. VOC: Zeitreihen



ausgewählte anthropogene VOC zeigen ebenfalls abnehmende Mischungsverhältnisse:



# $O_3$ : Zeitreihen der Ozonsondierungen am MOHp





## Zusammenfassung (I):

- ansteigende Mischungsverhältnisse des bodennahen Ozons am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg seit 1971
- Trend : 0.29 ppb/a at 99.9% significance level
- Trend schwächt sich ab und wird insignifikant für die letzten 10 Jahre
- Häufigkeitsverteilung zeigt abnehmendes Auftreten von niedrigen und häufigeres Auftreten von mittleren Konzentrationen. Sehr hohe Konzentrationen kommen ebenfalls seltener vor
- alle Monate zeigen ansteigende Trends
- Windrichtungshäufigkeitsverteilung hat sich nicht signifikant geändert
- O<sub>3</sub>-Trend ist höher für “ländliche Hintergrund”-Luftmassen als für “moderat belastete” => Hinweis auf großräumigen Trend.



## Zusammenfassung (II):

- DACH-Stationen zeigen bis auf ZUG/SFH für die Jahre seit 1995 immer noch ansteigenden Trend, allerdings insignifikant
- Kohlenmonoxidmischungsverhältnisse zeigen an DACH-Stationen z.T. signifikante Abnahme. CO ist O<sub>3</sub>-Vorläufer und langlebiger Tracer für anthropogen belastete Luftmassen (in NH)  
=> wahrscheinlich kein signifikant gesteigener horizontaler Antransport von Ozon und Vorläufern (z.B. aus Asien) (sonst Korrelation).
- NO<sub>x</sub>-MV ebenfalls Abnahme. Am MOHp signifikant aus der Hintergrundwindrichtung => großräumige Abnahme
- VOC ebenfalls negativer Trend
- => die immer noch leichte Ozonzunahme ist wahrscheinlich nicht durch erhöhte photochemische Produktion oder horizontalen Antransport verursacht.
- **sinkende O<sub>3</sub>-MV seit Mitte der 80er in der freien Troposphäre**



## mögliche Erklärung:

### **verstärkte vertikale Durchmischung**

- würde die negativen Ozontrends in der unteren freien Troposphäre erklären, verursacht durch erhöhte Mischung mit Luft aus der Grenzschicht und nachfolgend verminderte Höhengradienten
- würde konstante / ansteigende Mischungsverhältnisse des bodennahen Ozons erklären trotz regional abnehmenden Vorläuferkonzentrationen
- würde ebenfalls zu einem abnehmenden CO-Trend nahe der Oberfläche beitragen



## weitere Untersuchungen:

- CO müsste demnach in der FT zunehmen – Überprüfung anhand von Flugzeugmessungen ?
- kommen Trajektorien verstärkt aus größeren Höhen?
- geben meteorologische Parameter (z.B. RH) einen Hinweis?
- ...



**Vielen Dank**

**für Ihre  
Aufmerksamkeit !**

Photo: Claudia Hinz

