

# Aerosolmessungen am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg

H. Flentje, B. Briel, A. Henke, R. Henauer,  
I. Mattis, W. Thomas



# Überblick

## Das Meteorologische Observatorium Hohenpeißenberg

- **Isolierte Bergkuppe, 985 m NN, ~20 km nördlich der Alpen, ~250 m über dem umgebenden Terrain**  
40 km nördlich der Zugspitze
- **Besiedelung und Landschaft typisch für Mitteleuropa;**  
Landoberfläche zu ~70% Wiesen/Weiden  
und Wälder (~30%)
- **Älteste Bergstation der Welt** mit nahezu ununterbrochenen  
meteorologischen Beobachtungen seit 1781
- **Globalstation im Global Atmosphere Watch Programm der WMO**

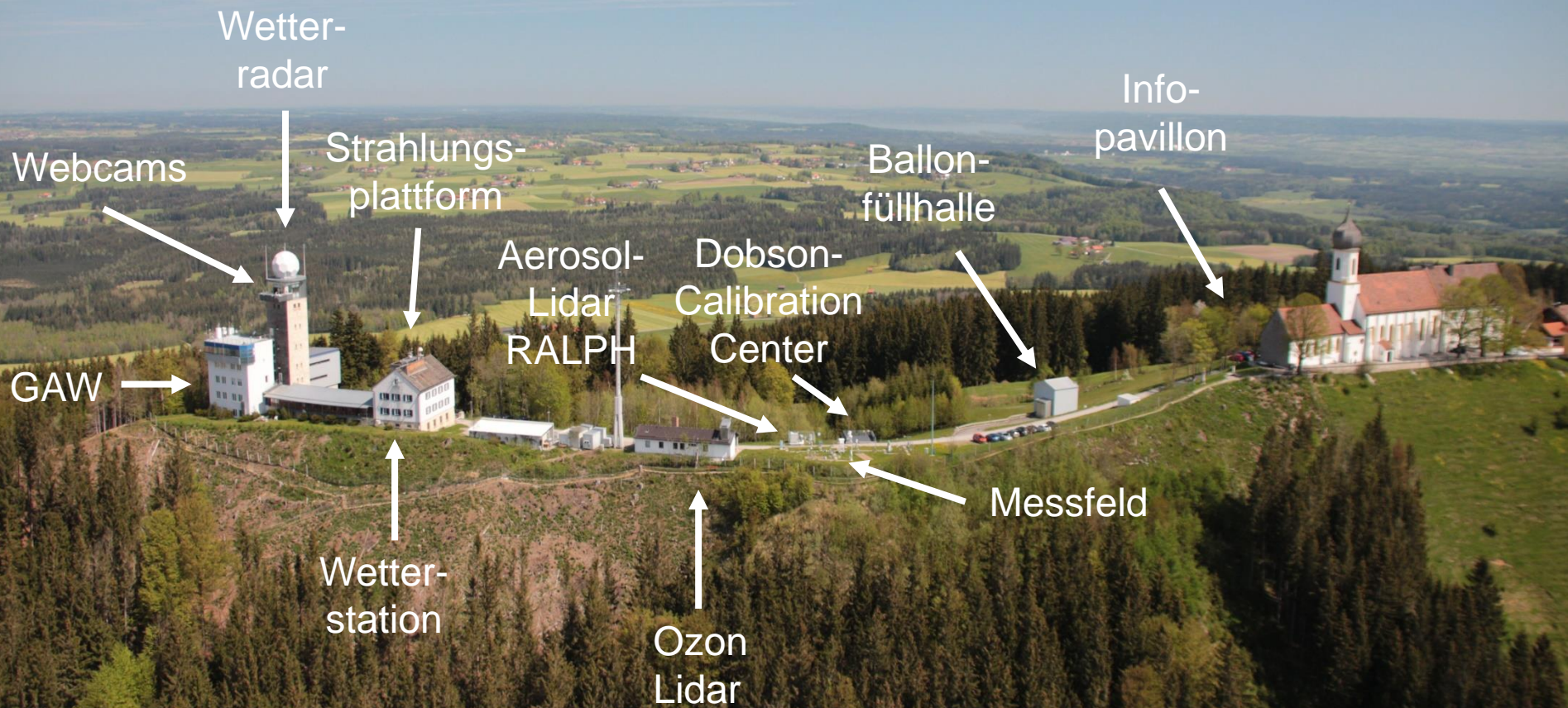


# Das Meteorologische Observatorium Hohenpeißenberg





9. Mai 2016





## Messprogramm

### Aerosole in-situ

Makrophysikalische Grössen

Optische Grössen

Chemische Zusammensetzung

### Fernerkundung

Raman Lidar/EARLINET + UV-Lidar

CHM15K ceilometer

Sonnenphotometer/AERONET

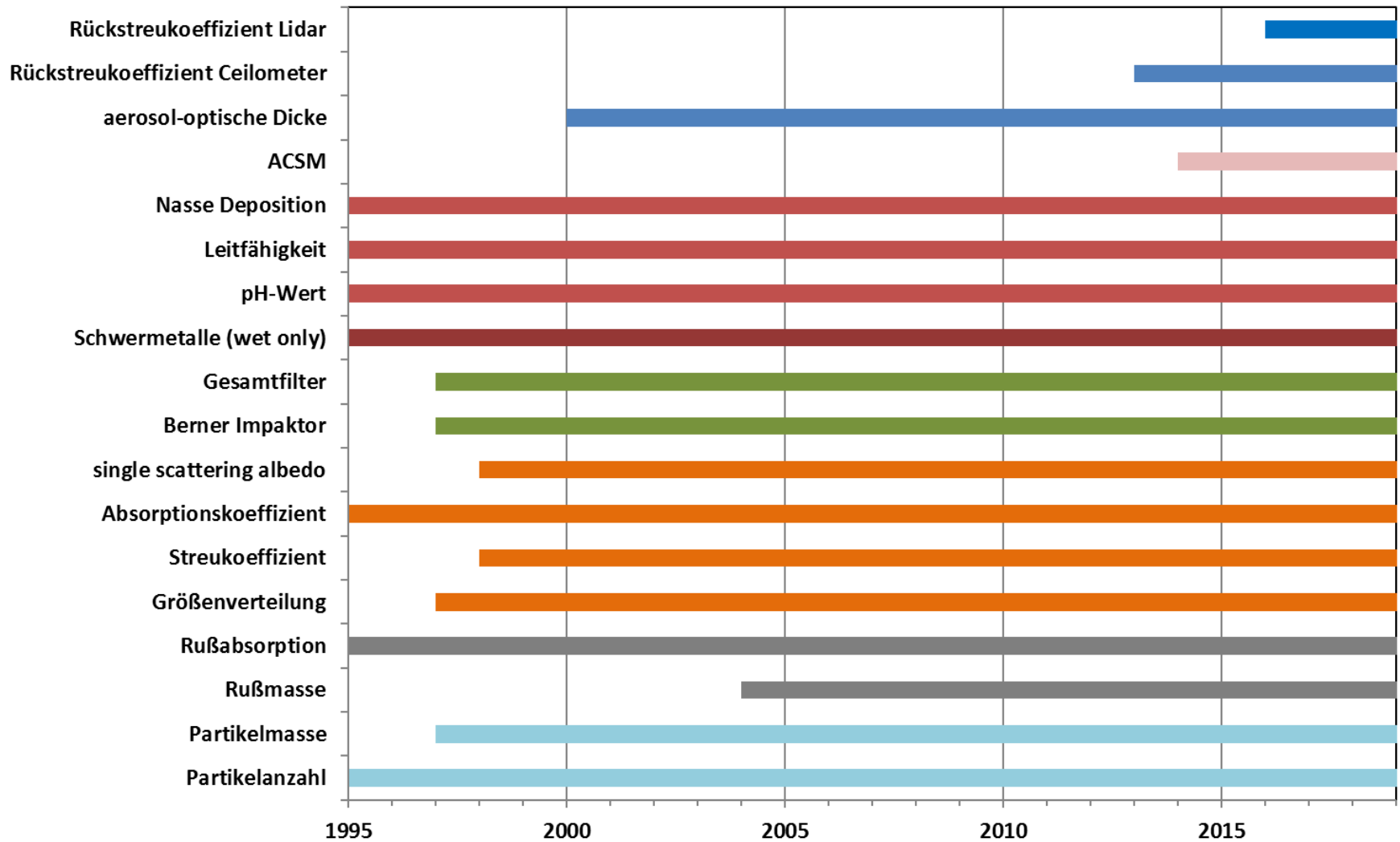
### Niederschlagschemie

Schwermetalle

LfU



## Zeitreihen von Aerosolparametern



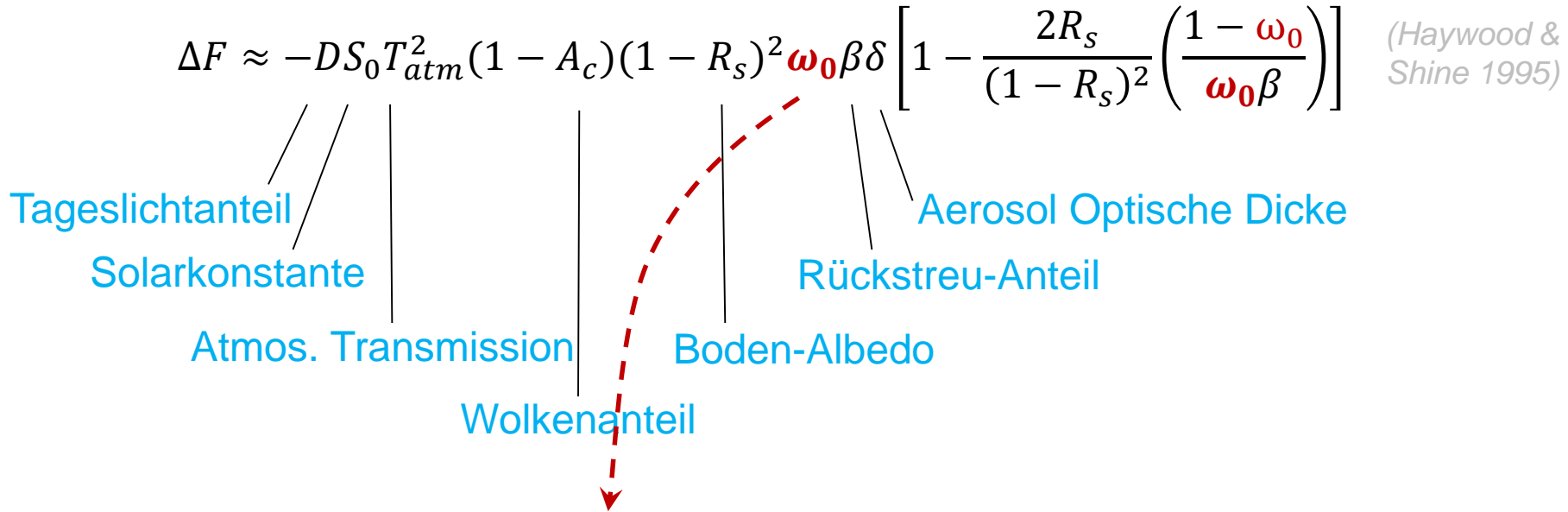
# In-situ Messungen



## Mikro-physikalische und optische Größen

- Anzahlkonzentration  $>3$  nm und  $>10$  nm (CPC)
- Größenverteilung (LAS-X, GRIMM-OPS, SMPS flüchtig/nicht-flüchtig)
- Massenkonzentration TSP und  $PM_{10}$ , TEOM, SHARP ( $\beta$ -Absorption)
- Streu- und Rückstreuoeffizient ( $3\text{-}\lambda$  Nephelometer)
- Absorptionskoeffizient (AE10, MAAP, AE33  $7\text{-}\lambda$  Aethalometer)
  
- Datenreihen beginnen ab ~1995

Strahlungsantrieb @ TOA für optisch dünnes ( $\delta^2 \ll 1$ ) teilabsorb. ( $0 < \omega_0 < 1$ ) Aerosol

$$\Delta F \approx -DS_0 T_{atm}^2 (1 - A_c) (1 - R_s)^2 \omega_0 \beta \delta \left[ 1 - \frac{2R_s}{(1 - R_s)^2} \left( \frac{1 - \omega_0}{\omega_0 \beta} \right) \right] \quad (\text{Haywood \& Shine 1995})$$


Einfachstreu-Albedo:

$$\omega_0 = \frac{\sigma_{scatt}}{\sigma_{abs} + \sigma_{scatt}}$$

ermöglicht positives  $\Delta F$

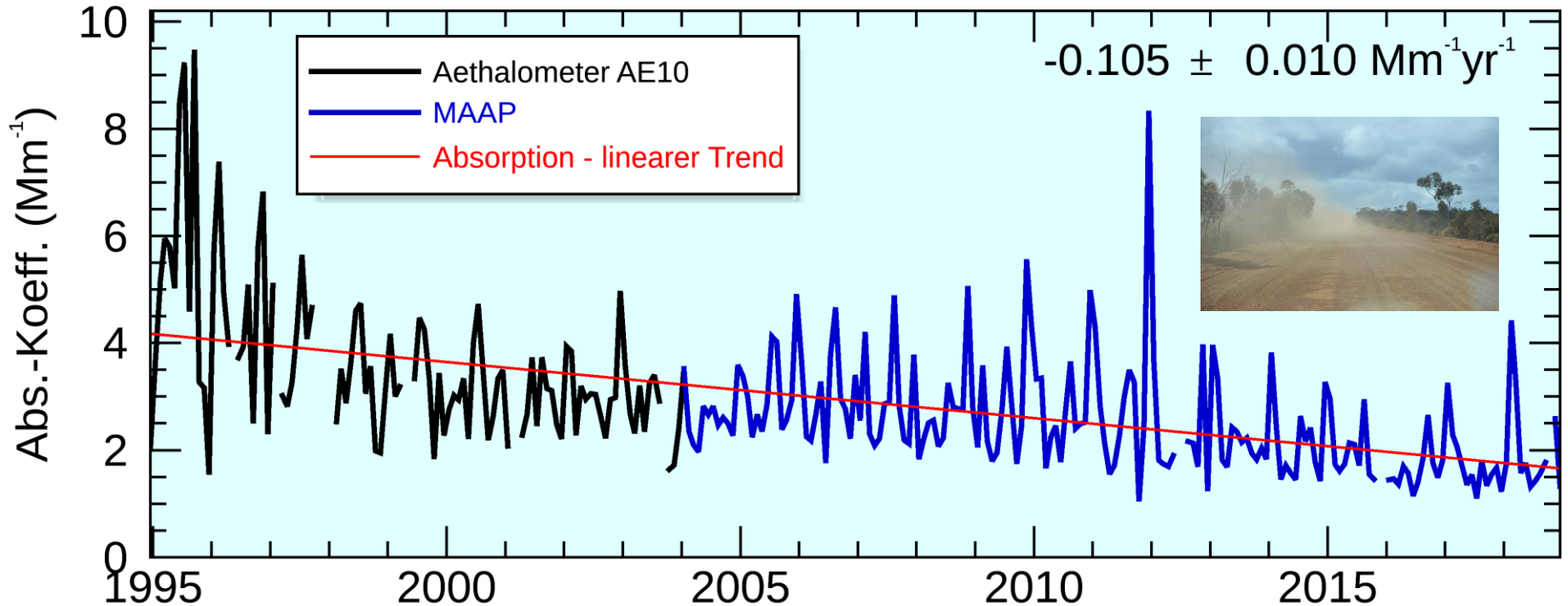
wird weltweit gemessen

stark anthropogen beeinflusst





## Absorptions-Koeffizient Hohenpeißenberg

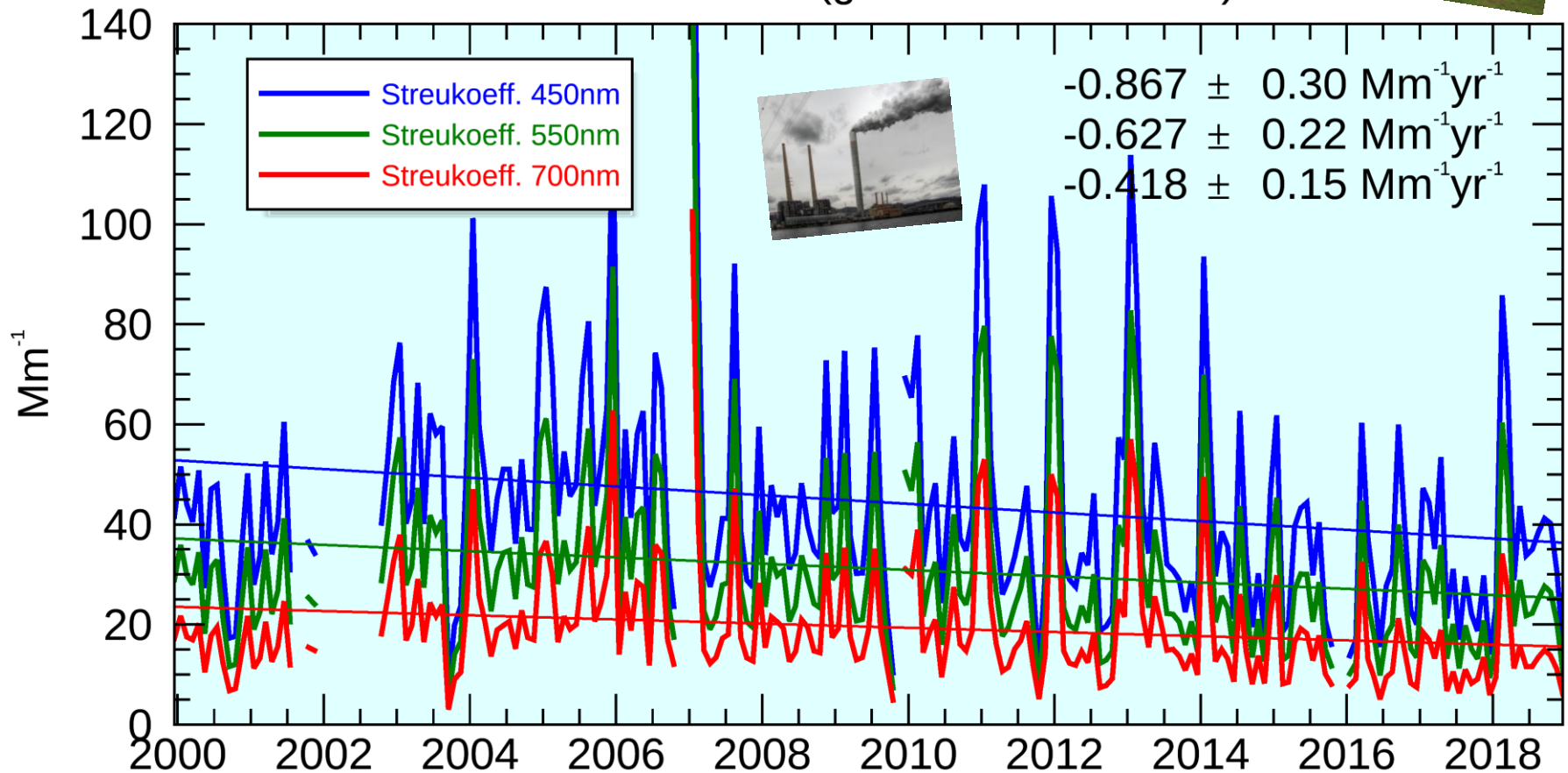


Äquivalente Rußkonzentration:  $6 Mm^{-1} \cong 1 \mu g/m^3$

linearer Fit 2000 - 2019

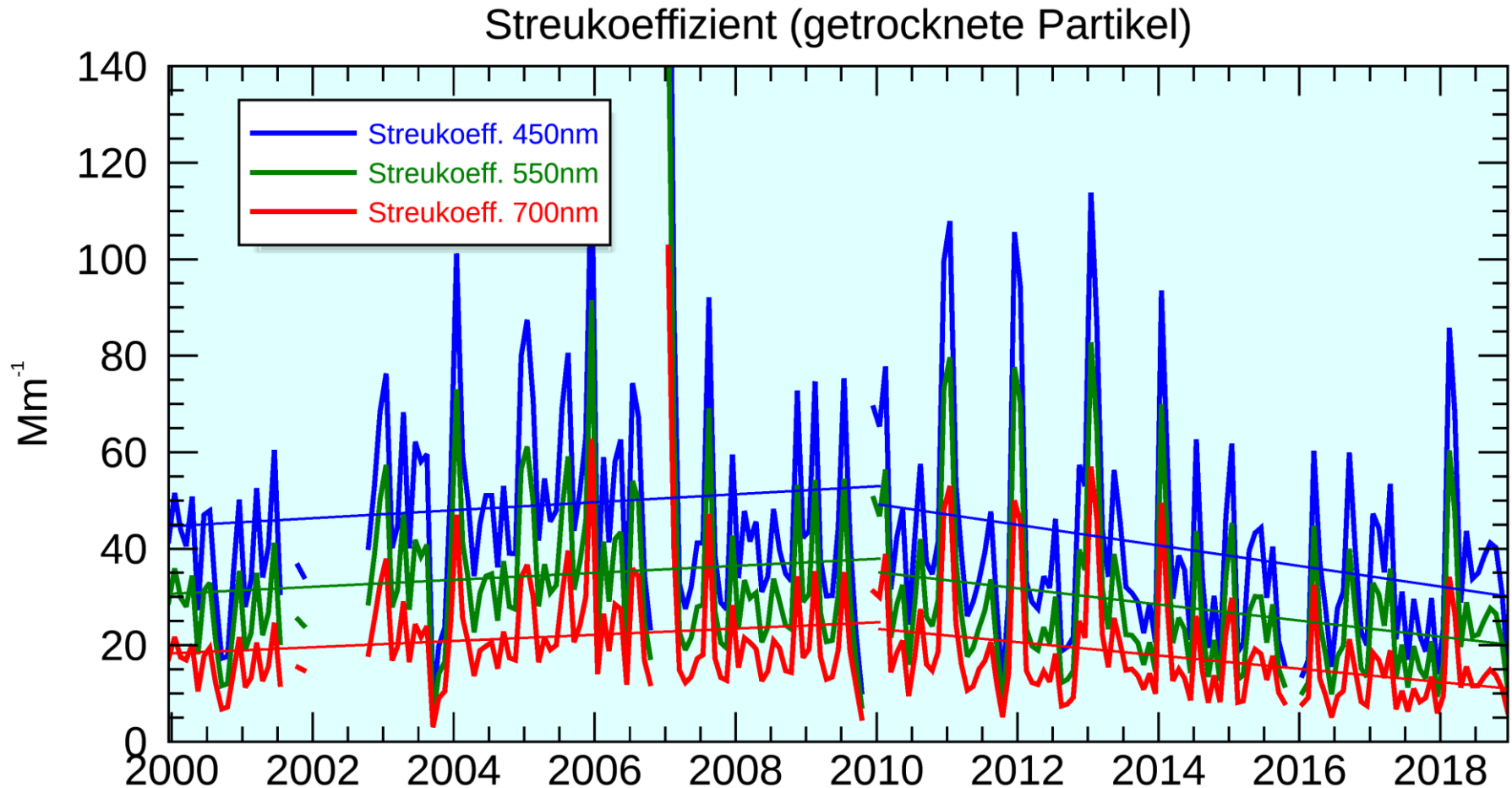


### Streukoeffizient (getrocknete Partikel)



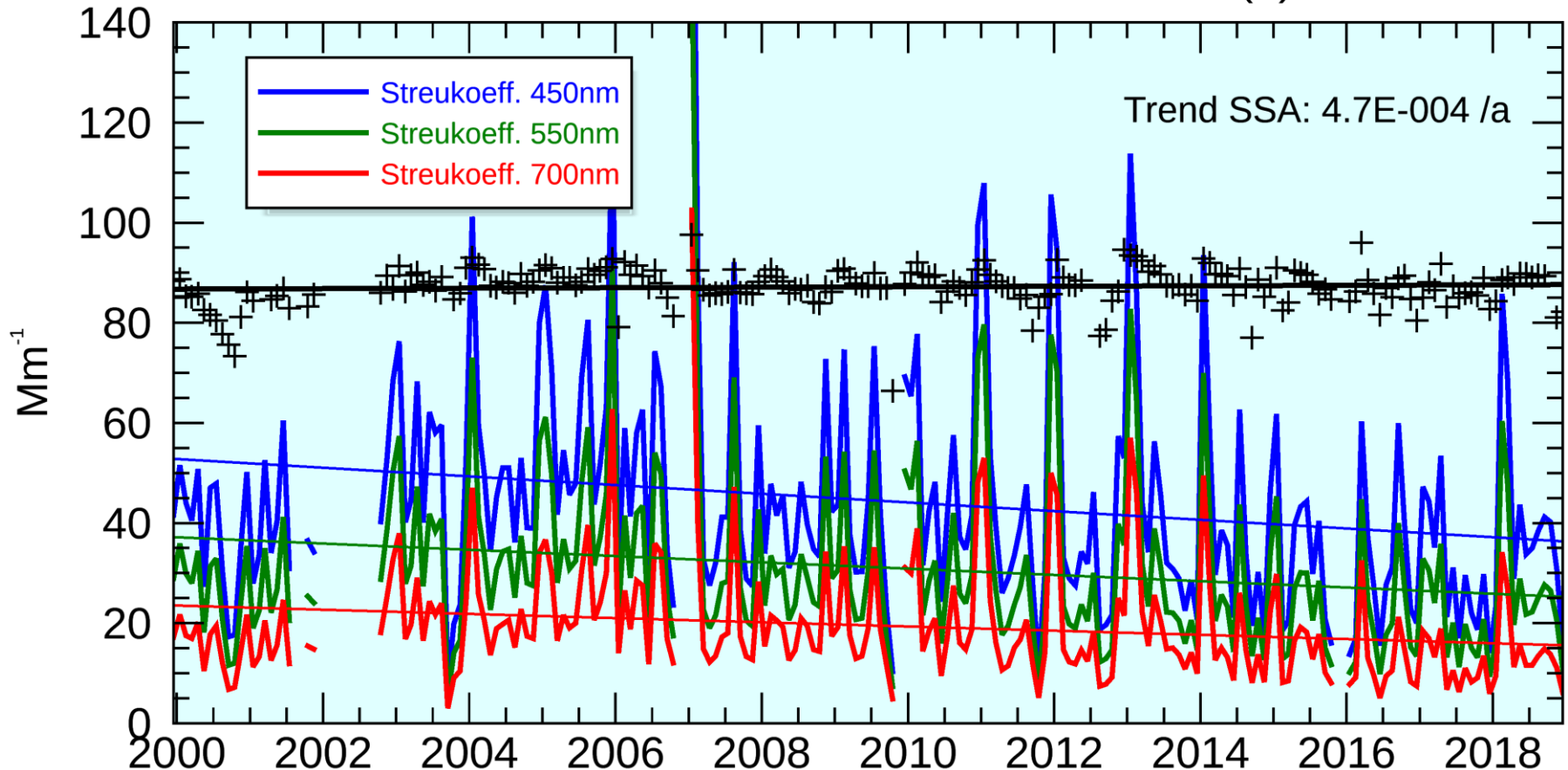


## 2 Ausgleichsgeraden für 2000-2010 und 2010-2019



kein Trend in der SSA (...die ohne Trocknung der Partikel größer wäre)

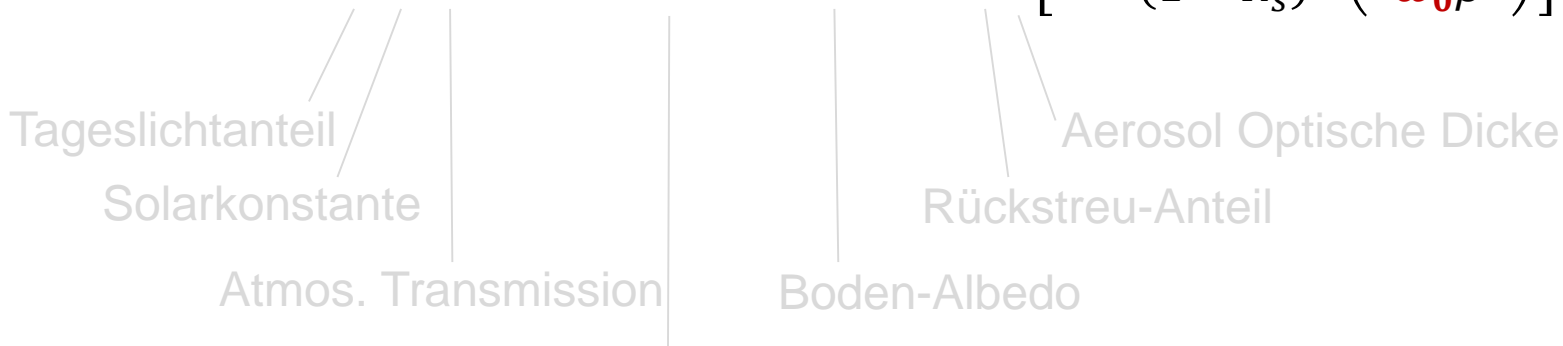
## Streukoeffizient & Einfach-Streualbedo (+)





Strahlungsantrieb @ TOA für optisch dünnes ( $\delta^2 \ll 1$ ) teilabsorb. ( $0 < \omega_0 < 1$ ) Aerosol

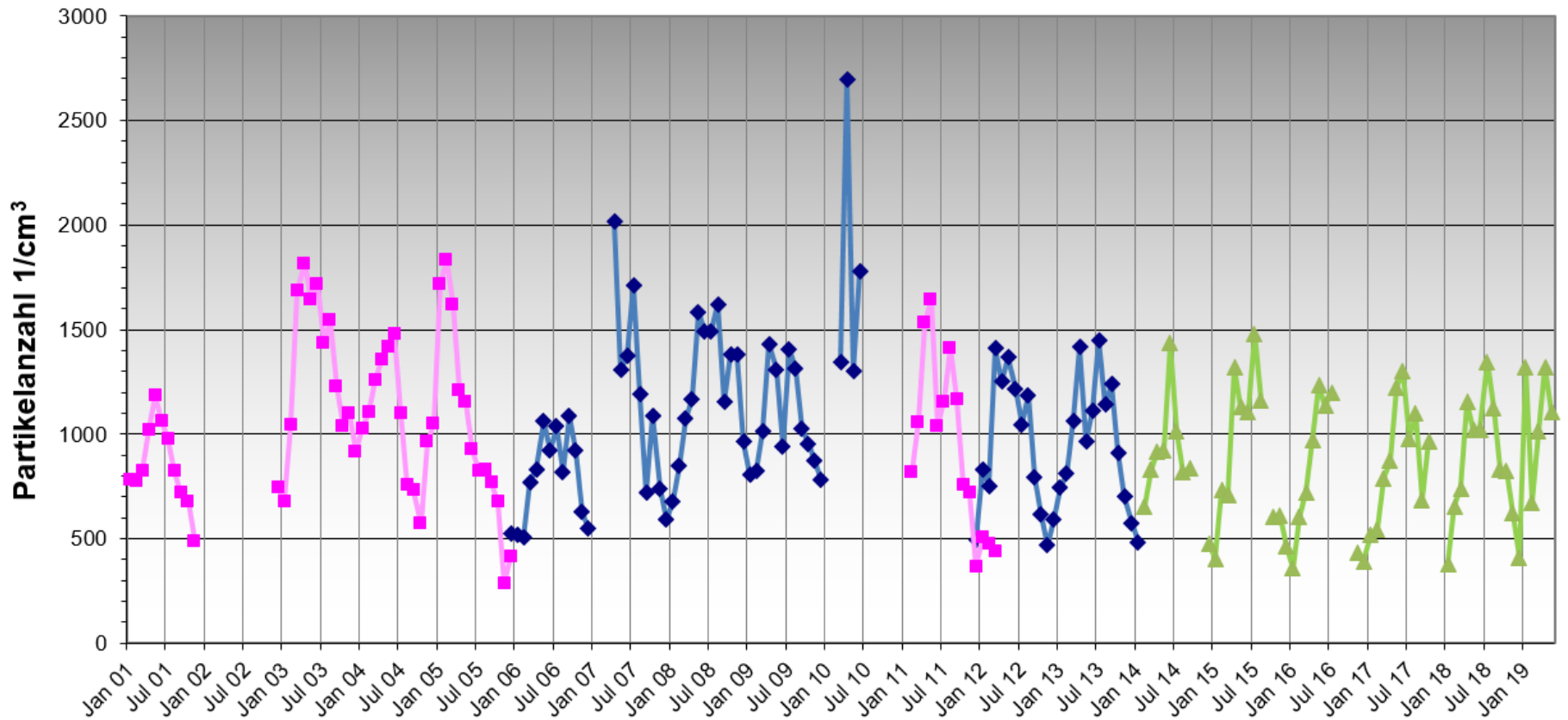
$$\Delta F \approx -DS_0 T_{atm}^2 (1 - A_c) (1 - R_s)^2 \omega_0 \beta \delta \left[ 1 - \frac{2R_s}{(1 - R_s)^2} \left( \frac{1 - \omega_0}{\omega_0 \beta} \right) \right] \quad (\text{Haywood \& Shine 1995})$$

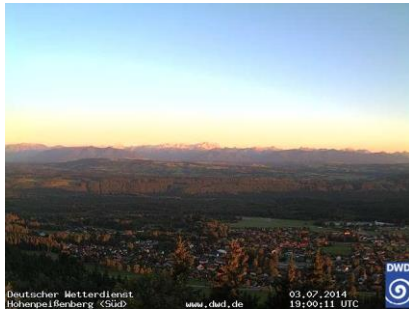


**Wolkenbildung aus Kondensationskeimen:**

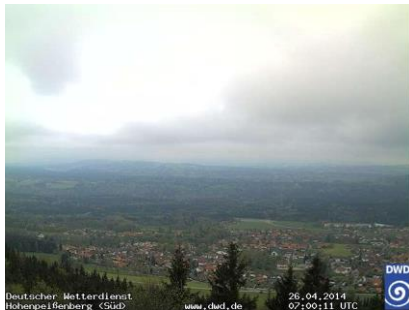
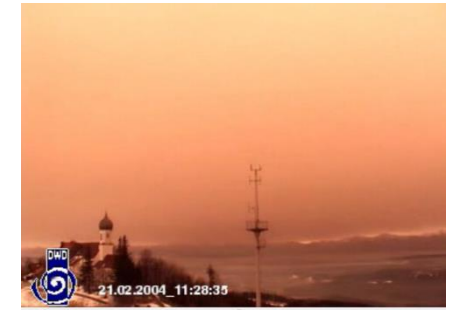
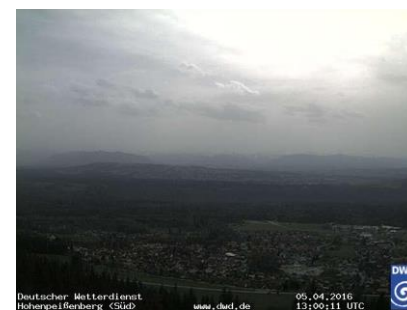
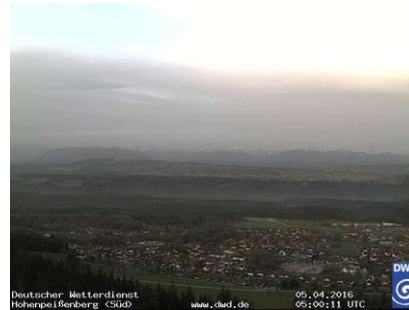
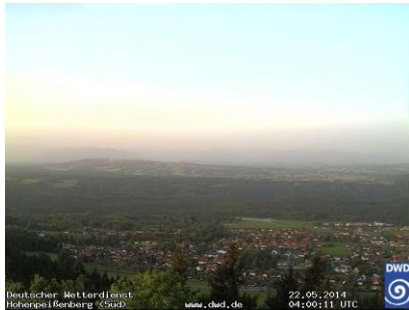
Fehlvorhersagen in trockener Luftmasse

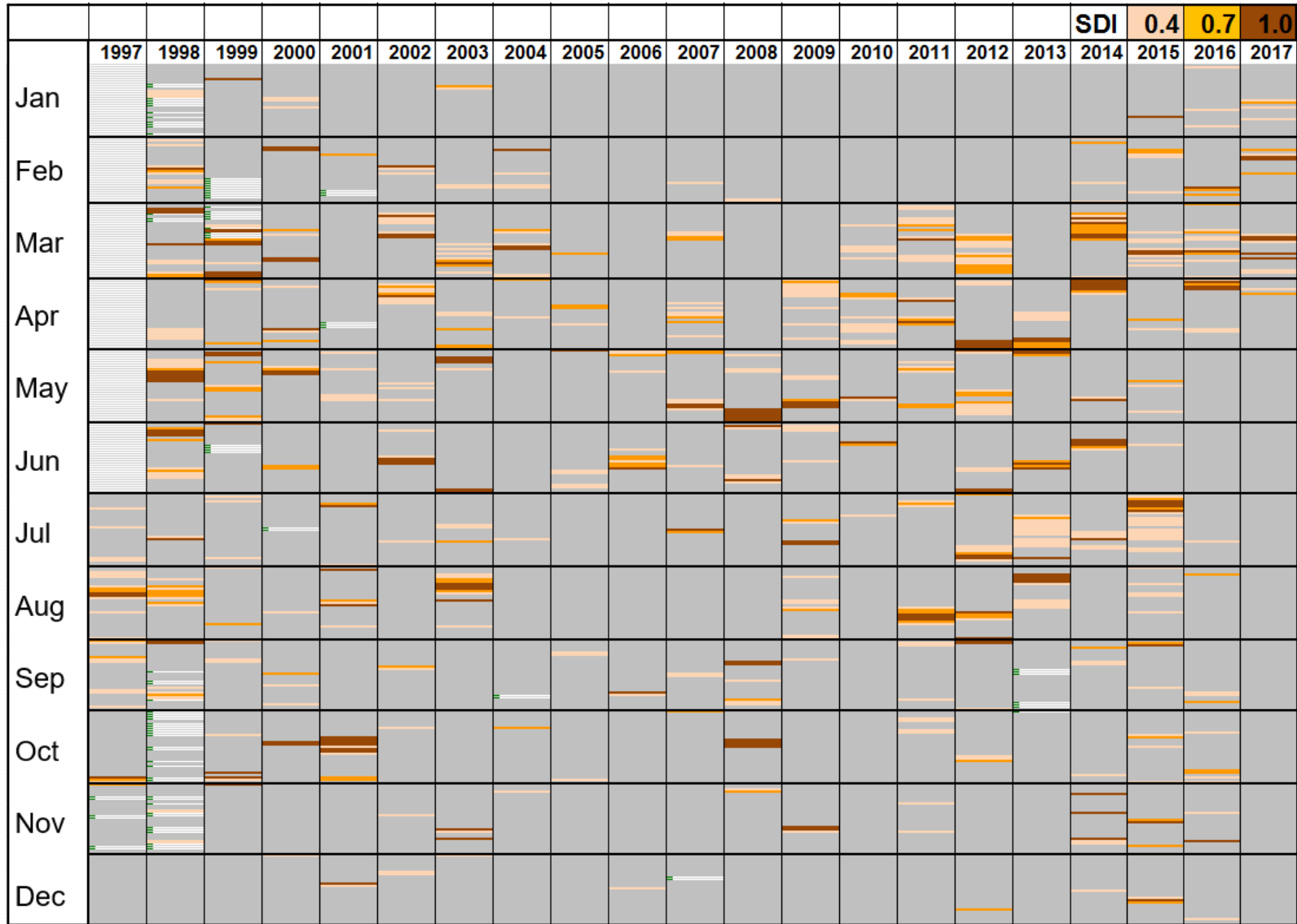
Abschattung





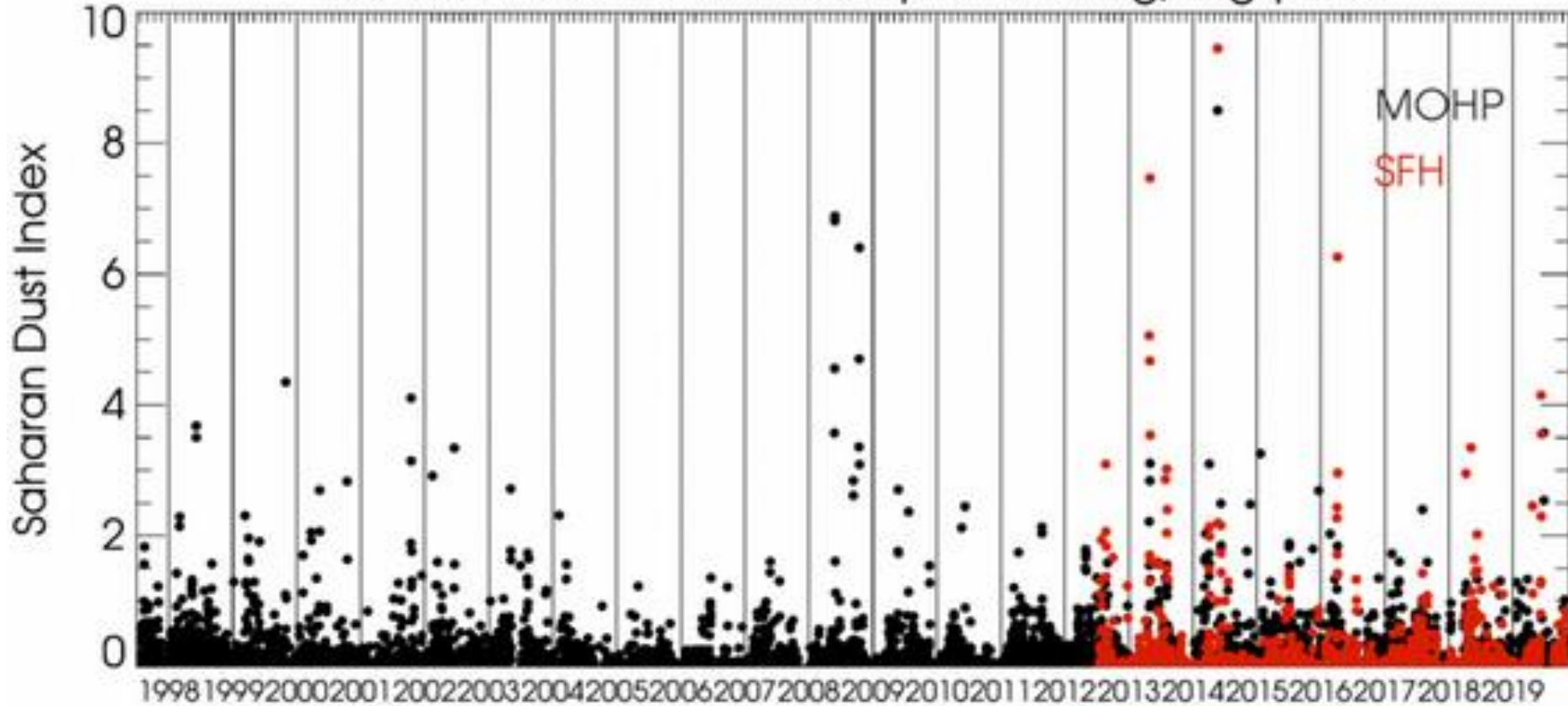
$$\text{Sichtweite VR} = \frac{3.912}{\sigma_{ext}}$$







## Saharan Dust Index Hohenpeissenberg/Zugspitze



Atmospheric Environment 100 (2015) 87–95



Contents lists available at ScienceDirect

Atmospheric Environment

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)



Identification and monitoring of Saharan dust: An inventory representative for south Germany since 1997

H. Fleitje<sup>a,\*</sup>, B. Briel<sup>a</sup>, C. Beck<sup>b</sup>, M. Collaud Coen<sup>c</sup>, M. Fricke<sup>d</sup>, J. Cyrys<sup>d,e</sup>, J. Gu<sup>d,f</sup>, M. Pitz<sup>g</sup>, W. Thomas<sup>h</sup>



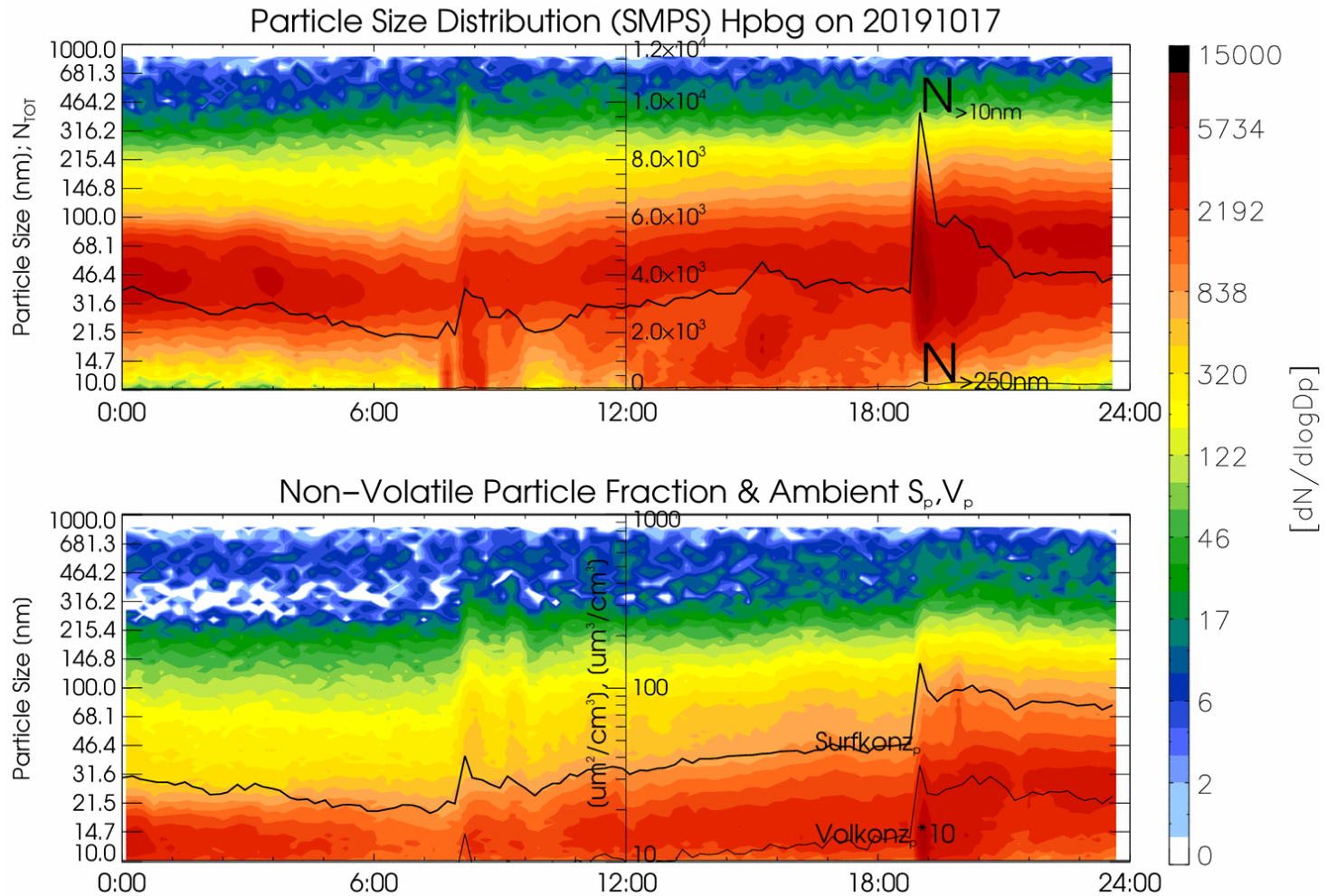
<sup>a</sup> Deutscher Wetterdienst, Met. Obs. Hohenpeissenberg, D-82083 Hohenpeissenberg, Althof-Schneitzger-Weg 10, Germany  
<sup>b</sup> Universität Augsburg, Institut für Geographie, Althof-Schneitzger-Weg 10, D-82083 Augsburg, Germany  
<sup>c</sup> MeteoSwiss, Aerological Station, Les Avants, CH-1700 Porrentruy, Switzerland  
<sup>d</sup> Institute of Meteorology & Climatology, Leibniz Universität Hannover, 30559 Hannover, Germany  
<sup>e</sup> Environment Science Center, University of Applied Sciences, 14, 96050 Augsburg, Germany  
<sup>f</sup> German Environment Agency, Beutenberg-Str. 140, 30769 Augsburg, Germany

### HIGHLIGHTS

- Large  $Ca^{2+}$  abundance and coarse particle volume (0.5–7  $\mu m$ ) indicate Saharan dust.
- The annual number of Saharan dust days show no significant trend.
- The relative contribution of dust to total particle mass decreases from 6% to 4%.
- Saharan dust events, detected by different metrics at different stations, are consistent.
- 4 of 5 EU law threshold exceedances (daily  $PM_{10} > 50 \mu g/m^3$ ) are due to Saharan dust.



SMPS (10 bis 800 nm) und GRIMM-OPC (30 nm bis 30 µm)

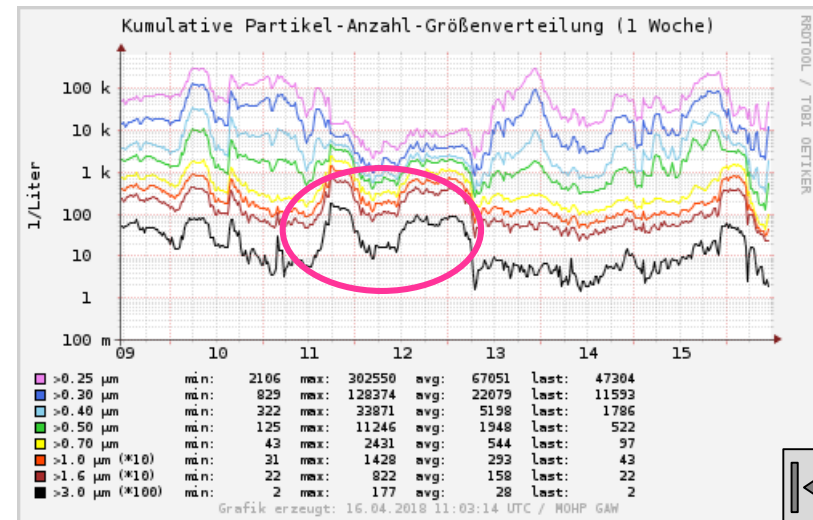
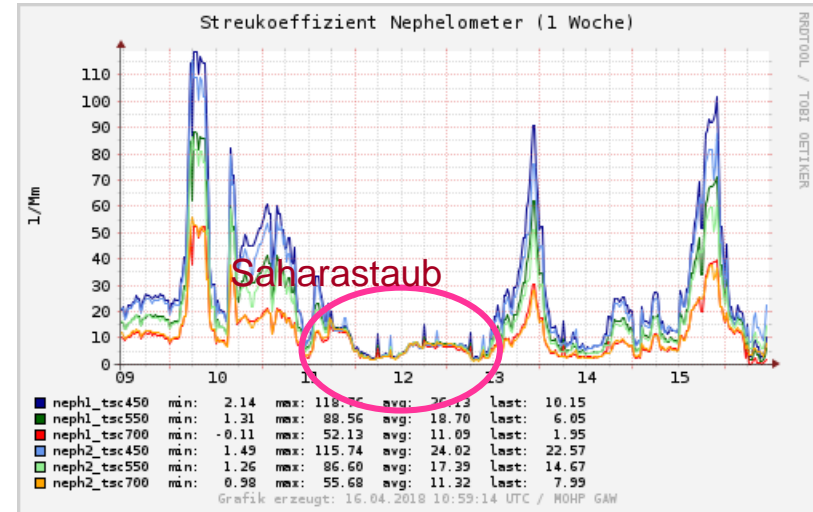


## Saharastaubfall

- Mie-Streuung, wellenlängenabhängig
- $\alpha$  = Angströmparameter,
- $\beta$  = Streukoeffizient

$$\beta_{str} \approx \frac{1}{\lambda^\alpha}$$

- Große Partikel →  $\beta$  wird zunehmend unabhängig von der Wellenlänge
- Saharastaub absorbiert →  $\beta$  wird kleiner



# Chemische Zusammensetzung

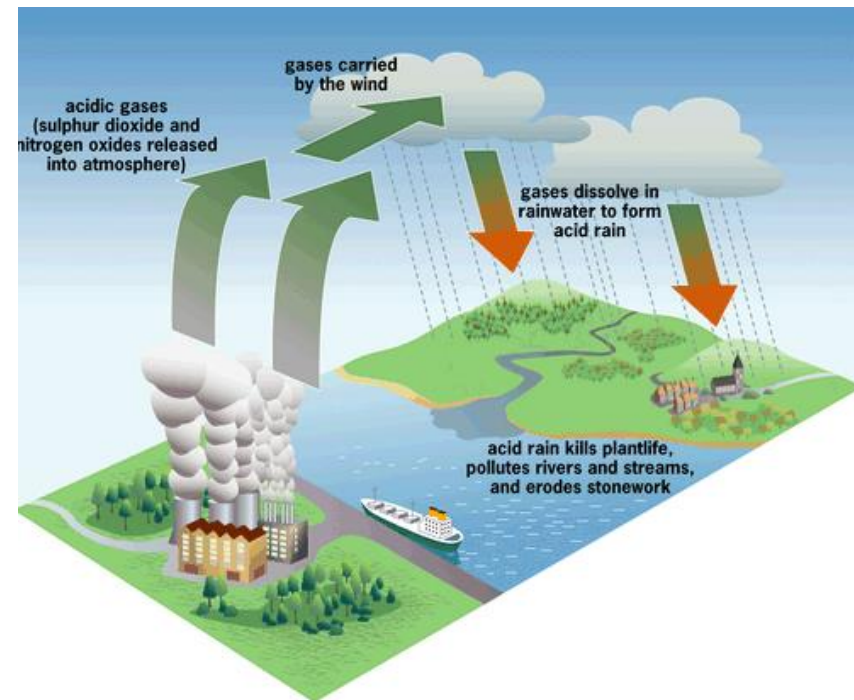


# Nasschemische Analyse und Massenspektrometrie

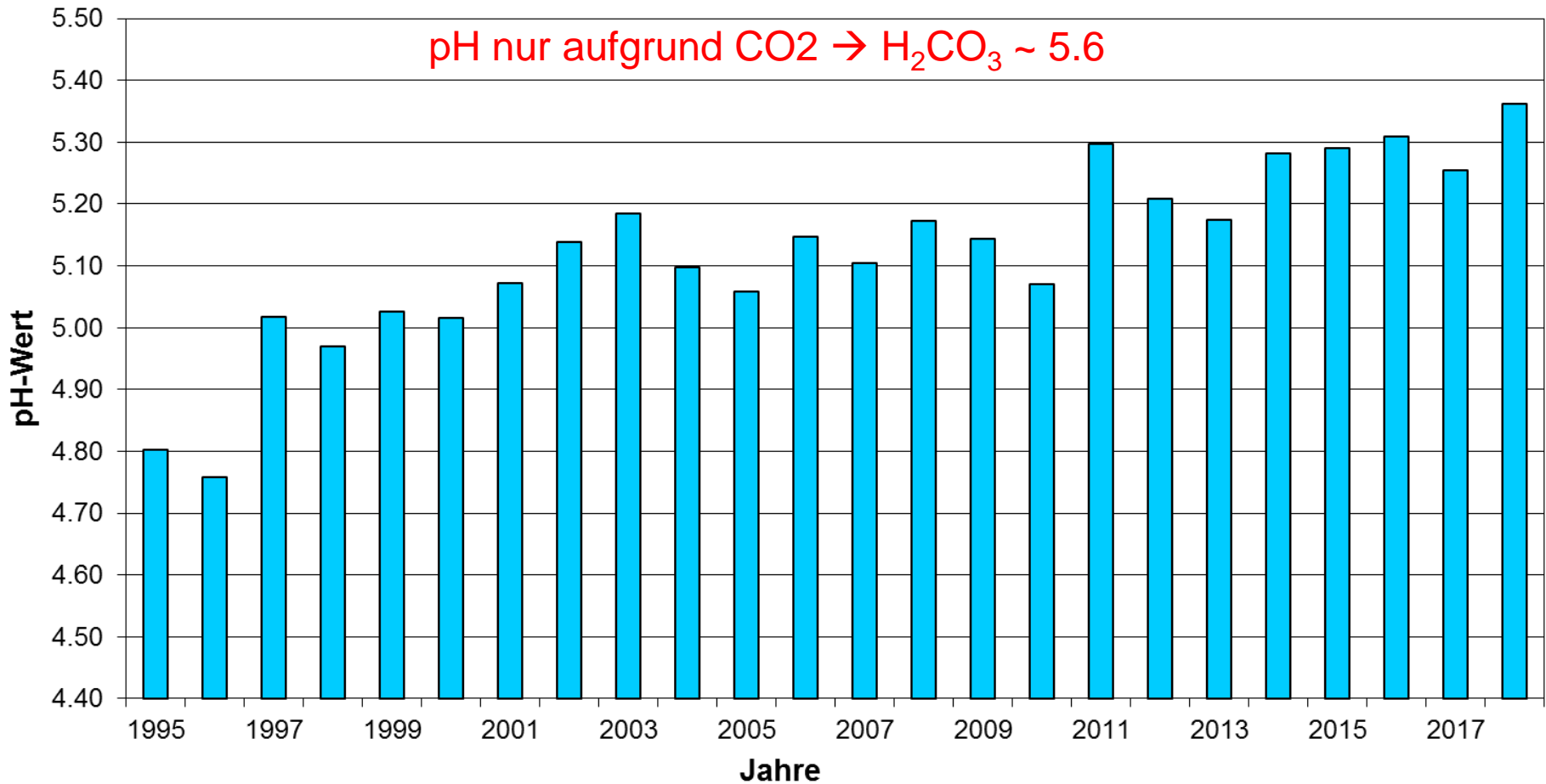
- Sampler wet-only, tägliche Regenproben (falls es geregnet hat...)
  - pH-Wert, Leitfähigkeit, wasserlösliche Komp. mittels Ionenchromatographie
- Berner Impaktor, vier Grössenklassen, tägliche/zweitägliche Proben
  - pH-Wert, Leitfähigkeit, wasserlösliche Komp. mittels Ionenchromatographie
- Digital Gesamtermessung, Tagesproben
  - pH-Wert, Leitfähigkeit, wasserlösliche Komp. mittels Ionenchromatographie
- Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM)
  - 30 Minuten zeitliche Auflösung, PM<sub>1</sub>
  - Nitrat, Ammonium, Sulphat, Chlorid, organische Bestandteile
  
- Nasschemische Daten von ~ 1995 bis heute, ACSM ab 2014 bis heute

# Ergebnisse der chemischen Analysen

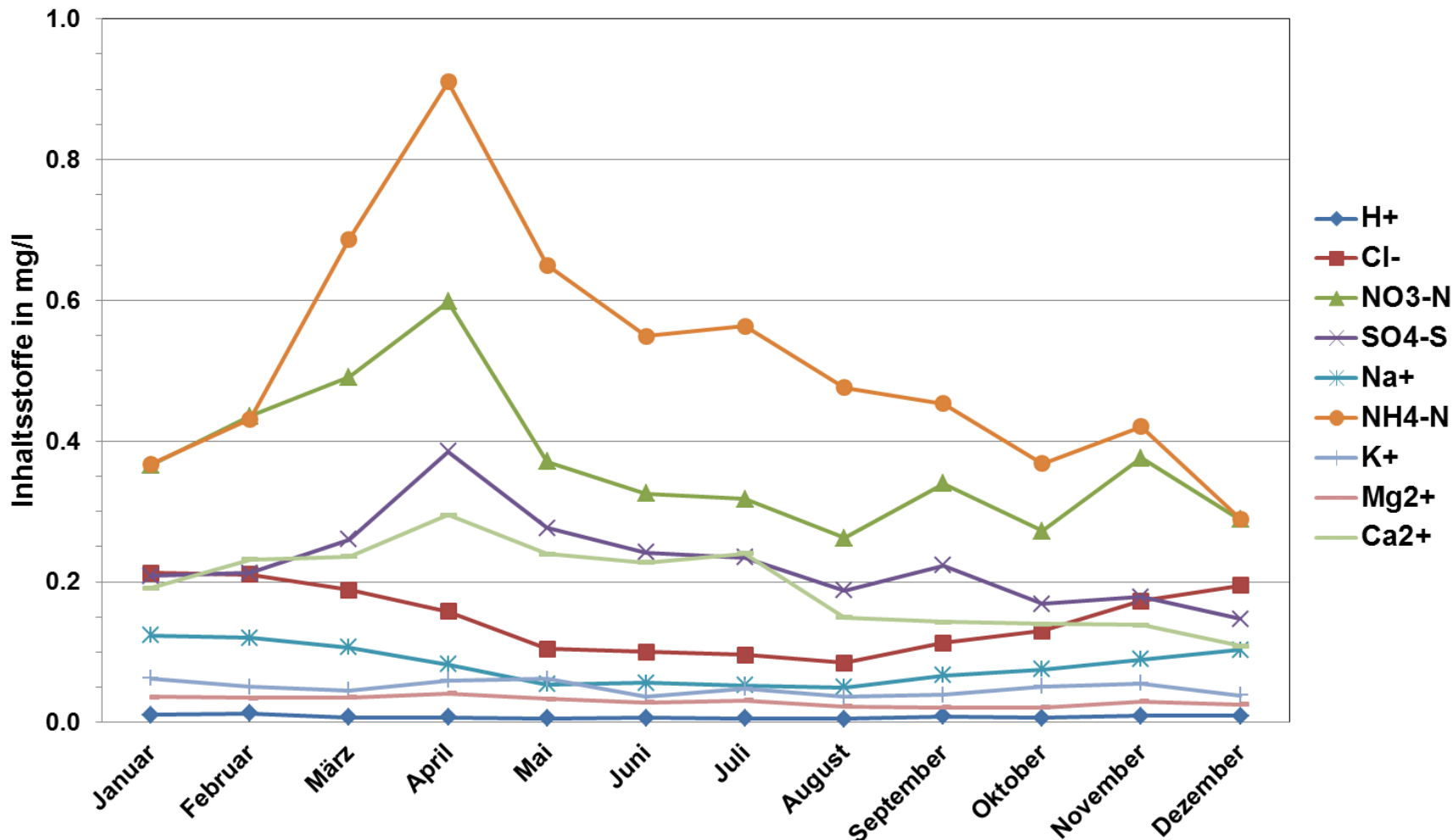
- Zeitserien von 1995 – 2018  
(laufende Messungen)
- Die Atmosphäre wird sauberer:
  - pH-Werte **steigen**, Leitfähigkeit **sinkt**
  - Ionenkonzentration im Niederschlag **sinkt**
- Das Phänomen “saurer Regen” gibt es immer noch, aber:
  - das **Schwefeldioxid** ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  Schwefelsäure) ist nicht mehr die hauptsächlich verantwortliche Substanz
  - Das ist nun die Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ), welche aus **Stickoxiden** stammt



pH-Wert von Niederschlagsproben  
gewichtet mit der Niederschlagsmenge  
Jahresmittel 1995 - 2018

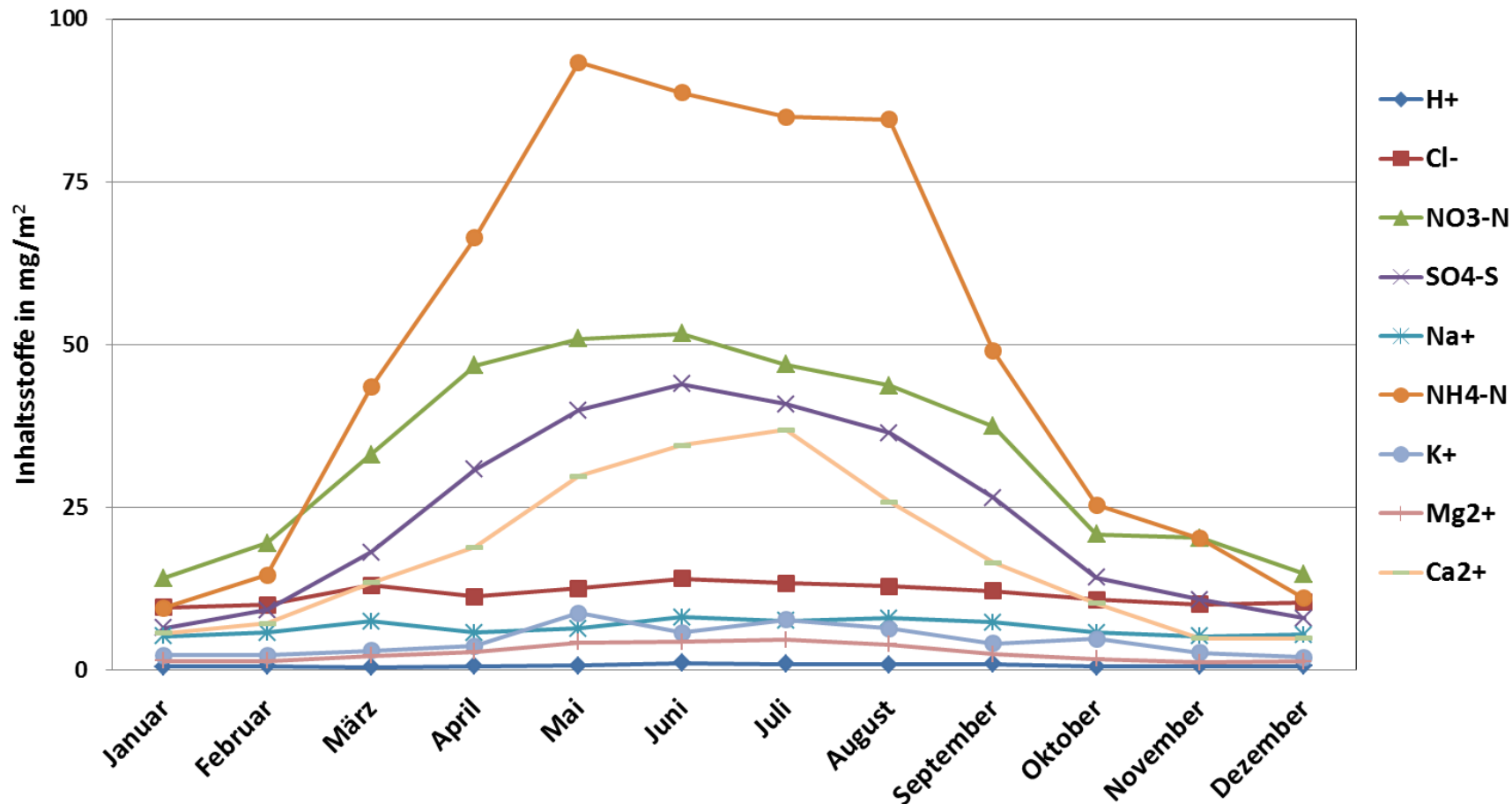


**Aerosole im Niederschlag**  
Monatsmittelwerte 1995 - 2018





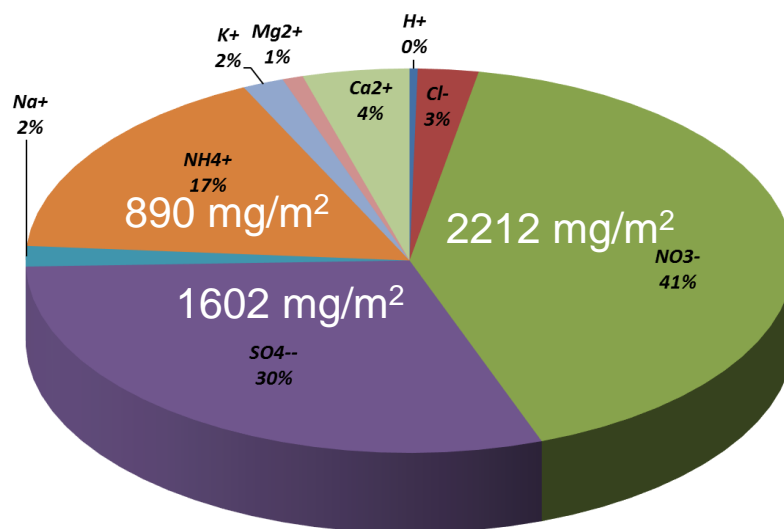
## Aerosole Deposition Monatsmittelwerte 1995 - 2018



## Prozentuale und absolute Werte pro Jahr

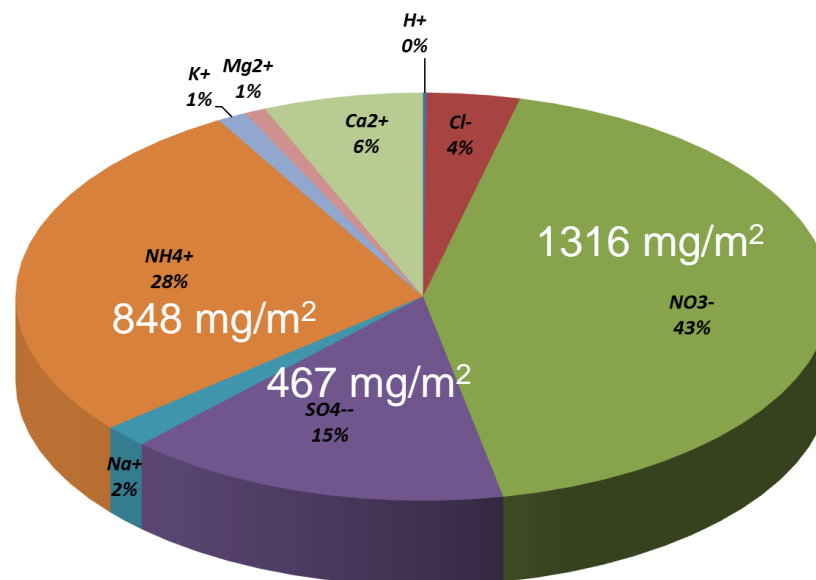
**1995**  
**5.3 g/m<sup>2</sup>**

Inhaltsstoffe im Niederschlag - Gesamtdeposition 1995



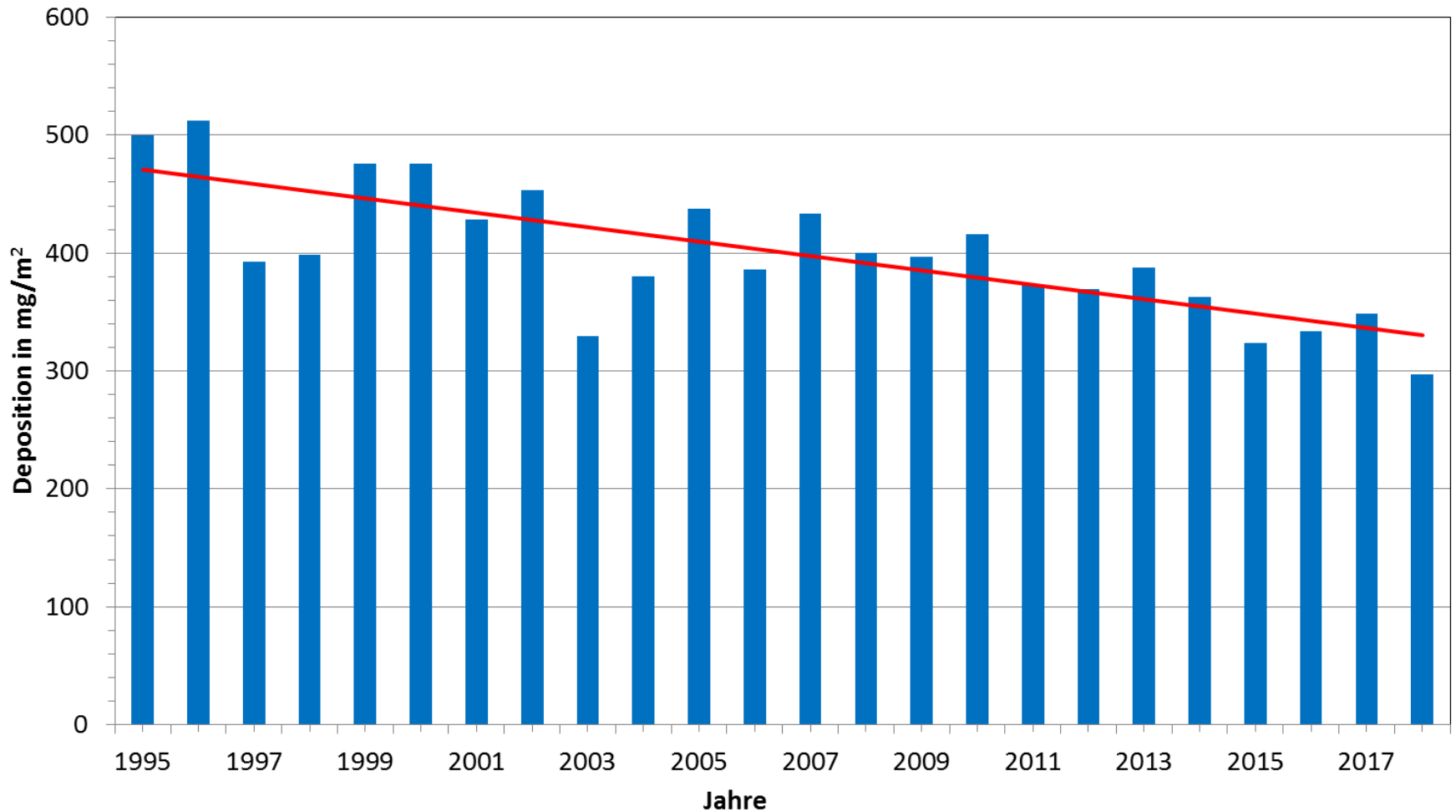
**2018**  
**3.1 g/m<sup>2</sup>**

Inhaltsstoffe im Niederschlag - Gesamtdeposition 2018

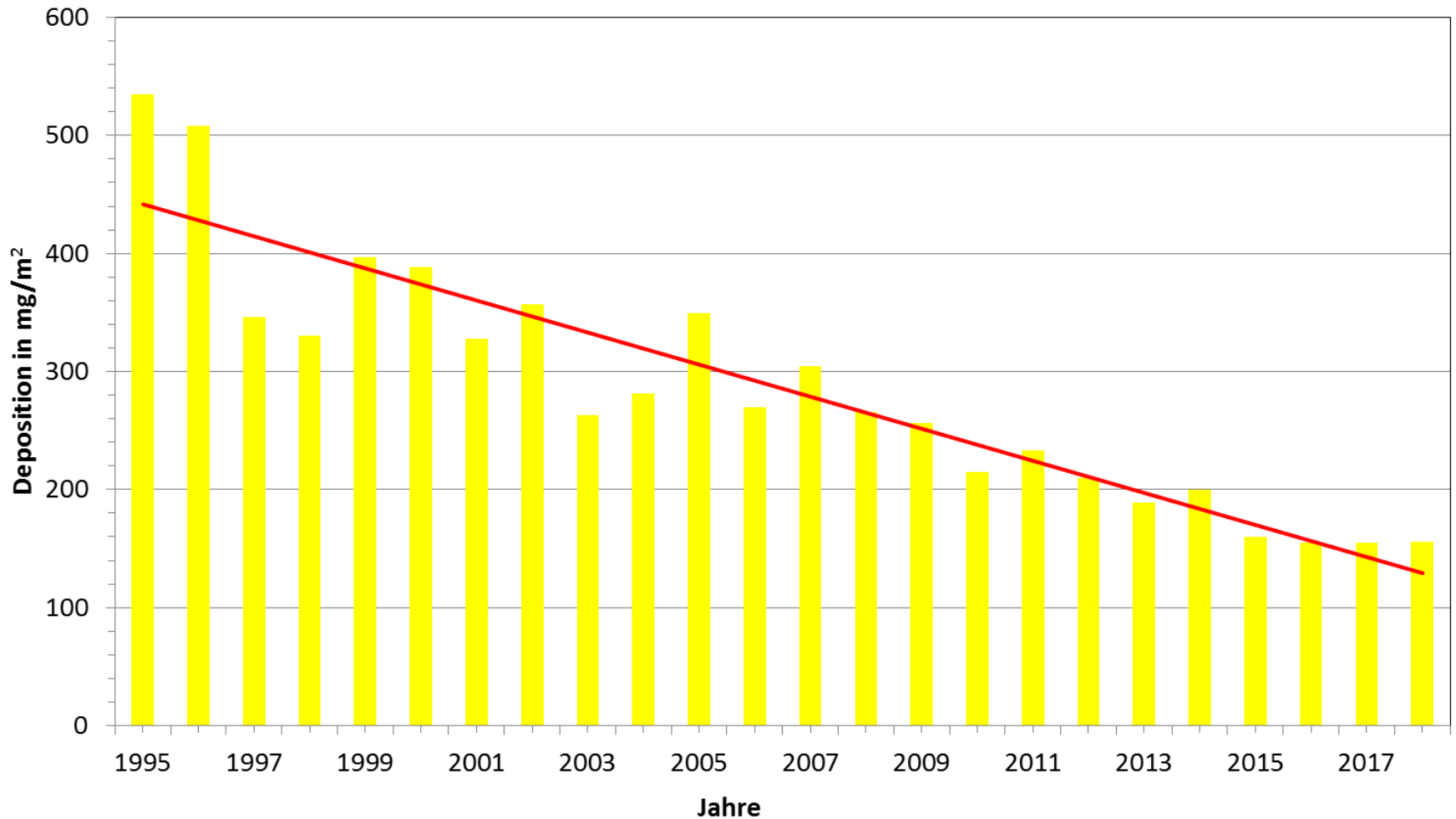


**Prozentual weniger Sulphat – mehr Ammonium**

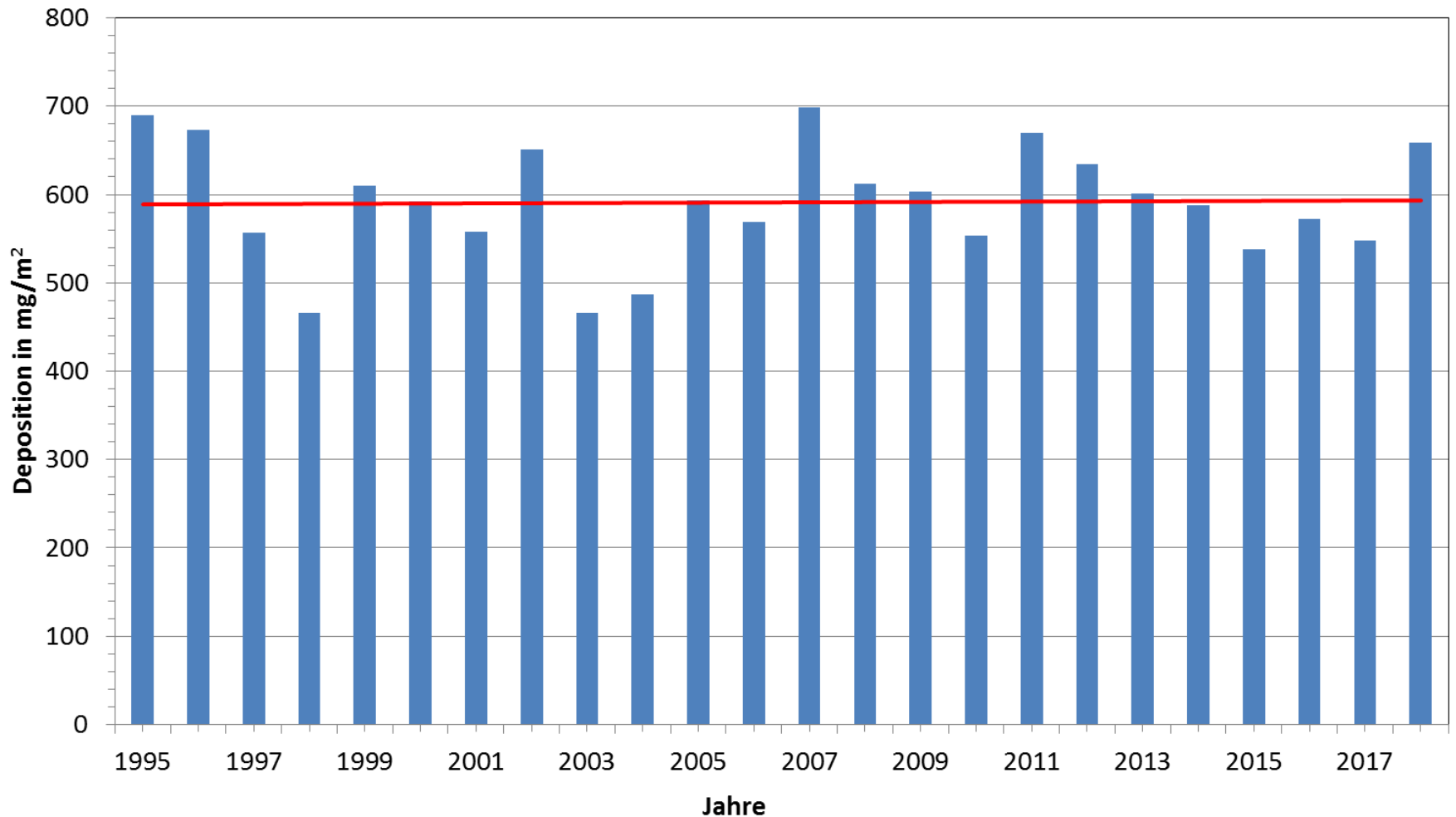
## Jährliche Deposition Stickstoff im Nitrat



## Jährliche Deposition Schwefel im Sulfat



## Jährliche Deposition Stickstoff im Ammonium







**Vielen Dank !**

**<http://www.dwd.de/mohp>**

**Harald.Flentje@dwd.de**  
**Werner.Thomas@dwd.de**