

Ruß und Klima

Einfluss verschiedener Quellen

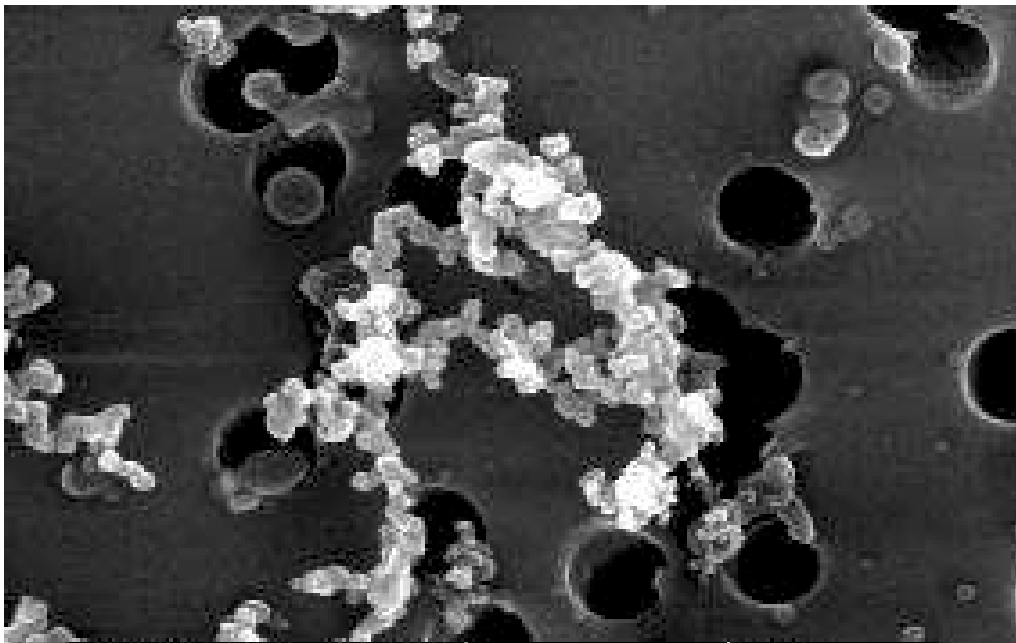
Johann Feichter
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Hamburg



Ruß entsteht bei unvollständiger Verbrennung bzw. der thermischen Spaltung von dampfförmigen kohlenstoffhaltigen Substanzen

Unvollständige Verbrennung:

Brennstoff + Sauerstoff \rightarrow CO₂ + H₂O + CO + Kohlenwasserstoffe + Ruß



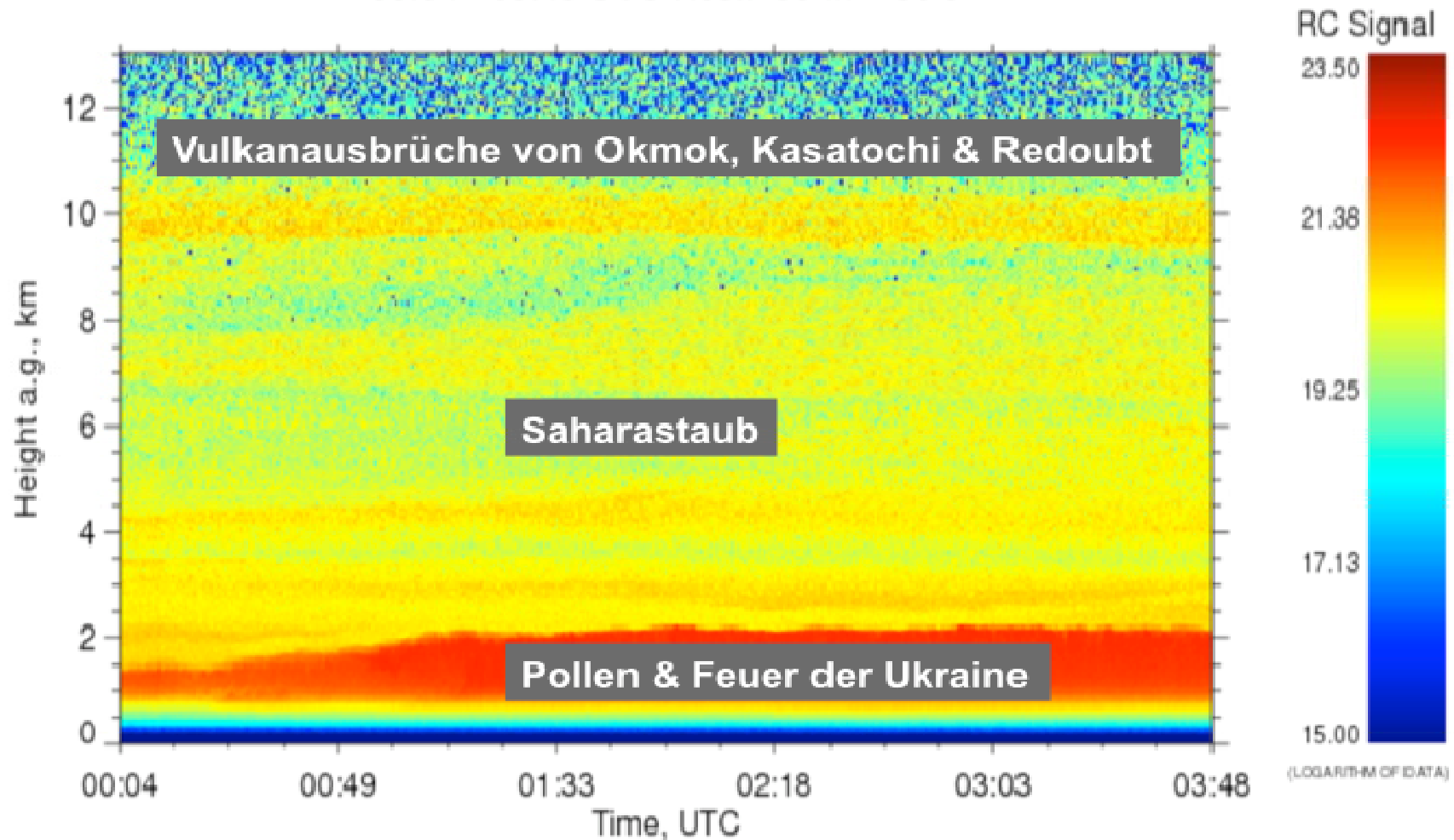
Kugelförmige Partikel
D = 5 – 500 nm

An der Oberfläche von Ruß
häufig
Pyrolyseprodukte, ölige
Bestandteile, polyzyklische
Aromate

Ansmann, IfT Leipzig

Leipzig, Raman Lidar 16. April 2009

00:04 - 03:48 UTC Res.: 60 m - 30 s



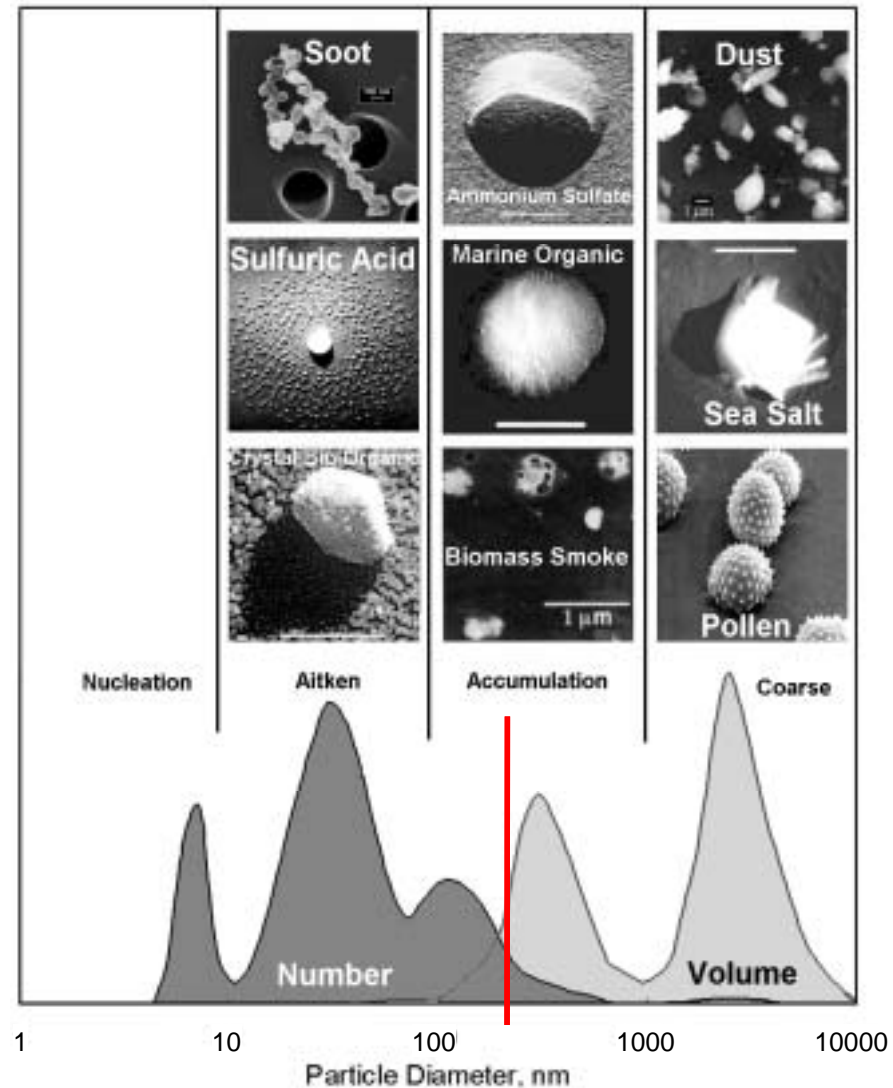
Aerosolpartikel

Aerosolpartikel =
Suspension von festen und
flüssigen Partikeln in Luft
*Feinstaub = lungengängiges
Aerosol*

Primärpartikel =
als Partikel emittiert
z.B. *Staub, Seesalz, Ruß*

Sekundärpartikel =
kondensieren aus Dämpfen
z.B.
*Sulfat, Nitrat, Kohlenwasserstoff
verbindungen*

Aerosol besteht aus
verschiedenen chemischen
Komponenten aus einer Vielzahl
verschiedener Quellen



Heintzenberg et al., 2003

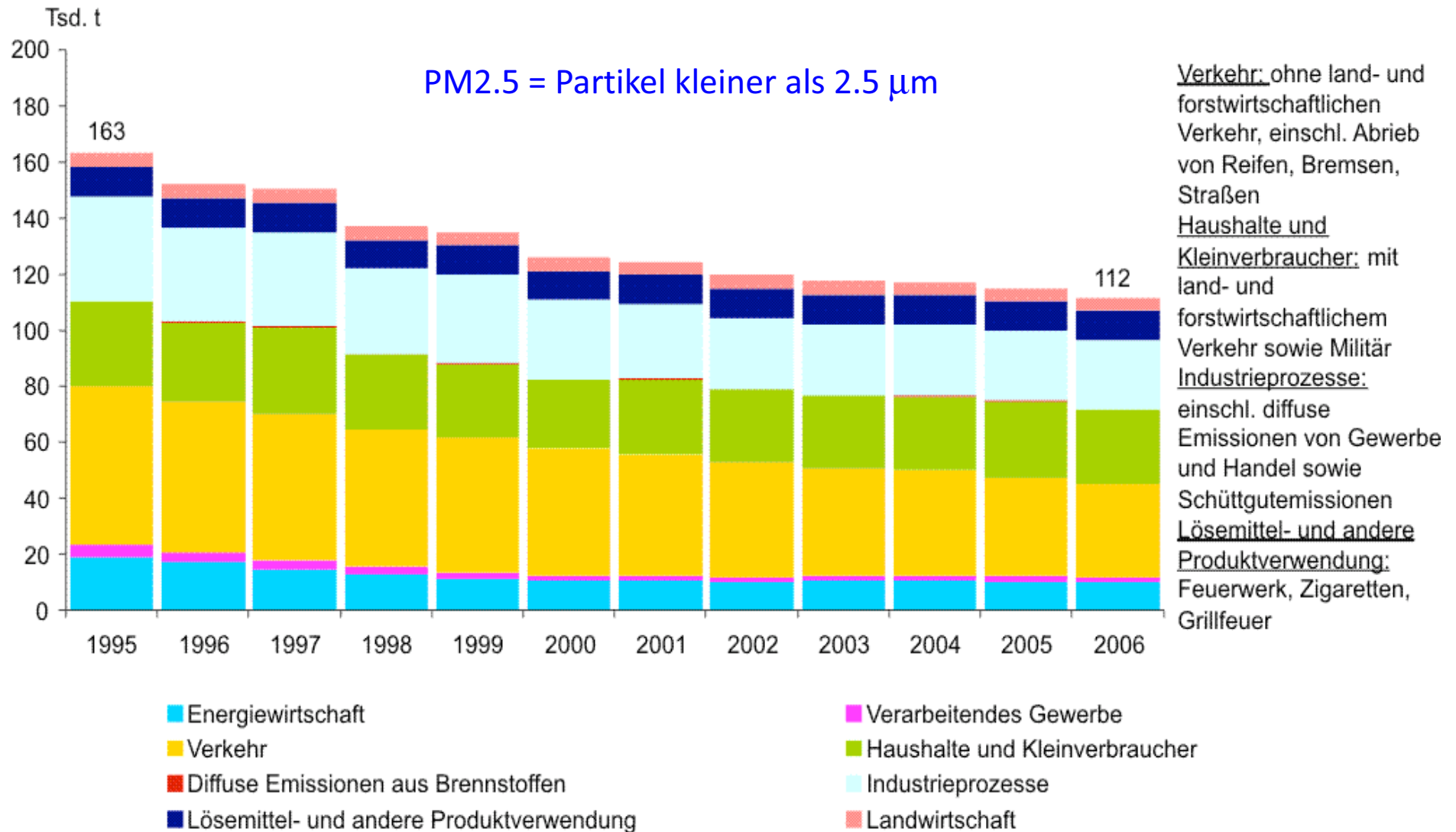
Quellen von Ruß
und
zeitliche Trends für
Deutschland, Europa und global

Quellen von Aerosol

- Industrie
- Kraftwerk
- **Hausbrand**
- Landwirtschaft
- Müllverbrennungsanlagen
- **Verbrennung von Biomasse**
- Mineralstaub & Seesalz - windgetrieben
- Verkehr
 - **Verbrennung von Treibstoff**
 - Abrieb von Bremsen und Reifen
 - Abrieb von Straßenbelag und Straßenbahnschienen
 - Partikel aus Katalysatoren in Form von Edelmetallen und Keramikfasern

Quellen von Feinstaub in Deutschland

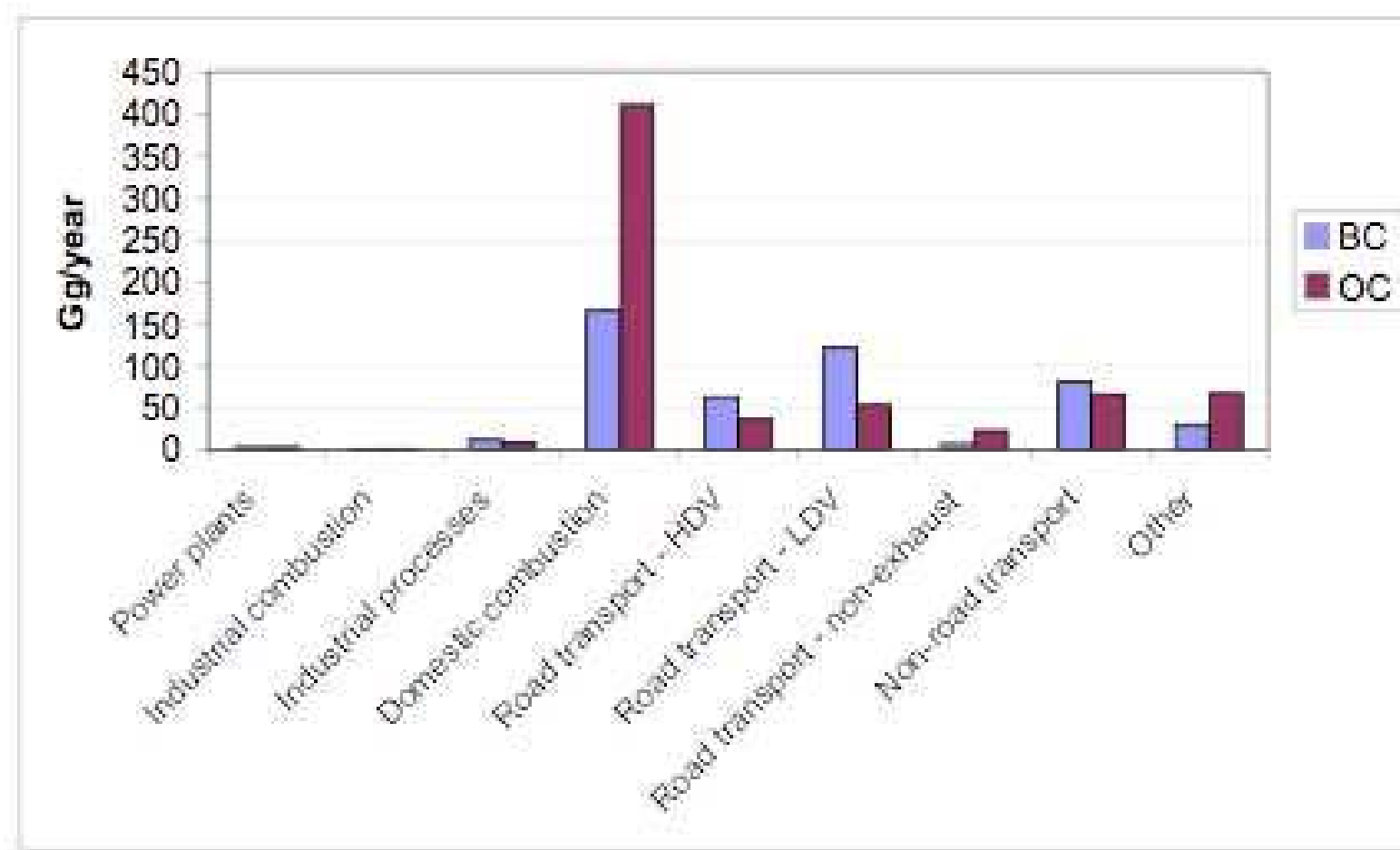
Staub (PM_{2,5})-Emissionen nach Quellkategorien



Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm> (01.02.2008)

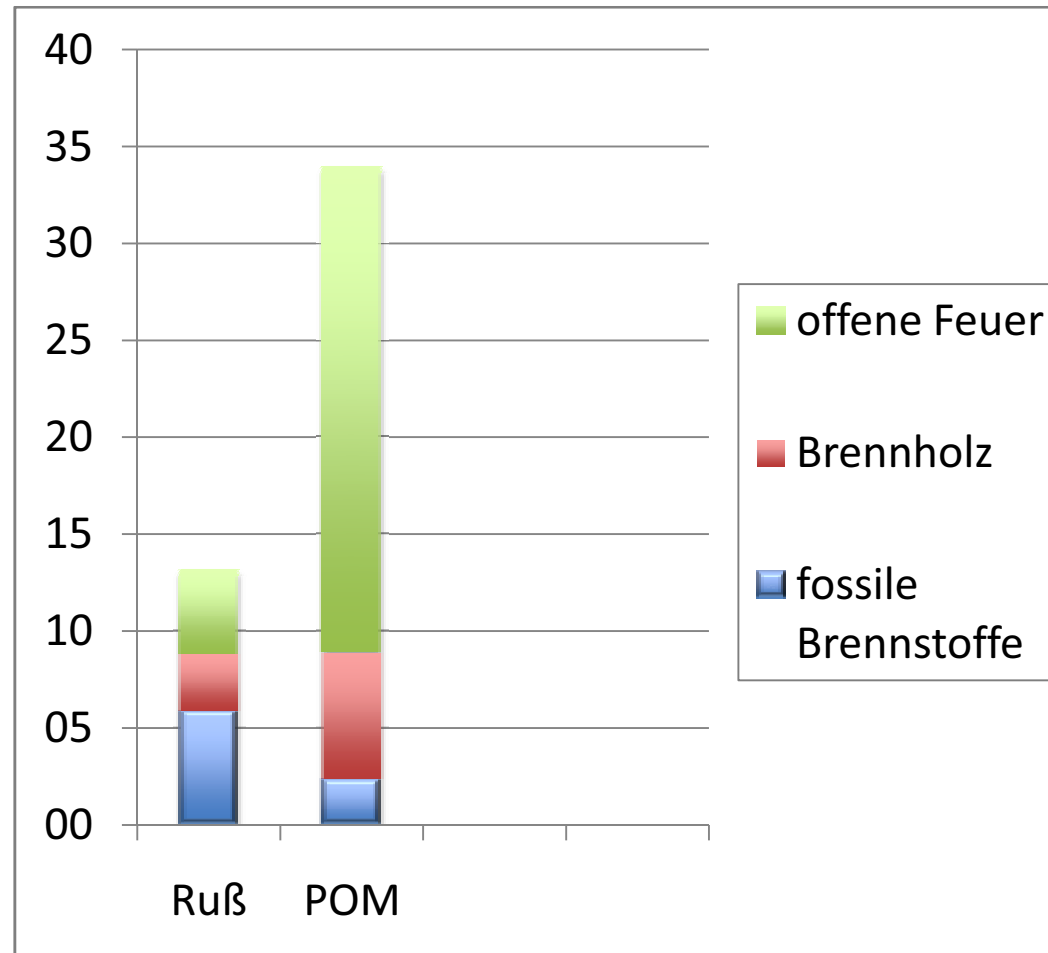
Emissionen von Ruß und kohlenstoffhaltigen Aerosolen

Europa, Jahr 2000



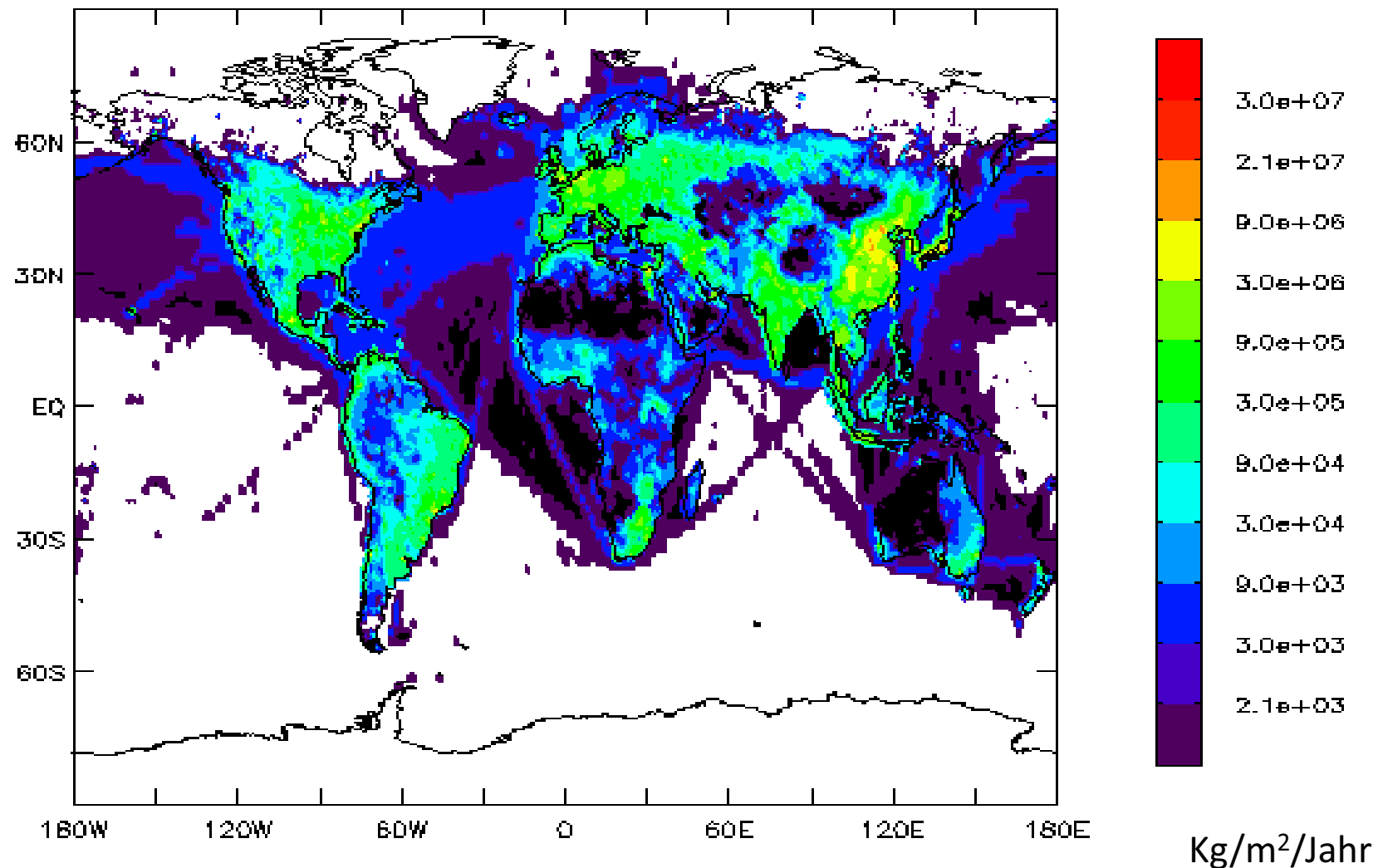
Kupiainen & Klimont, 2007

Globale Quellen kohlenstoffhaltiger Partikel in Mio to/Jahr

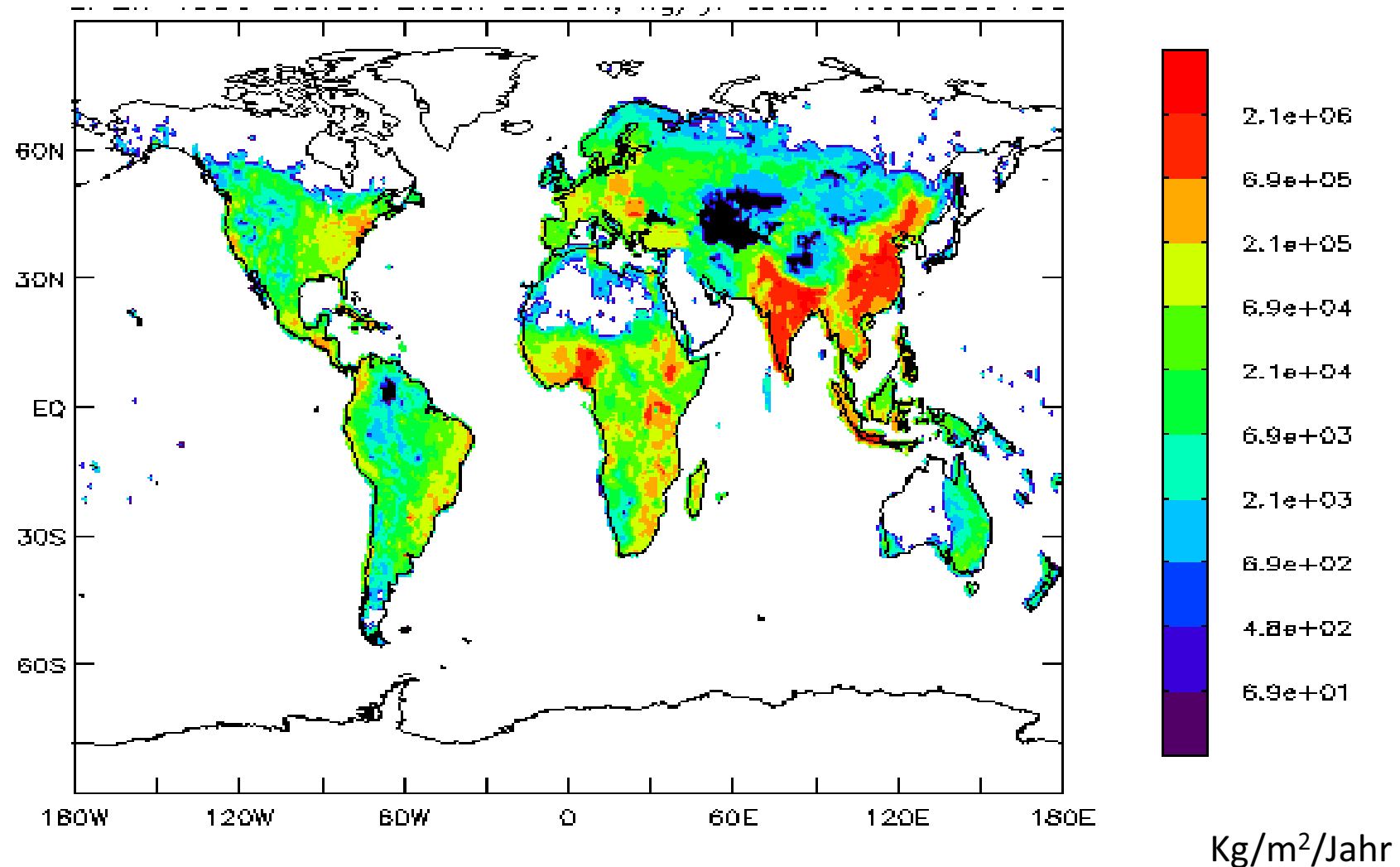


Bond et al., 2004

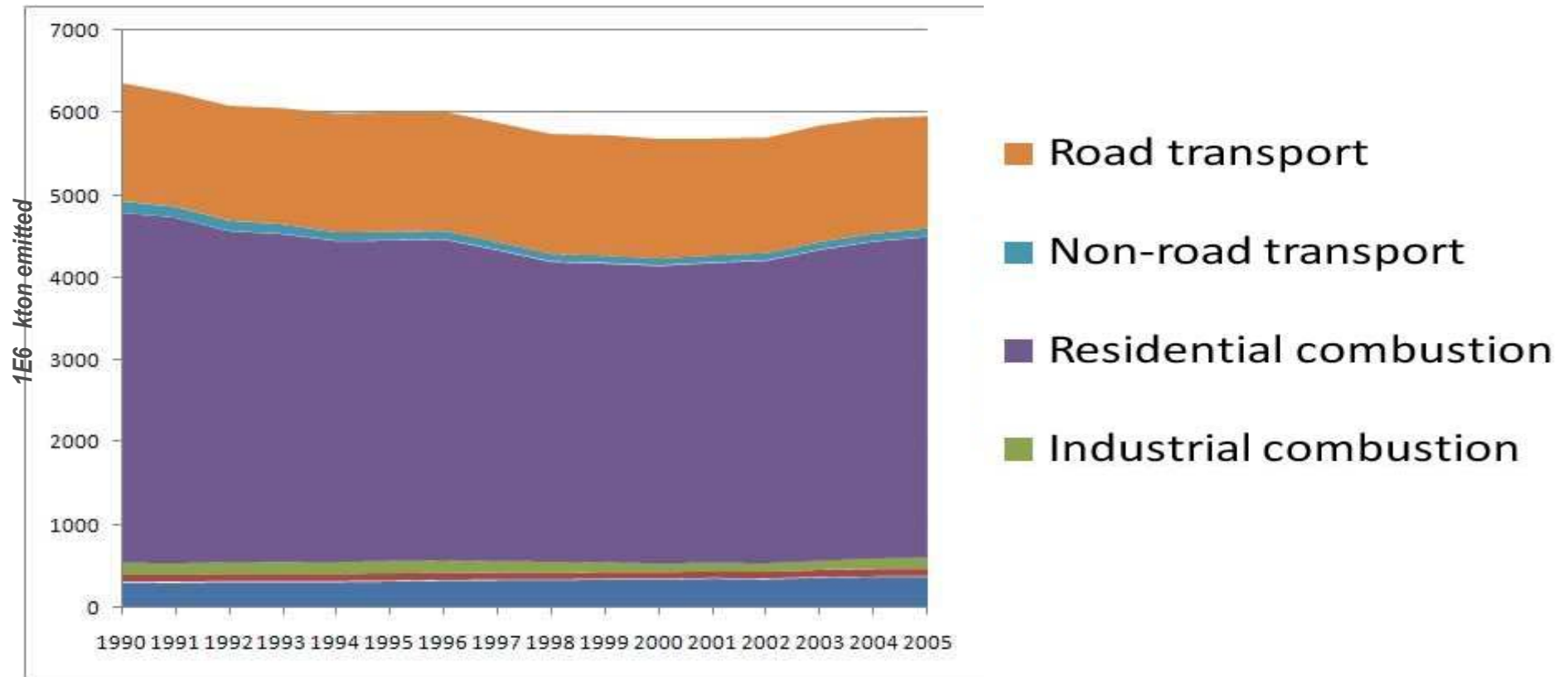
Ruß-Emissionen durch Nutzung fossiler Brennstoffe



Ruß aus Verbrennung von Biomasse (Holz etc.)



Trend der Emissionen zwischen 1990 und 2005



Anthropogenic Emission of
BlackCarbon

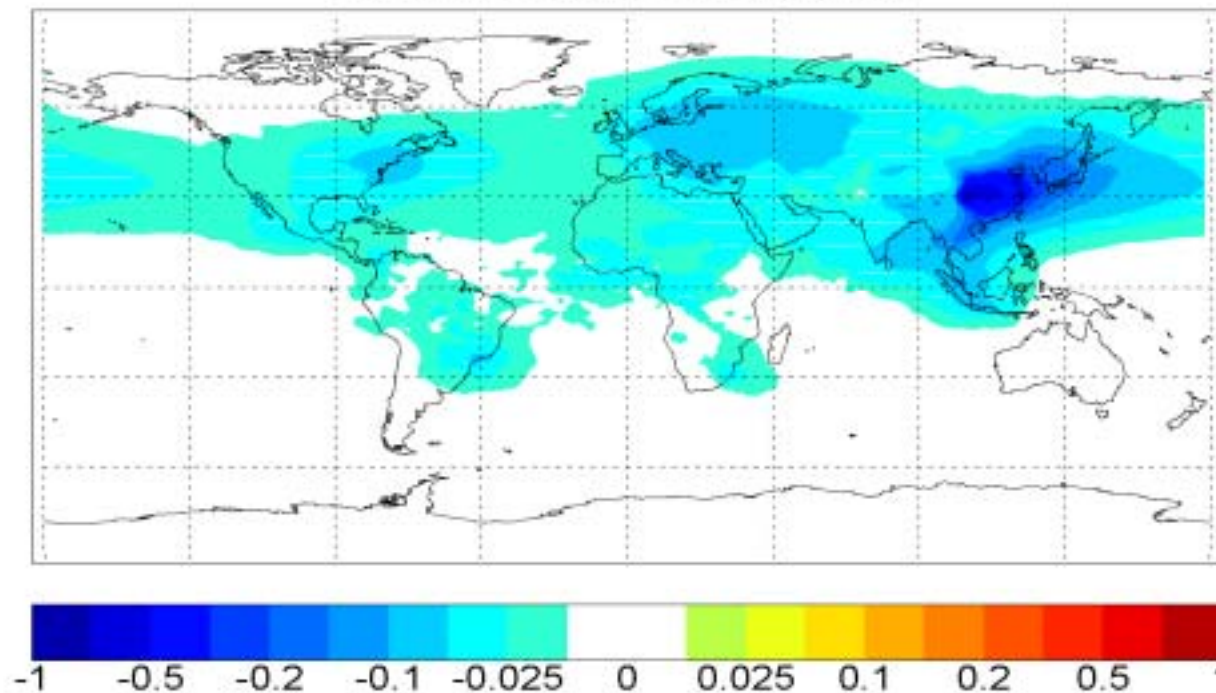
Wichtigste Rußquellen

- Haushalte und Kleinverbraucher
- Nutzung von Biomasse zum Kochen und Heizen
- Verkehr

Einfluss anderer Komponenten

Differenz zweier Modellsimulationen: (alle Quellen) – (ohne anthrop. SO₂)

Black Carbon Burden

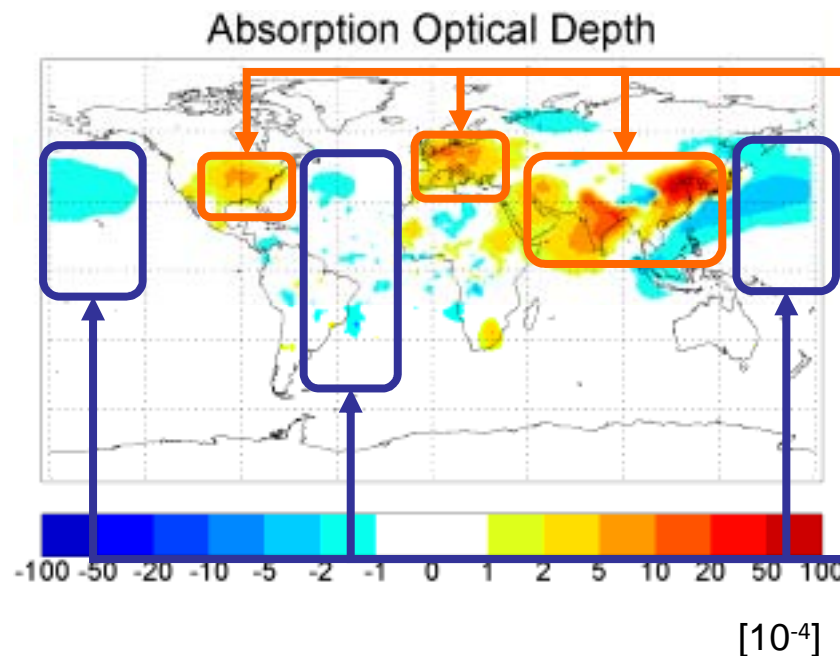


Rußgehalt der Atmosphäre in mg/m²

weniger SO₂ → weniger Sulfat → Ruß bleibt länger hydrophob → längere Lebensdauer

Einfluss anderer Komponenten

Differenz zweier Modellsimulationen: (alle Quellen) – (ohne anthrop. SO₂)



Ruß intern mit Sulfat gemischt
⇒ Zunahme der Absorption

Durch Mischung mit Sulfat wird
Ruß wasserlöslicher und
Daher rascher ausgewaschen
⇒ weniger Ruß
⇒ geringere Absorption

Differenz der Jahresmittel der Absorption der
optischen Dicke =

Maß für die Absorption von Sonnenstrahlung

Strategien zur Emissionsreduktion

- Berücksichtigung aller Quellen und chemischen Komponenten
- Luftqualität
- Klimaschutz
- Verbrennungsprozesse emittieren nicht nur Aerosole sondern auch CO₂

Anthropogene Aerosol Emissions

IIASA (Institute for applied system analysis) scenarios for airpollutants

MFR: maximum feasible reduction

- most advanced control technologies will be applied worldwide

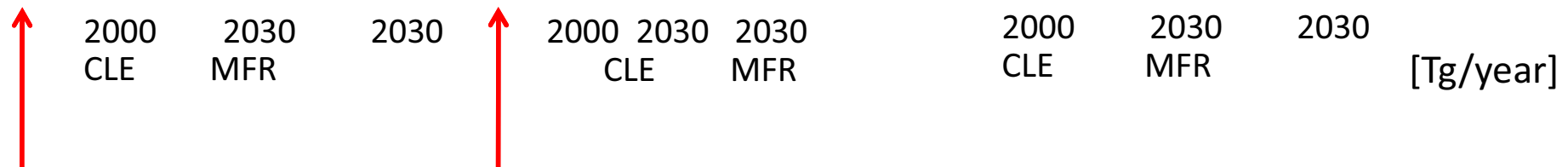
CLE: current legislation

SO₂

BC

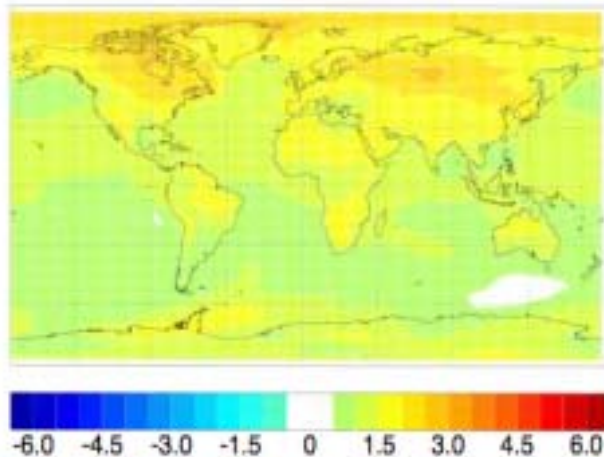
Ruß

OC

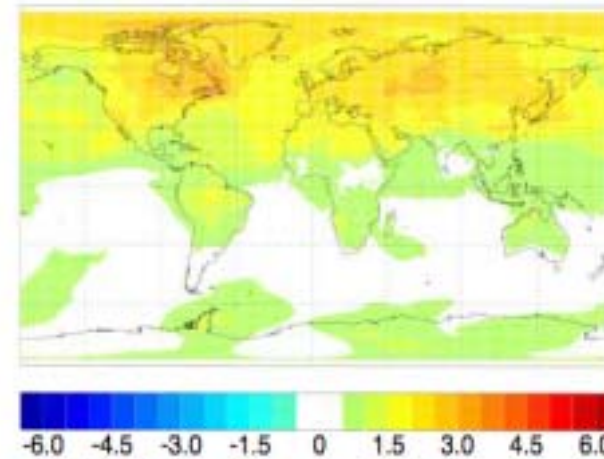


Änderungender globalen bodennahen Temperaturen

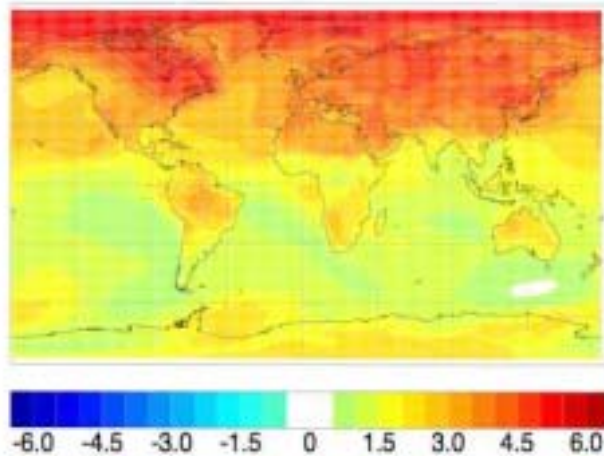
GHG
1.20°C



AP
0.96 °C



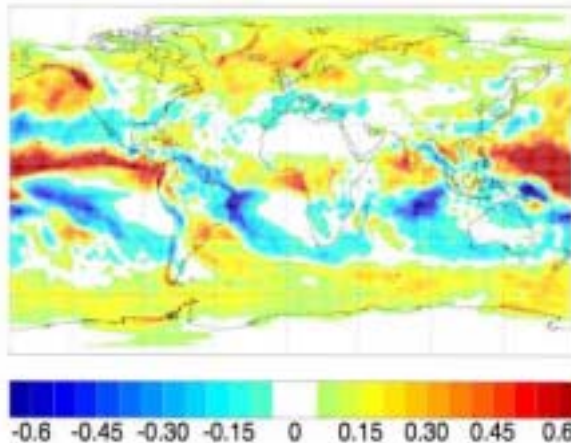
GHG&AP
2.18°C



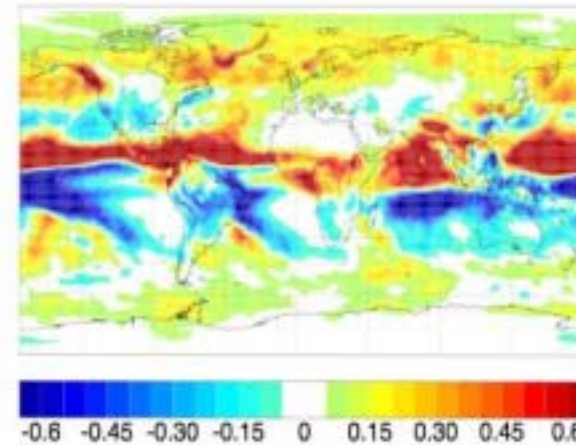
Änderungen zwischen 2000 und
2030 MFR
Reduktion der
Aerosolemissionen aber
weiterhin CO₂ Anstieg

Änderungen des Niederschlags

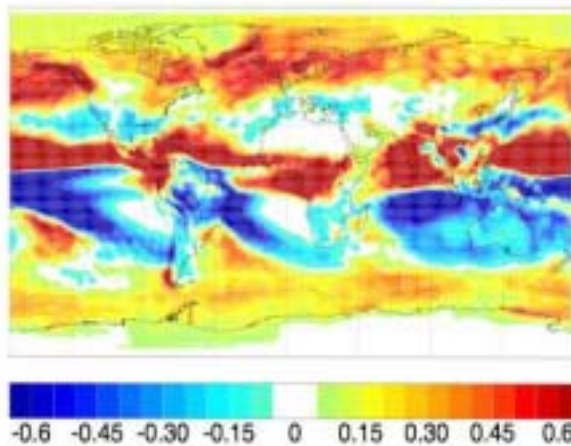
GHG
0.07 mm/d



AP
0.08 mm/d



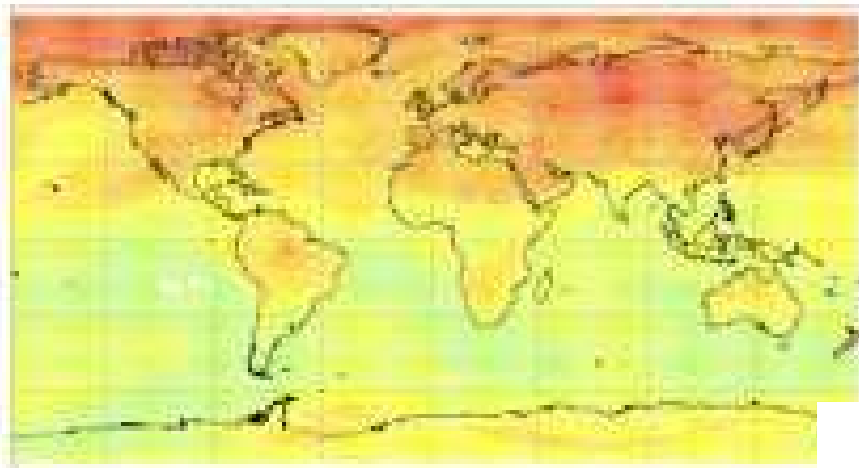
GHG&AP
0.15 mm/d



Änderungen zwischen 2000 und
2030 MFR
Reduktion der
Aerosolemissionen aber
weiterhin CO2 Anstieg

Änderung der bodennahen Temperaturen

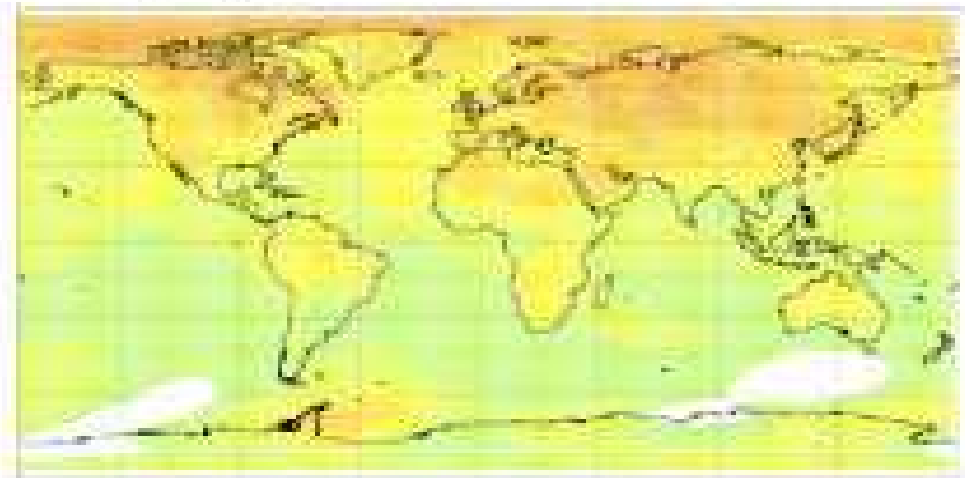
(D) GHG+IP



$\Delta T = 1.9 \text{ K}$

$\Delta T = 1.4 \text{ K}$

(E) GHG+DT



Abnahme der Emissionen aus Industrie
und Energieerzeugung

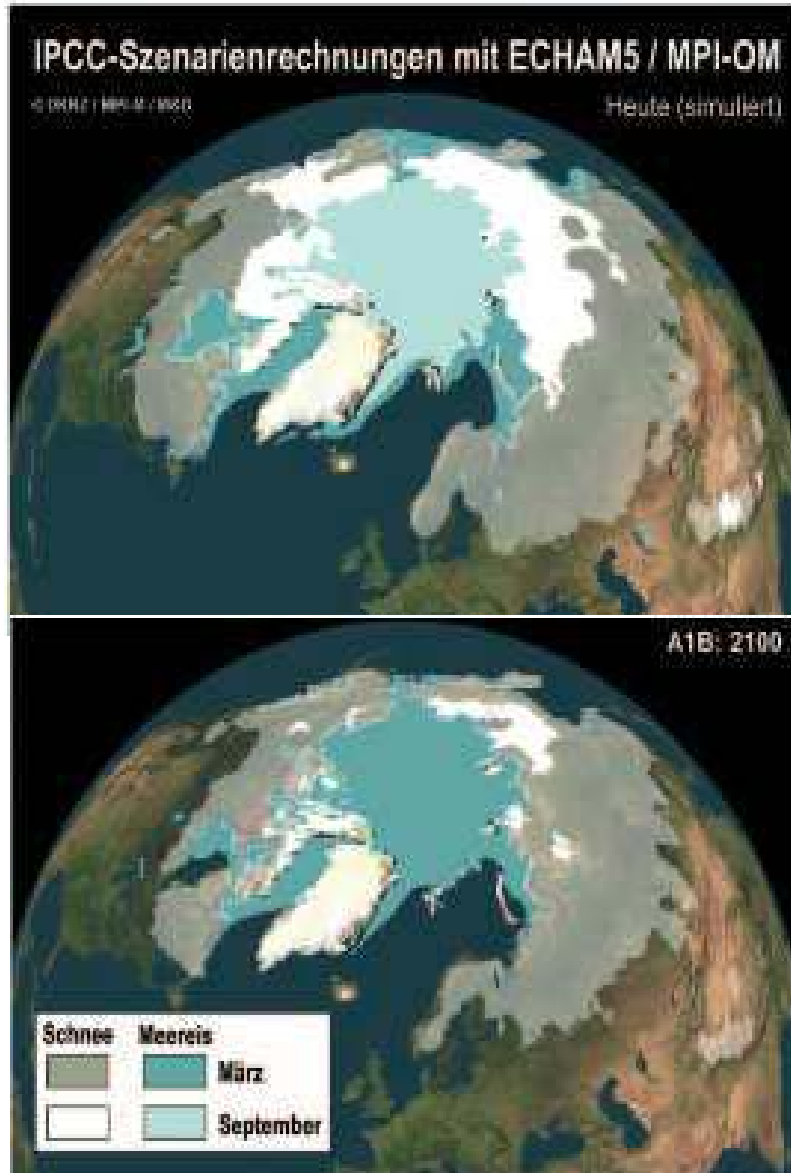
Abnahme der Emissionen aus Transport
und Haushalten



Aerosoleinfluss auf den Niederschlag >
Einfluss von Treibhausgasen

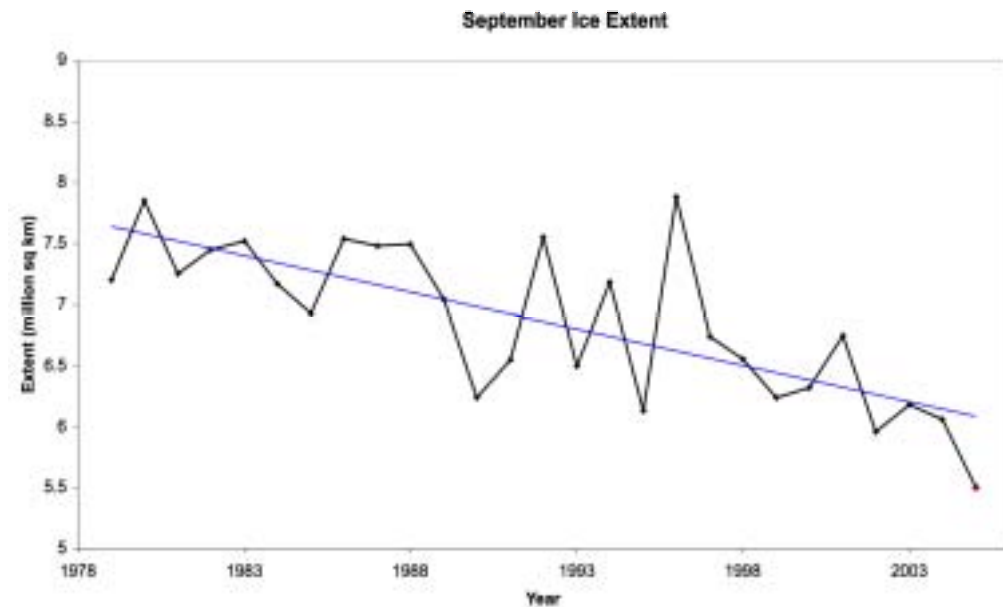
Emissionen aus Transport und Hausbrand
tragen aufgrund ihres höheren Rußanteils
stärker zur Erwärmung bei als
Emissionen aus Industrie und Kraftwerken

Abschmelzen der Arktis



beobachtete

See-Eisbedeckung über der Arktis zw. 1978-2005



NSIDC/NASA news, 2005

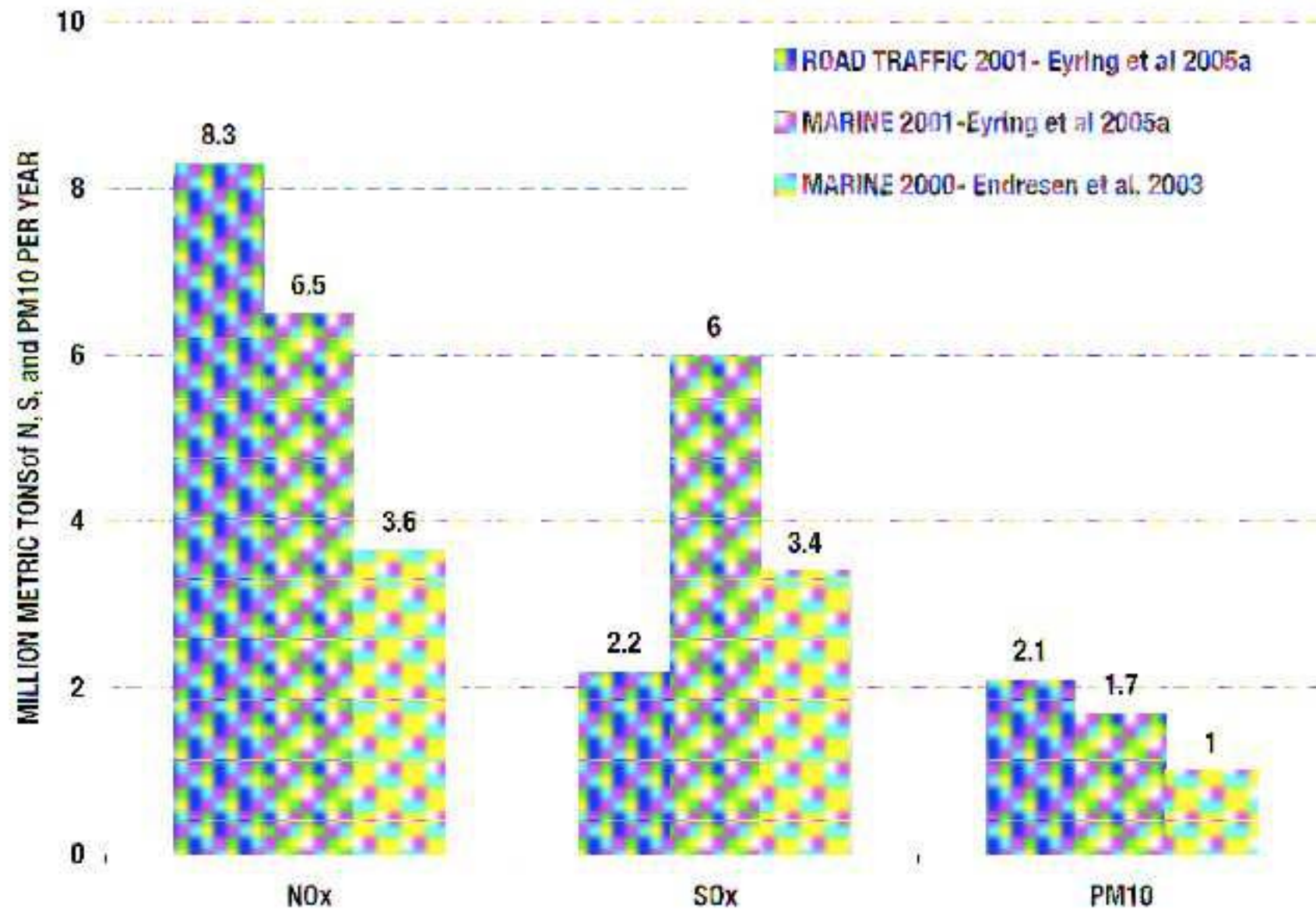
Nord-Ost-Passage



Nord-West-Passage



Schiffsemissionen



Eyring et al., JGR, 2005

Zunahme der Schiffsemissionen 2000 bis 2050

25% davon entlang der Nordpassagen

Zunahme entlang der Nordpassagen

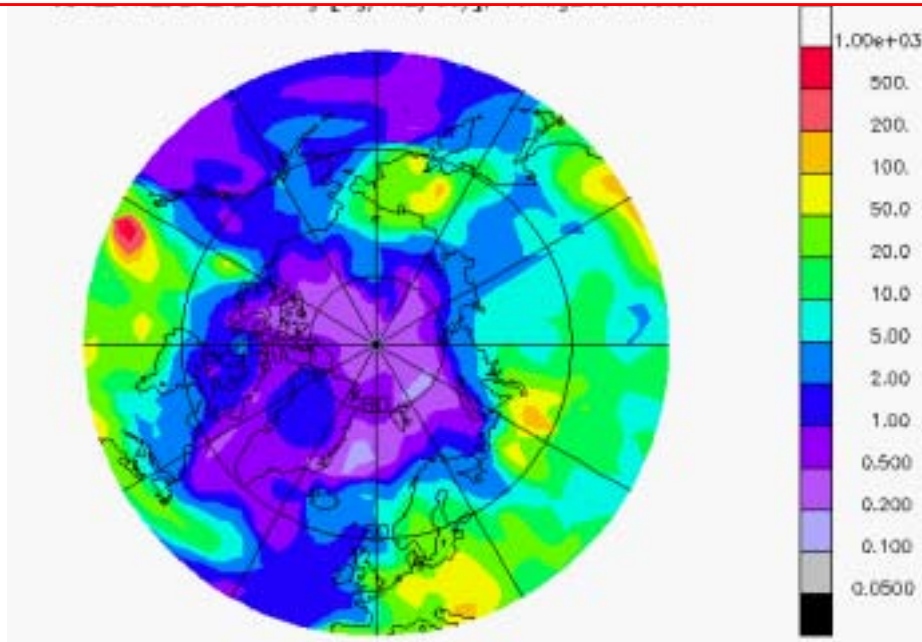
→ 13 Tg BC/yr (+ 0.4%)

→ Modellsimulation

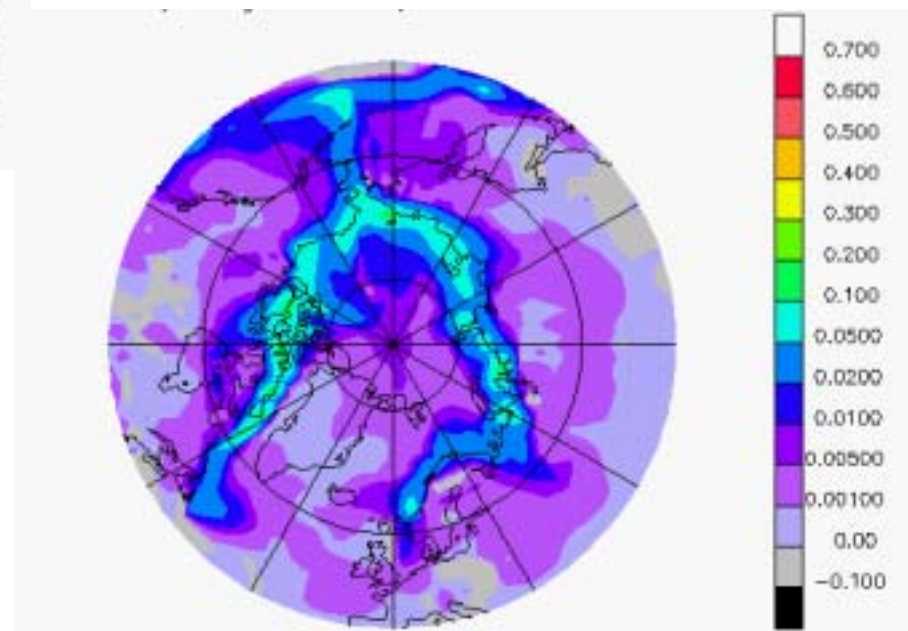
By courtesy of Claire Granier

Rußdeposition in der Arktis

Black carbon deposition (ug/m2/day) No ships - Aug, 5



BC deposition diff. [ships - no ships]





Folgen der Schiffsemissionen entlang der Nordpassagen

- Rußdeposition könnte das Abschmelzen von See-Eis und Schnee beschleunigen
- Ozon in der Arktis steigt in den Sommermonaten um das zwei- bis dreifache

- Verringerung der Rußemissionen könnte die Treibhausgas-erwärmung dämpfen →
 - weniger Verkehr in den reichen Ländern
 - höherwertige Energieformen und bessere Energieausbeute in den ärmeren Ländern
- Reduktion des Verbrauchs fossiler Energie würde die Rußemissionen **und** die CO₂ Emissionen verringern
- Ruß aus Verbrennungsprozessen ist nicht nur klimawirksam sondern auch toxisch (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
- Gesamtsystem betrachten;
Klima- und Umweltschutzaspekte integrieren

A collage of six images arranged in a 2x3 grid. The top-left image shows rain falling. The top-middle image shows a volcano erupting with a large plume of ash. The top-right image shows a bright lightning bolt striking down. The bottom-left image shows a green pine tree. The bottom-middle image shows a storm with a white grid overlay. The bottom-right image shows a skull on a rock with a white dreamcatcher overlay.

***Danke für Ihr
Interesse***

Conclusions

Opening of the Arctic passages could lead to a significant increase of pollution in the Arctic

Current and future emissions from ships should be considered in studies dealing with the future of the Arctic

On-going work

- Look at ships impact at the global scale
[arctic + non-arctic ships]**
- Evaluation of different scenarios [global/arctic]**
- Change in albedo, climatic impact and ice melting rate**

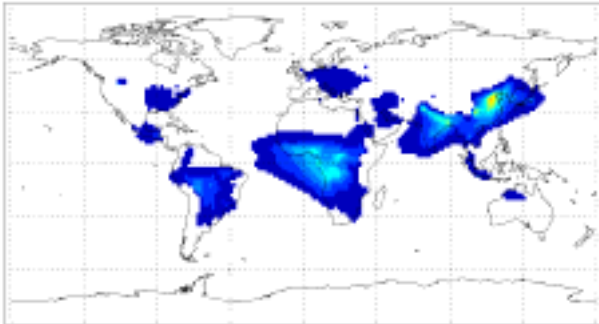
Der Grund liegt in der gänzlich anderen Struktur und Größenverteilung der EuroIV-Rußpartikel, erklärt Mitautor Dang ShengSu. Die Teilchen aus den neuen Motoren sind zwischen fünf und 20 Nanometern groß, die Partikel aus alten Motoren erreichen fast die doppelte Größe. Rußteilchen aus EuroIV-Motoren sind zudem viel reaktiver als der eher graphitartige Ruß früherer Motorgenerationen. Schließlich tragen sie auf ihrer Oberfläche chemische Anhängsel, die sie noch einmal reaktiver machen, so dass sie die Makrophagen leichter schädigen können.

Politik hat sich zu sehr auf Reduzierung von Emissionsraten fokussiert

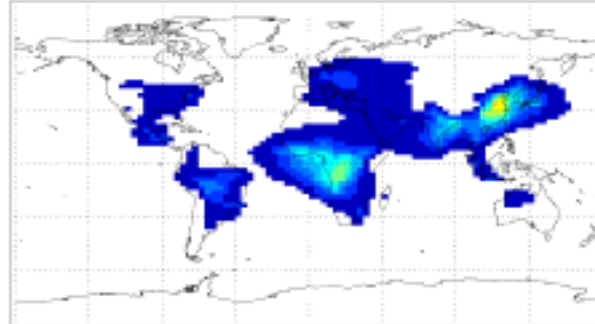
Dieseruß birgt zum einen als Trägerstoff für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ein Krebsrisiko, gilt aber auch für sich gesehen als mögliche Ursache für Lungen- und Blasenkarzinome

Black Carbon Burden

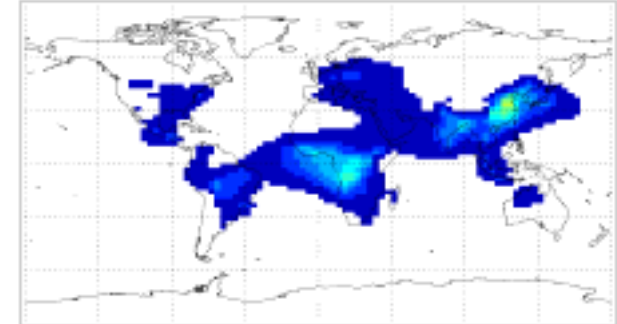
BC Burden ECHAM5-HAM 0.16 mg m⁻²



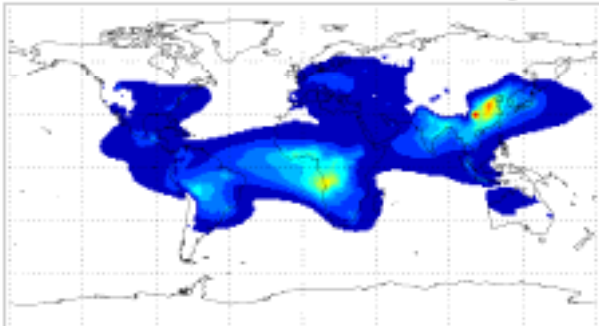
BC Burden LOA 0.25 mg m⁻²



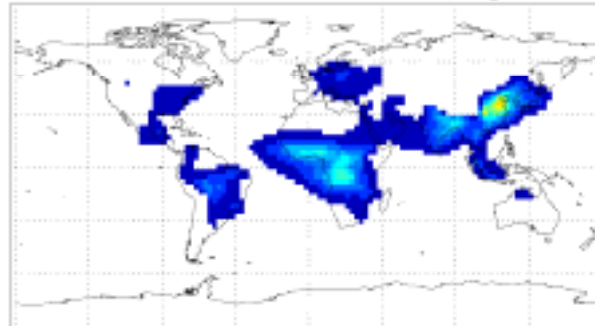
BC Burden LSCE 0.25 mg m⁻²



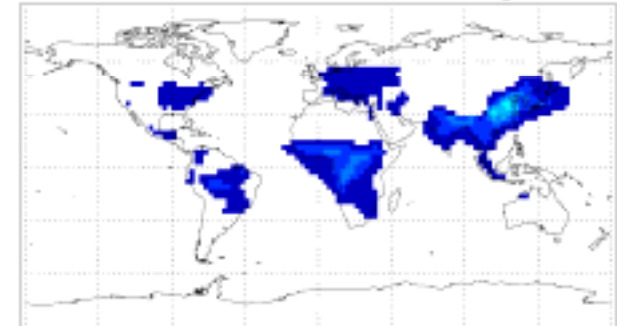
BC Burden SPRINTARS 0.36 mg m⁻²



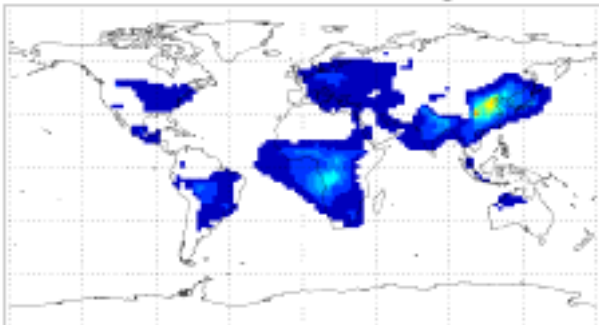
BC Burden UIO-CTM 0.19 mg m⁻²



BC Burden UIO-GCM 0.18 mg m⁻²

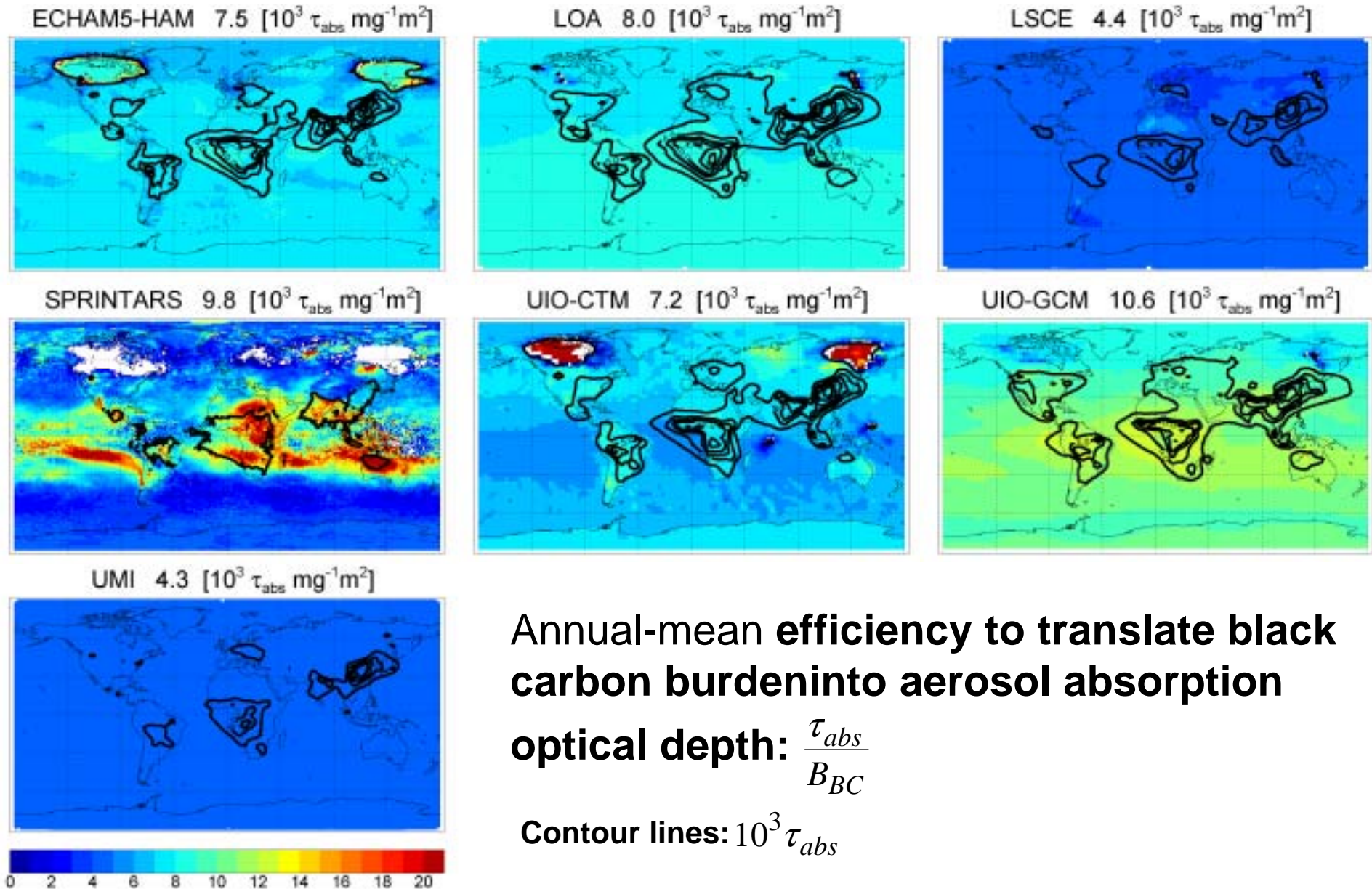


BC Burden UMI 0.19 mg m⁻²



The annual-mean **anthropogenic black carbon column burden** [mg m⁻²] varies considerably, indicating uncertainties in the black carbon life cycle.

Aerosol Absorption Efficiency



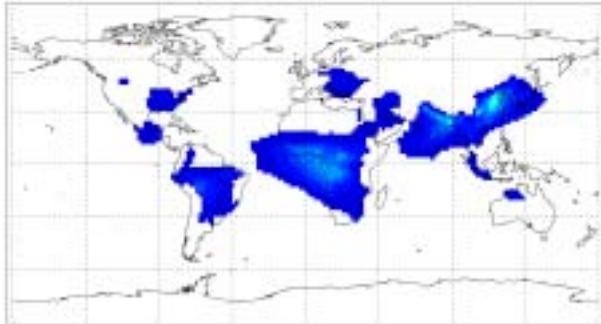
Annual-mean **efficiency to translate black carbon burden into aerosol absorption**

optical depth: $\frac{\tau_{abs}}{B_{BC}}$

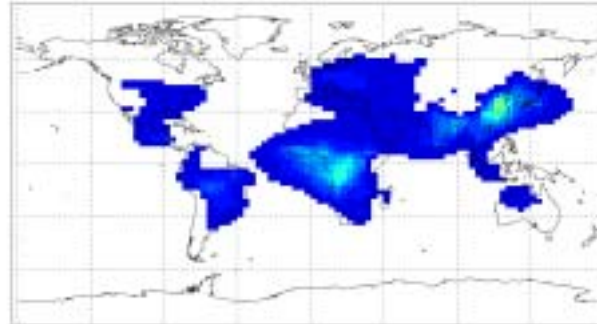
Contour lines: $10^3 \tau_{abs}$

Aerosol Absorption Optical Depth

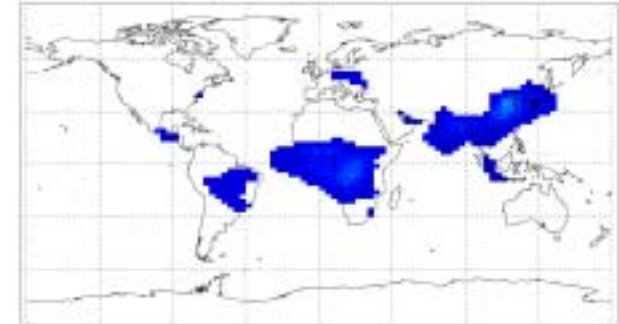
ECHAM5-HAM 1.3×10^{-3}



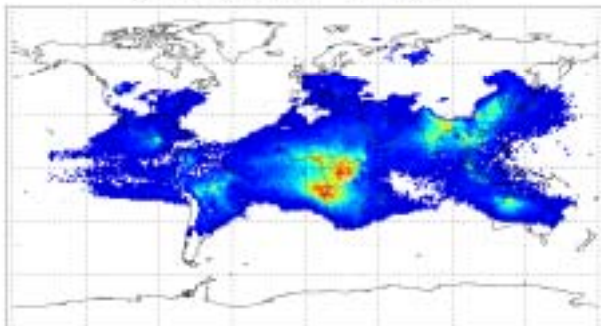
LOA 2.0×10^{-3}



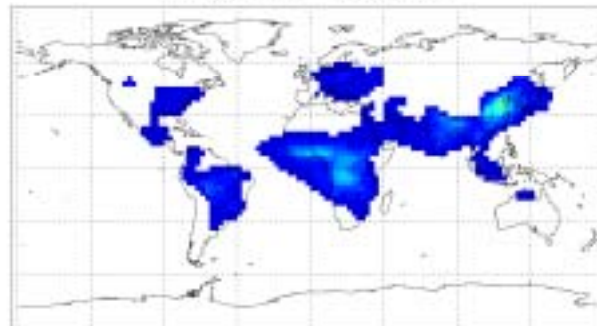
LSCE 1.1×10^{-3}



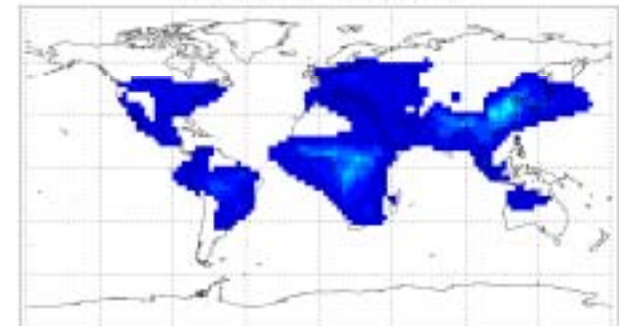
SPRINTARS 3.7×10^{-3}



UIO-CTM 1.4×10^{-3}



UIO-GCM 2.0×10^{-3}



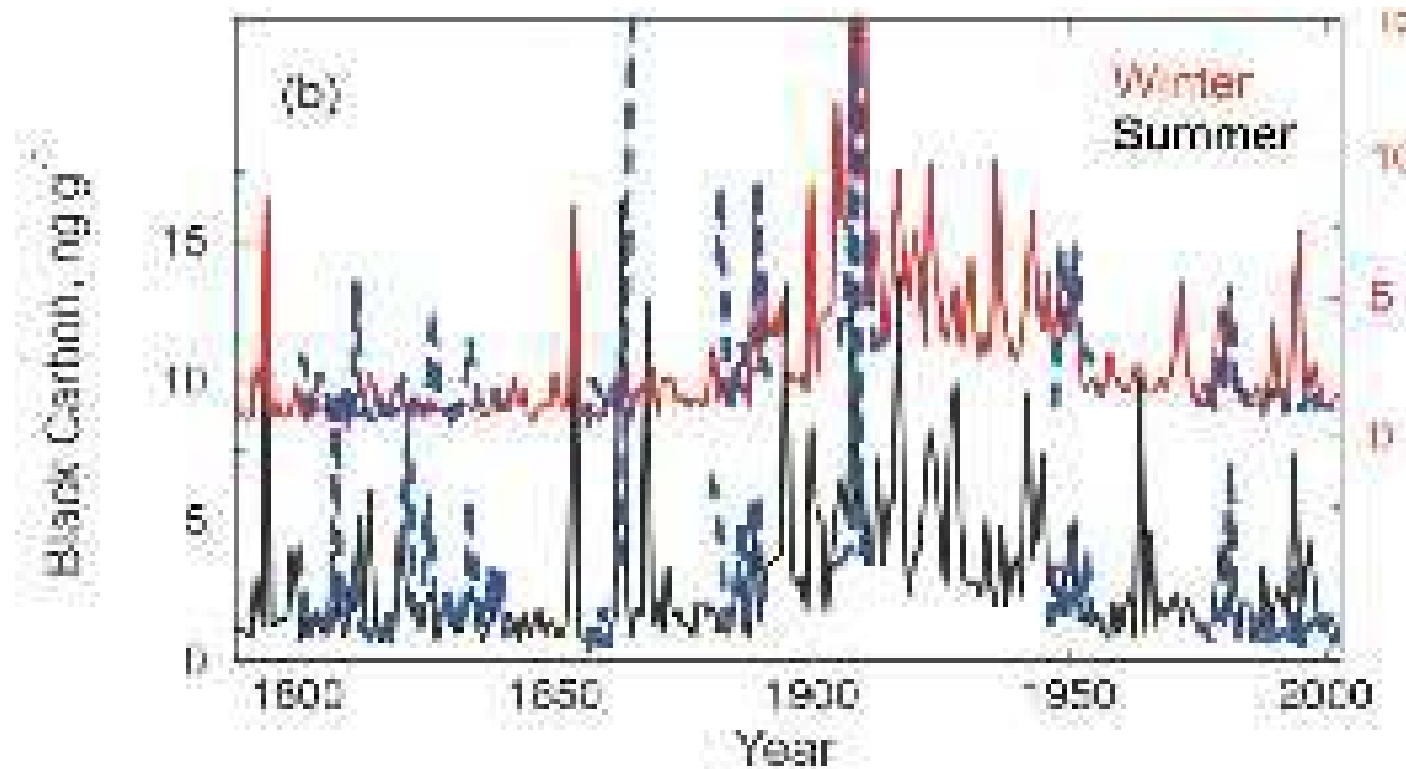
UMI 0.8×10^{-3}



Annual-mean anthropogenic absorption optical depth at $\lambda=550$ nm [$\times 10^3$].



Rußdeposition in Eisbohrkernen in Grönland



westlich-zentrales Grönland

McConnell et al., 2007