



Feinstaub in der Atmosphäre und seine Auswirkungen auf unsere Gesundheit

Urs Baltensperger

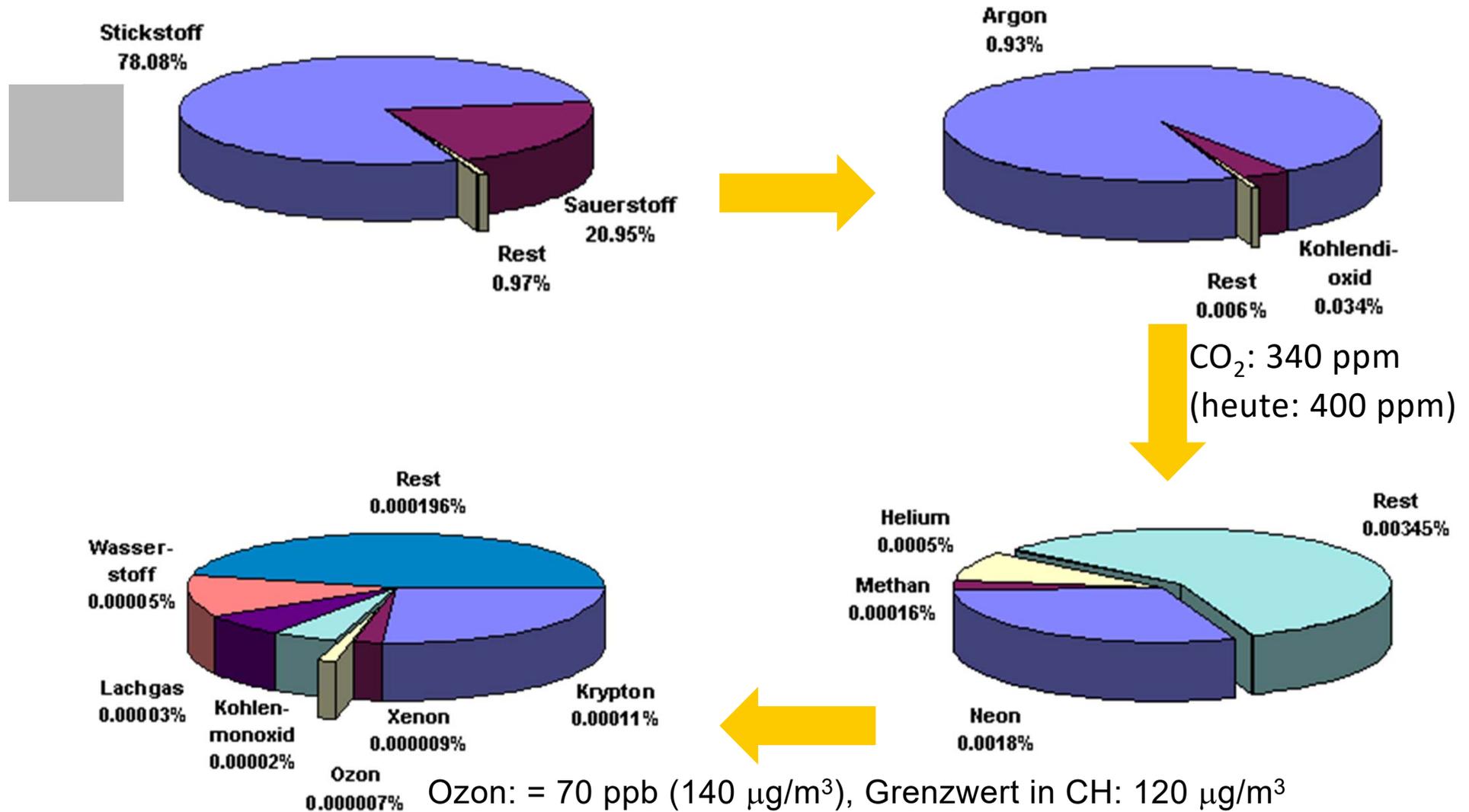
Labor für Atmosphärenchemie, Paul Scherrer Institut

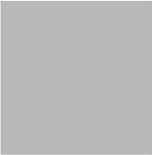
Villigen, Schweiz

Prix de Quervain 2019

Alpines Museum der Schweiz „alps“, 7. November 2019

Die Zusammensetzung unserer Luft





Die Konzentration der Stoffe, die unsere
Luftqualität beeinflussen, ist verschwindend
klein – und trotzdem hoch relevant

Die meist diskutierten Komponenten der Luftverschmutzung

Stoff	Quelle	Auswirkung
Kohlendioxid, CO ₂	Verbrennung fossiler Brennstoffe	Klima (in sehr hohen Konz. toxisch)
Stickstoffdioxid, NO ₂	Verkehr, Feuerungen	Gesundheit
Ozon, O ₃	Atmosphärenchemie	Gesundheit, Klima, Vegetation
Feinstaub	Viele!	Gesundheit, Klima
Schwermetalle	Verkehr, Industrie, etc.	Gesundheit
Polyzyklische Aromaten, PAHs	Verbrennung	Gesundheit

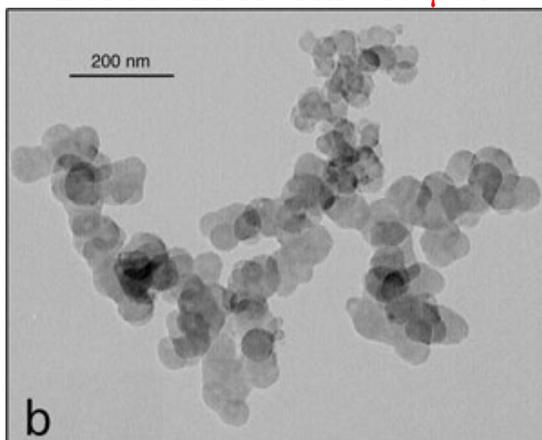
Die verschiedenen Komponenten
der Luftverschmutzung haben
unterschiedliche Quellen,
unterschiedliche räumliche Verteilungen,
unterschiedliche Saisonalitäten, und
unterschiedliche Auswirkungen auf Gesundheit und Klima

Im Folgenden Fokus auf Feinstaub und Gesundheit

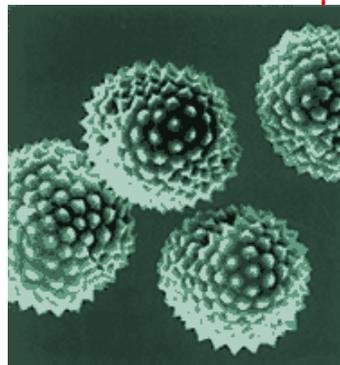
Feinstaub = PM10 = Partikel mit aerodynamischem Durchmesser $<10\mu\text{m}$

Beispiele: primär:

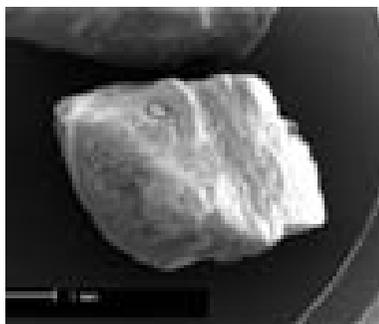
Dieseleruss: ca. $0.1\mu\text{m}$



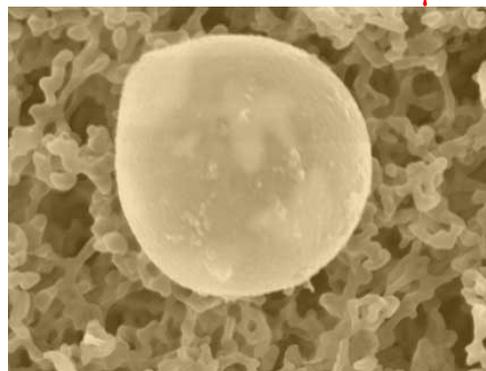
Pollen: $10 - 100\mu\text{m}$



Meersalz: $0.2 - 10\mu\text{m}$

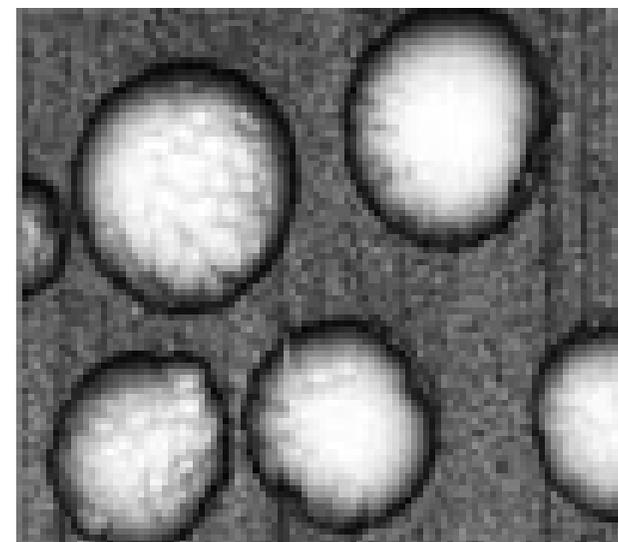


Mineralstaub: $0.2 - 10\mu\text{m}$



sekundär

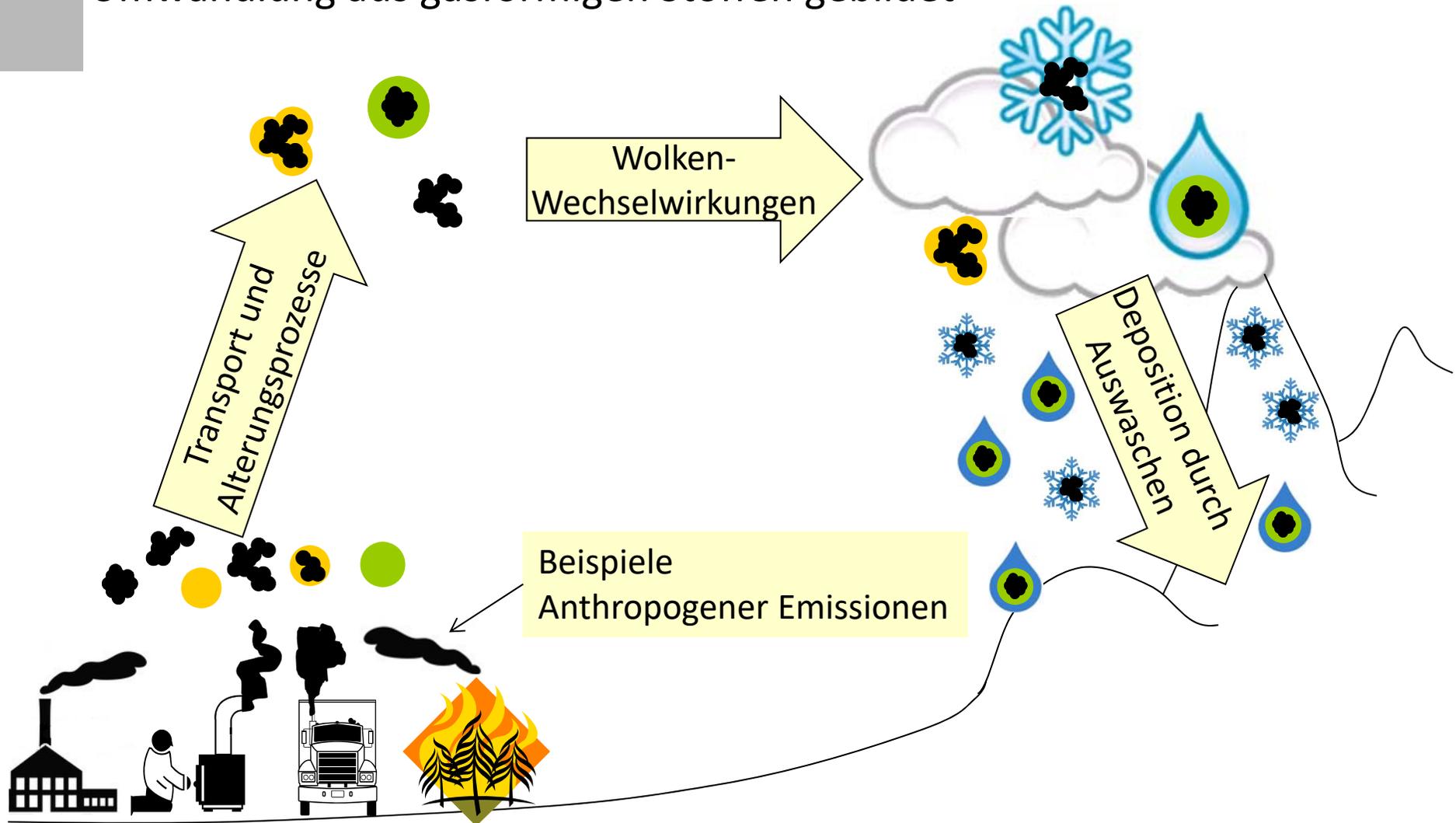
Ammoniumsulfat: ca. $0.1\mu\text{m}$



Auch sekundäres
organisches Aerosol (SOA)

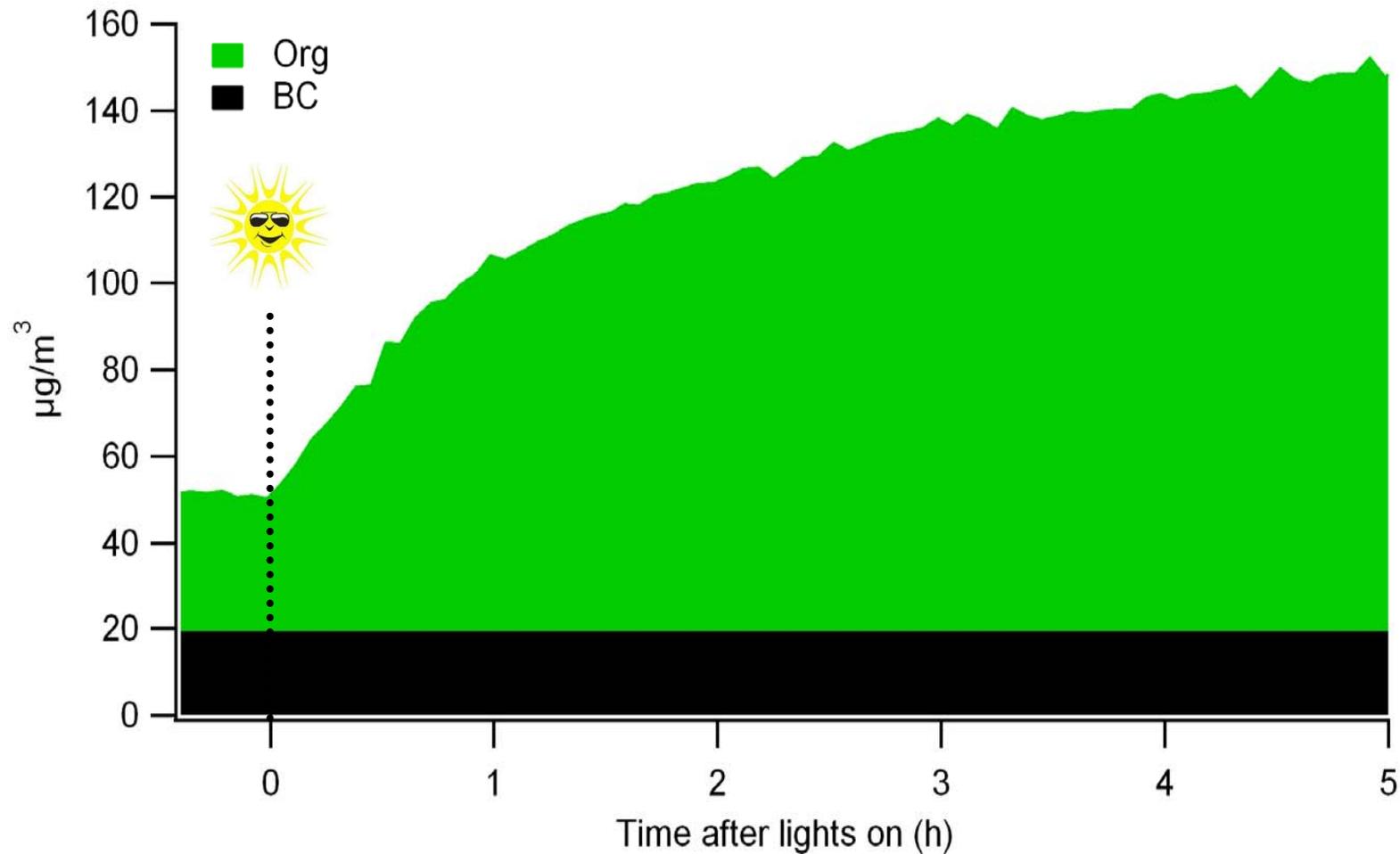
Lebenszyklus von Aerosolpartikeln

Mehr als die Hälfte des Feinstaubs wird nicht direkt als Partikel in die Atmosphäre emittiert, sondern wird erst in der Atmosphäre durch Umwandlung aus gasförmigen Stoffen gebildet



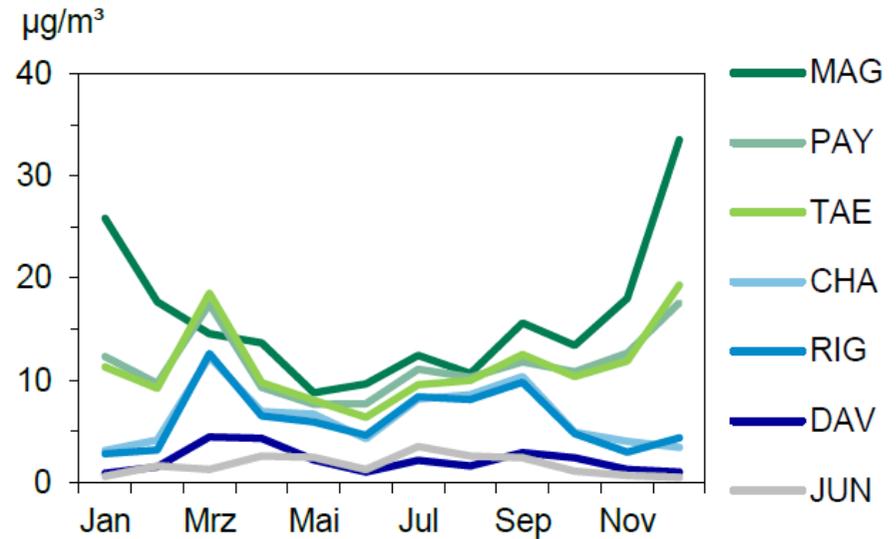
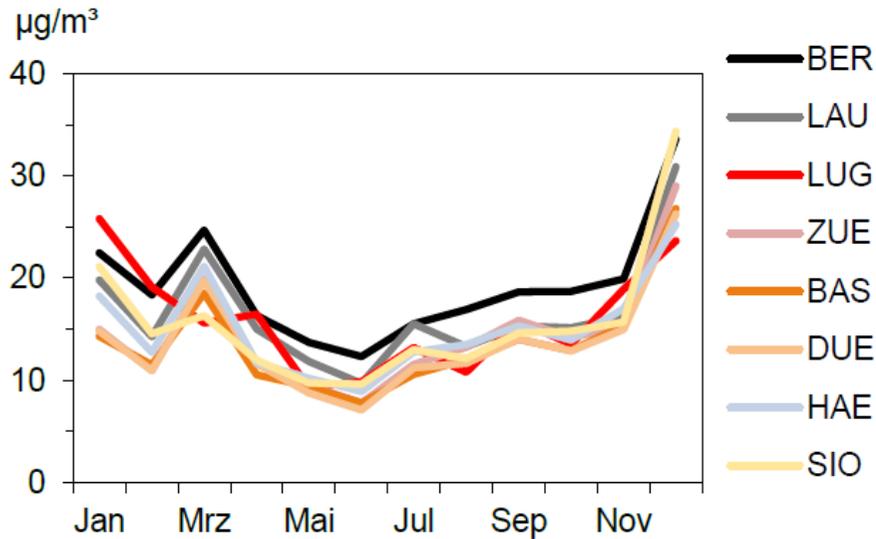
Rasche Bildung von Sekundäraerosol bei Holzfeuerungs-emissionen

Org: Organischer Feinstaub; BC: 'Black Carbon', Schwarzer Kohlenstoff

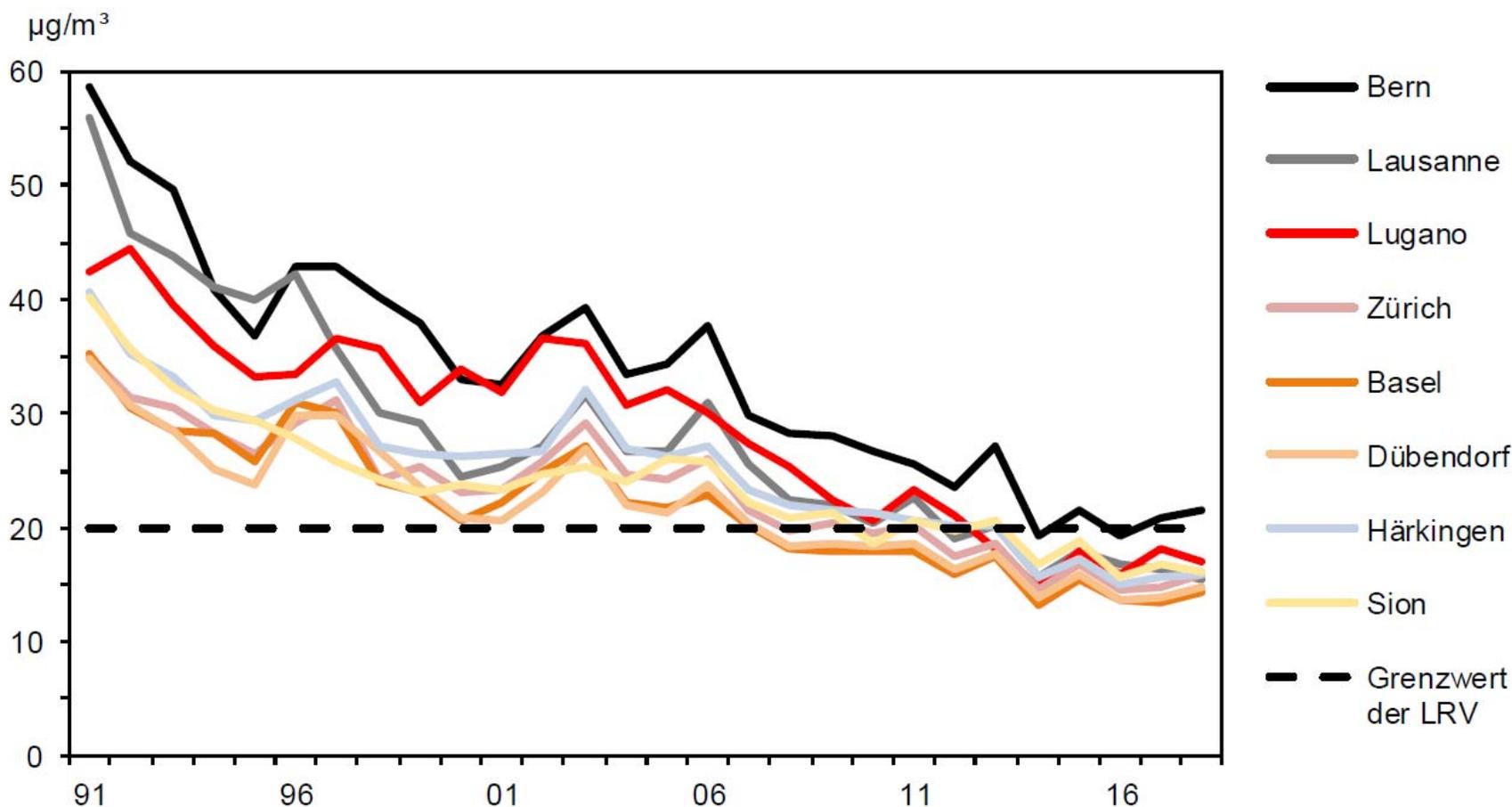


Feinstaub ist in der Schweiz vor allem ein Winterproblem (Inversionslagen, Holzheizungen)

Beispiel: Jahr 2016

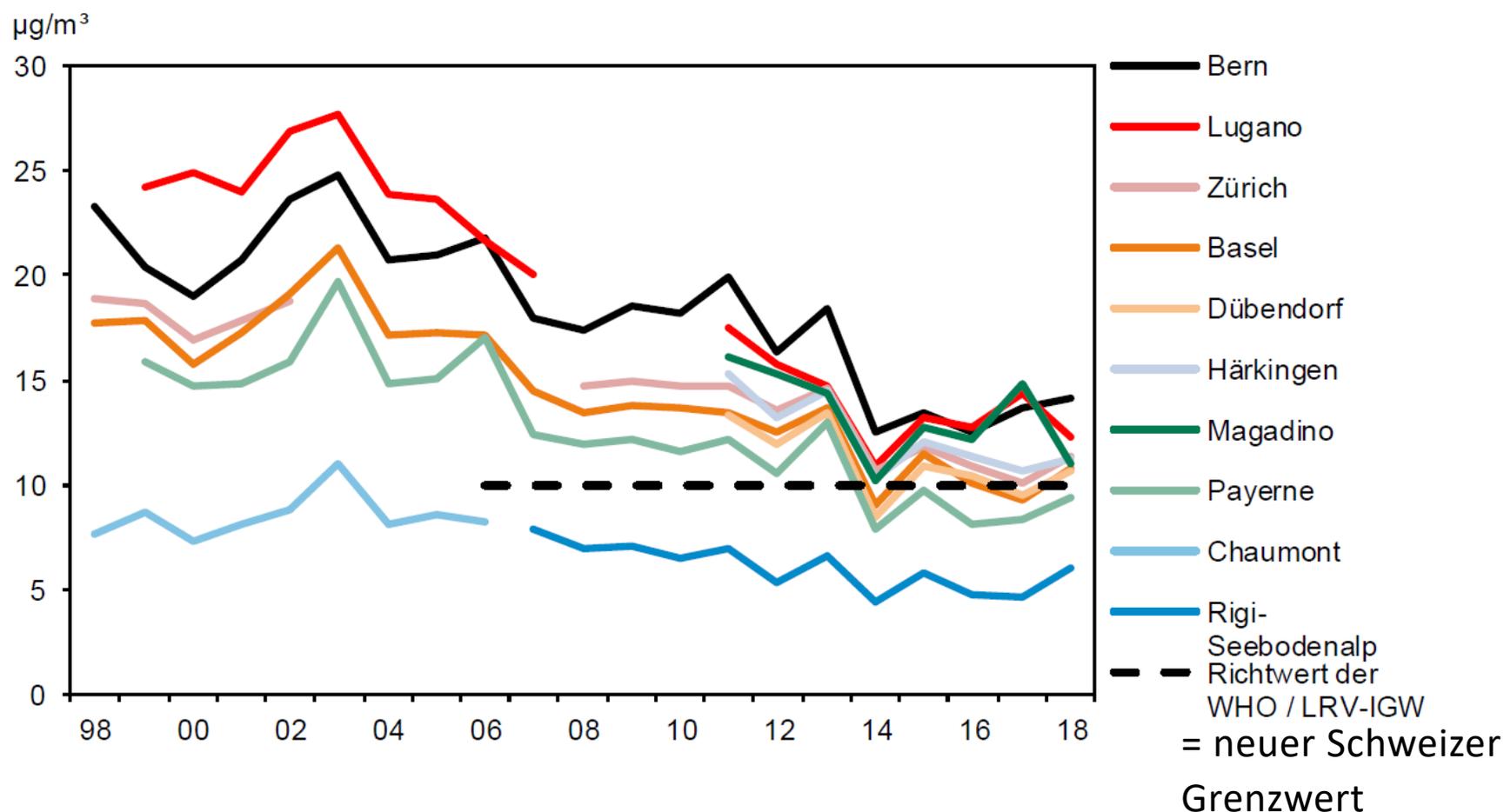


Die Feinstaubkonzentration (PM10) hat in der Schweiz stark abgenommen (jedoch seit 2014 Stagnation)



Seit 1. Juni 2018 hat die Schweiz auch einen Grenzwert für PM2.5

(dieser ist an mehr Orten überschritten als PM10;
PM2.5 hat auch abgenommen, aber seit ~2014 Stagnation)



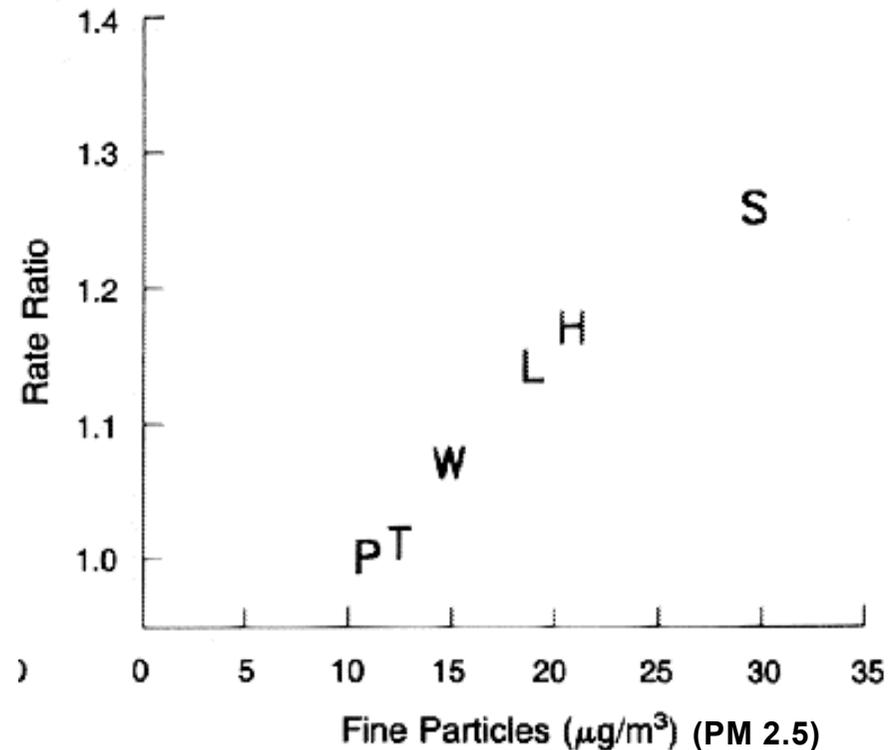


- a health hazard

Quelle: www.ecocouncil.dk

Feinstaub ist für den weitaus grössten Anteil der 3000 vorzeitigen Todesfälle pro Jahr durch Luftverschmutzung in der Schweiz verantwortlich. Deshalb sind weitere Massnahmen notwendig – in der Schweiz, und in anderen Ländern (China und Indien: Feinstaubkonzentration bis $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dazu muss man wissen, welche Quelle wieviel zur Feinstaubbelastung beiträgt.

Es gibt einen klaren Zusammenhang zwischen Mortalität und Feinstaub (mit PM_{2.5} noch besser als mit PM₁₀)

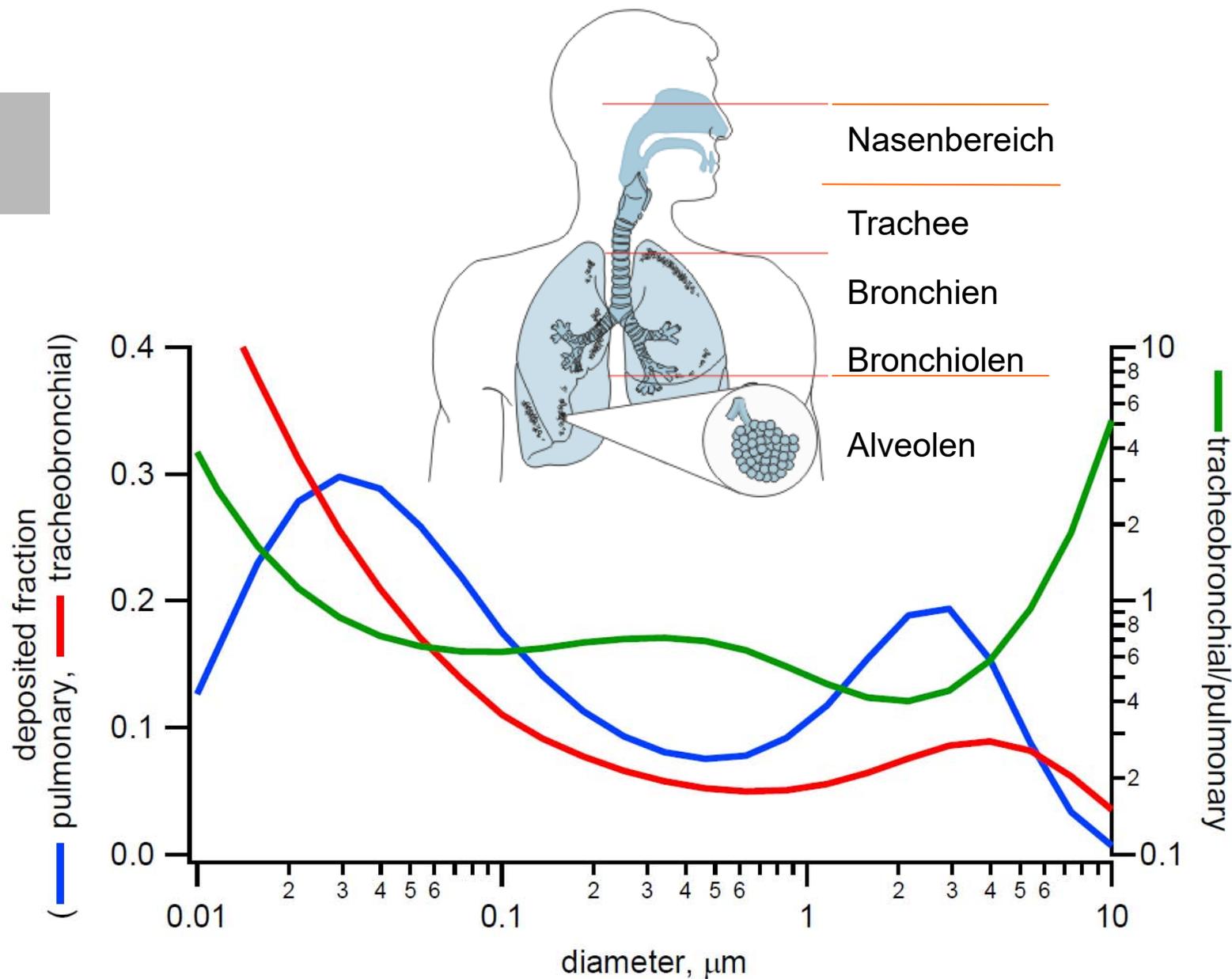


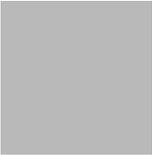
Sind Fahrverbote für
Dieselfahrzeuge
gerechtfertigt?

Benzinfahrzeuge produzieren
viel mehr kohlenstoffhaltigen
Feinstaub als moderne
Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter
→ Ein Ersatz eines Euro 5 Diesel
PWs (mit Partikelfilter) durch ein
Benzinfahrzeug bringt zwar eine
Reduktion bei NO_x , aber eine
Erhöhung des Feinstaubes, und
Feinstaub ist für deutlich mehr
Todesfälle verantwortlich als NO_x



- Von allen Indikatoren der Luftverschmutzung zeigen PM10 und vor allem PM2.5 die beste Korrelation mit vorzeitigen Todesfällen
- Aber: Feinstaub aus unterschiedlichen Quellen hat verschiedene Auswirkungen: Zunahme der Mortalität bei PM10-Zunahme um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Laden et al., 2000):
 - Verkehr: 3.4%
 - Kohleverbrennung: 1.1%
 - Mineralstaub: ~0%
- ➔ Einfluss von
 - Chemische Zusammensetzung (Metalle, Radikale, karzinogene Verbindungen)
 - Biologische Komponenten (Allergene, Endotoxine etc.)
 - Morphologie (Effekt von Asbest)
 - Größenverteilung: bei gleicher Gesamt-Masse haben kleinere Teilchen eine grössere Oberfläche
 - Anzahlkonzentration
 - ...
- Mechanismen sind noch sehr wenig bekannt
- ➔ **'Feinstaub ist nicht gleich Feinstaub'**
- ➔ **Wir benötigen bessere Parameter als PM zur Korrelation mit Mortalität**





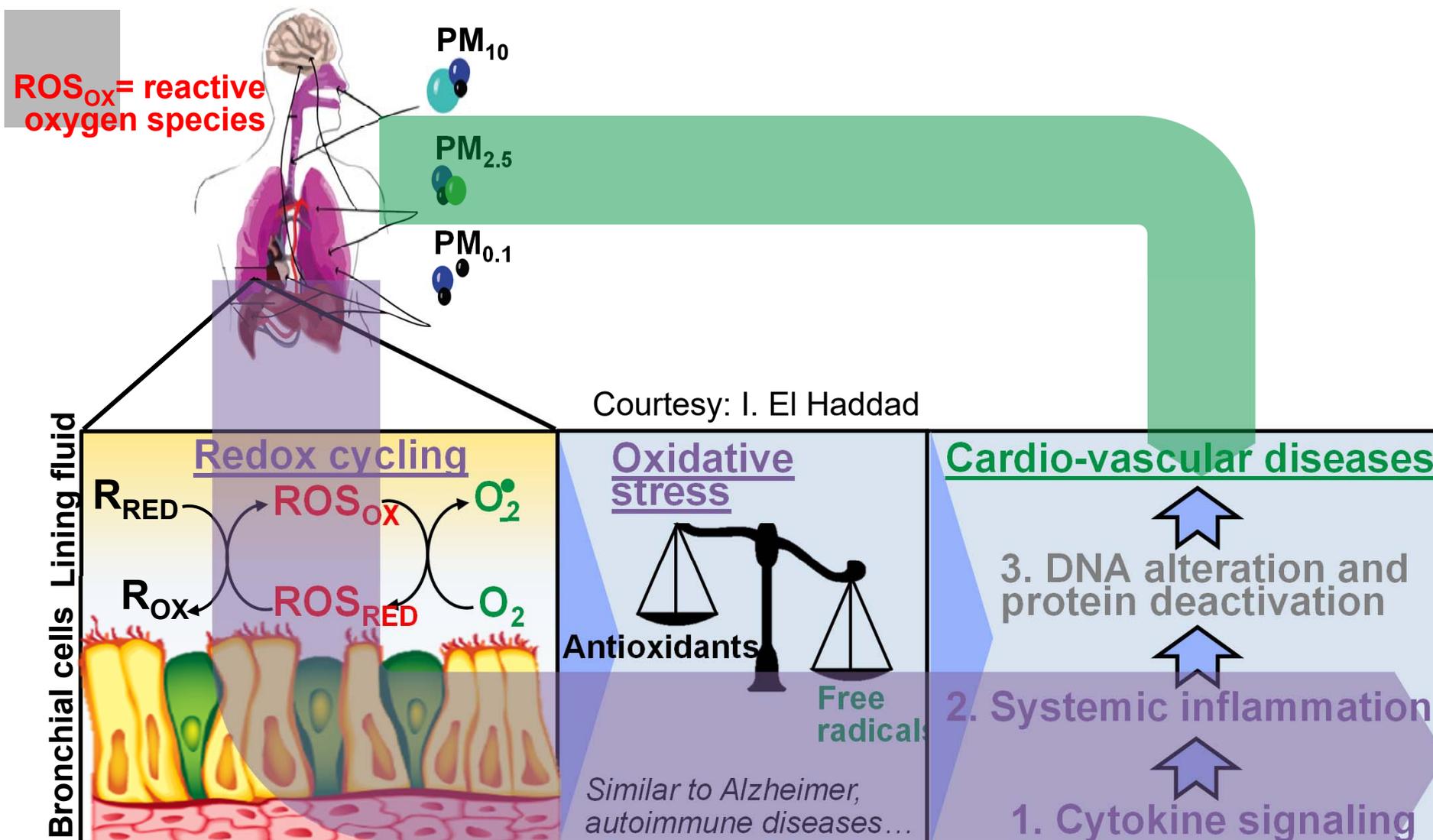
Es reicht nicht, wenn wir weiterhin einfach
Todesfälle mit PM2.5 korrelieren.
Wir benötigen Daten, die direkt
Gesundheitseffekte mit den Beiträgen aus
einzelnen Quellen verbinden.

Dazu müssen wir die besten Indikatoren für
die Gesundheitseffekte kennen, sowie die
Beiträge der verschiedenen Quellen zum
Feinstaub.

Epidemiologie vs. Toxikologie

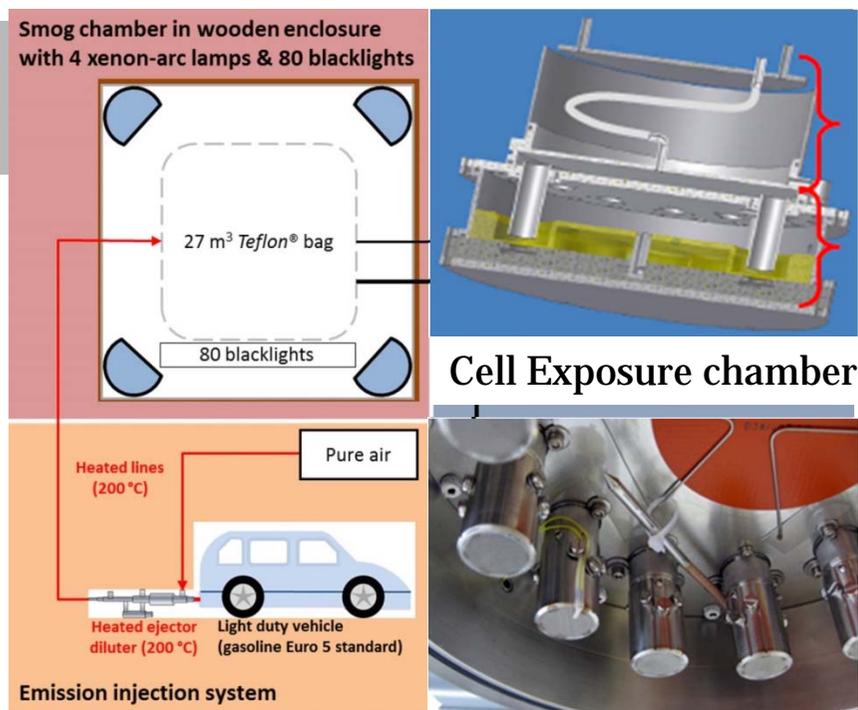
R_{RED} = biological reductants

ROS_{OX} = reactive oxygen species

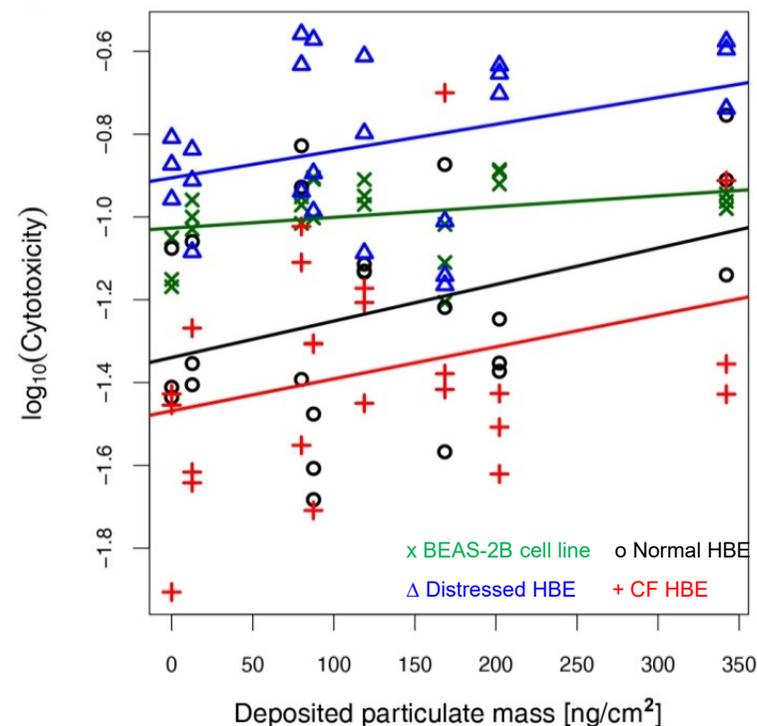


Toxizität eines gealterten Benzinmotor- Abgases auf gesunde und kranke Atemwegszellen

Methodology



Toxicological responses



- Significant increase of cytotoxicity with particle dose (except CF)
- Cystic fibrosis HBE and the cell line BEAS-2B respond significantly differently to increasing particle dose than normal and distressed HBE → BEAS-2B not realistic model for healthy people

- fully-differentiated **normal** human bronchial epithelia (HBE)
- **distressed** (antibiotics-treated) normal HBE
- **cystic fibrosis** HBE
- proliferating, **single-cell type** bronchial epithelial **cell-line** (BEAS-2B)

Feinstaub: ein vielfältiges, komplexes und spannendes Forschungsthema!

Wir benötigen dringend bessere Indikatoren für die Gesundheitseffekte als PM_x

Wir haben heute solche Methoden, wir müssen nur noch die Epidemiologen überzeugen, diese auch anzuwenden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!