



J. Sintermann, AWEL

# Entwicklung der Luftqualität in der Schweiz

Waren die Massnahmen zur Minderung der Schadstoffemissionen des Strassenverkehrs erfolgreich?

Ch. Hueglin, A. Fischer, B. Schwarzenbach, L. Emmenegger

Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

## Massnahmen zur Minderung der Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz

- *Umsetzung der Euro Abgasnormen seit 1995*
- Schrittweise Reduktion von Schwefel in Treibstoffen (< 10 mg/kg seit 2010)
- Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) von Emissionsstufe des Fahrzeugs abhängig (Euro-Norm)
- Förderung von emissionsarmen Bussen bei öffentlichen Verkehrsbetrieben (seit 2008)
- Massnahmen und Programme zur Reduktion der Russemissionen von Non-Road Dieselmotoren (Baumaschinen, Schiffmotoren, Güterzüge etc.) – z.B., Emissionsgrenzwerte für Partikelanzahlkonzentration (PNC) für Baumaschinen seit 2010
- ...

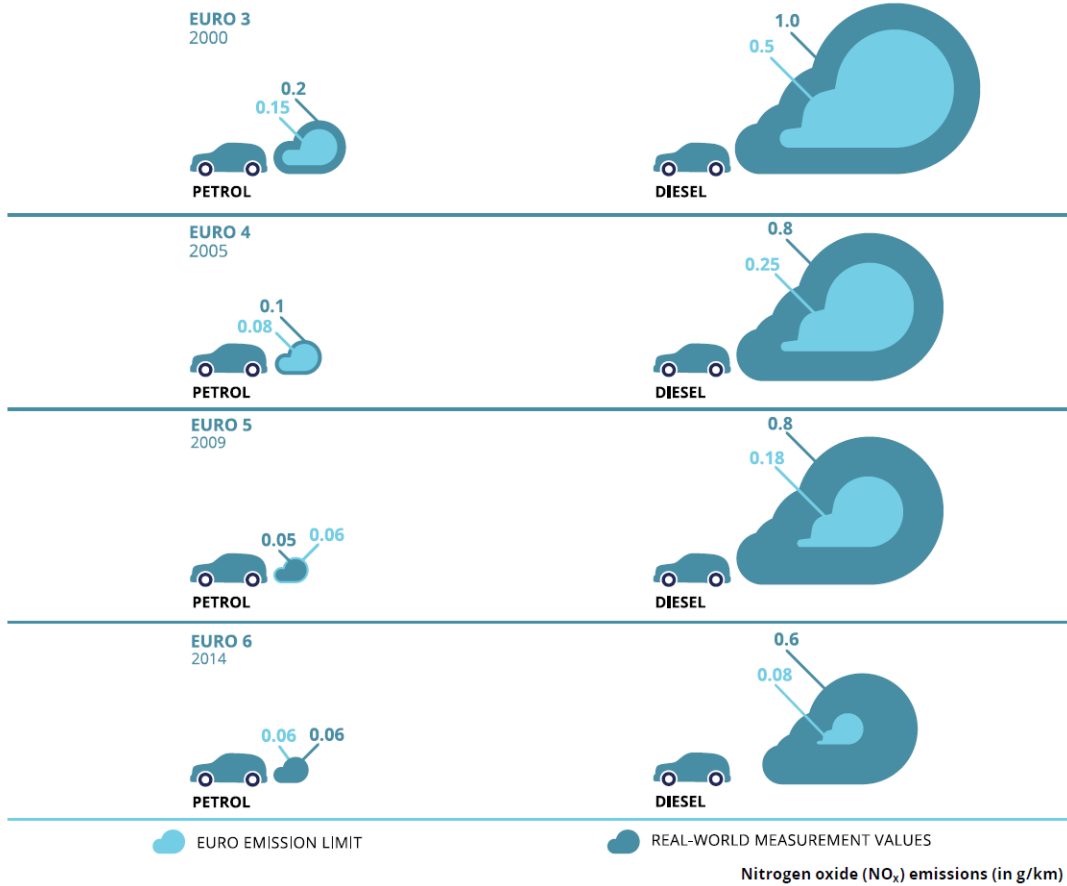
⇒ **Auswirkungen auf die Luftqualität in der Schweiz?**



Tages-Anzeiger, 01.10.2015

- $\text{NO}_x/\text{NO}_2$
- Russ (Black Carbon/Elemental Carbon)
- Feinstaub (PM10)
- $\text{CO}_2$

# Euro-Abgasnormen für NO<sub>x</sub>



aus: EEA, Air Quality in Europe 2016

Stadt, Verkehr  
(Zürich Schimmelstrasse)

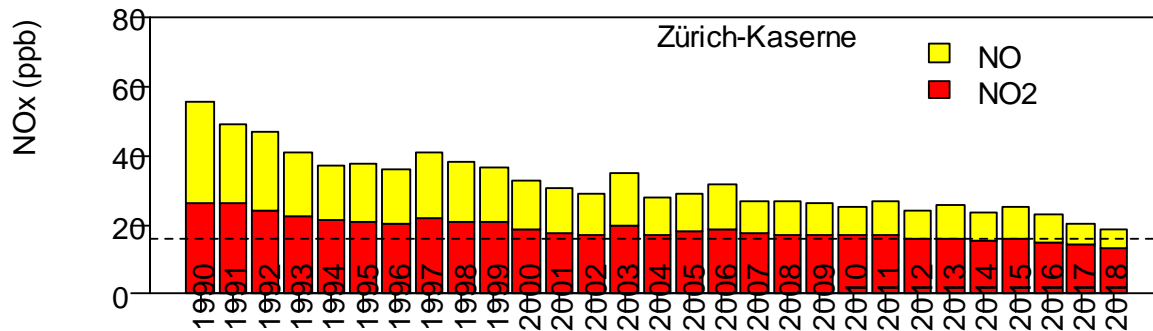
$$\Delta\text{NO}_x = \text{NO}_{x\text{t}} - \text{NO}_{x\text{b}}$$

$$\Delta\text{NO}_2 = \text{NO}_{2\text{t}} - \text{NO}_{2\text{b}}$$

Beitrag lokaler Verkehr  
(Zürich Schimmelstrasse)

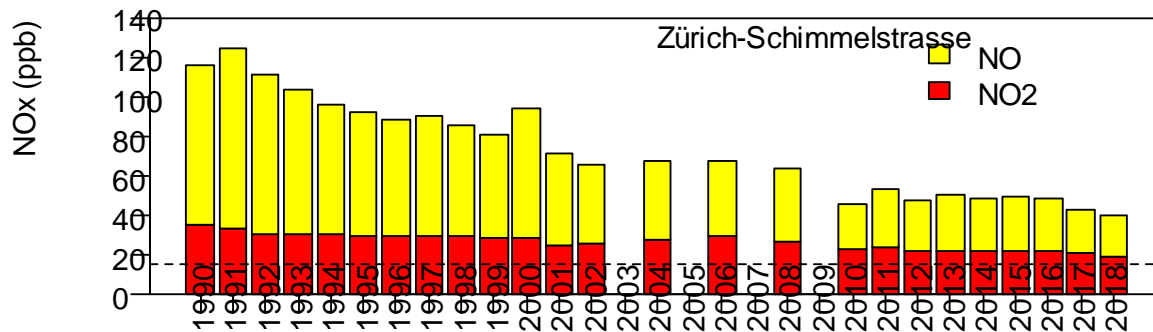
Stadt, Hintergrund  
(Zürich, Kaserne)





Seit 2000:

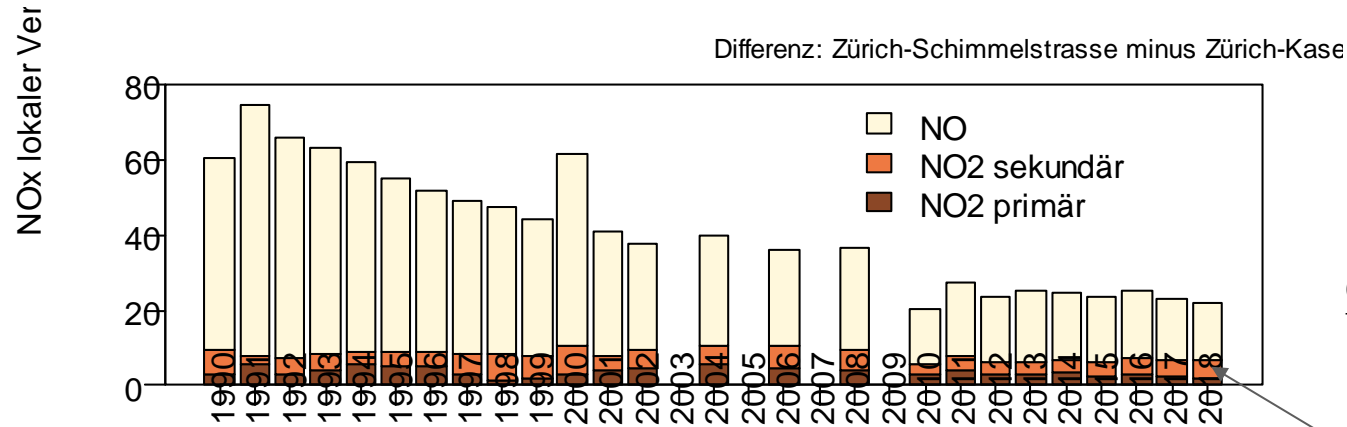
NO<sub>x</sub> – 33%  
NO<sub>2</sub> – 20%



NO<sub>x</sub> – 43%  
NO<sub>2</sub> – 22%

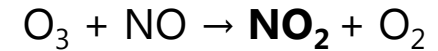
(Achtung: Änderung Verkehrs-  
führung Schimmelstrasse seit 2010)

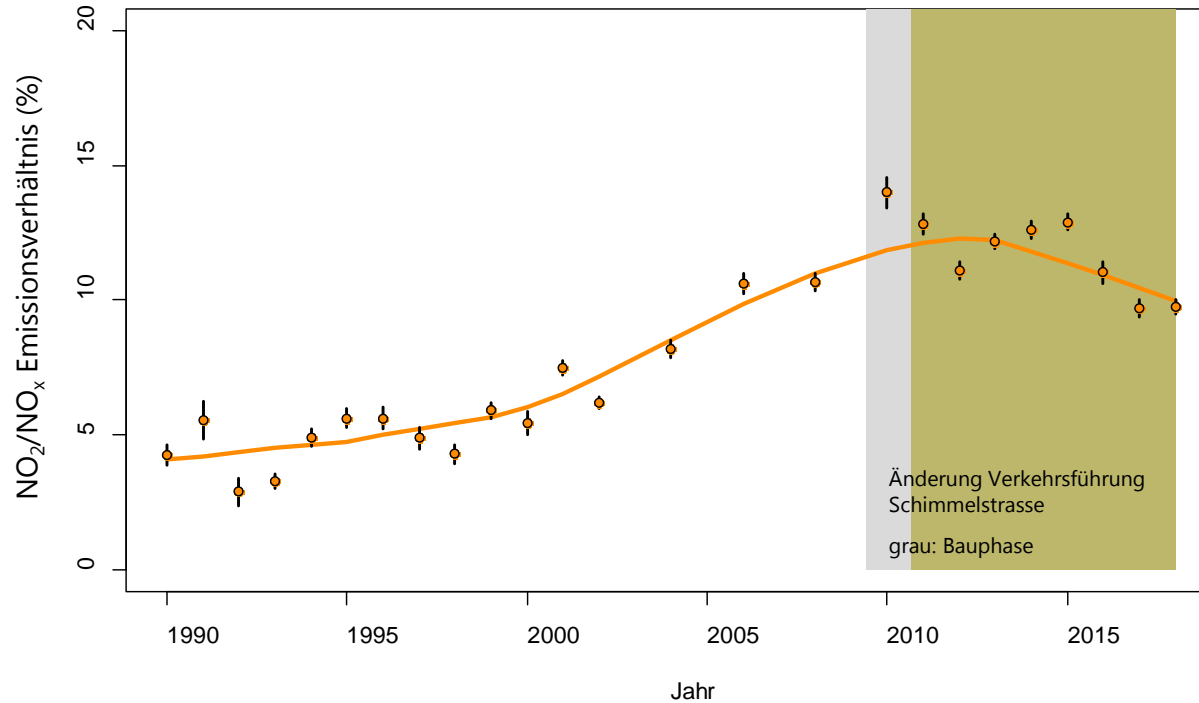
Seit 2000:



NO<sub>x</sub> – 43%  
NO<sub>2</sub> – 19%

(Achtung: Änderung Verkehrs-  
führung Schimmelstrasse seit 2010)

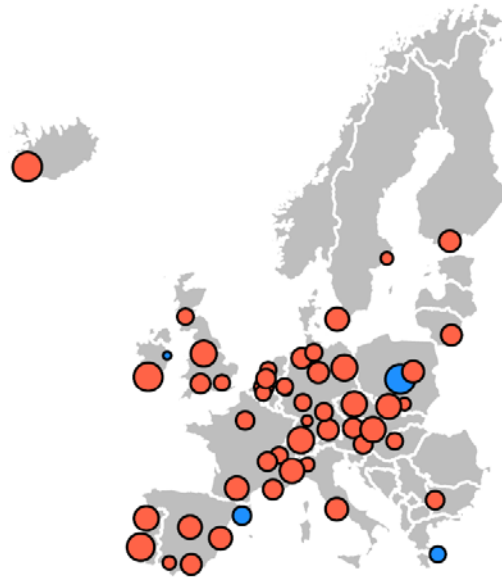




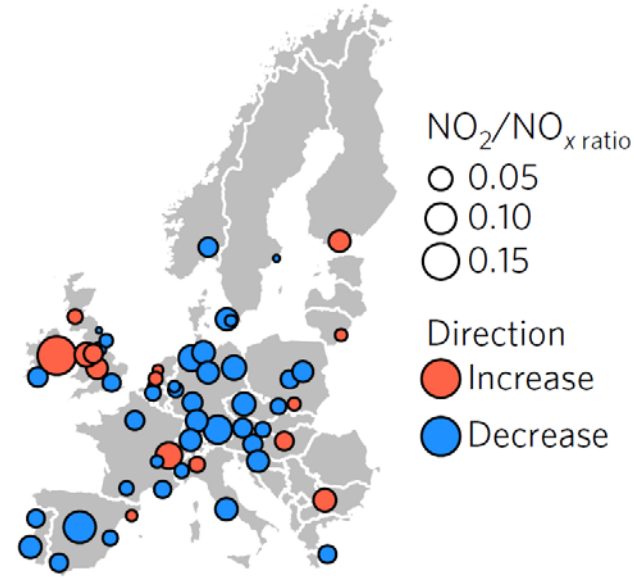
$$\Delta\text{NO}_2 = (\text{O}_3 \text{ b} - \text{O}_3 \text{ t}) + \alpha \cdot (\text{NO}_x \text{ t} - \text{NO}_x \text{ b}) + \beta \quad \alpha: \text{NO}_2/\text{NO}_x \text{ Emissionsverhältnis}$$



## Trend für 2005-2010



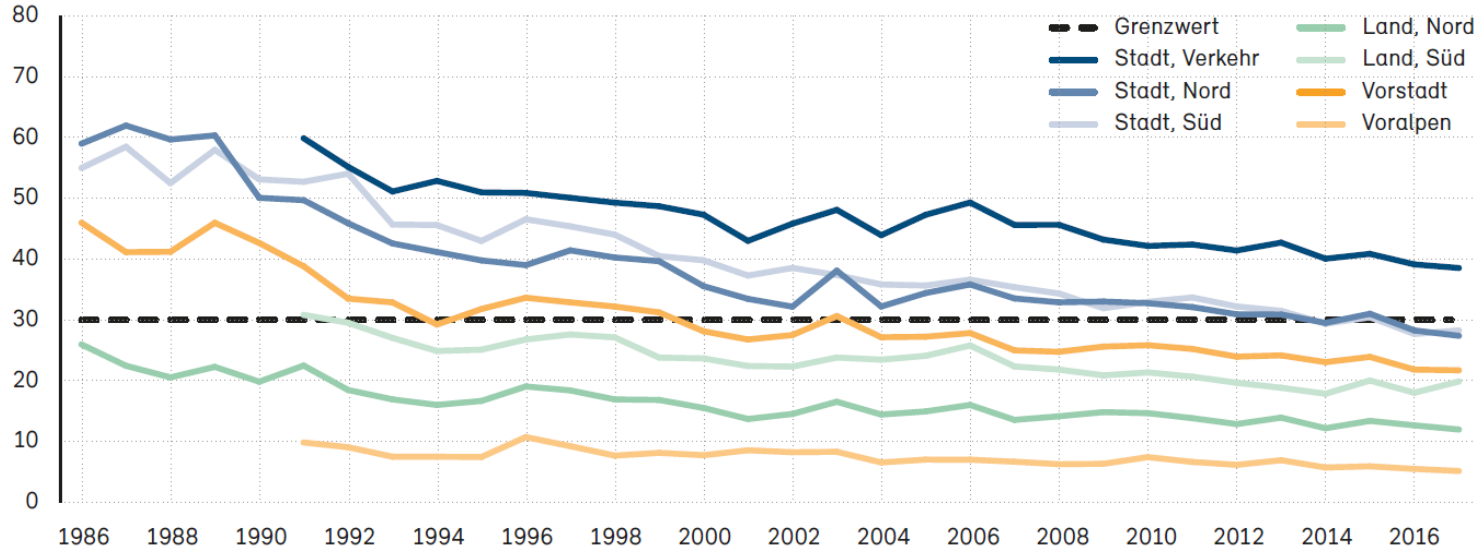
## Trend für 2010-2015



- Analyse von Luftschadstoffmessungen in 61 europ. Städten
- Max.  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  ca. 2010

aus: Grange et al., *Nature Geoscience* (2017)

Stickstoffdioxid in µg/m<sup>3</sup>



aus: Luftqualität 2017 – Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe NABEL  
Bundesamt für Umwelt BAFU und Empa



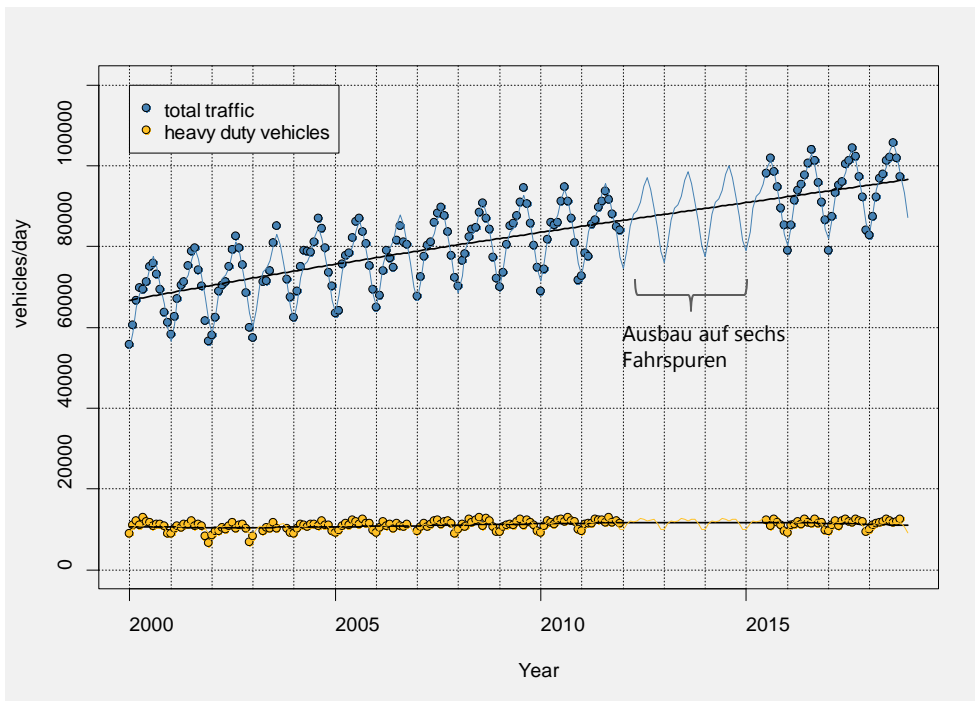
Blick nach Südwest



Blick nach Nordost



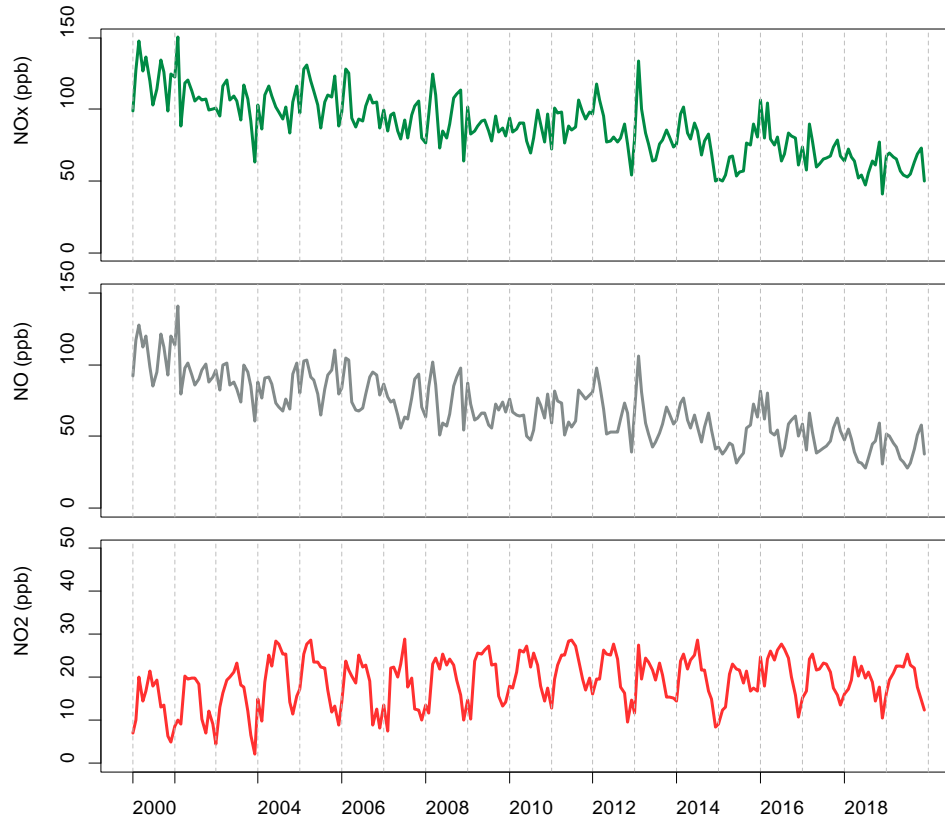
- ⇒ Messpunkt 20 m nördlich der Autobahn A1
- ⇒ Filtern der Daten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Tageszeit)
- ⇒ Berechnung des *Beitrags durch lokalen Autobahnverkehr*



- Verkehrsaufkommen stieg von 70'000 (Jahr 2000) auf 95'000 (Jahr 2018) DTV
- Anstieg/Trend:
  - + 1'600 DTV/Jahr, ca. 2%/Jahr (Gesamtverkehr)
  - + 72 DTV/Jahr, ca. 1%/Jahr (Lastwagen)

Daten: Bundesamt für Strassen ASTRA, Messstelle Gunzgen

## Trend von $\text{NO}_x$ , $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ durch lokalen Autobahnverkehr



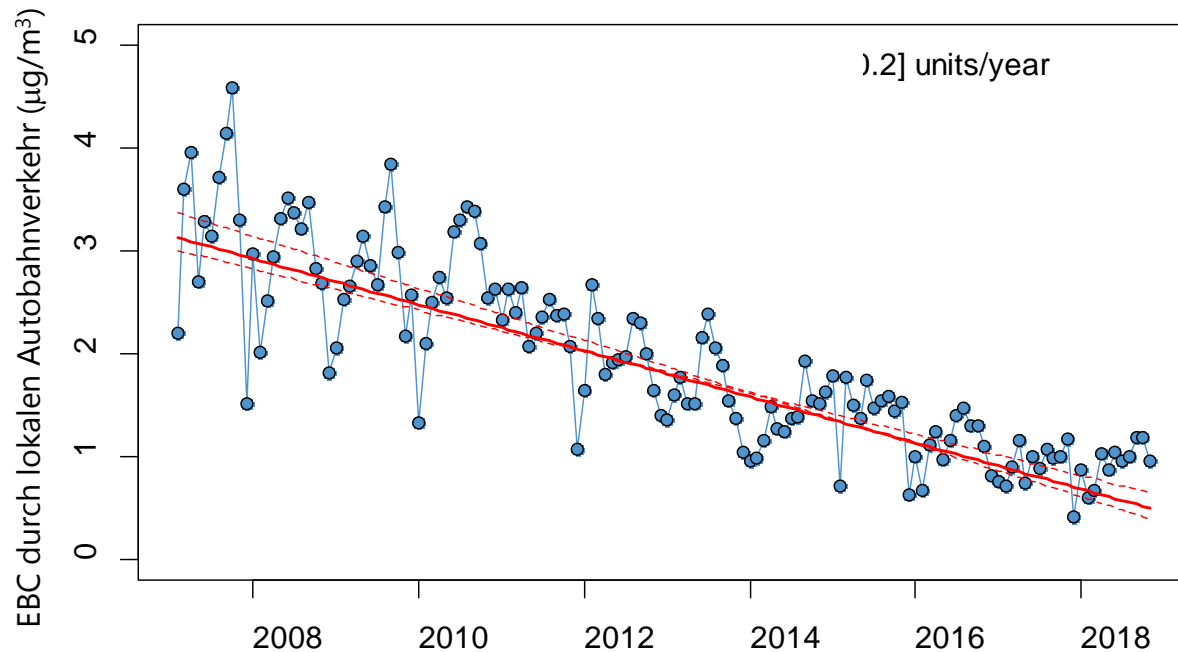
Ort der Emission zum Ort der Messung  
 $\text{NO}_x$  bleibt grösstenteils erhalten

Ort der Emission zum Ort der Messung  
 $\text{NO}_2$  wird aus  $\text{NO}$  und  $\text{O}_3$  gebildet



Grange et al. (2017)

## Trend von Russ durch lokalen Autobahnverkehr (equivalent black carbon, EBC)

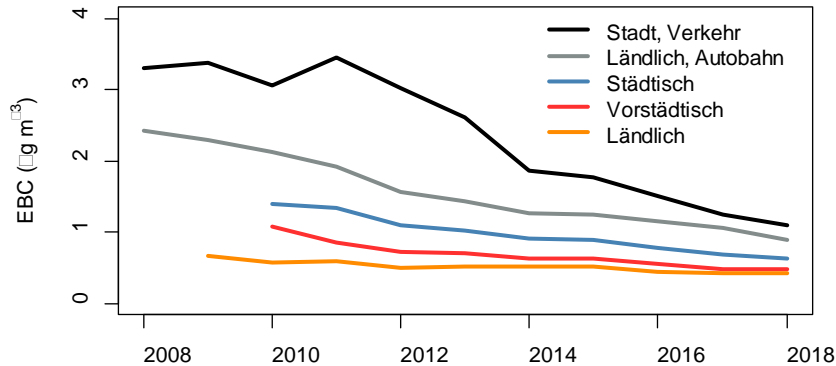


Trend 2008-2018:

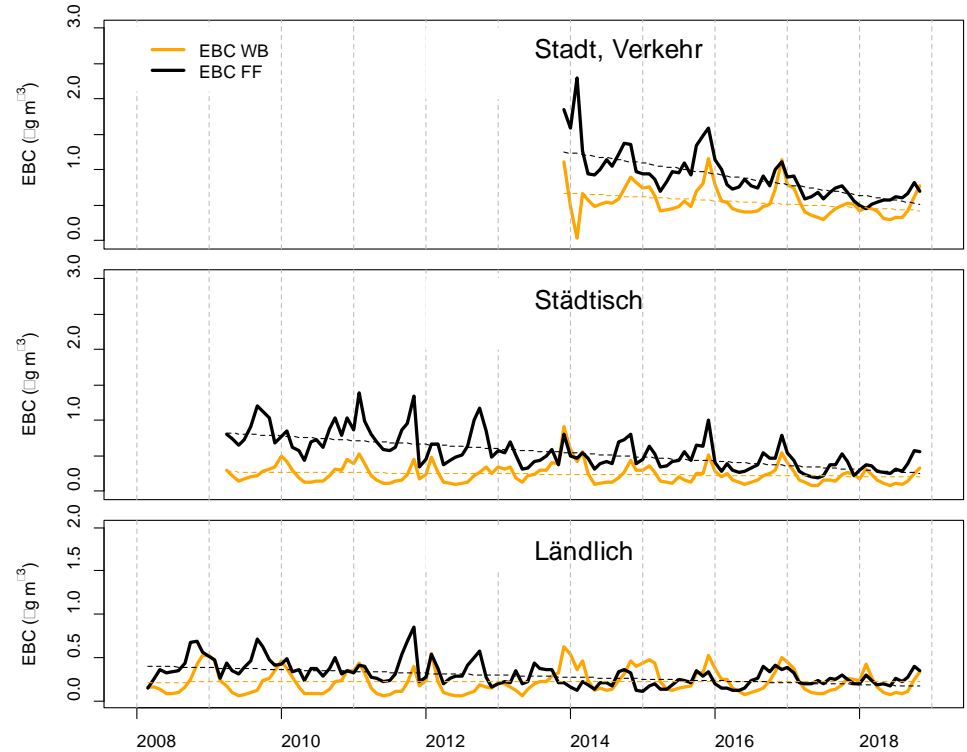
– 0.22 [-0.25, -0.20]  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{yr}^{-1}$

– 12.4 [-14.0, -11.1]  $\%\cdot\text{yr}^{-1}$

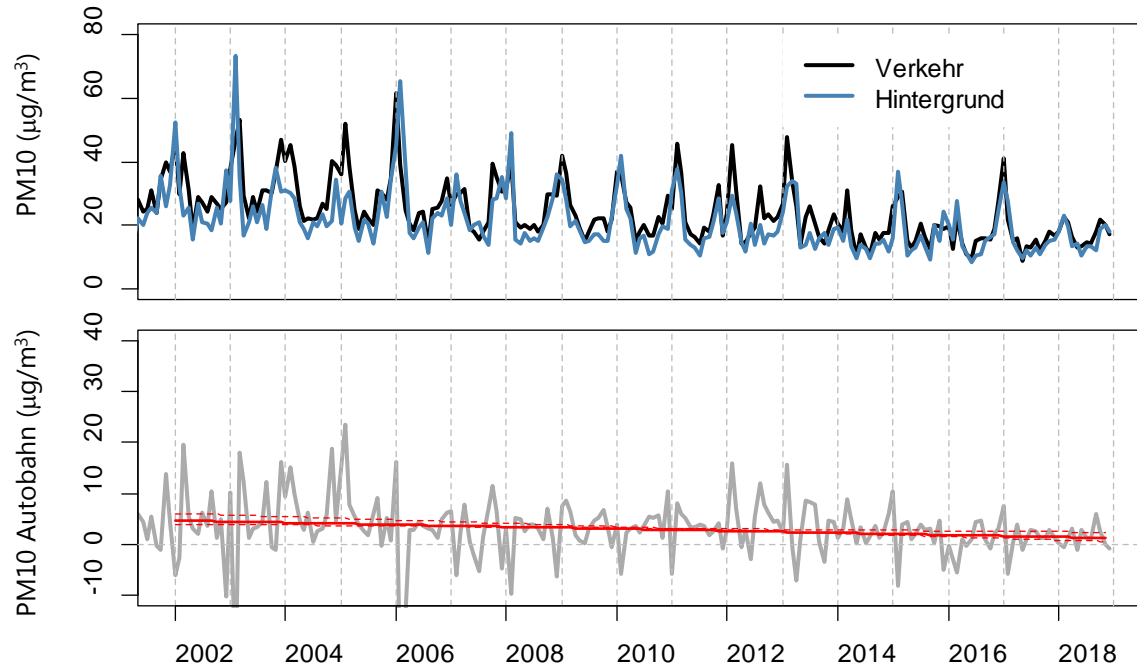
**Starke Abnahme!**  
⇒ **Wirksamkeit des DPFs**



## Quellenzuordnung von Russ: Beiträge durch Verkehr bzw. Motoren (EBC FF) und durch Holzfeuerungen (EBC WB)



## Trend von PM10 durch lokalen Autobahnverkehr

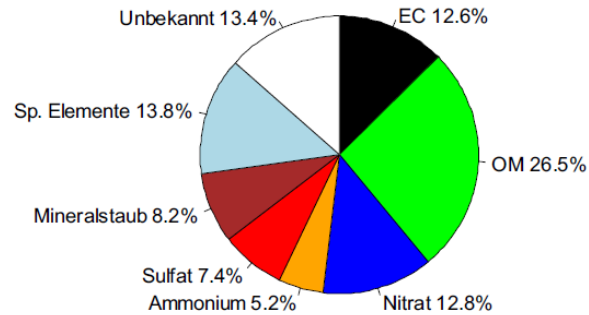


Trend 2002-2018:

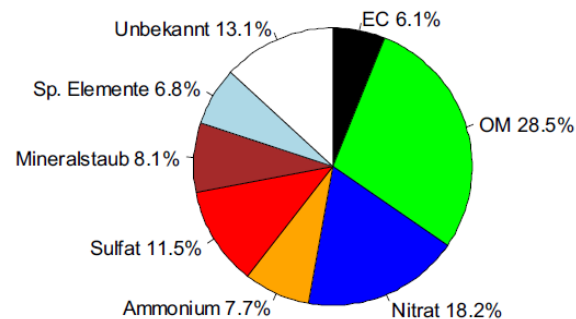
- $0.20$   $[-0.33, -0.10]$   $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{yr}^{-1}$
- $6.8$   $[-11.1, -3.2]$   $\%\cdot\text{yr}^{-1}$



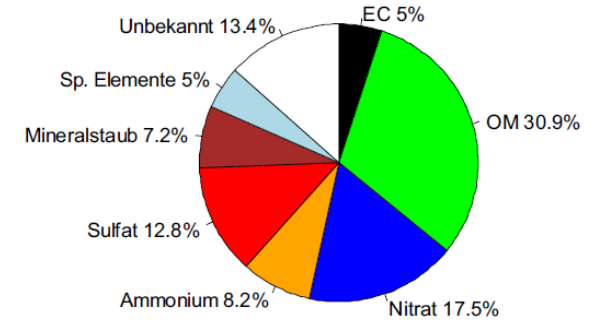
## Stadt, Verkehr (Bern-Bollwerk)



## Städtisch (Zürich-Kaserne)

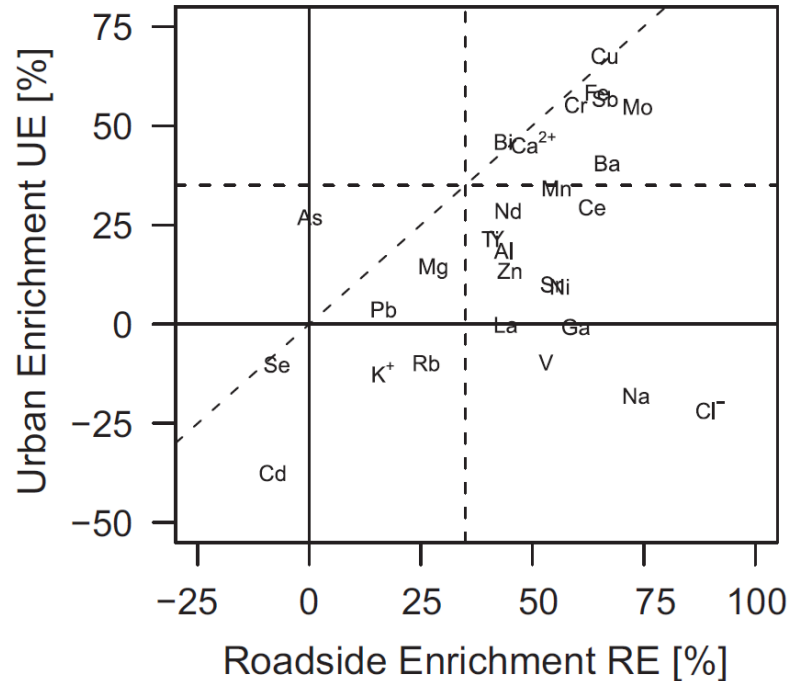


## Vorstädtisch (Basel-Binningen)



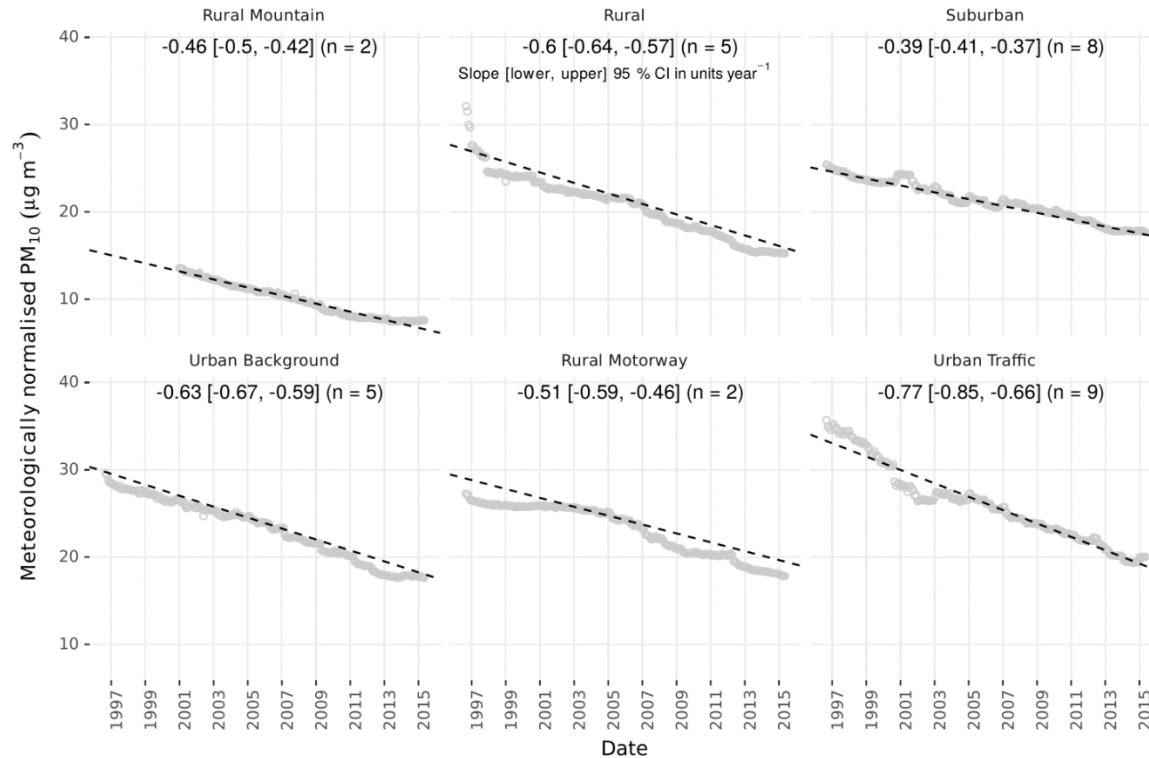
aus: Empa (2012)

- Bezogen auf die Feinstaubmasse: Sehr ähnliche chemische Zusammensetzung
- Massenanteil > 50% ist sekundärer Feinstaub, d.h. wird durch chemische Reaktionen in der Atmosphäre aus Gasen gebildet



- Strassenverkehr ist eine Hauptquelle von Spurenelementen im Feinstaub (Cu, Fe, Sb, Mo, Ba, Cr, ...)
- Emissionen durch Abrieb von Bremsen, Kupplung, Reifen, Strasse, etc. (Nicht-Auspuffemissionen)
- Abbildung basiert auf Daten von Bern-Bollwerk, Zürich-Kaserne und Basel-Binningen

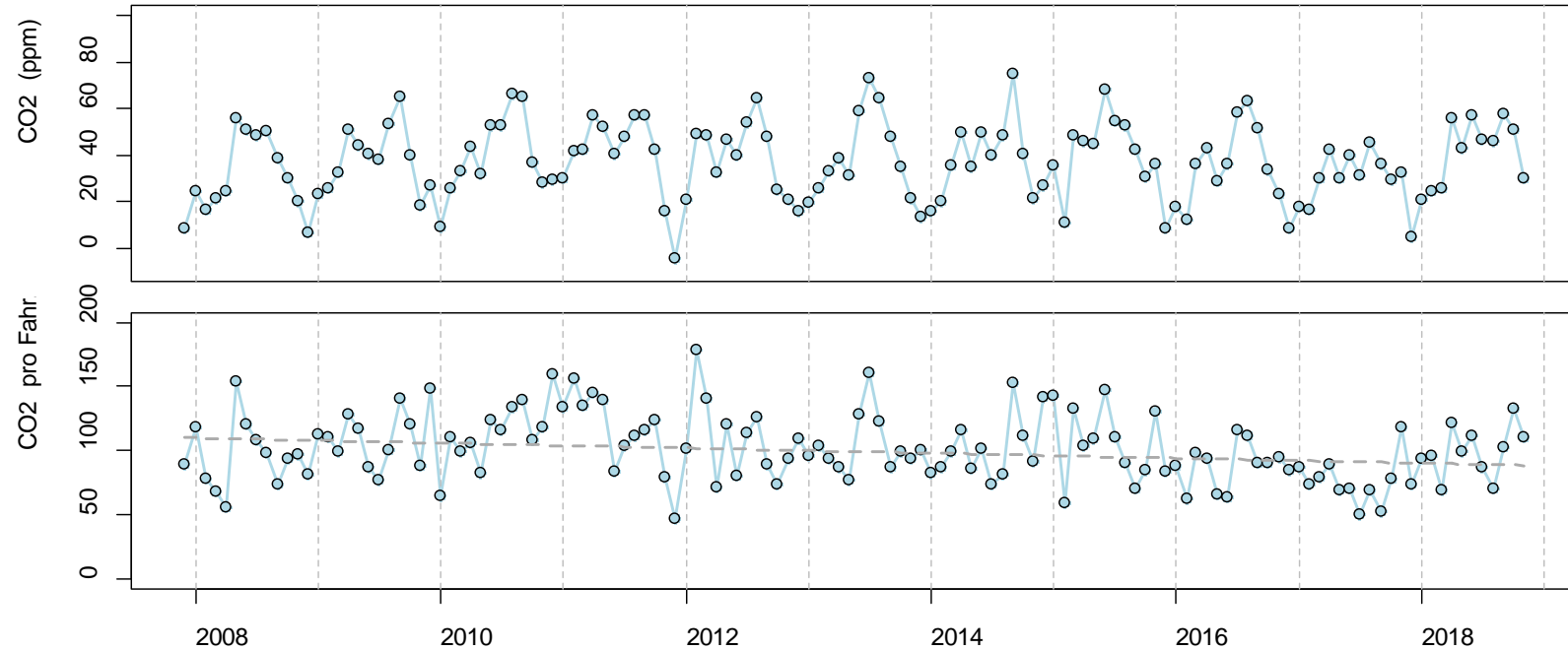
aus: Gianini et al. *Atmos. Environ.* (2012)



⇒ Grösster negativer Trend an städtischen, verkehrsbelasteten Standorten

aus: Grange et al. Atmos. Environ (2018)

## Trend von CO<sub>2</sub> durch lokalen Autobahnverkehr



- Massnahmen zur Minderung der Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs waren wirksam.
  - Starke Abnahme von Russ aus Verbrennungsmotoren (DPF).
  - Deutliche Abnahme von anderen Schadstoffen, z.B.  $\text{NO}_x$ , Feinstaub, sowie Anzahlkonzentration von Feinstaubpartikeln.
  - $\text{NO}_x$ -Abnahme wäre grösser, wenn Dieselfahrzeuge Euro-Normen im realen Einsatz einhalten würden!
- Luftqualität hat sich in der Schweiz in den letzten 30 Jahren deutlich verbessert. Verschiedene Schutzziele sind jedoch noch nicht erreicht (z.B. Immissionsgrenzwerte  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{O}_3$ ). Weitere Verbesserungen beim Strassenverkehr sowie bei anderen wichtigen Emittenten sind notwendig.
- Mit EURO 6d ab 2020/2021 können weitere Verbesserungen erwartet werden. Nicht-Auspuffemissionen bleiben!
- Mittlere  $\text{CO}_2$ -Emissionen pro Fahrzeug ist auf der Autobahn A1 bei Haerkingen für den Zeitraum 2008-2018 nahezu konstant.





J. Sintermann, AWEL

# Vielen Dank!

Danke auch an

- NABEL Team an der Empa und beim BAFU
- Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) für Daten von Zürich-Schimmelstrasse