

Verkehrsbedingte Luftverschmutzung und Gesundheit



Prof. Dr. med. Barbara Hoffmann MPH
Universität Düsseldorf

UBA workshop
Stickstoff & Verkehr: Mehr als ein Diesel-Problem
Berlin, 23.4.2018

18. März 2014

„Rückkehr des Auspendlungs in Paris“

Berliner Zeitung



Diesel-Affäre

38.000 Todesfälle durch erhöhten Stickoxid-Ausstoß

Stickoxide sind ungesund, für Diesel-Fahrzeuge gelten deshalb Grenzwerte - die in den vergangenen Jahren zum Teil nicht eingehalten wurden. Forscher haben jetzt abgeschätzt, wie viele Menschen deshalb vorzeitig verstorben sind.



Elemente - h. hoffm

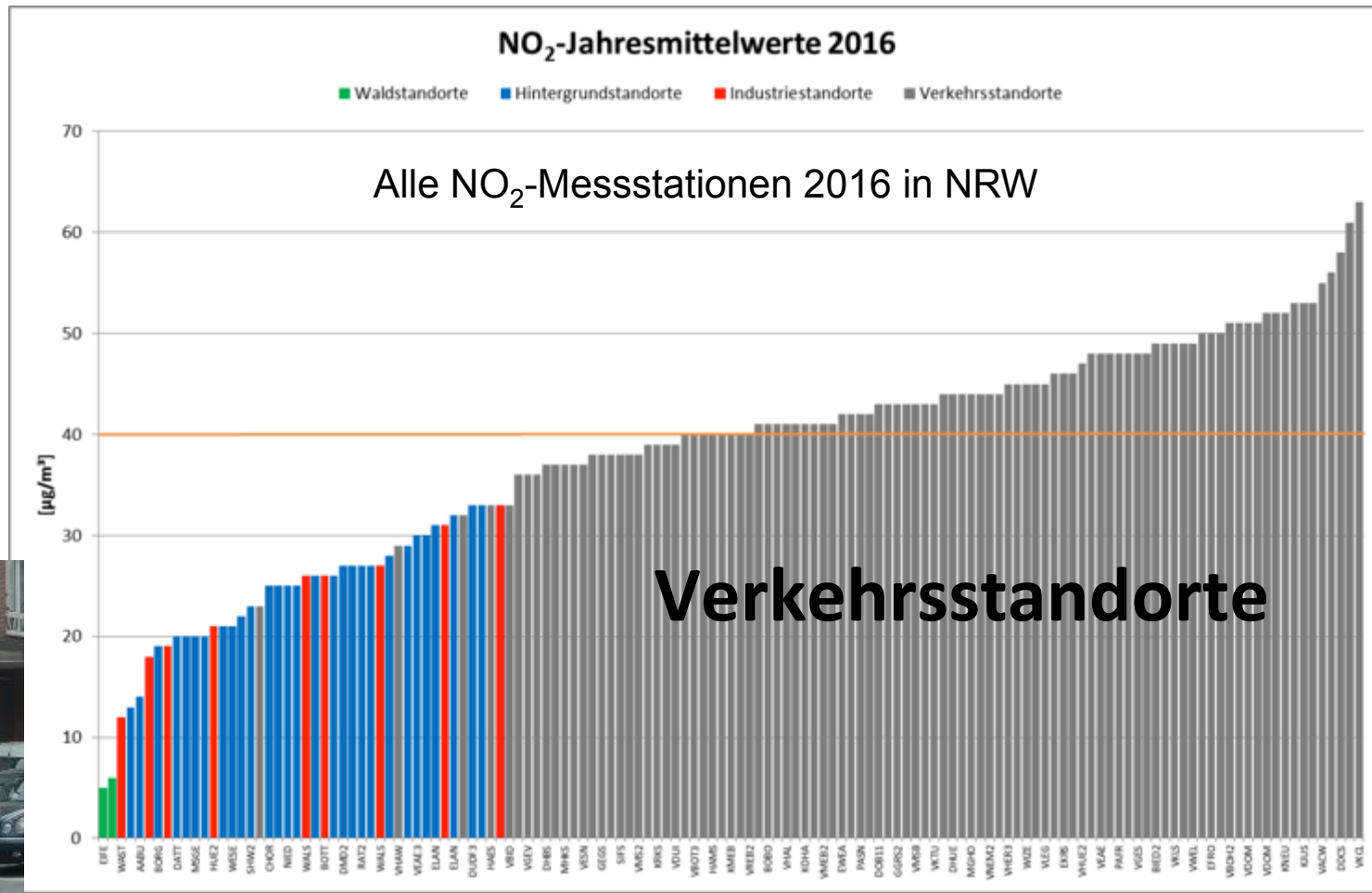


institut
arbeitsmedizin
sozialmedizin &
umweltmedizin

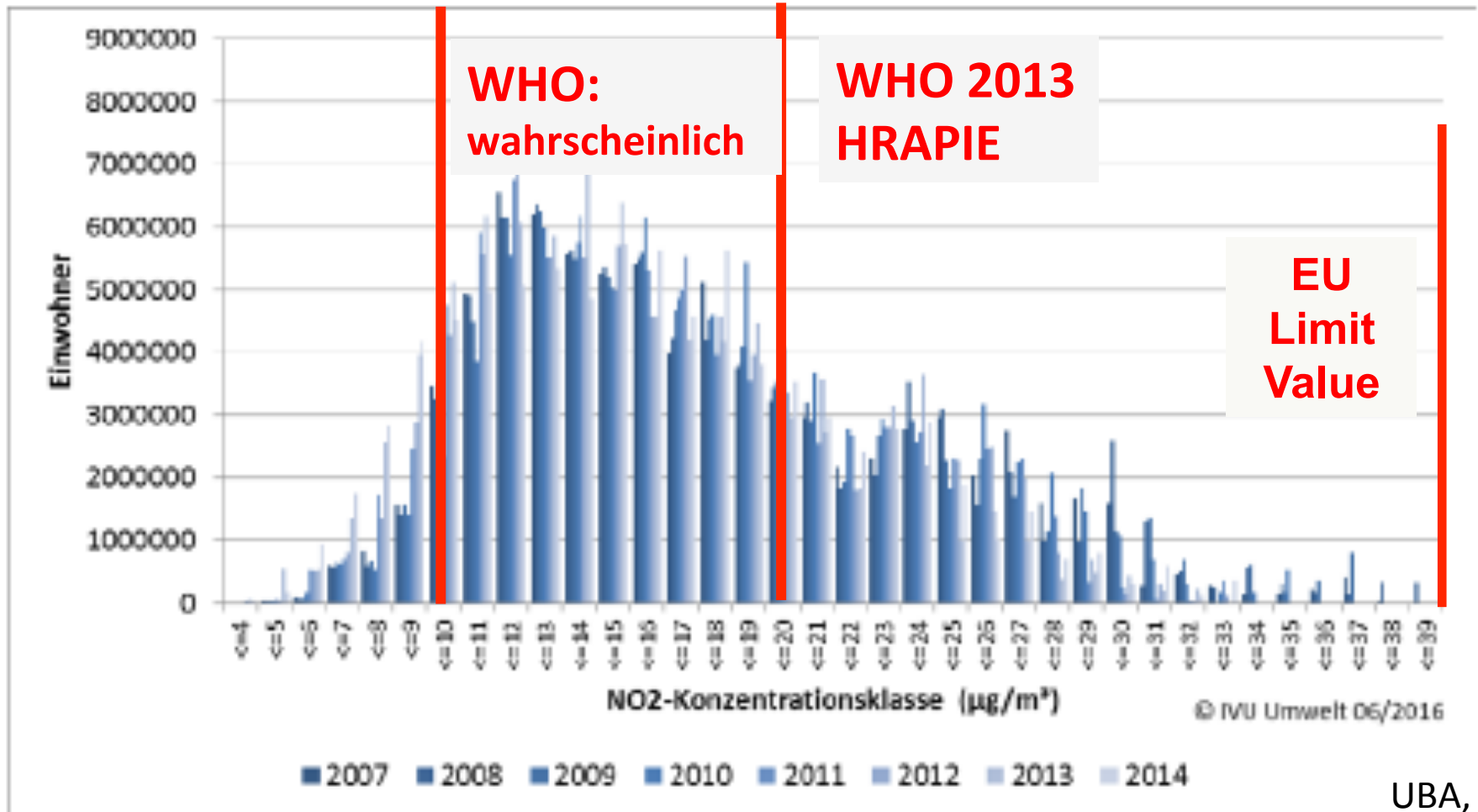
Spiegel online

NO₂: Wo stehen wir? – Beispiel NRW

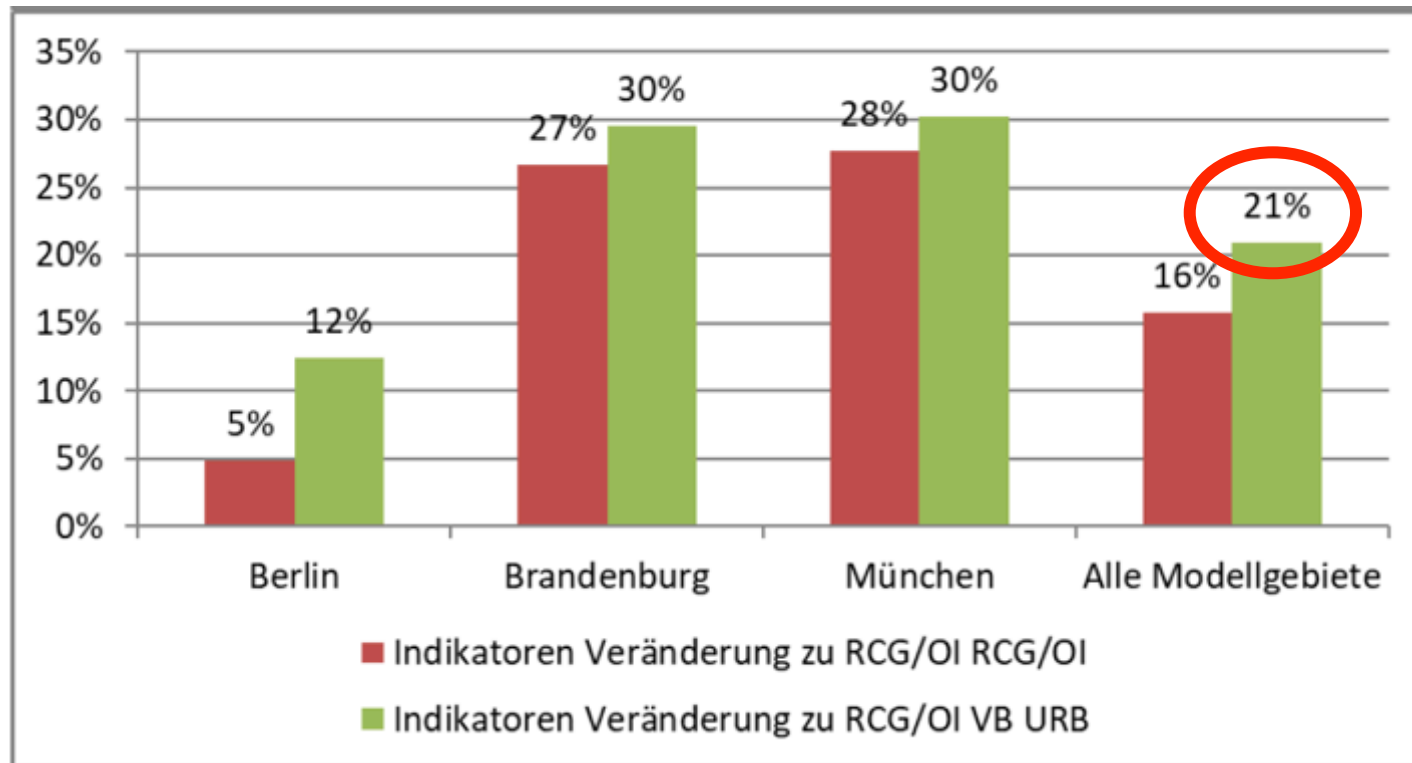
- 2016: Grenzwertüberschreitung an **60 von 127** Messstationen
- Gemessene Entwicklung der NO₂-Belastung von 2004 bis 2015: Abnahme um ca. 2% pro Jahr, 2016 Stagnation



NO₂ Hintergrundbelastung in Deutschland (zusätzliche Belastung durch Verkehr nicht enthalten)



Zusatzbelastung bei Berücksichtigung der Verkehrsbelastung



Rollen von NO₂

- Reizgas
- Vorläufersubstanz für Partikelbildung
- Indikator für verkehrsbezogenen Schadstoffmix

Rollen von NO₂

- Reizgas
- Vorläufersubstanz für Partikelbildung
- Indikator für verkehrsbezogenen Schadstoffmix

NO₂ als Reizgas

– Auslöser von Gesundheitseffekten

- Zellexperimente
 - Tierexperimentelle Studien
 - Kammerstudien
 - Panelstudien, Zeitreihen
- Kontrolle von anderen
Schadstoffen
- Kurzzeiteffekte
- Für Langzeiteffekte: Bevölkerungsbezogene Beobachtungsstudien (z. B. Kohortenstudien)

Gesundheitseffekte

- Kurzzeiteffekte (Stunden bis Tage):
 - Verschlechterung der Lungenfunktion
 - Zunahme der Empfindlichkeit der Atemwege
 - Allergische Reaktionen
 - Asthmaanfälle und Krankenhausaufnahmen
 - Tägliche Sterberate

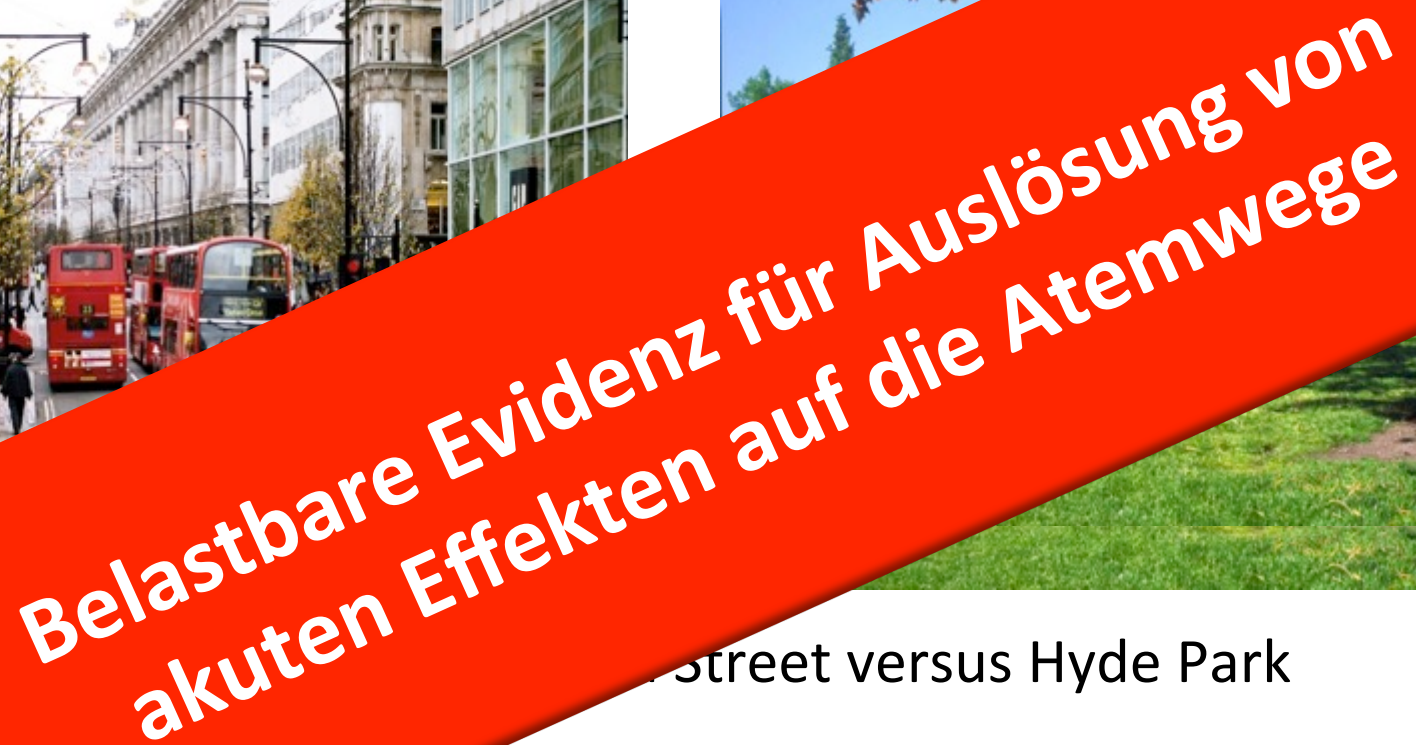
Empfindlichkeit der Atemwege

Table 5-3 Fraction of individuals with asthma having nitrogen dioxide-induced increase in airway responsiveness to a nonspecific challenge.

NO₂ Concentration (ppb)	All Exposures^{a,b}	Exposure with Exercise^{a,b}	Exposure at Rest^{a,b}
[NO ₂] = 100	0.66 (50; <i>p</i> = 0.033)	-	0.66 (50; <i>p</i> = 0.033) ^c
100 ≤ [NO ₂] < 200	0.66 (87; <i>p</i> = 0.005)	0.59 (17; <i>p</i> = 0.63) ^d	0.67 (70; <i>p</i> = 0.006) ^e
200 ≤ [NO ₂] ≤ 300	0.59 (199; <i>p</i> = 0.011)	0.55 (163; <i>p</i> = 0.21) ^f	0.78 (36; <i>p</i> = 0.001) ^g
[NO ₂] > 300	0.57 (94; <i>p</i> = 0.18)	0.49 (61; <i>p</i> = 1.0) ^h	0.73 (33; <i>p</i> = 0.014) ⁱ
All [NO ₂]	0.60 (380; <i>p</i> < 0.001)	0.54 (241; <i>p</i> = 0.25)	0.71 (139; <i>p</i> < 0.001)

^aData are the fraction of subjects with asthma having an increase in airway responsiveness following NO₂ versus air exposure. Values in parentheses are number of individuals with asthma having a change (±) in responsiveness and the *p*-value for a two-tailed sign test.

Beispiel Panelstudie: Akute Effekte – Verschlechterung der Lungenfunktion



Belastbare Evidenz für Auslösung von akuten Effekten auf die Atemwege



...street versus Hyde Park

... der Lungenfunktion:

FEV1	-6.1%
FVC	-5.4%

McCreanor et al. NEJM 2007

NO₂ als Reizgas

– Auslöser von Gesundheitseffekten

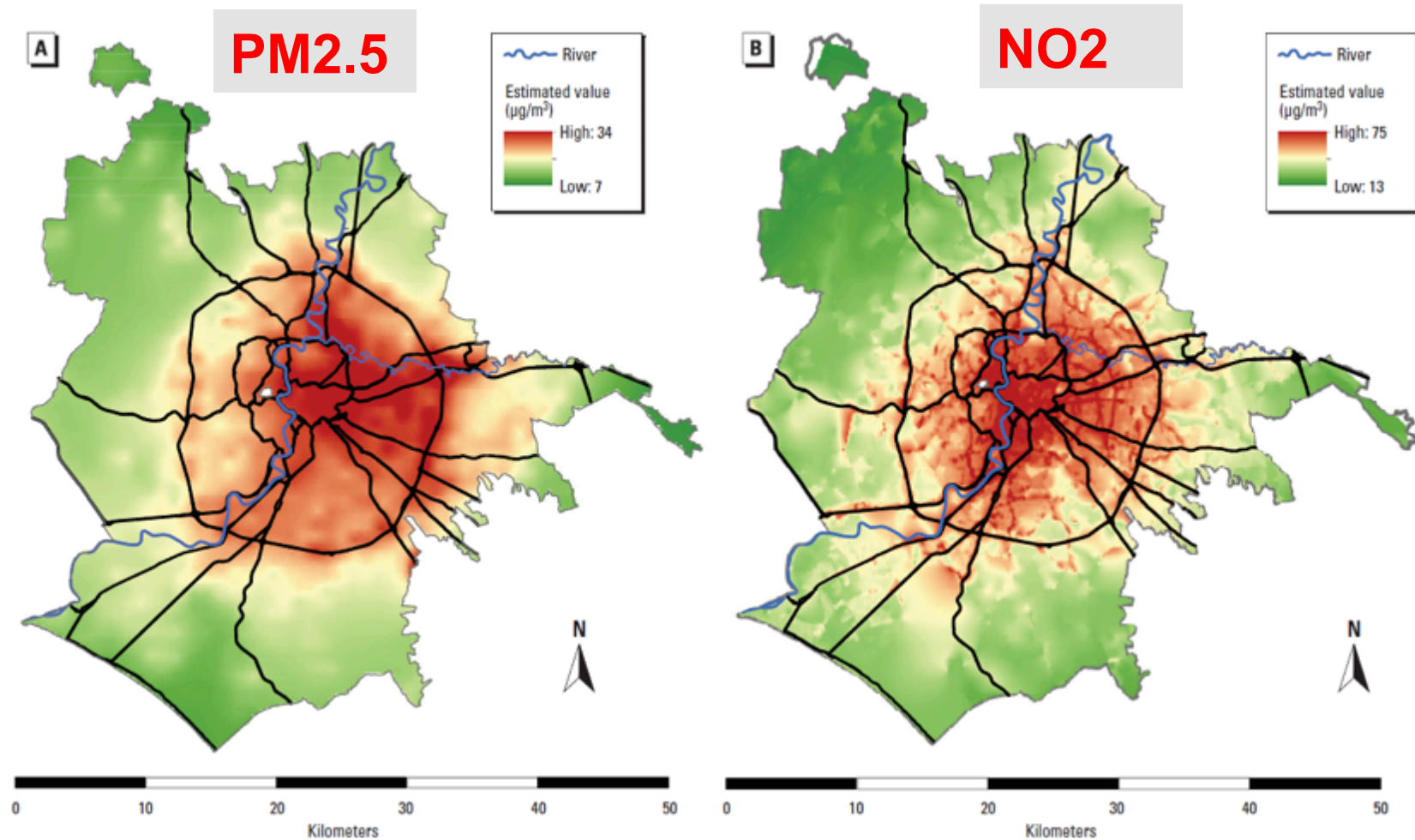
- Zellexperimente
 - Tierexperimentelle Studien
 - Kammerstudien
 - Panelstudien, Zeitreihen
- Kontrolle von anderen
Schadstoffen
- Kurzzeiteffekte
- Für Langzeiteffekte: Bevölkerungsbezogene Beobachtungsstudien (z. B. Kohortenstudien)

Gesundheitseffekte

- Kurzzeiteffekte (Stunden bis Tage):
 - Verschlechterung der Lungenfunktion
 - Zunahme der Empfindlichkeit der Atemwege
 - Allergische Reaktionen
 - Asthmaanfälle und Krankenhausaufnahmen
 - Tägliche Sterberate
- Epidemiologische Langzeitstudien:
 - (kardiovaskuläre) Mortalität
 - Atemwegserkrankungen

Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome

Giulia Cesaroni,¹ Chiara Badaloni,¹ Claudio Gariazzo,² Massimo Stafoggia,¹ Roberto Sozzi,³ Marina Davoli,¹ and Francesco Forastiere¹

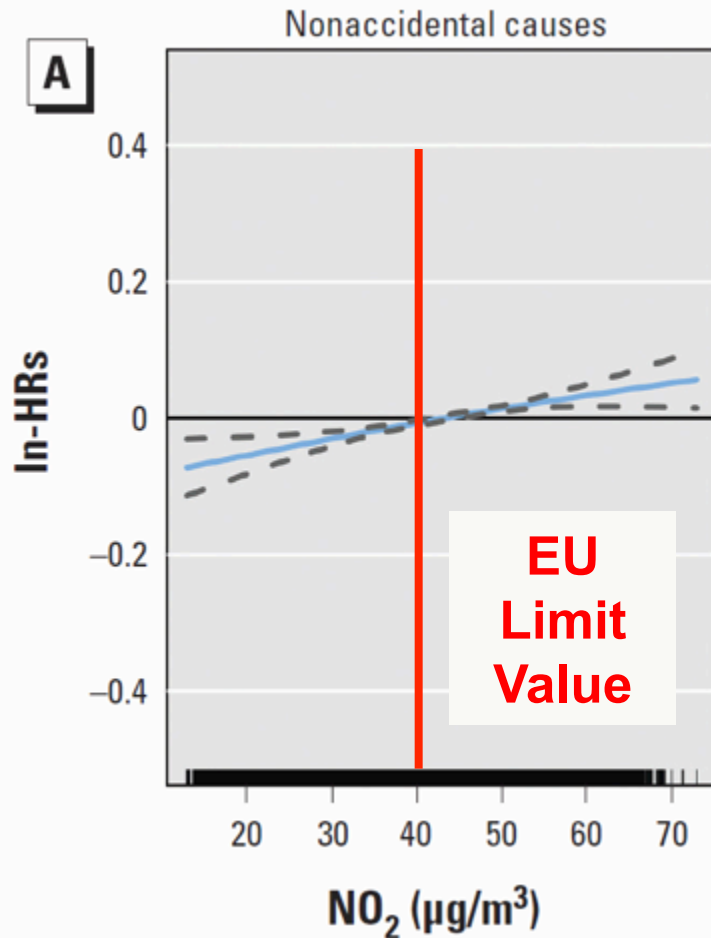


Korrelation 0,79

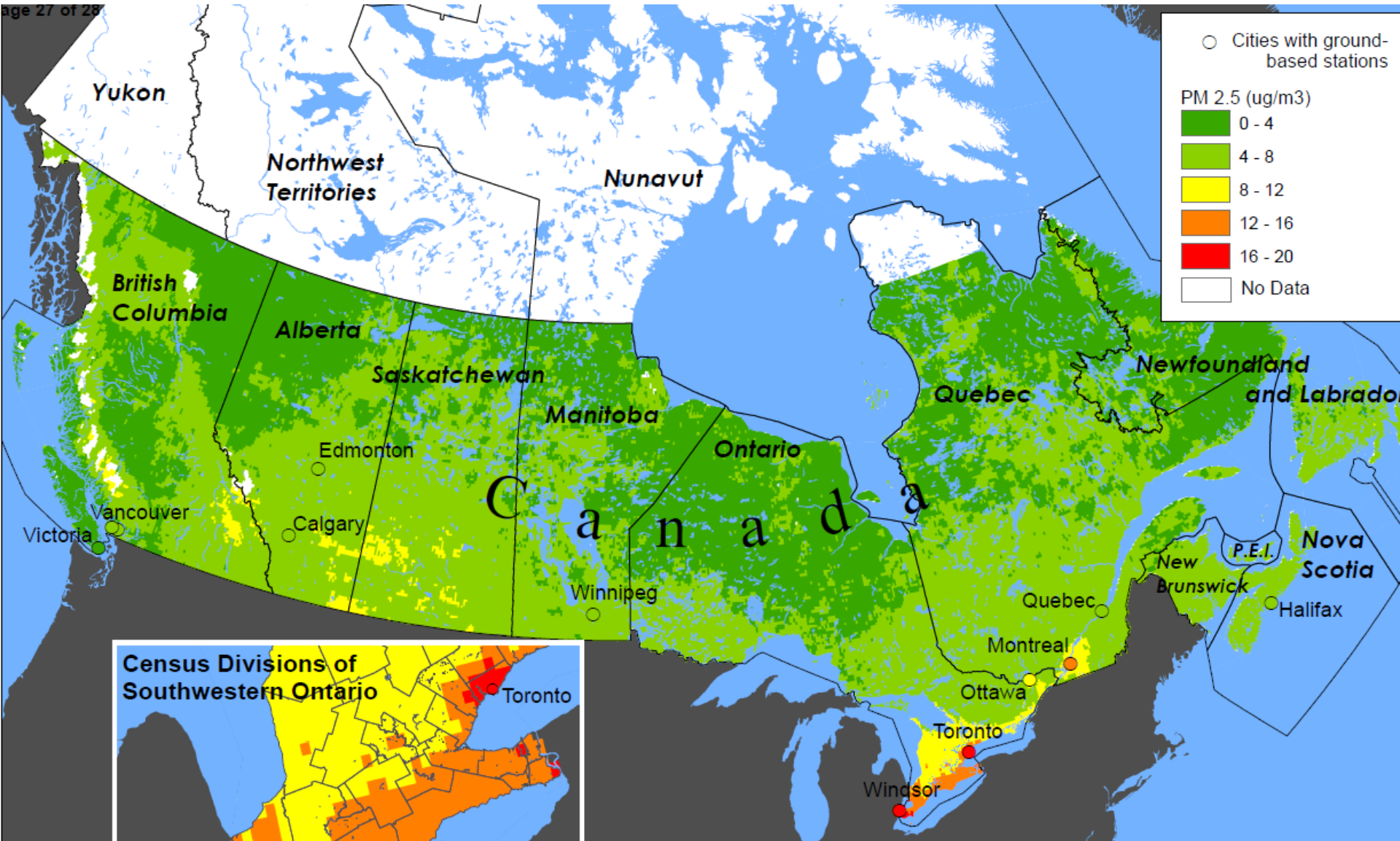
EHP 2013

Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome

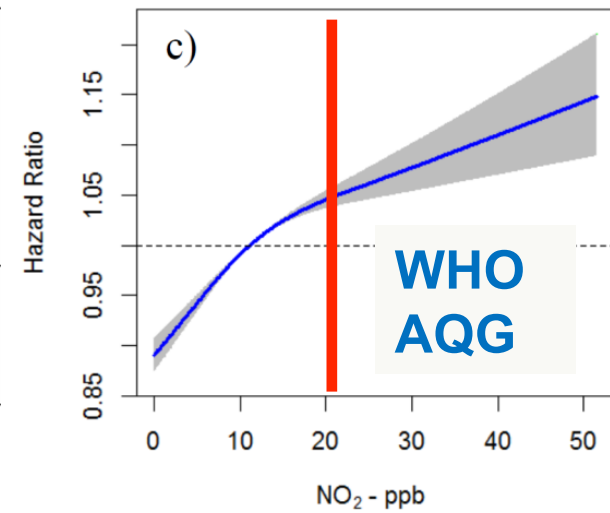
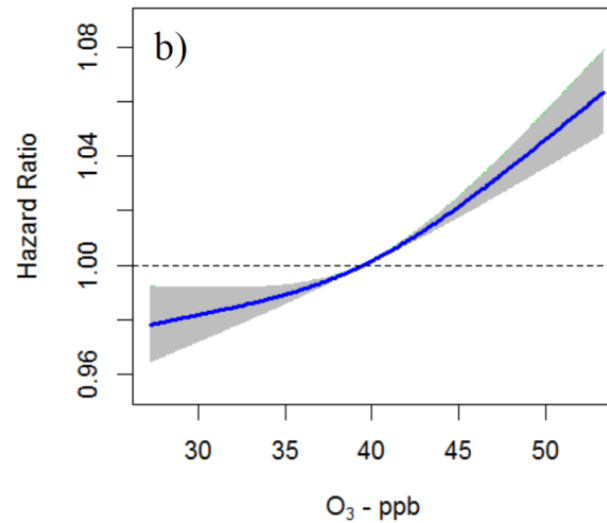
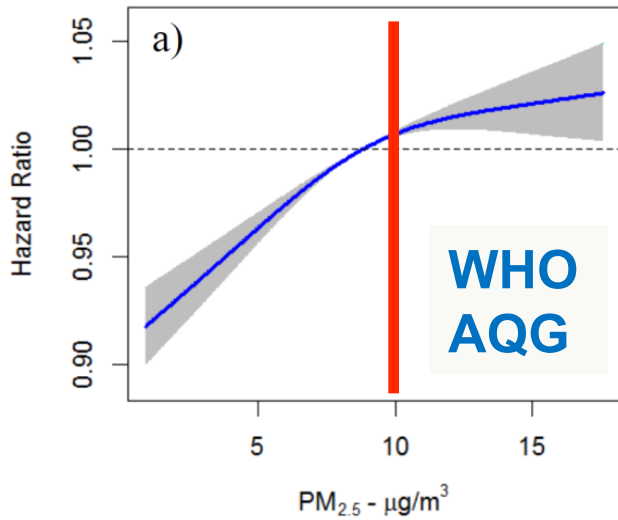
Giulia Cesaroni,¹ Chiara Badaloni,¹ Claudio Gariazzo,² Massimo Stafoggia,¹ Roberto Sozzi,³ Marina Davoli,¹ and Francesco Forastiere¹



NO₂-Effekt auch nach Berücksichtigung der Feinstaubexposition



Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-Up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC)



NO₂-Effekt nach Adjustierung für PM_{2.5} und Ozon: 1,045 (1,037 – 1,052) pro 8,1 ppb NO₂

Bewertung der gesundheitlichen Wirkungen durch Institutionen

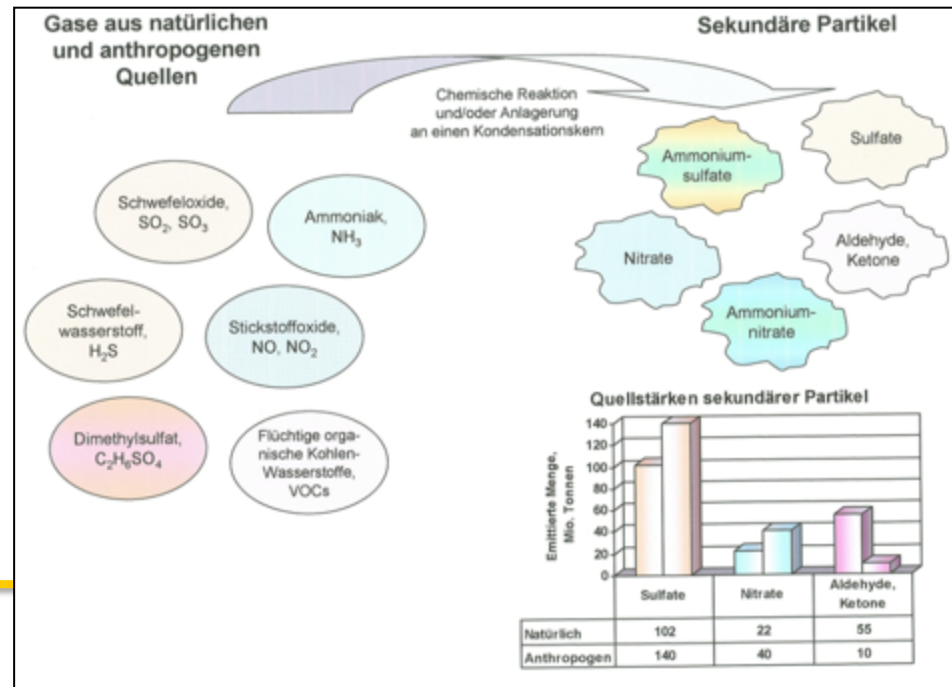
- Zum Teil unterschiedlich
 - Verlässlichkeit (Grad der Absicherung)
 - Unterschiedliche Kategorien der Beurteilung (EPA: kausal, wahrscheinlich kausal, Hinweise)
 - Veränderung der Datenlage
- Gesetzliche Grenzwerte versus gesundheitlich motivierte Richtwerte

Vergleich: Evidenz für NO_2 und $\text{PM}_{2.5}$

- Zahl der Studien: $\text{PM}_{2.5} \gg \text{NO}_2$
- Belastbarkeit der Studien für Langzeiteffekte größer für $\text{PM}_{2.5}$
- Effektgröße: $\text{PM}_{2.5} > \text{NO}_2$
- Aber: Speziell in Hotspots hohe Belastungen und relevante Gesundheitseffekte durch NO_2

Rollen von NO₂

- Reizgas
- **Vorläufersubstanz für Partikelbildung**
- Indikator für verkehrsbezogenen Schadstoffmix



Impacts and mitigation of excess diesel-related NO_x emissions in 11 major vehicle markets

Susan C. Anenberg^{1*}, Joshua Miller^{2*}, Ray Minjares², Li Du², Daven K. Henze³, Francisco J. Ojeda³, Lisa Emberson⁴, Vicente Franco^{2†}, Zbigniew Klimont⁵ & Chris Heyes⁵

Diesel-Affäre

38.000 Todesfälle durch erhöhten Stickoxid-Ausstoß

Stickoxide sind ungesund, für Diesel-Fahrzeuge gelten deshalb Grenzwerte - die in den vergangenen Jahren zum Teil nicht eingehalten wurden. Forscher haben jetzt abgeschätzt, wie viele Menschen deshalb vorzeitig verstorben sind.

certification testing^{10–20}. Here we show representing approximately 80 per cent of nearly one-third of on-road heavy-duty diesel vehicle emissions and over half of on-road light-duty diesel vehicle emissions are in excess of certification limits. **These excess emissions (totalling 4.6 million tons) are associated with about 38,000 PM_{2.5}- and ozone-related premature deaths globally in 2015, including about 10 per cent of all ozone-related premature deaths in the 28 European Union member states. Heavy-duty vehicles are the dominant contributor to excess**



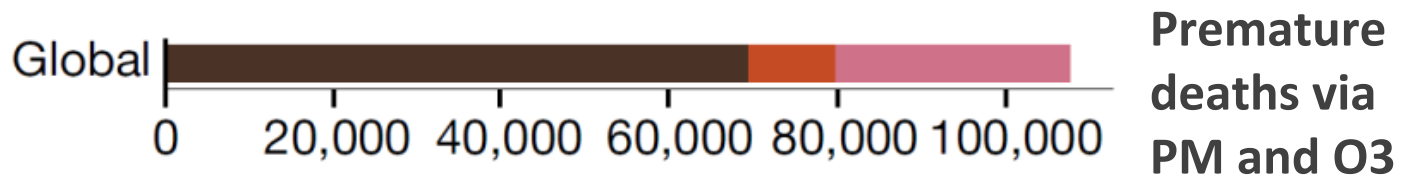
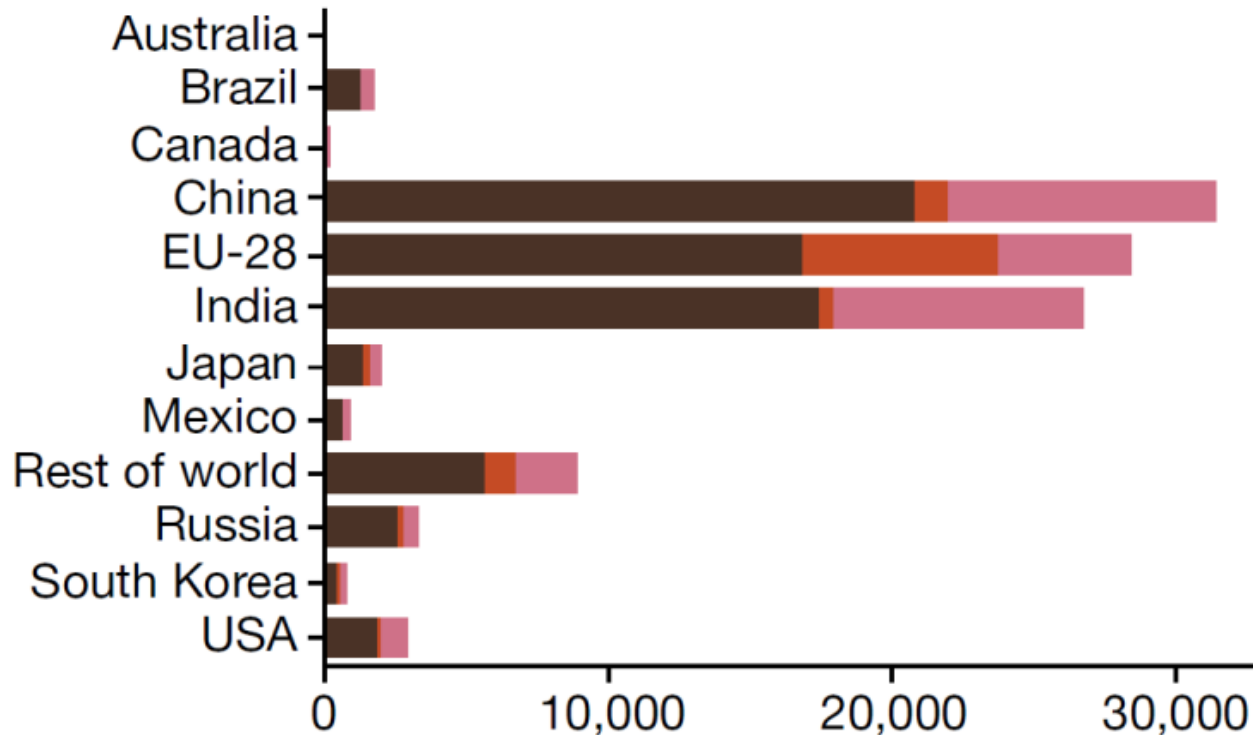
Impacts and mitigation of excess diesel-related NO_x emissions in 11 major vehicle markets

Susan C. Anenberg^{1*}, Joshua Miller^{2*}, Ray Minjares², Li Du², Daven K. Henze³, Forrest Lacey^{3†}, Christopher S. Malley⁴, Lisa Emberson⁴, Vicente Franco^{2†}, Zbigniew Klimont⁵ & Chris Heyes⁵

c Source of on-road diesel NO_x

NATURE
2017

Excess HDV Excess LDV Limit-2015



Premature deaths via PM and O₃

Rollen von NO₂

- Reizgas
- Vorläufersubstanz für Partikelbildung
- Indikator für verkehrsbezogenen Schadstoffmix

Verkehr in der Stadt

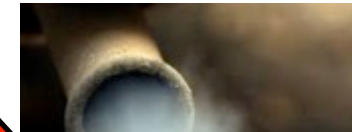


Verbrauch von
Grünflächen, Entstehung
von Hitzeinseln

Bewegungsmangel



Lärm



(Ultra)-Feinstaub
plus weitere
Schadstoffe



Mobilität und Gesundheit

– wichtige Aspekte

- Emissionsarme Mobilität – Reduktion von gesundheitsschädlichen Schadstoffen und Lärm
- „Aktiver“ Transport – körperliche Bewegung ist einer der wichtigsten Präventionsfaktoren überhaupt
- Reduzierter Landverbrauch, mehr Grünflächen, Verhütung von Hitzeinseln, Lebensqualität in der Stadt

Fazit

- Luftverschmutzung mit NO₂ führt kurzfristig zu **gesundheitlichen Wirkungen** vor allem auf Atemwege (gesichert), langfristig wahrscheinlich (Atemwegserkrankungen, Mortalität)
- Die gesundheitlichen Schäden treten auch bei **heutigen, bereits erheblich reduzierten Schadstoffbelastungen** auf – Grenzwerte nicht ausreichend zum Schutz der Bevölkerung
- Direkte Wirkungen insgesamt **schwächer als die von Feinstaub**
- Indirekte Wirkungen als **Vorläufersubstanz** für Feinstaub und Ozon
- NO₂ als **Indikator** für verkehrsbezogenen Belastungsmix (andere Luftschadstoffe, Lärm)
- **Emissionsarme Mobilität** und „aktiver“ **Transport**: hohes Präventionspotential und Steigerung der urbanen Lebensqualität

Vielen Dank



email: b.hoffmann@uni-duesseldorf.de

phone: +49-211-586 729 110

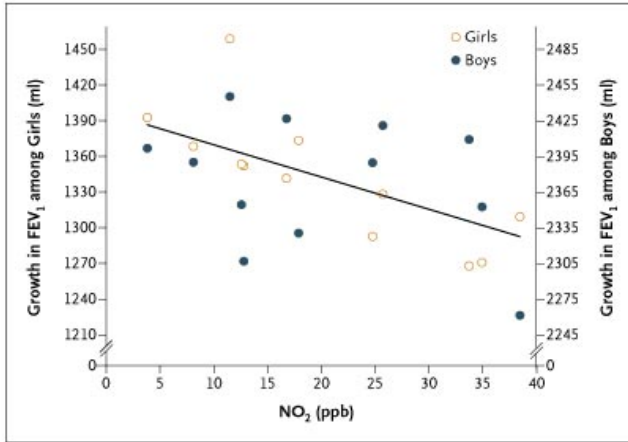
Chamber studies

	Effect level starting concentrations		Micro-environments
	Healthy	Asthmatics	
Inflammation	Yes > 1 ppm	? 0.2-0.6 ppm	Peaks outdoors polluted cities e.g. London Kerbside 0.2-0.3ppm 1 hr ave In car can be similar. Other sites 0.1ppm 1 hr ave often exceeded across Europe
Allergen-induced inflammation		Ambiguous, yes 0.26 ppm, no 0.3-0.4 ppm	
Non-specific airway responsiveness	1.5 – 2 ppm	0.2 – 0.6 ppm	
	No clear dose response 0.1-0.5 ppm but responders at all doses		

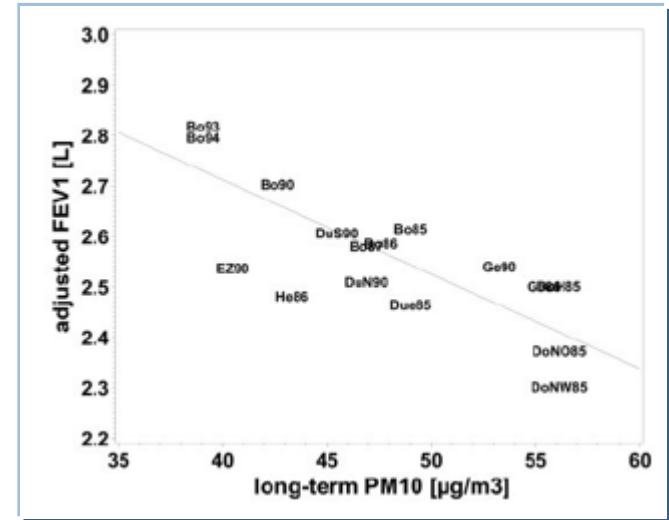
Panel studies

- Weinmayr 2010 meta-analysis - association with asthma symptoms, association with cough only if excluded PEACE study
- 11 new studies (not meta-analysed) showed respiratory associations, not always significant
- O'Connor 2008 (large) Associations with PEF < 90%, cough, night-time asthma, others : most independent of PM2.5 and ozone
- RAPTES: independent NO₂ effects on reduced FEV₁/PEF

Lung function development in life



Gauderman *N Engl J Med*



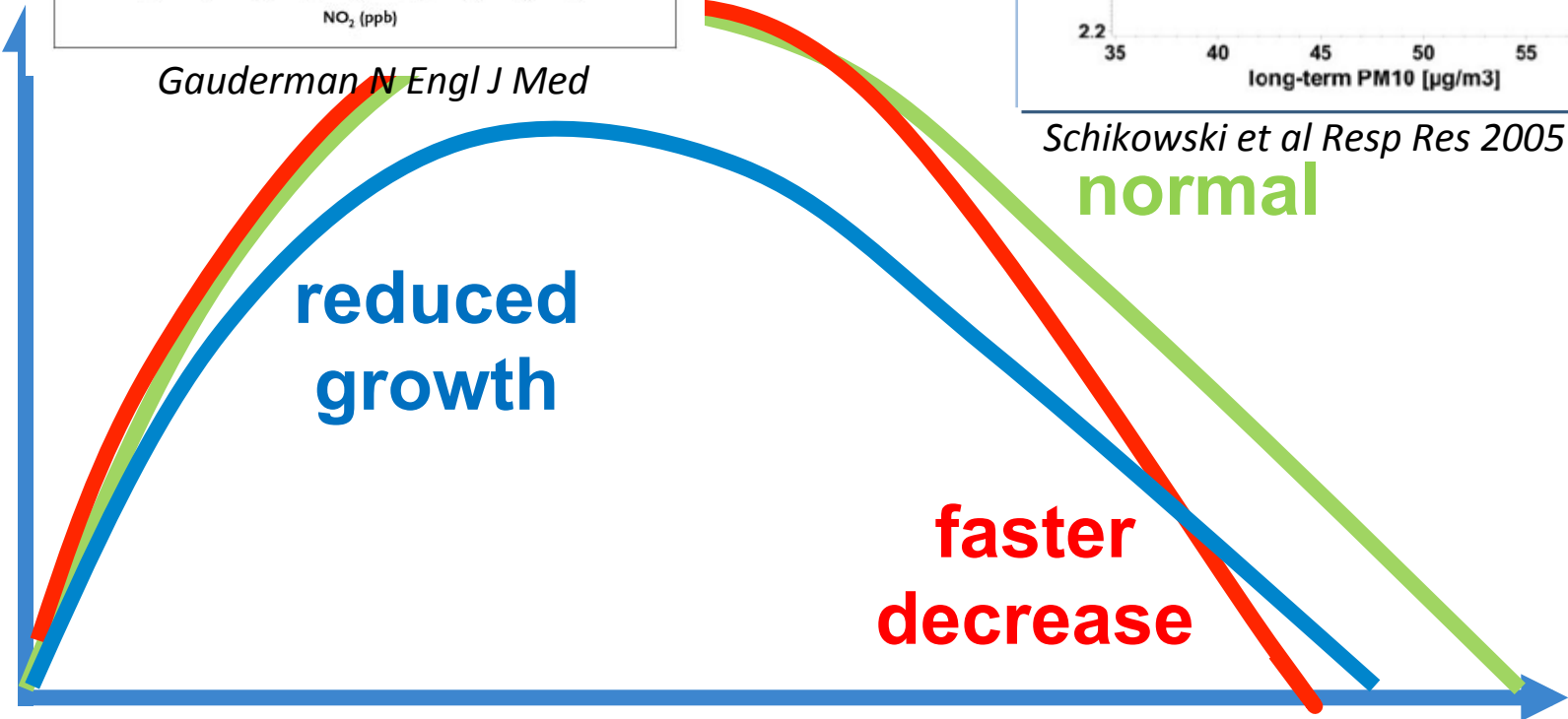
Schikowski *et al Resp Res* 2005

normal

reduced growth

faster decrease

Life years

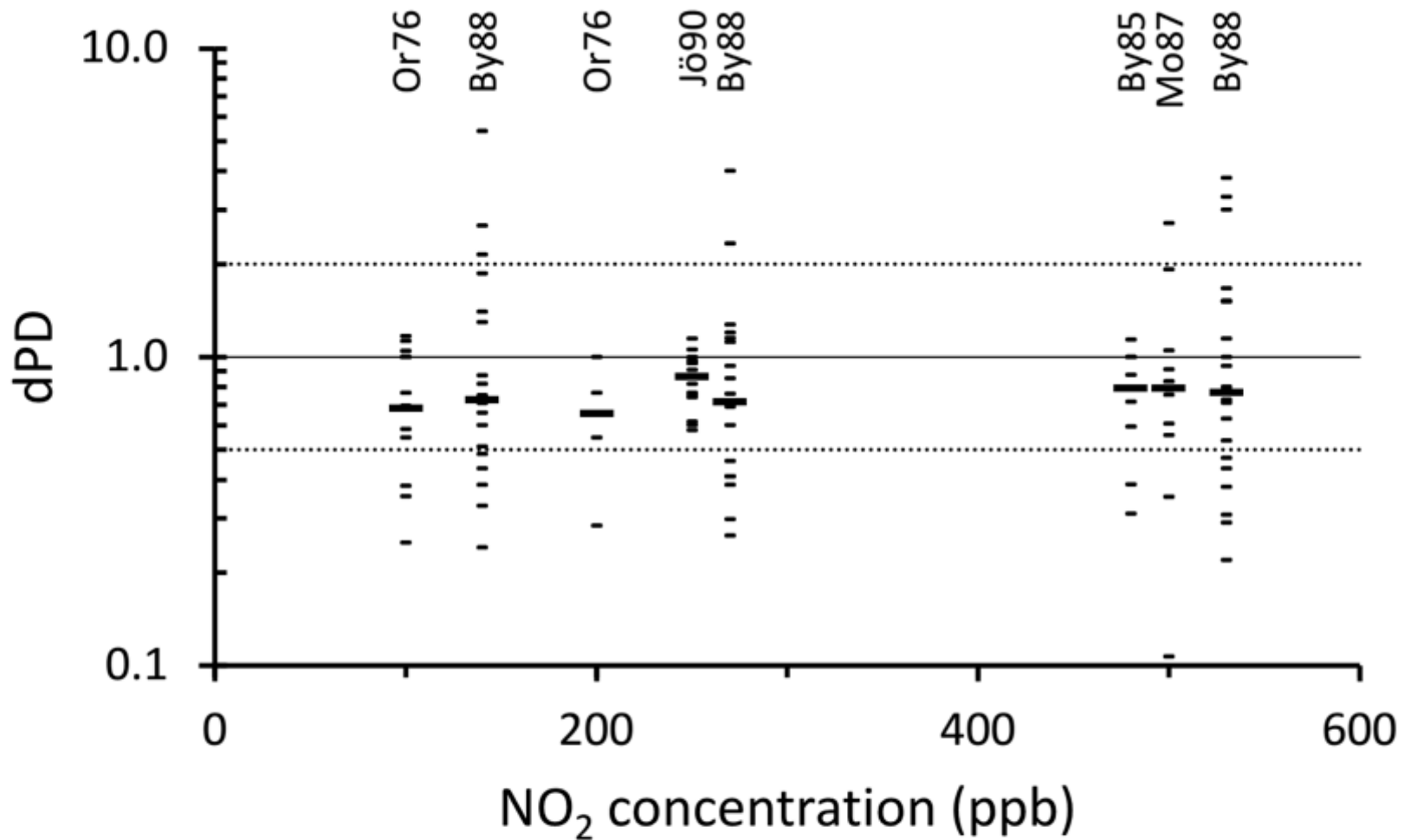


Canadian census cohort, Crouse, EHP 2012

- Census of 1991
- 2.1 M adults > 25 years
- Follow up 1991-2001
- *Individual* data on age, sex, minority, marital, educational & occupational status, household income, size of home community
- *Contextual* data on neighborhood employment, education, income; urban/rural
- **No data** on smoking, obesity, diet, alcohol, PA
- PM2.5 from satellites, 2001-2006, 10x10 km
- PM2.5 from measurements, 1987-2001 in 11 cities (43% of population)
- O3 warm season from CTM model, 21x21 km
- NO2 from satellites, land use, fine spatial scale

Indikator für Schadstoffmix aus Verkehr

- Ultrafeinstäube, Feinstäube, Toxine und Kanzerogene (meist an Partikel gebunden)
- Problem: Einschätzung der Unabhängigkeit der Effekte von NO_2 und $\text{PM}_{2.5}$ bzw. Ozon
- Vor allem wichtig bei Langzeitstudien
- Studien zeigen, siehe Wichmann paper



Note: dPD = provocative dose; NO₂ = nitrogen dioxide; ppb = parts per billion. Points illustrate the responses of 72 individual subjects, and bars are median responses. Doubling dose changes are illustrated by horizontal dotted lines. Data are from Or76 (Orehek et al., 1976), By88 (Bylin et al., 1988), Jö90 (Jörres and Magnussen, 1990), By85 (Bylin et al., 1985), and Mo87 (Mohsenin, 1987a).

Figure 5-1

Change in provocative dose due to exposure to nitrogen dioxide in resting individuals with asthma.