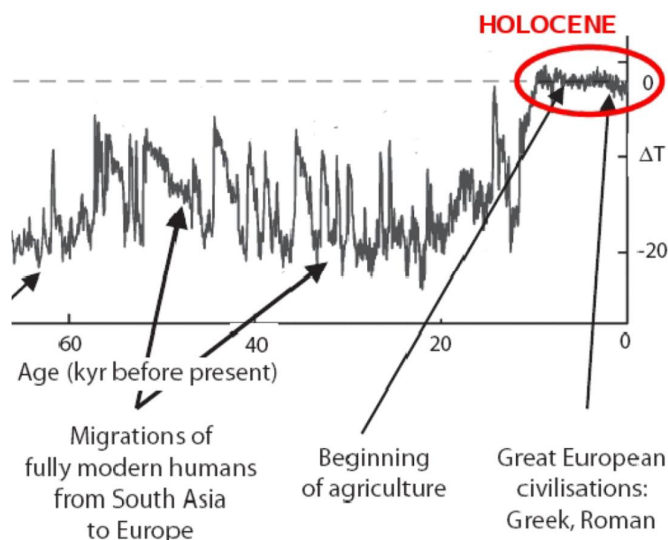


Ökologische Belastungsgrenzen (Planetary boundaries)

- Holozän (11,700 Jahre) = Stabile Bedingungen des Erdsystems (ES) ermöglichen gegenwärtige menschliche **Gesellschaften**
- Unsere Aktivitäten beeinflussen dieses ES so stark, dass seine Widerstandsfähigkeit (Resilienz) gefährdet ist
- Planetary boundaries:
 - Basiert auf den kritischen Prozessen für das Funktionieren des ES
 - Wissenschaftliche Erkenntnisse zsn mit dem Vorsorgeprinzip
 - -> wann ist ein Risiko der Destabilisierung wahrscheinlich bzw Def. eines „safe operating space“



W. Steffen et al., Science 347, 1259855 (2015). DOI: 10.1126/science.1259855

Ökologische Belastungsgrenzen

nach Will Steffen et al. 2015 / Linn Persson et al. 2022 / Wang-Erlandsson et al. 2022

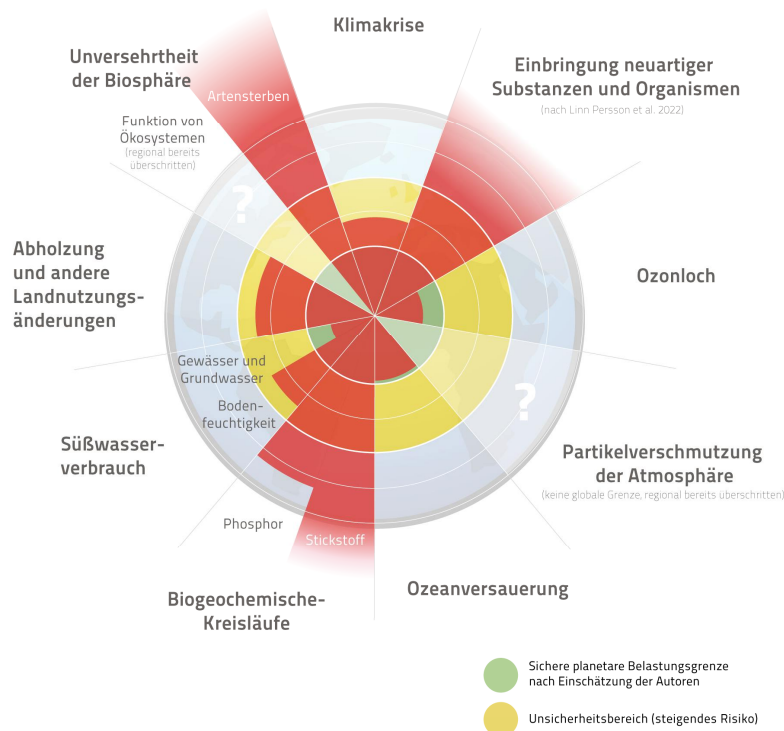
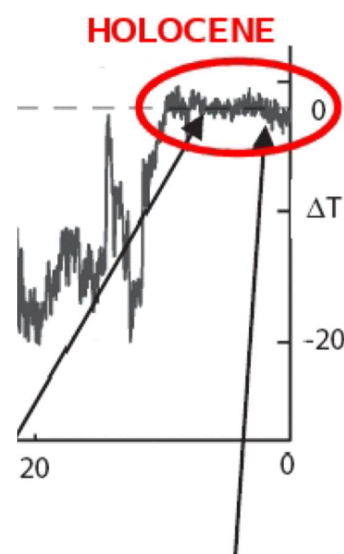


Illustration: Felix Müller (www.zukunft-selbermachen.de) Licence: CC-BY-SA 4.0

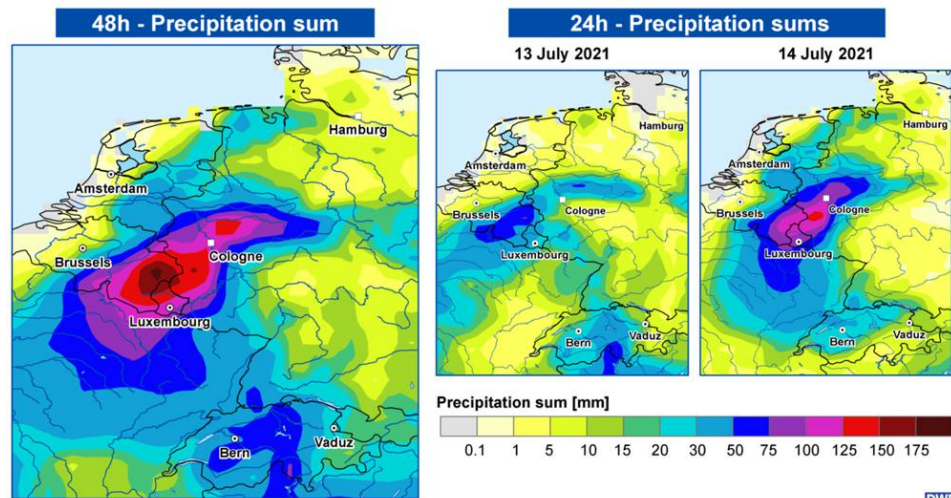
W. Steffen et al., Science 347, 1259855 (2015). DOI: 10.1126/science.1259855



re
Great European civilisations: Greek, Roman

Ahrtal: Schwere Regenfälle im Sommer 2021

- Seltenes Ereignis – Einmal in 400 Jahren
- Seine Wahrscheinlichkeit ist um den Faktor 1.2 bis 9 gestiegen
- Maximale Regenfallintensität um 3-19% gestiegen



Precipitation data: Extended version of E-OBS. Graphic credits: © Deutscher Wetterdienst 2021 (Last update: 19.08.2021).
 Geodata: © GeoBasis-DE/BKG 2020 (Last update: 01.01.2020).

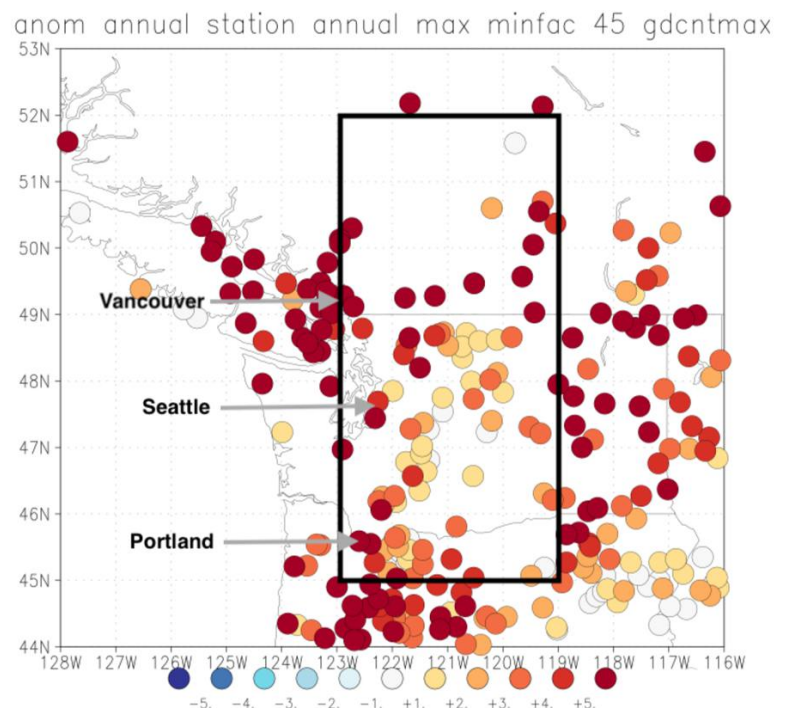


<https://www.worldweatherattribution.org>

<https://100komma7.lu/podcast/375740> Interview mit F.Otto; Ab ca.40min über Juli-überschwemmung

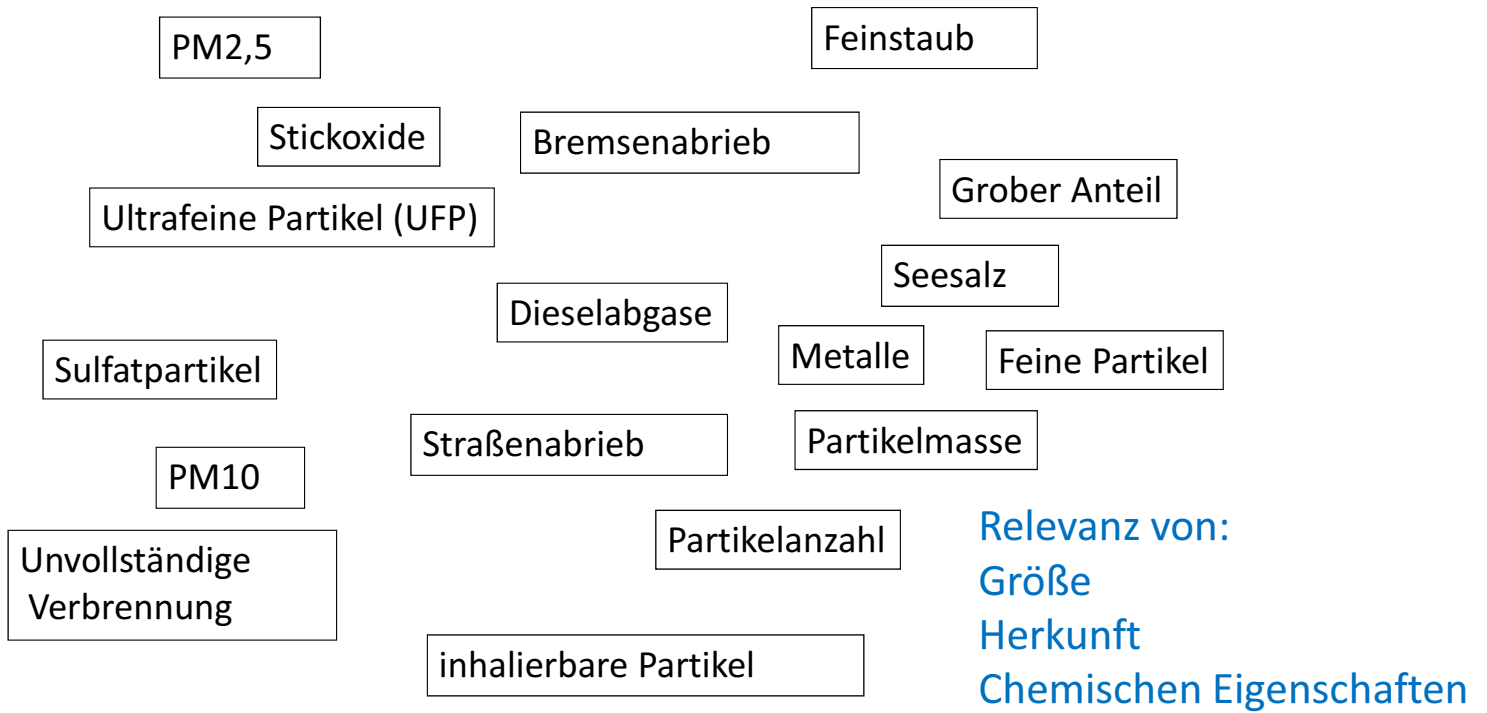
Hitzewelle an Westküste Nordamerikas

- Extrem seltenes Ereignis 1x in 1000 Jahren
- Wäre 150 mal weniger wahrscheinlich gewesen ohne Klimaerwärmung
- War 2°C heißer als ohne Klimaerwärmung
- In einer Welt mit 2°C Klimaerwärmung:
 - noch 1°C heißer
 - Ca. alle 5-10 Jahre

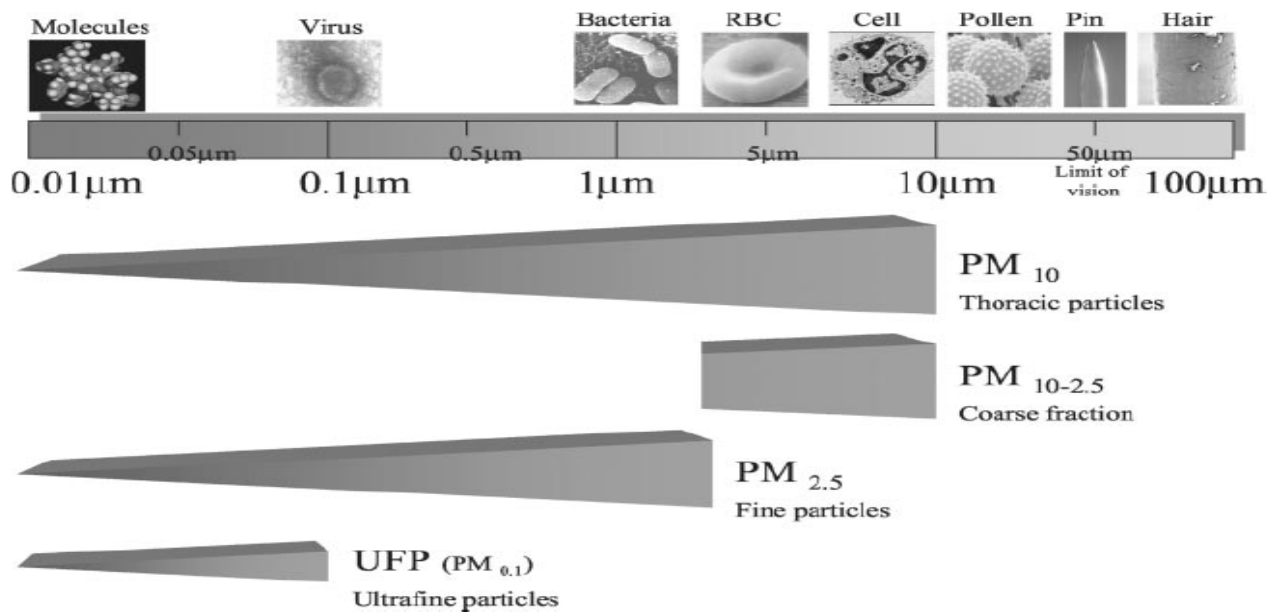


Source: GHCN-D downloaded 4 July 2021. as on <https://www.worldweatherattribution.org>

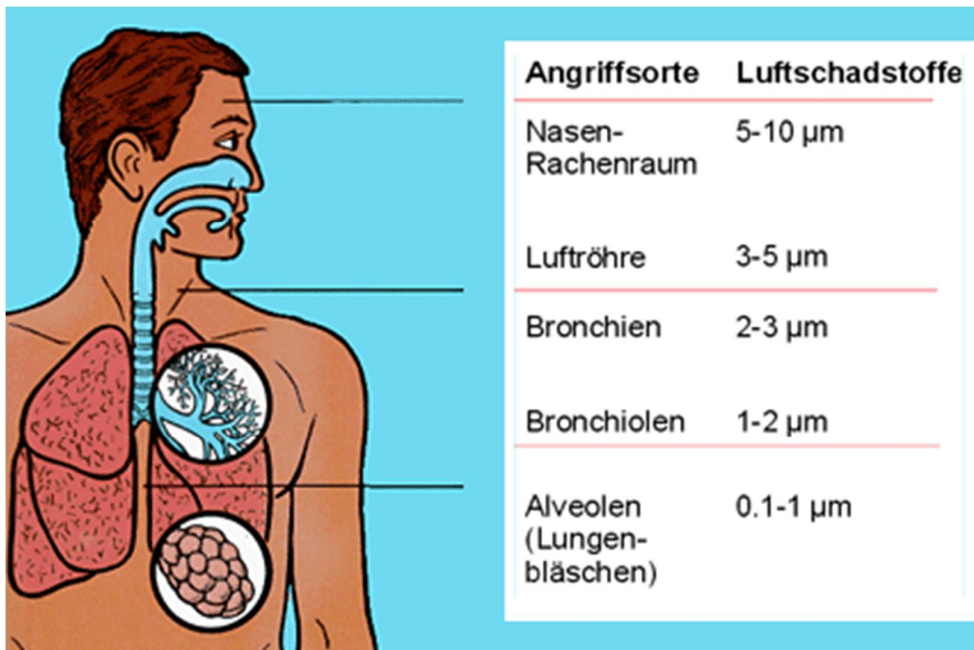
Was für (Schad)stoffe sind in der Umgebungsluft ?



Feinstäube = Particulate Matter (PM)



Angriffsorte hängen von der Größe der Partikel ab



<https://www.stmuvm.bayern.de/themen/luftreinhaltung/verunreinigungen/feinstaub/pic/atemtrakt.gif>

Umweltexpositionen: Schwer nachzuweisen aber trotzdem sehr relevant

- Die Effekte an sich sind nicht spektakulär sondern eher klein
- Luftverschmutzungsunterschiede draußen nicht so groß

Aber: viele kleine Wirkungen summieren sich

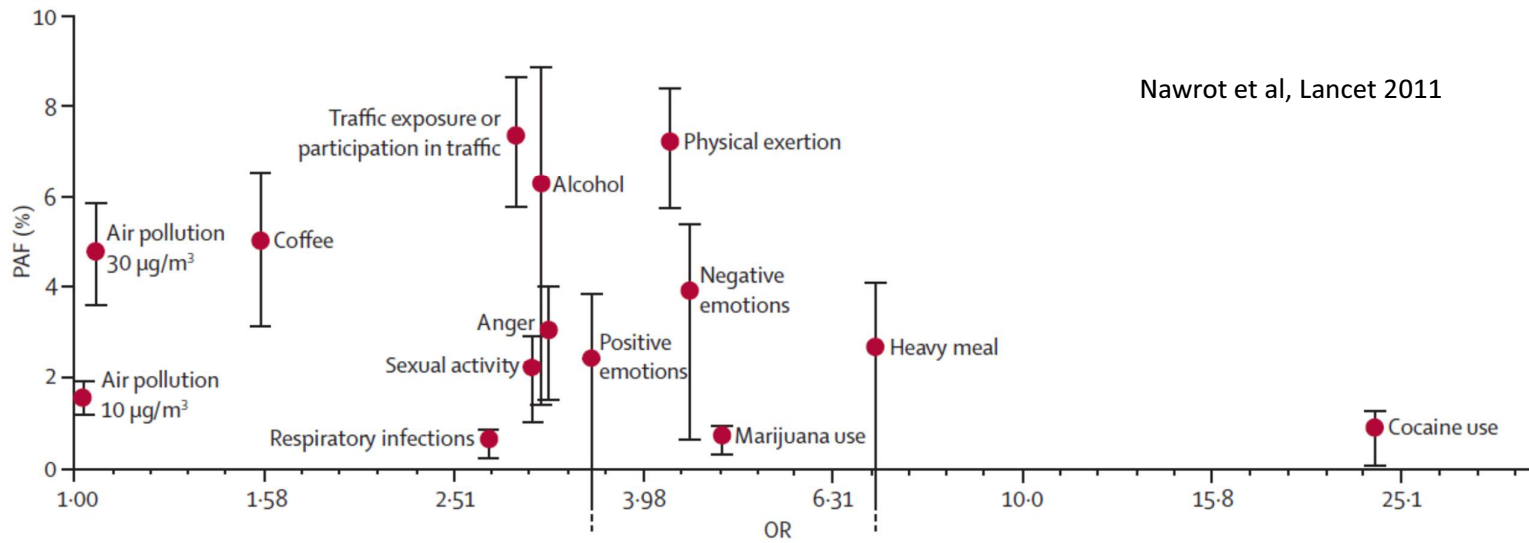
-> **Relevanz für öffentliche Gesundheit**

- Betroffenheit ganzer Populationen
Jeder atmet Feinstaub ein – 24 h am Tag!
- Nicht individuell steuerbar
- hohe politische Relevanz
- Gerechtigkeitsfrage (z.B. wer wohnt neben der Autobahn)



https://www.omnibusfotos.de/data/media/593/Ruhrbahn_4677_Feldhaushof_A40.jpg

Kleine Relative Risiken – trotzdem beachtliche Effekte Auswirkungen auf die Population: Herzinfarktauslöser



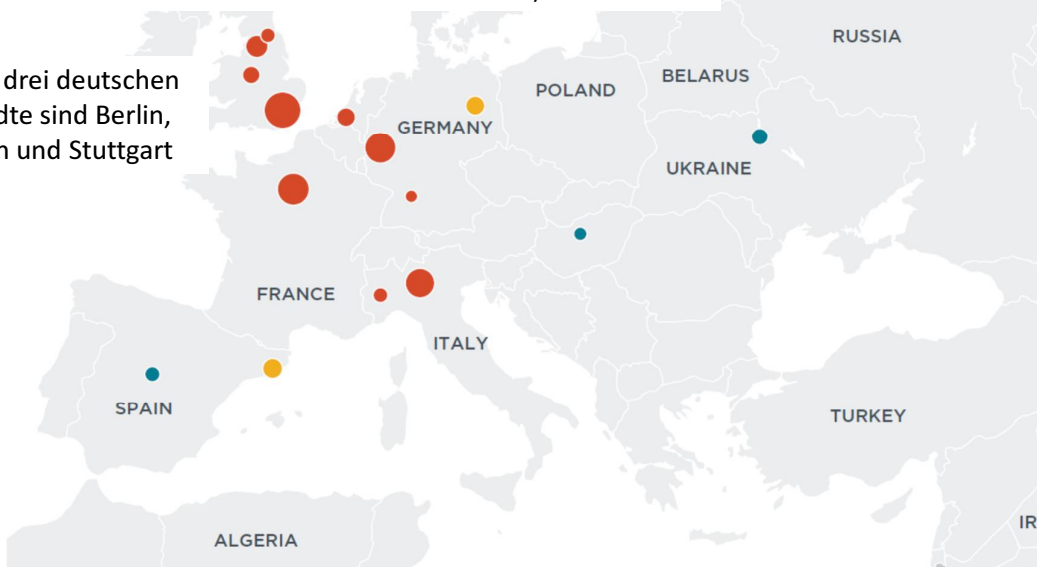
Luftverschmutzung hat trotz kleiner Effektgrößen (hier odds ratios (OR)) eine hohe populationsattributable Fraktion (PAF = Anteil der Fälle in der Bevölkerung, die auf eine Exposition zurückzuführen sind)

Vorzeitige Todesfälle durch Verkehrsabgase 2015

Stuttgart: 78% der auf den Verkehr zurückzuführenden vorzeitigen Todesfälle sind auf Dieselabgase zurückzuführen (der höchste Prozentsatz in alle Städten weltweit)

<https://theicct.org/publication/a-global-snapshot-of-the-air-pollution-related-health-impacts-of-transportation-sector-emissions-in-2010-and-2015>

Die drei deutschen Städte sind Berlin, Köln und Stuttgart



Transport-attributable fraction
 ■ [0.1,0.2]
 ■ [0.2,0.3]
 ■ [0.3,0.4]

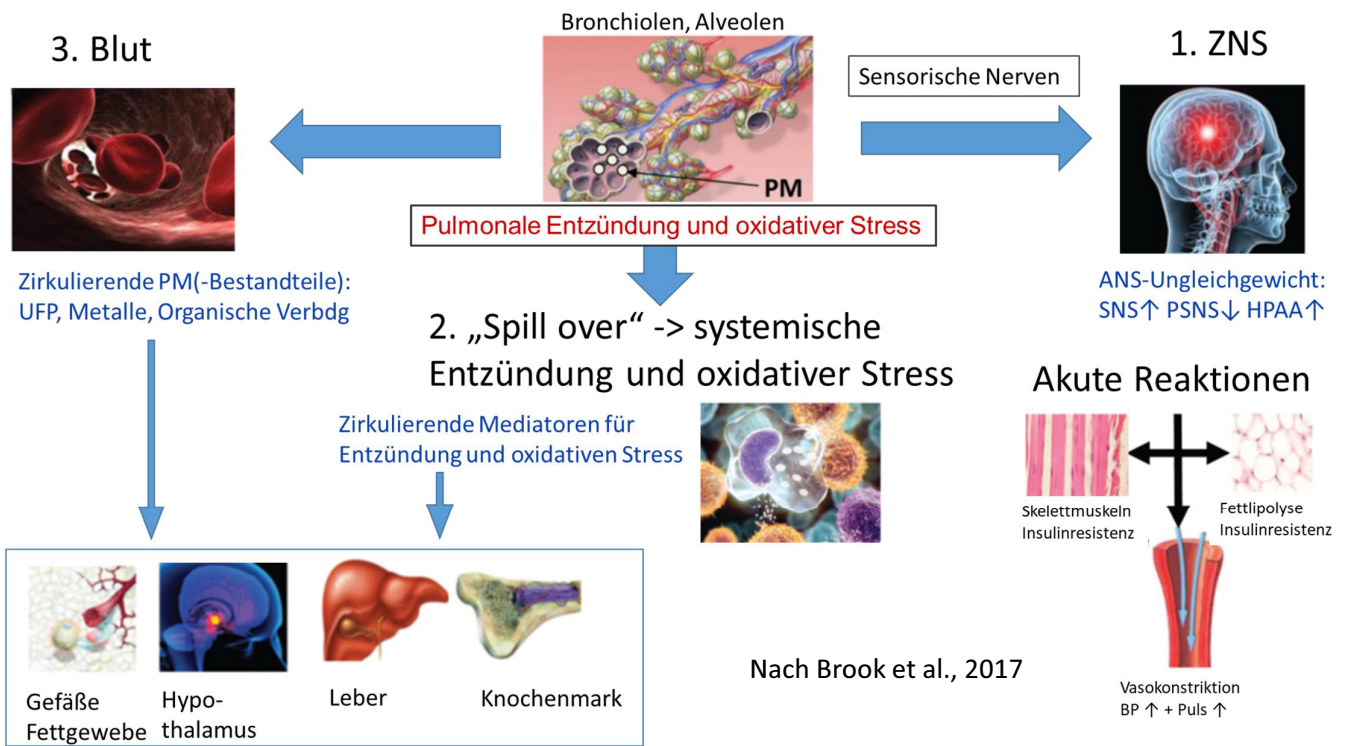
Transport-attributable PM_{2.5} and ozone deaths

Transport-attributable fraction ist der Anteil der Todesfälle aufgrund Ozon und PM_{2.5} der dem Verkehr zuschreibbar ist

Die Kreisgrößen quantifizieren dem Transport zuschreibbare Todesfälle aufgrund Ozon und PM_{2.5}

Total number of transportation-attributable PM_{2.5} and ozone deaths in 2015 for select urban areas in Europe. Bubble size indicates total number of transportation-attributable PM_{2.5} and ozone deaths using central relative risk estimates. Bubble color indicates transportation attributable fraction (TAF) of total PM_{2.5} and ozone deaths.

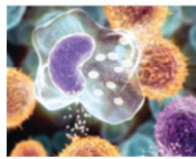
Wirkungspfade von Feinstaub (PM)



Wirkungspfade von Feinstaub (Fortsetzung)

2. „Spill over“ -> systemische Entzündung und oxidativer Stress

Zirkulierende Mediatoren für Entzündung und oxidativen Stress

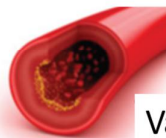


Nach Brook et al., 2017

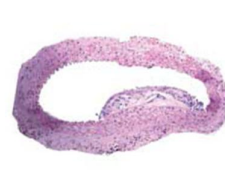
Subakute und chronische Effekte



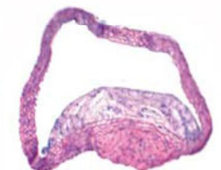
Insulinresistenz
Glukose ↑ -> Diabetes
Adipositas



Vaskuläre Dysfunktion
Blutdruck ↑
Arteriosklerose (Plaueinstabilität)



Gefilterte Luft (Sun et al. 2005)



Angereichert mit Feinstaub

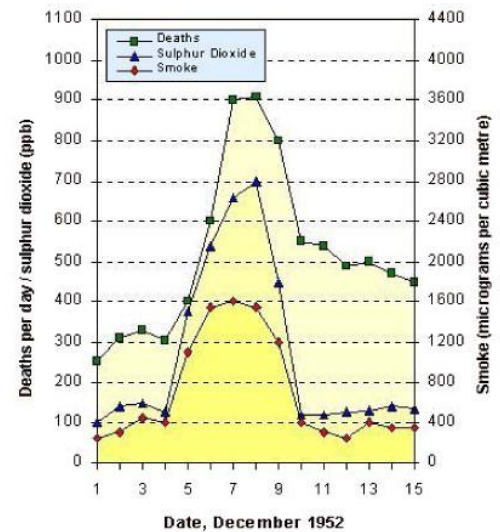
Beobachtungsstudien zu Kurzzeiteffekten

Great London Smog 1962



https://1.bp.blogspot.com/_6B8tPuW7TwQ/TIYWXj56aYI/AAAAAAAAASQg/GHclyiSsVrk/s400/losmdist.jpg

- Der Smog erhöhte die Belastung mit Rauchpartikeln
- Die Kurven für erhöhte Belastung und Mortalität verliefen parallel

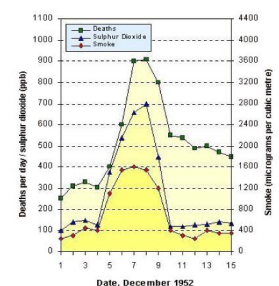


The relationship between smoke, sulphur dioxide (in parts per billion – ppb) and number of deaths during the Great London Smog, December 1952. (After Wilkins, 1954, p. 170)

<https://www.eh-resources.org/industrial-revolution-20thc-timeline/>

Beobachtungsstudien zu Kurzzeiteffekten

- Zielgrößen: Sterbefälle, Krankenhauseinweisungen, Symptome (z.B. Asthmaanfälle), Biomarker
- Exposition: Luftschadstoffe in kurzem Zeitraum z.B. Tageswert
 - Es interessiert **Änderung von einem Tag zum anderen**
 - Tägliche Messwerte über Wochen (Panelstudien) bis viele Jahre (Zeitreihen, Case-cross-over)
- Expositionserfassung: meist vorhandene Messstationen
- Störgrößen?: Größen, die sich über die Zeit ändern:
 - Temperatur, Luftfeuchte, Wochentag, Ferien, Grippeepidemien
 - **Nicht:** personenspezifische Charakteristika wie Rauchen oder sozioökonomischer Status

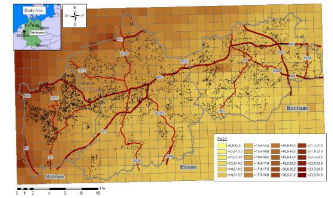


<https://www.eh-resources.org/industrial-revolution-20thc-timeline/>

Störgrößen? :

- mit Erkrankung assoziiert **und (!)**
- mit Exposition assoziiert
- und zwar systematisch in der Bevölkerung

Beobachtungsstudien zu Langzeiteffekten



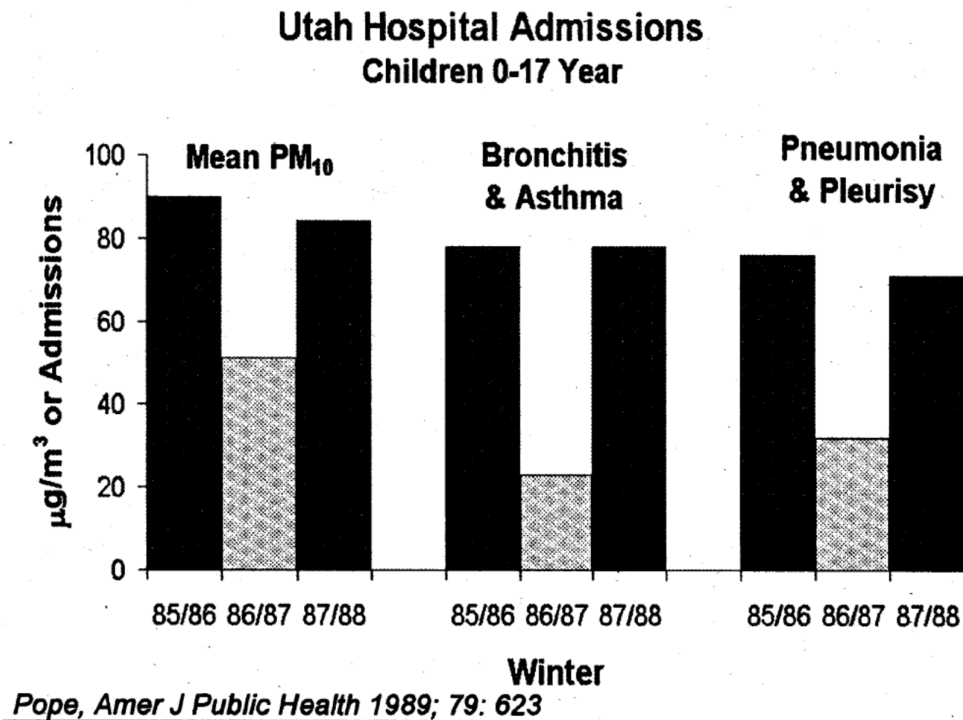
- Zielgrößen: Sterbefälle, Krankenhauseinweisungen, Neuerkrankungen, Krankheitsfälle
- Studientypen: Querschnittsstudien, Kohortenstudien
- Exposition: Dauerhafte durchschnittliche Luftschadstoffbelastung
 - z.Zt. Annäherung meist durch Wohnadresse - es interessieren die **räumlichen Kontraste**
 - Typischerweise Jahresmittelwerte
- Expositionserfassung: spezielle Messungen, Modellierung
- Störgrößen?: Größen, die unter den Personen und mit räumlichen Luftschadstoffunterschieden variieren:
 - Rauchen, sozioökonomischer Status, Ernährung, Bewegung, Medikation, Nachbarschaftscharakteristiken

Wie untersucht man die Kausalität der Auswirkungen?

- Die ideale Studie? = die eierlegende Wollmilchsau
 - Zumindest stetige Verbesserung der Studien
- Puzzlezusammensetzung (Achtung > 1000(0) Teile):
 - Toxikologische Tierversuche
 - Versuche an Organen, Zellen
 - Expositionsstudien am Menschen: Kontrolliert oder „Real Life“
 - Epidemiologische Studien (Beobachtungsstudien)
- -> Integrated Science Assessments (ISA) z.B.
 - US EPA, Health Canada, COMEAP (UK), (UBA) -- **Bewertung der Kausalität**

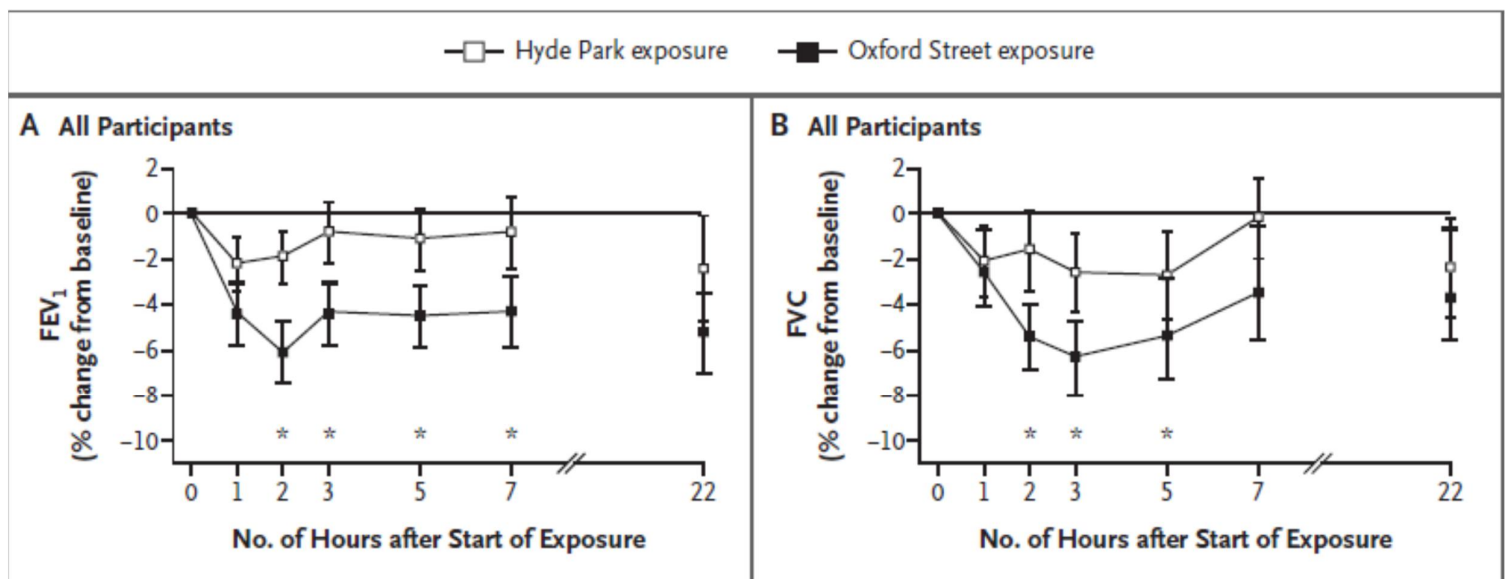


Experimentelle Evidenz (1): Utah Valley - Zeitweise Schließung eines Stahlwerkes



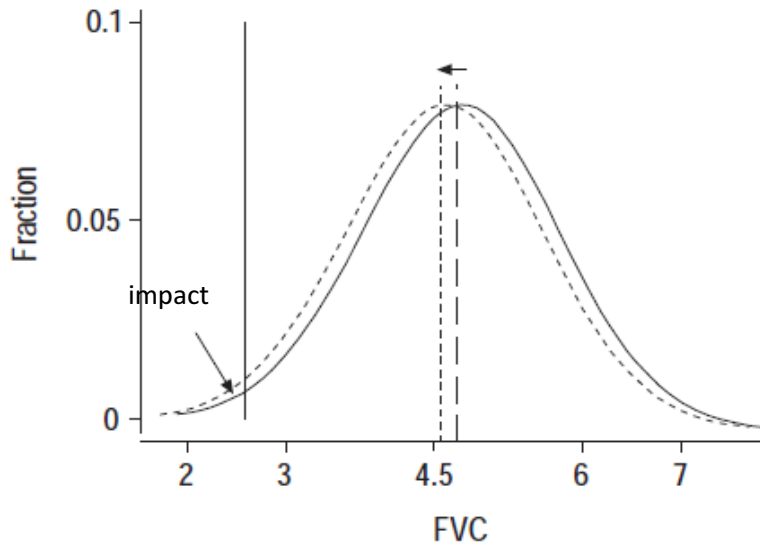
Experimentelle Evidenz (2):

- Walk along London Streets (asthmatic patients)



Small effects? Kleine klinische Effekte mit großer Wirkung auf die Bevölkerungsgesundheit

Clinically "small" effects of air pollution on FVC have a large public health impact. N. Künzli, U. Ackermann-Lieblich, O. Brändli, J.M. Tschopp, C. Schindler, P. Leuenberger, on behalf of the Swiss Study on Air Pollution and Lung Disease in Adults (SAPALDIA) - team.



% susceptible Personen	Verschiebung der Kurve	Anstieg der Prävalenz von FVC≤80% (impact)
100	-3.14%	47%
20	-15.70%	110%

Fig. 1. – Visual presentation of a 3.14% shift of the population mean forced vital capacity (FVC) and its impact on the number of subjects with FVC <80% predicted (increase in the area under the curve in the

Eur Respir J 2000; 15: 131-136.

Empfehlungen der WHO von 2005 → 2021 WHO Guidelines und die EU Ambient Air Quality Directive



Niedrigere Werte aufgrund stark verbesserter Studienlage



2005

WHO Guidelines

2021

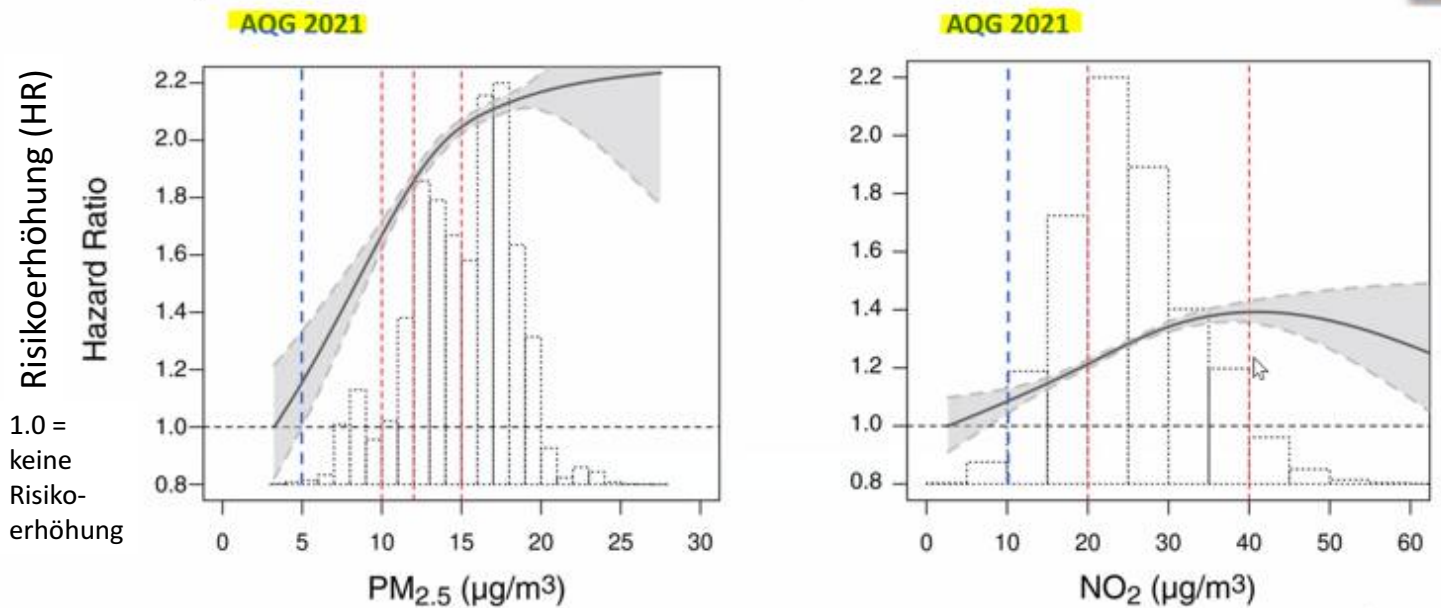
EU Ambient Air Quality Directive

2024

Pollutant	Averaging time	Guideline value	
PM _{2.5}	1 year	10 µg/m ³	5 µg/m ³
	24 hour (99 th percentile)	25 µg/m ³	
PM ₁₀	1 year	20 µg/m ³	
	24 hour 99 th percentile)	50 µg/m ³	
O ₃	8 hour, daily max	100 µg/m ³	
NO ₂	1 year	40 µg/m ³	10µg/m ³
	1 hour	200 µg/m ³	
SO ₂	24 hour	20 µg/m ³	
	10 minute	500 µg/m ³	

Pollutant	Averaging time	Limit value	
PM _{2.5}	3 year	25 µg/m ³	10µg/m ³
PM ₁₀	1 year	40 µg/m ³	
	24 hour	50 µg/m ³	
O ₃	8 hour, daily max	120 µg/m ³	
NO ₂	1 year	40 µg/m ³	20µg/m ³
	1 hour	200 µg/m ³	
SO ₂	24 hour	125 µg/m ³	
	1 hour	350 µg/m ³	

Zusammenhang zwischen Sterblichkeit an natürlichen Todesursachen und PM_{2.5} und NO₂ in der europäischen ELAPSE Studie (pooled cohort) – Vergleich mit den neuen WHO Richtlinien (AQG 2021)



Es gibt keinen Hinweis für einen Schwellenwert unter dem keine Effekte zu erwarten sind

Brunekreef et al 2021

Vernachlässigte Gesundheit bei der Verkehrsplanung

Mueller et al, Environmental Health Perspectives, 2017

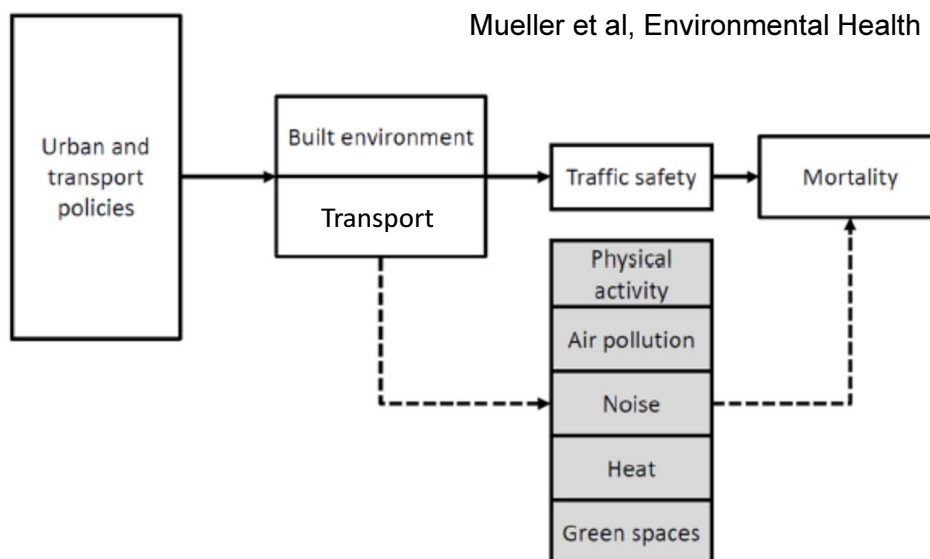
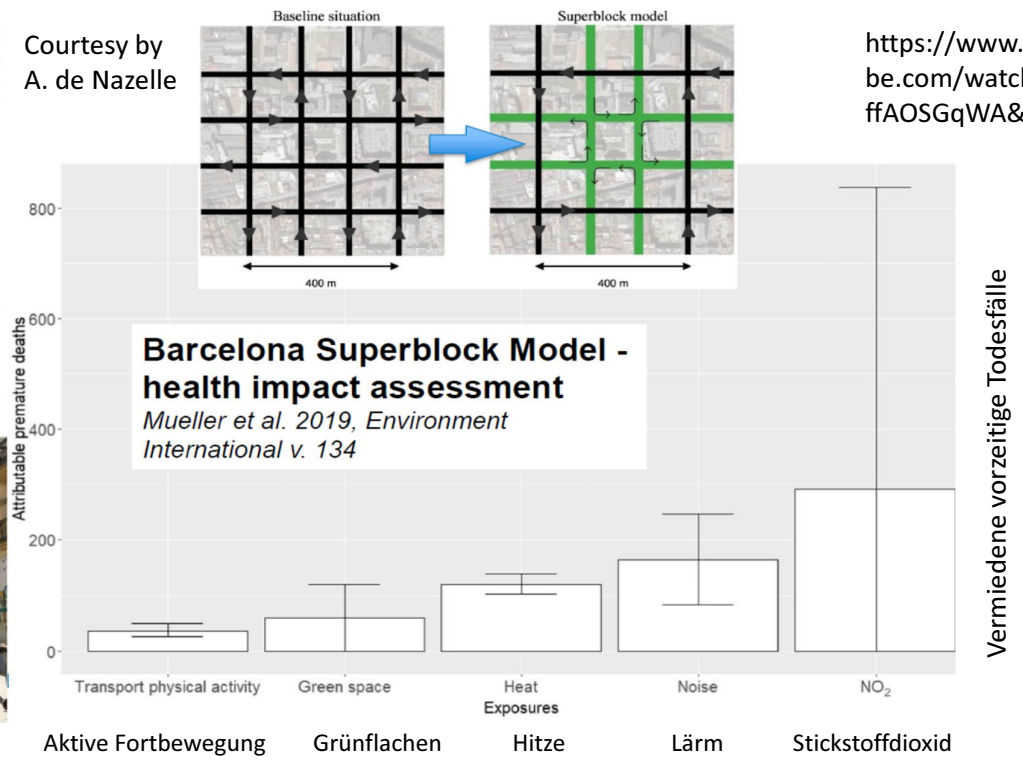
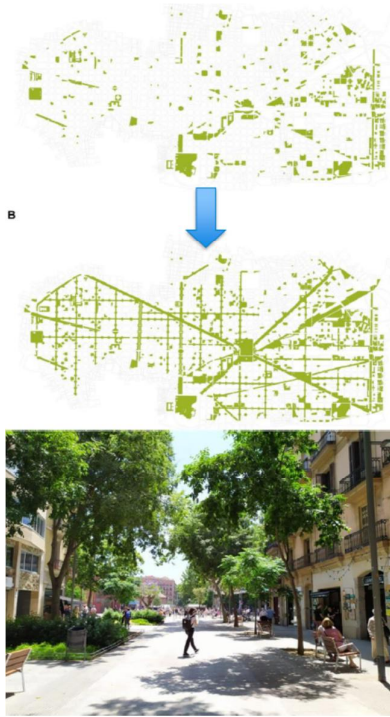


Figure 4. Mortality pathways of urban and transport policies. Health effects of urban and transport planning are most likely considered in terms of traffic safety. However, health pathways of physical activity, air pollution, traffic noise, heat, and green spaces show considerable impacts on natural all-cause mortality.

Courtesy by
A. de Nazelle

<https://www.youtube.com/watch?v=avffAOSGqWA&t=8s>



Bewegung hilft nur denen, die sich bewegen (z.B. Radfahrern), Vermeidung von Luftverschmutzung hilft allen