

Für Mensch & Umwelt

Umwelt   
Bundesamt

Fortbildungsveranstaltung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst 2016

# Feinstaub in der Außenluft – ein Gesundheitsrisiko in Deutschland?

Dirk Wintermeyer, Dietrich Plaß, Dagmar Kallweit

Fachgebiet II 1.6: Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren  
Umweltbundesamt

## Zentrale Fragestellungen

- Was ist Feinstaub?
- Wie ist die Belastung mit Feinstaub in Deutschland?
- Wie wirkt Feinstaub auf die menschliche Gesundheit?
- Wie hoch ist die Krankheitslast der gesamten Bevölkerung?

## Was ist Feinstaub?

- Feinstaub ist ein Teil des Schwebstaubs
  - in der Luft schwebende Teilchen
  - flüssige und feste Bestandteile
- Unterscheidung nach Partikelgröße (Fraktion)
  - PM<sub>10</sub>: Partikel mit einem Durchmesser <10µm
    - Dringen bis in die oberen Atemwege vor
  - PM<sub>2,5</sub>: Partikel mit einem Durchmesser von <2,5µm
    - Lungengängig, bis hin zu den Alveolen mit Übergang in den Blutkreislauf
  - Ultrafeinstaub: Partikel mit einem Durchmesser <0,1µm
    - Ähnlich wie PM<sub>2,5</sub>

## Wie entsteht Feinstaub?

- **Natürliche Quellen von Feinstaub**

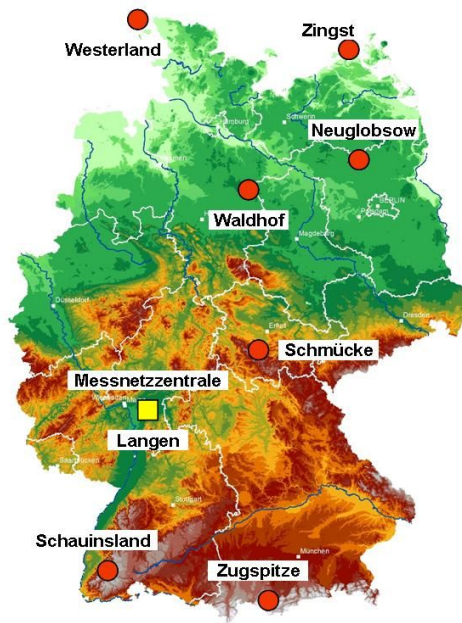
- Vulkanausbrüche
- Waldbrände
- Bodenerosion
- Windgetragener Saharastaub

- **Anthropogene Quellen von Feinstaub**

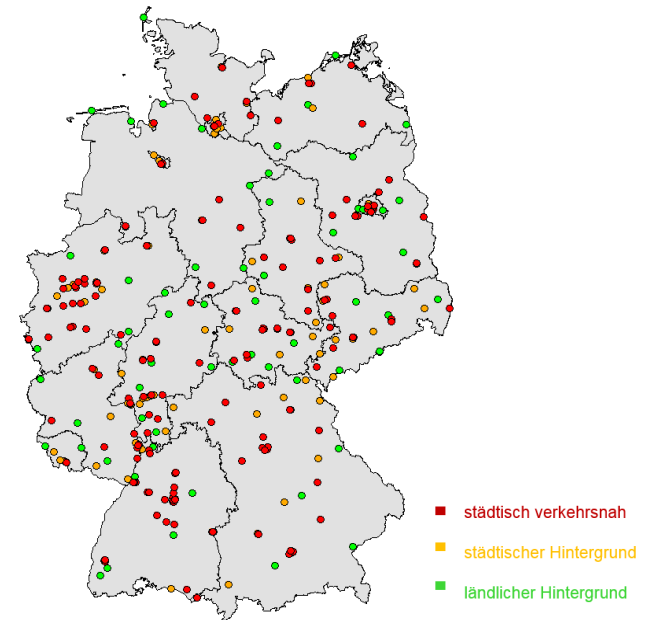
- Straßenverkehr (Abgasemissionen, Bremsen- und Reifenabrieb)
- Kohlekraftwerke, Müllverbrennung, Schüttgutumlagerung, Industrie
- Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand)
- Landwirtschaft
- Unterscheidung in **primären** und **sekundären** Feinstaub

# Messnetze für Luftqualität

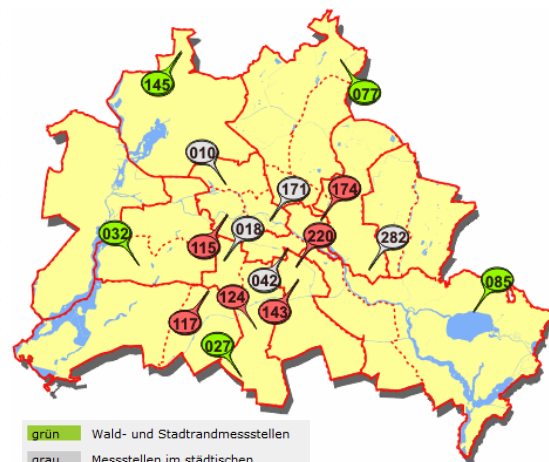
UBA-Messnetz



Ländermessnetze

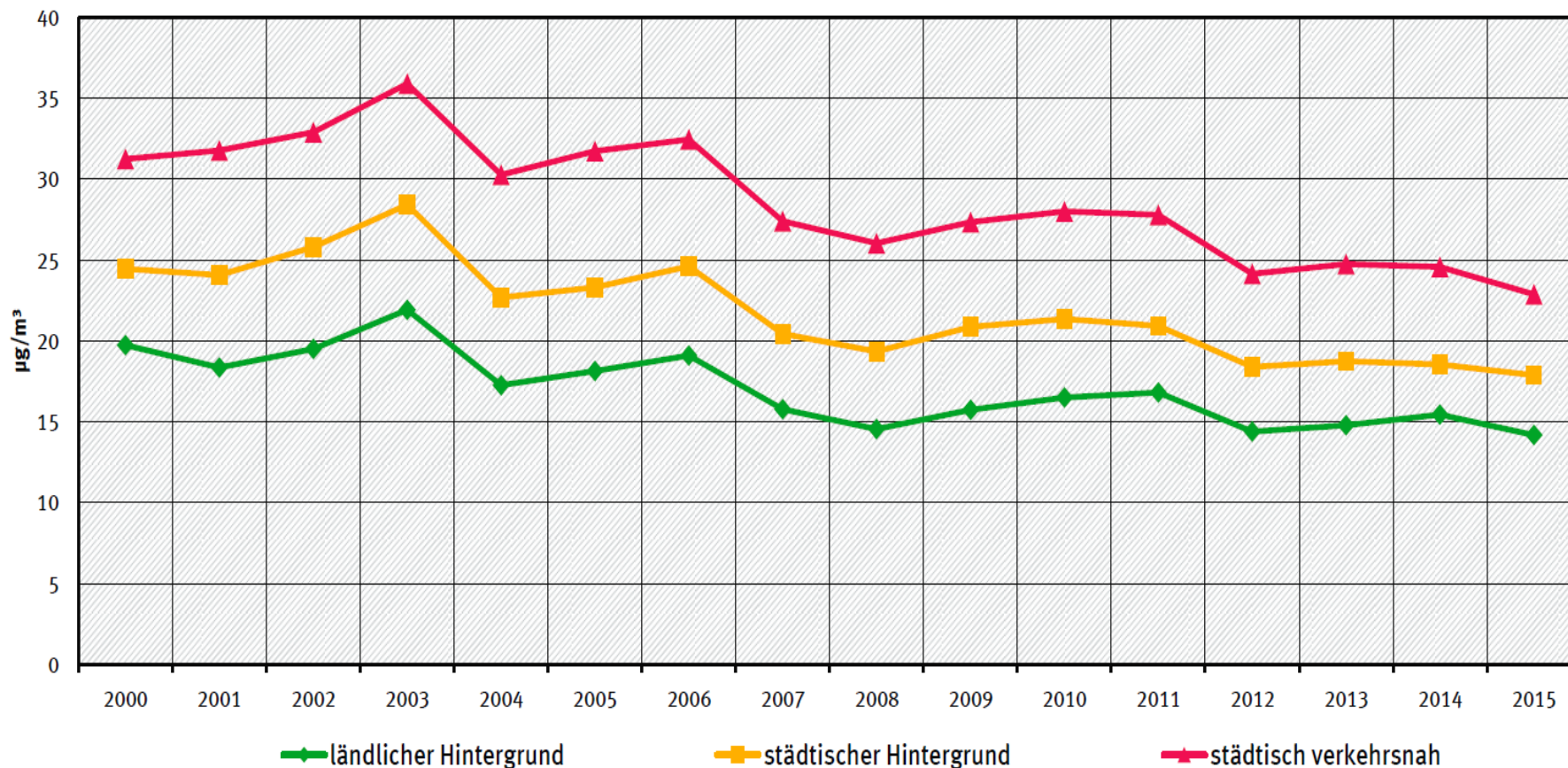


Messnetz Berlin



(Quellen: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de); [www.stadtentwicklung.berlin.de](http://www.stadtentwicklung.berlin.de); UBA, eig. Darstellung)

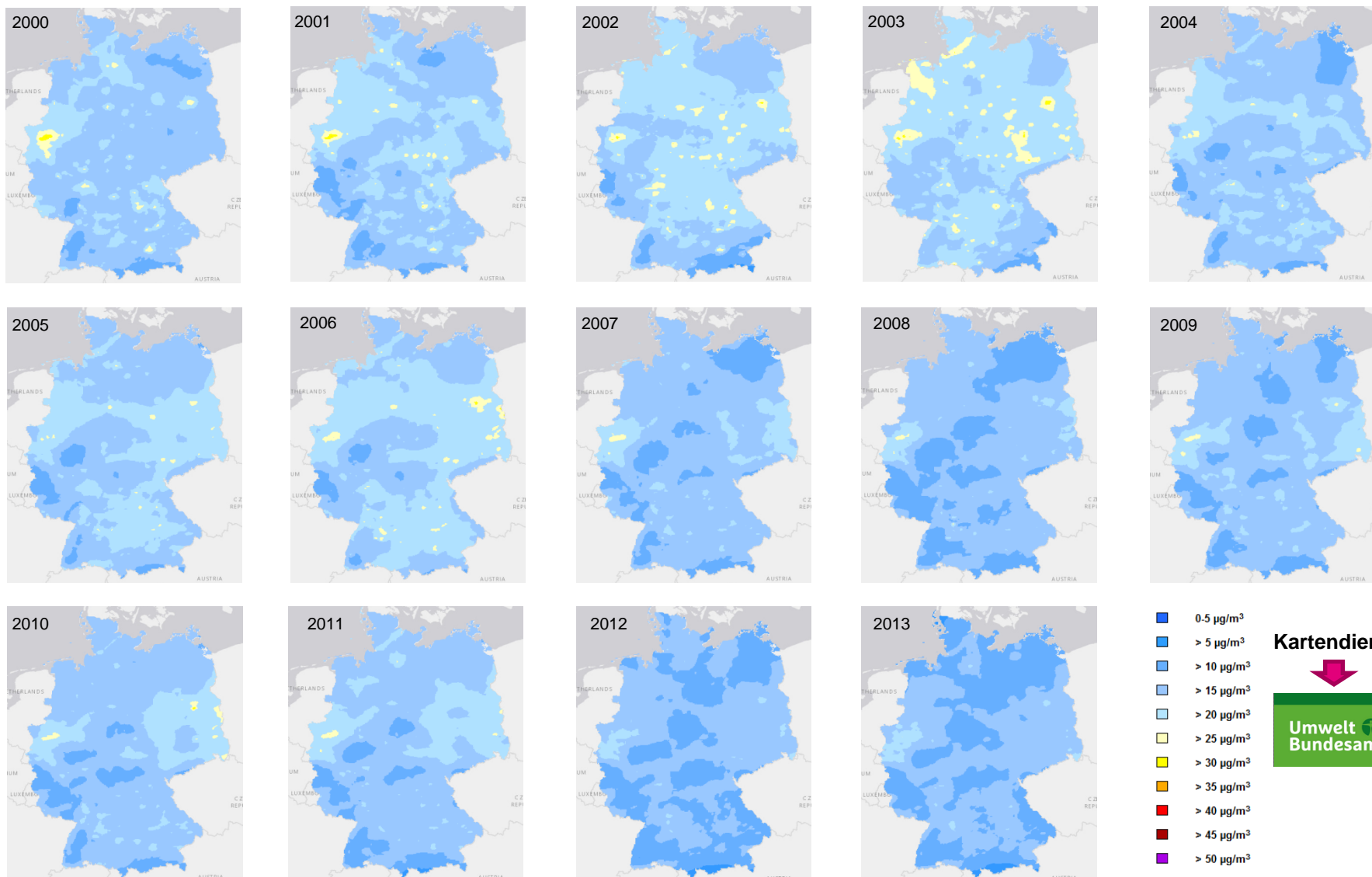
## Entwicklung der Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>) in Deutschland 2000-2015 (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>)



\* Ausgewählt wurden diejenigen Stationen, die über einen längeren Zeitraum hinweg gemessen haben. Beispiel: Im städtisch verkehrsnahen Bereich muss eine Station in mindestens 10 Jahren PM<sub>10</sub> gemessen haben, damit die Daten in die Berechnung einfließen.

Quelle: Umweltbundesamt 2016

# Entwicklung der Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>) in Deutschland 2000-2013 (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>)



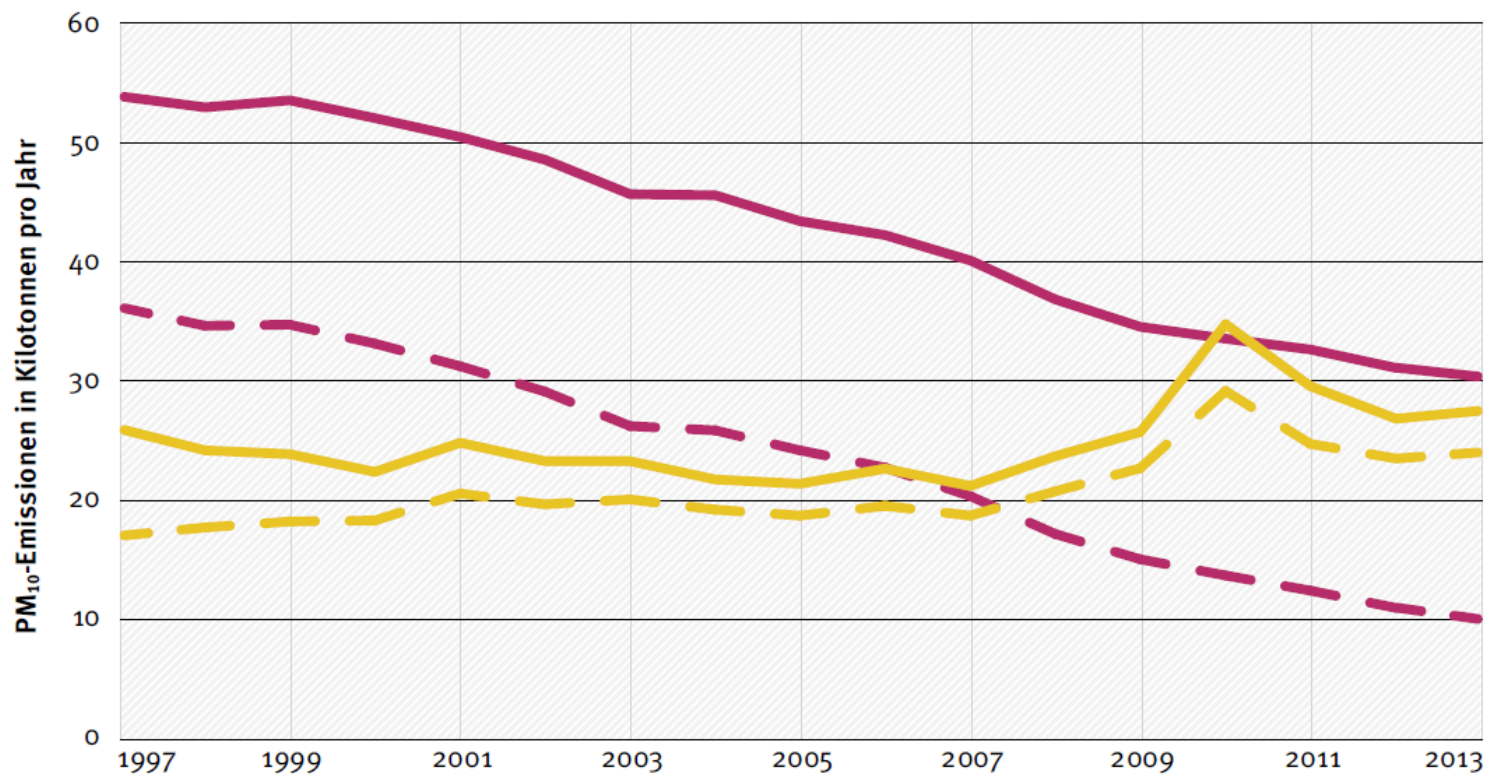
**Kartendienst**

↓

**Umwelt Bundesamt**

- 0-5 µg/m<sup>3</sup>
- > 5 µg/m<sup>3</sup>
- > 10 µg/m<sup>3</sup>
- > 15 µg/m<sup>3</sup>
- > 20 µg/m<sup>3</sup>
- > 25 µg/m<sup>3</sup>
- > 30 µg/m<sup>3</sup>
- > 35 µg/m<sup>3</sup>
- > 40 µg/m<sup>3</sup>
- > 45 µg/m<sup>3</sup>
- > 50 µg/m<sup>3</sup>

## PM<sub>10</sub>-Emissionen in Deutschland – nach ausgewählten Quellen



- Straßenverkehr: Auspuff, Reifen-, Bremsen und Fahrbahnabrieb
- - Straßenverkehr: Auspuff
- Kleinf Feuerungsanlagen der Haushalte: alle Brennstoffe
- - Kleinf Feuerungsanlagen der Haushalte: nur Brennholz

(Quelle: Umweltbundesamt 2015)



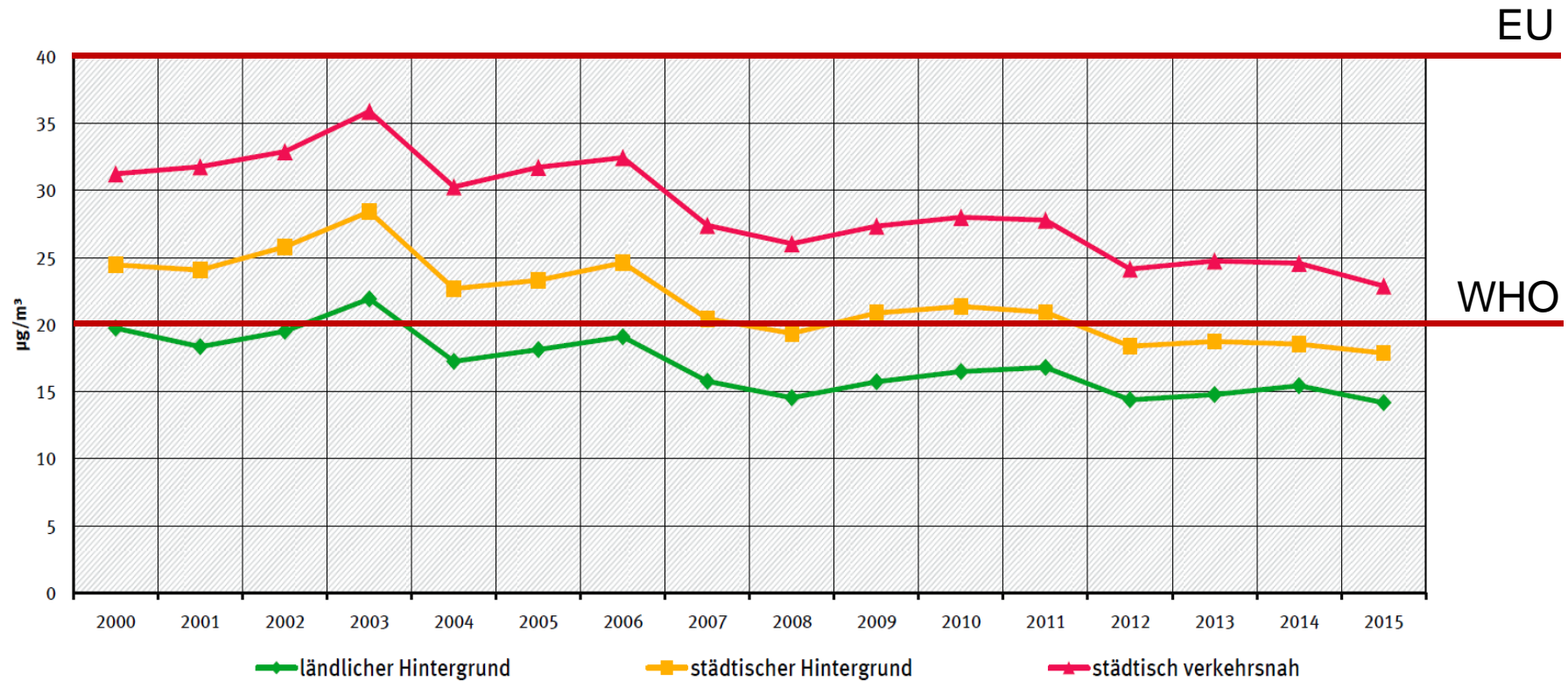
## Grenzwerte vs. Richtwerte

- In Deutschland gelten EU-Grenzwerte für Feinstäube
- Zusätzlich existieren strengere WHO Richtwerte
- Grundsätzlich zeigen Studien keine Wirkungsschwelle für Feinstaub

|                                    | EU-Grenzwert   | WHO-Empfehlung                                      |
|------------------------------------|--|---|
| PM <sub>10</sub> Jahresmittelwert  | 40 µg/m <sup>3</sup>   | 20 µg/m <sup>3</sup>                                |
| PM <sub>10</sub> Tagesmittelwert   | 50 µg/m <sup>3</sup><br>35 Überschreitungen zulässig                   | 50 µg/m <sup>3</sup><br>3 Überschreitungen zulässig |
| PM <sub>2,5</sub> Jahresmittelwert | 25 µg/m <sup>3</sup> (seit 1.1.15)<br>20 µg/m <sup>3</sup> (ab 1.1.20) | 10 µg/m <sup>3</sup>                                |
| PM <sub>2,5</sub> Tagesmittelwert  | -/-  | 25 µg/m <sup>3</sup><br>3 Überschreitungen zulässig |

(Quellen: EU-Richtlinien 2008/50/EG und 2004/107/EG, WHO 2000, WHO 2006)

# Entwicklung der Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>) in Deutschland 2000-2015 (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>)



\* Ausgewählt wurden diejenigen Stationen, die über einen längeren Zeitraum hinweg gemessen haben. Beispiel: Im städtisch verkehrsnahen Bereich muss eine Station in mindestens 10 Jahren PM<sub>10</sub> gemessen haben, damit die Daten in die Berechnung einfließen.

Quelle: Umweltbundesamt 2016

## Gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub

- Feinstäube gelangen tief in die **Lunge** und auch in den **Blutkreislauf**
  - Dort werden **entzündliche** Prozesse ausgelöst
  - Man unterscheidet zwischen **kurzzeitigen** akuten Effekten:
    - Brustenge, Husten, Asthma-Attacken
  - ...und **chronischen** Langzeiteffekten:
    - Chronische Atemwegserkrankungen
      - Bronchitis, COPD
    - Lungenkrebs
    - Kardiovaskuläre Erkrankungen
      - Bluthochdruck, Schlaganfall, Herzinfarkt
    - Neurodegenerative Erkrankungen im Alter
- Vulnerable Bevölkerungsgruppen, wie Kinder, ältere Menschen und Personen mit Vorerkrankungen, sind besonders gefährdet.

*(Quellen u.a.: Hoek et al. 2013, Raaschou-Nielsen et al. 2013, Beelen et al. 2014, WHO 2013a, WHO 2013b, Becker und Straff 2015)*

## Auswirkungen von Feinstaub auf die Bevölkerungsgesundheit

- Auswirkungen von Feinstaub auf die Gesundheit werden durch **epidemiologische Studien** erfasst.
- Ergebnisse beschreiben ein **durchschnittliches individuelles Risiko** für:
  - Das Eintreten einer Erkrankung nach einer gewissen Exposition
  - Das Eintreten des Todes nach einer gewissen Exposition
- Keine Information über **tatsächliche Gesamtbelastung** der Bevölkerung

### Lösungsansatz:

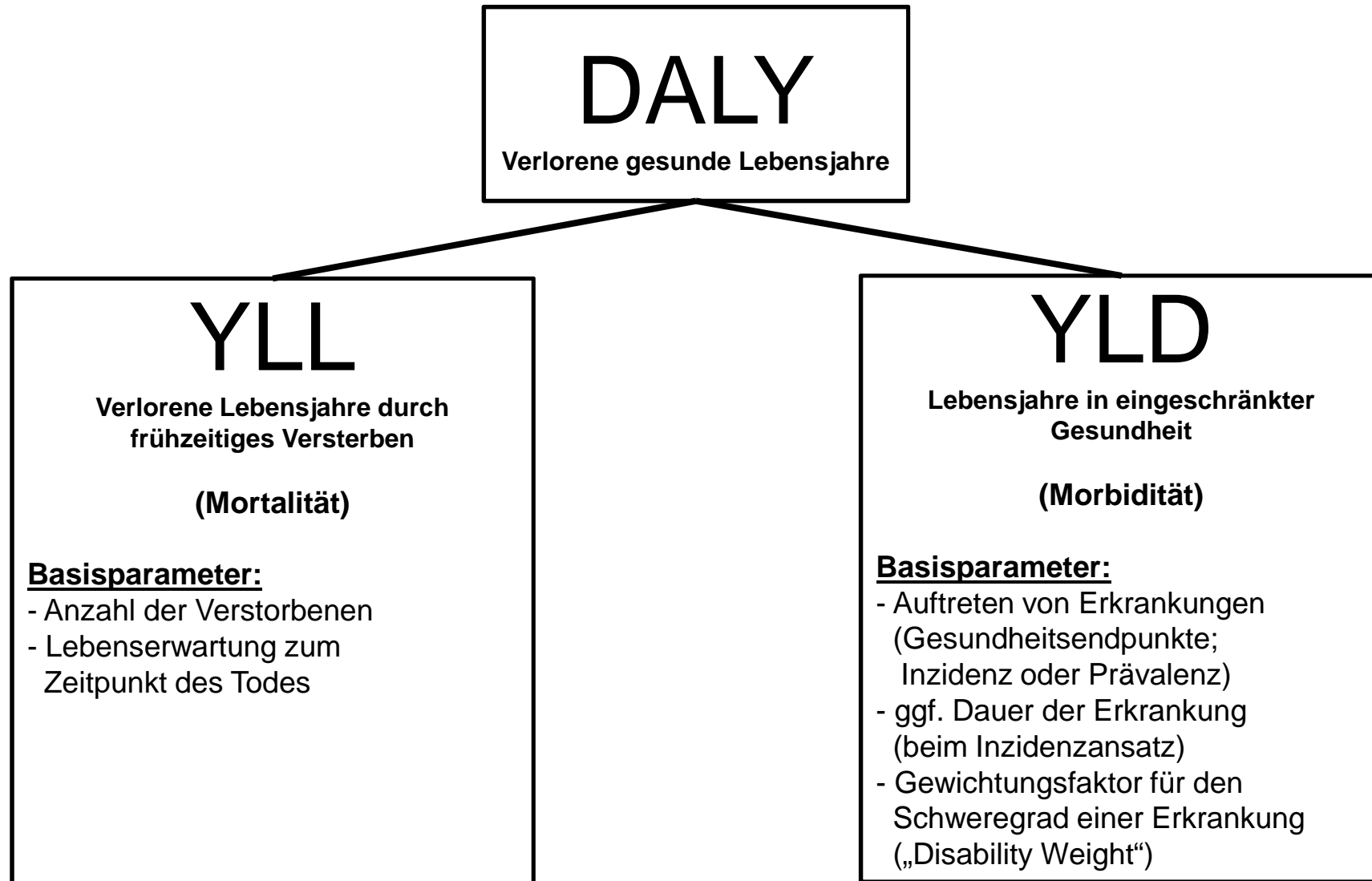
- Quantifizierung der umweltbedingten Krankheitslast
- Nutzung des sog. Comparative Risk Assessments
  - z.B. Schätzung des durch Feinstaub verursachten Anteils von z. B. vorzeitigen Sterbefällen auf Grund von Lungenkrebs

## Das Konzept der Umweltbedingten Krankheitslasten (engl. Environmental Burden of Disease; EBD)

- Grundlage des EBD-Konzepts ist die Quantifizierung der Krankheitslast infolge von Krankheiten und Verletzungen (engl. Burden of Disease, BoD)
- BoD-Konzept entwickelt im Rahmen der ersten Global Burden of Disease (GBD)-Studie Ende der 1980er Jahre
- Ziel: **umfassende und vergleichende** Berechnung der Krankheitslast für die gesamte Welt
- Einführung eines Summenmaßes durch die GBD-Studie
  - **Disability-Adjusted Life Year (DALY)**
- Environmental Burden of Disease stellt eine Erweiterung von BoD dar.
  - Ziel: Schätzung des Anteils der Krankheitslast, der auf einen umweltbedingten Risikofaktor zurückgeführt werden kann
  - Ermöglicht vergleichende Untersuchung unterschiedlicher Risikofaktoren

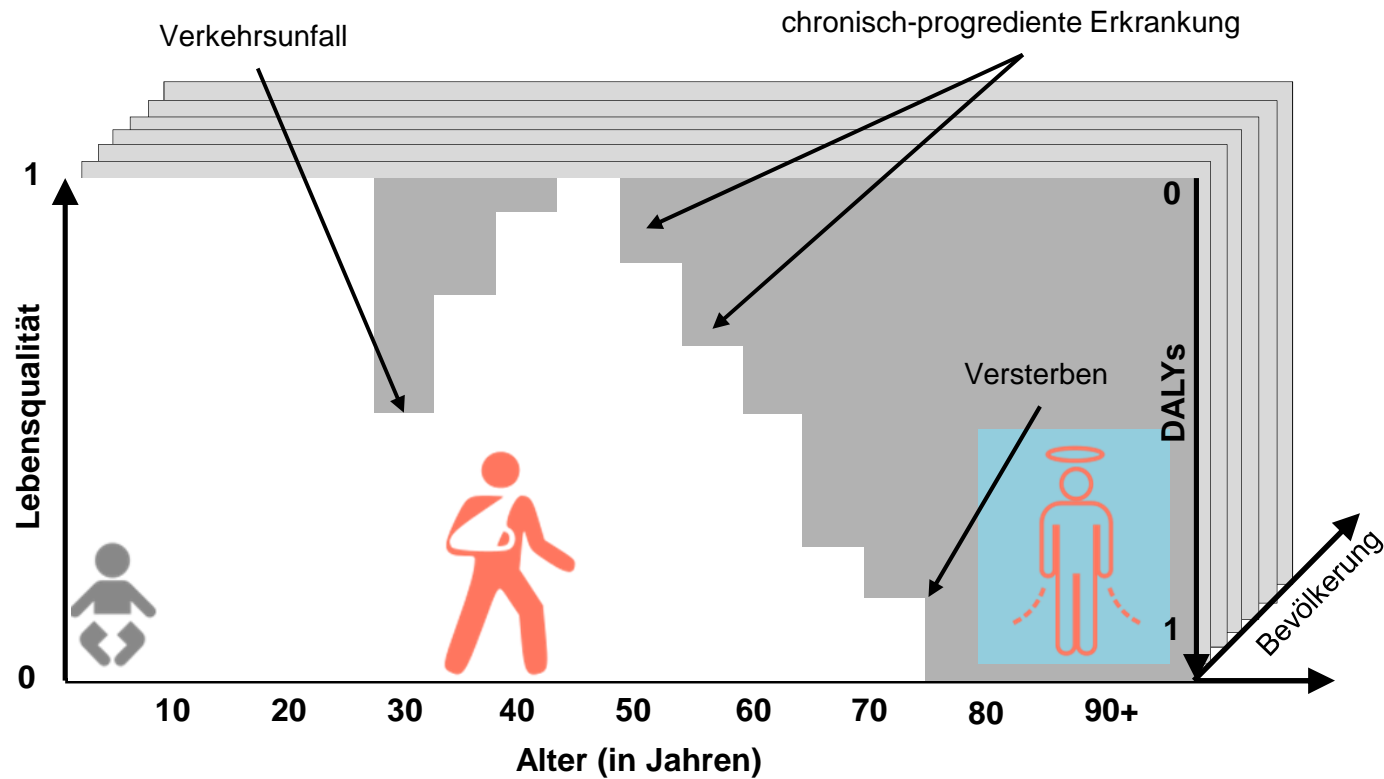
*(Quellen: Murray and Lopez 1996, Prüss-Ustün et al. 2003, Prüss-Ustün et al. 2016)*

## Das Disability-Adjusted Life Year



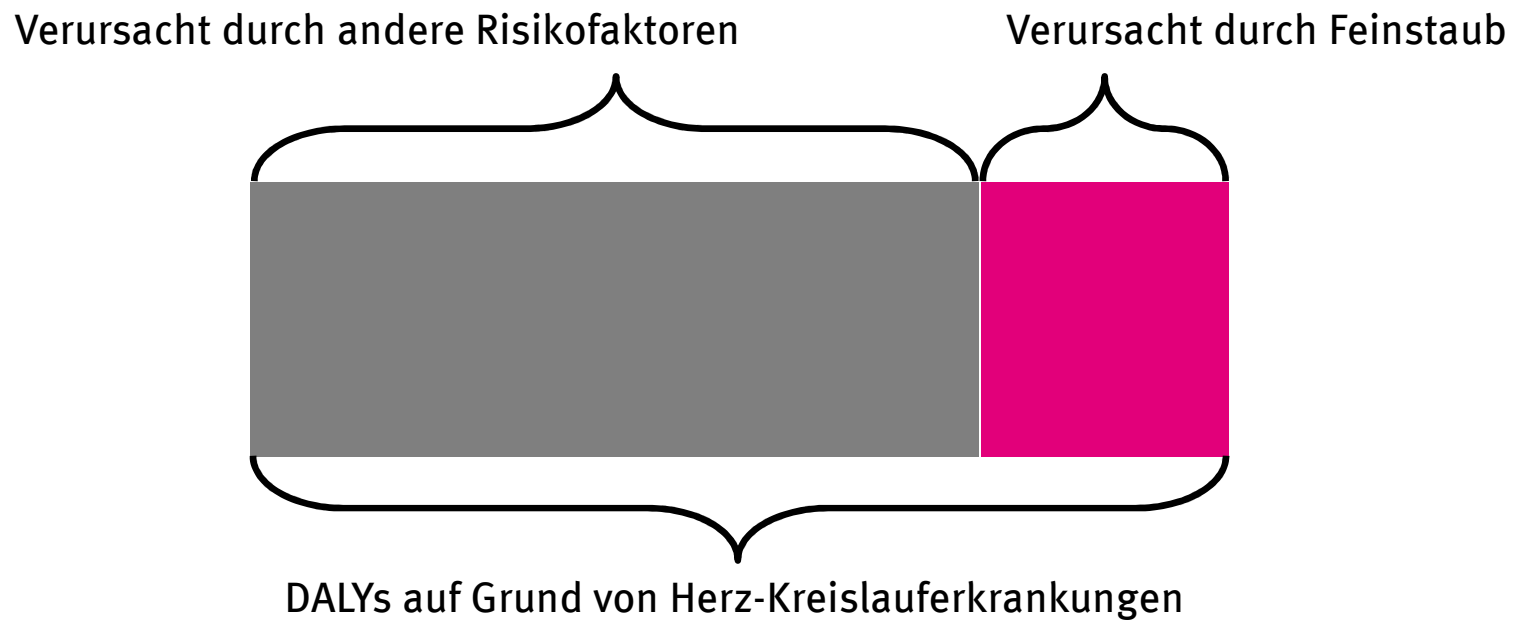
(UBA, eig. Darstellung)

## Das Disability-Adjusted Life Year im Lebenslauf



(Eig. Darstellung, modifiziert nach [https://en.wikipedia.org/wiki/Disability-adjusted\\_life\\_year](https://en.wikipedia.org/wiki/Disability-adjusted_life_year))

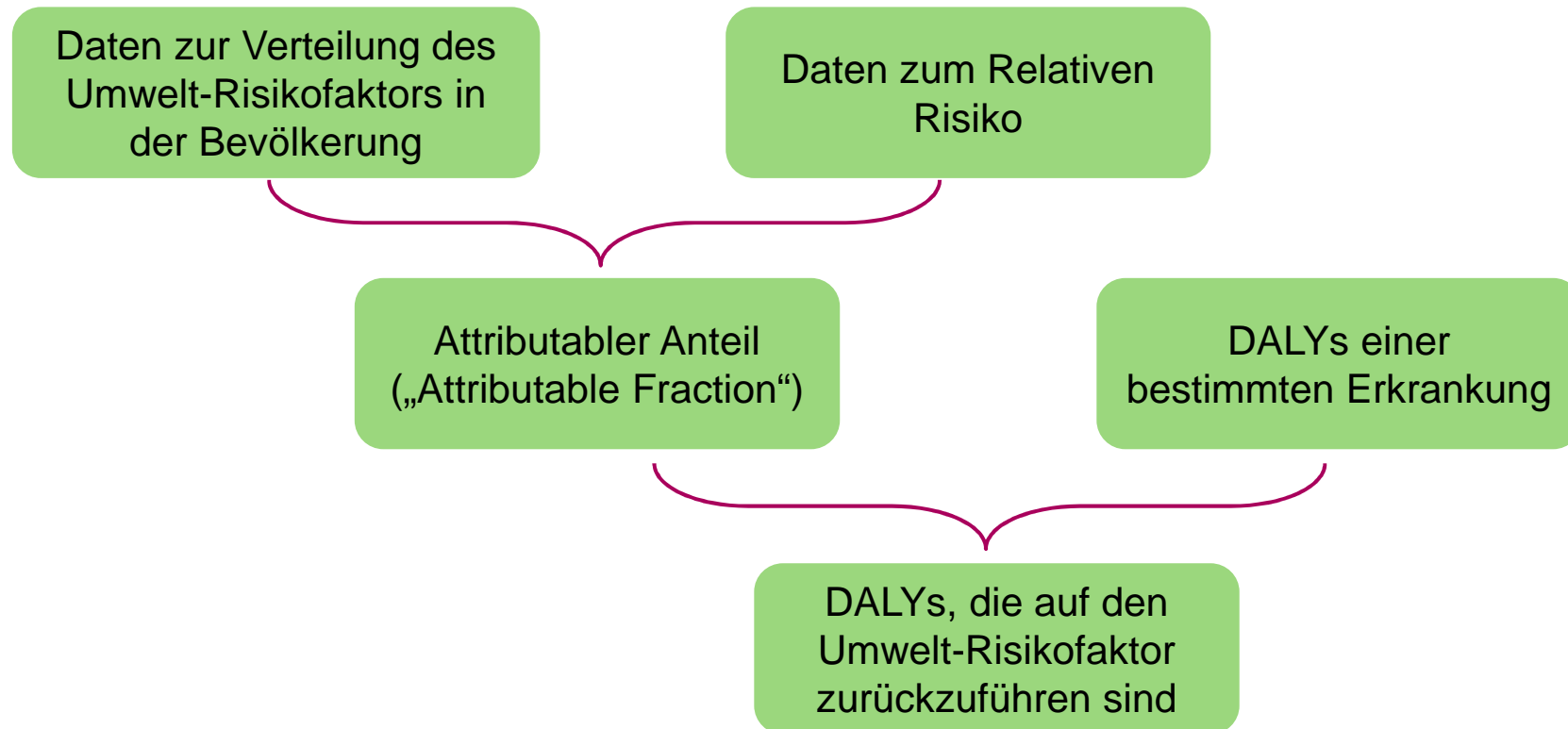
## Umweltbedingter Anteil an der Krankheitslast



(UBA, eig. Darstellung)



## Umweltbedingter Anteil – benötigte Informationen



(UBA, eig. Darstellung)

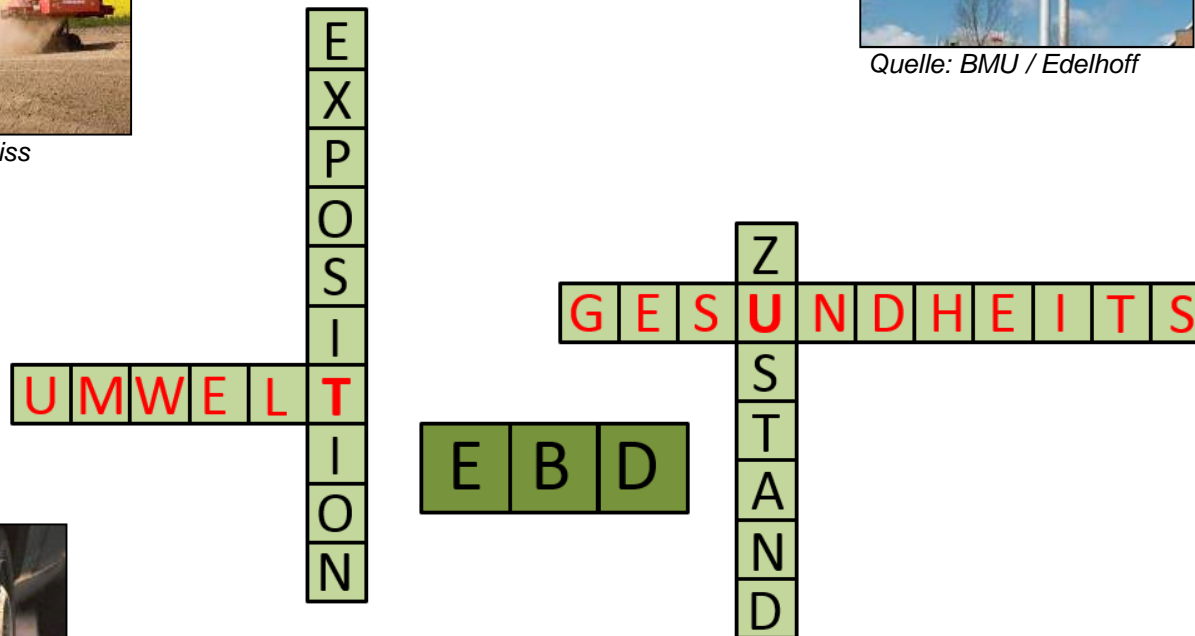
# Krankheitslast durch Feinstaub in Deutschland



Quelle: BMU / Hiss



Quelle: BMU / Edelhoff



Quelle: BMU / Böhme

## Berechnung der Krankheitslast durch Feinstaub

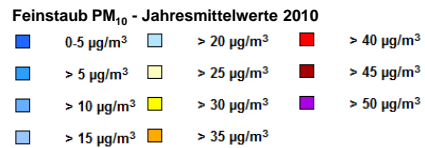
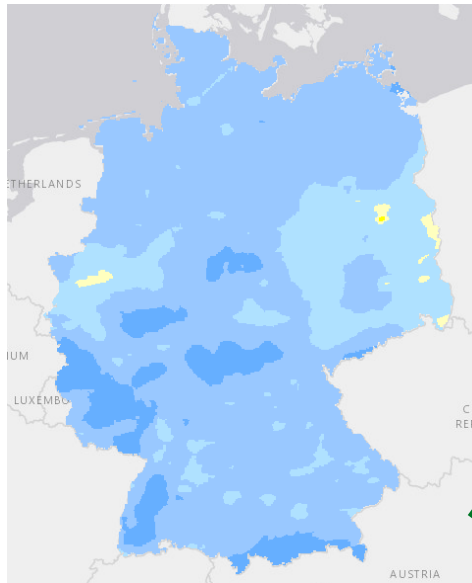
- Herausforderung:

- Feinstaubbelastungsdaten liegen **nicht flächendeckend** für Deutschland vor (punktuelle Messungen aus den Messnetzen)
- Bevölkerungsbezogene Belastung dadurch schwer einschätzbar

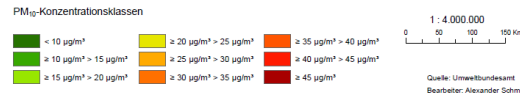
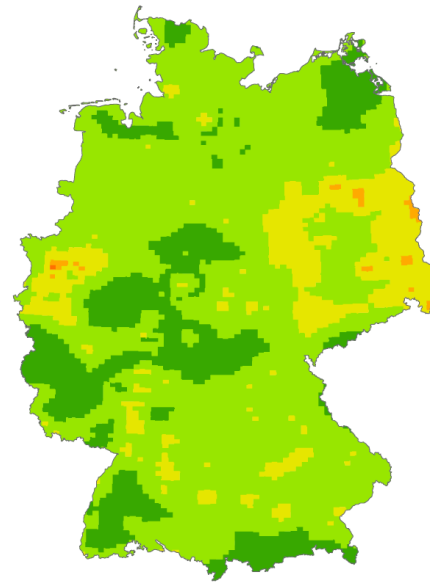
- Lösungsansatz: Modellierung der Feinstaubbelastung

- Messnetz-Daten (PM<sub>10</sub>-Stundenmittel, Hintergrundbelastung)
- Einsatz eines Aerosol-Chemie-Transport-Modells („REM-CALGRID“)
- Flächendeckende Belastungskartierung im Jahresmittel (Auflösung ca. 8 km x 7 km) durch Kombination von Mess- und Modelldaten
- Kombination der Belastungsdaten mit der Bevölkerungsdichte (Auflösung 250 m x 250 m)

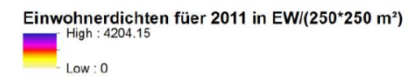
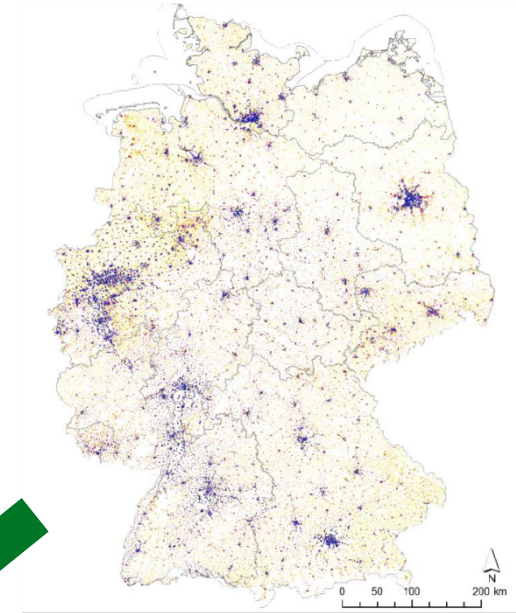
## Verschneidung der Daten



8 km x 7 km  
Feinstaubimmission



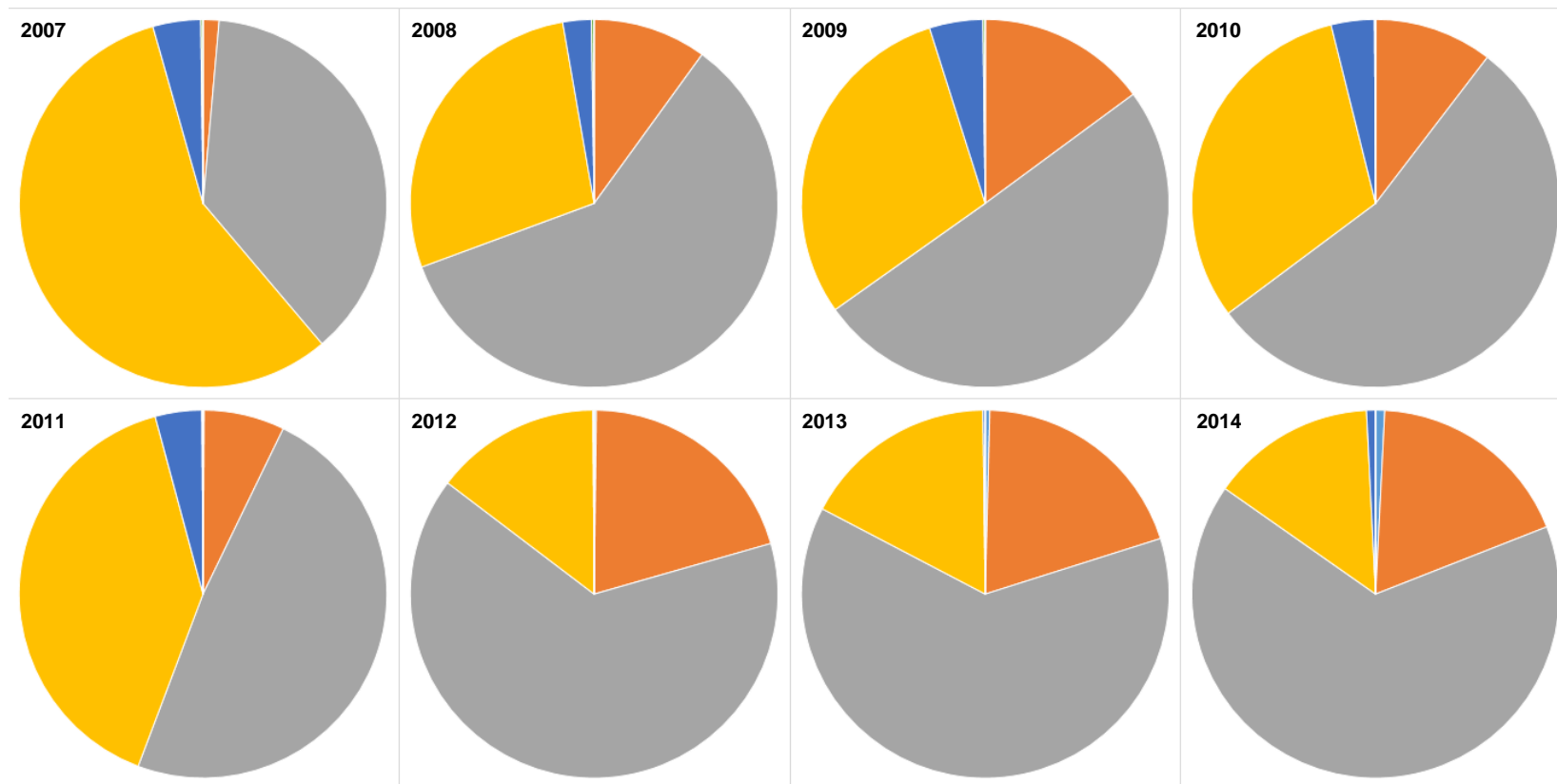
1 km x 1 km  
Bevölk.-gewichtete Exposition PM<sub>10</sub>



250 m x 250 m  
Bevölkerungsdichte

(Quelle: Einwohnerdichte, BBSR)

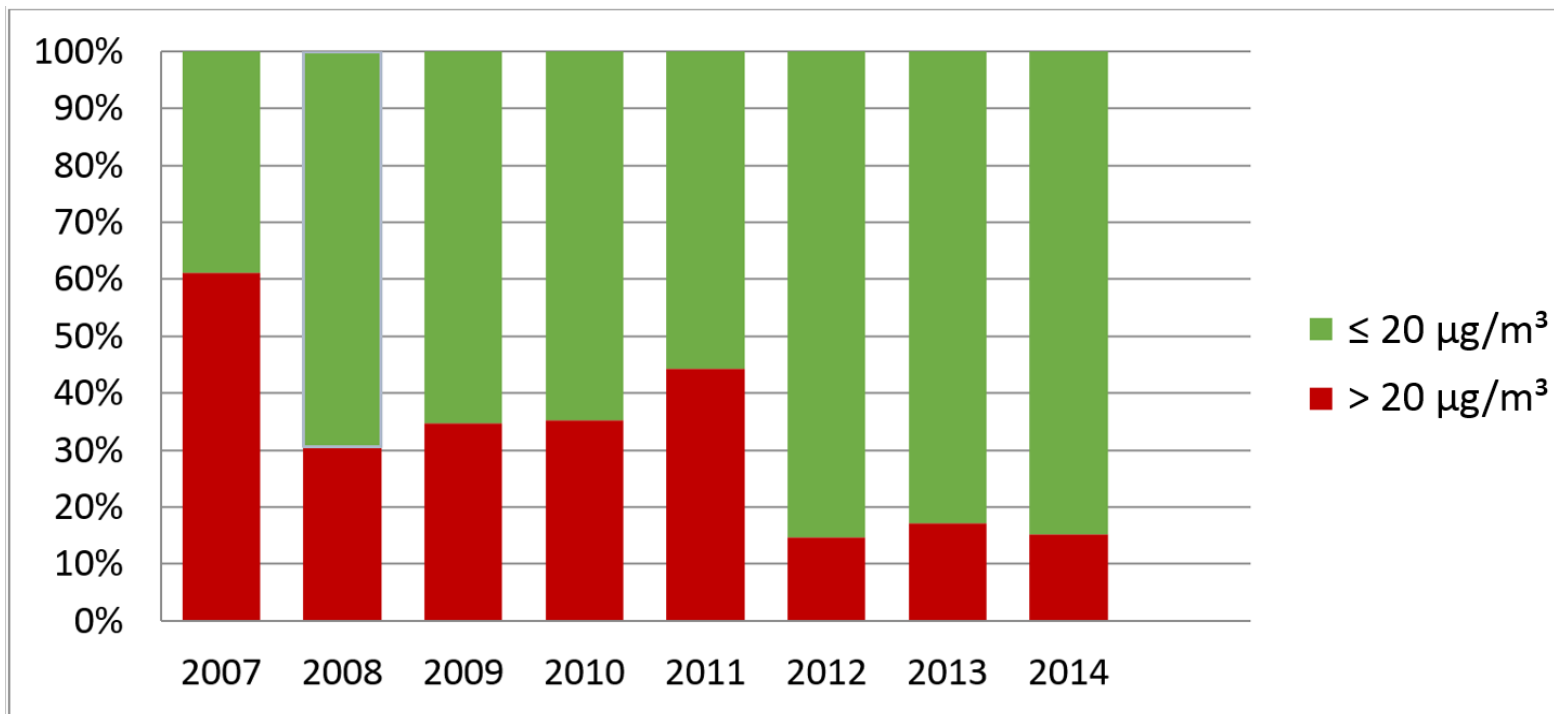
## Zuordnung der Bevölkerung zu Belastungsklassen PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>



■ ≤ 10  
 ■ >10-15  
 ■ >15-20  
 ■ >20-25  
 ■ >25-30  
 ■ >30-35  
 ■ >35-40  
 ■ >40

*(UBA, eig. Darstellung)*

## Überschreitung des WHO Richtwerts (%-Anteil der Bevölkerung)



Umweltbundesamt 2016, eigene Zusammenstellung

Verwendete Bevölkerungsdichtekarte: BBSR. Stand 2005 (für 2007-2010) bzw. Stand 2011 (für 2011-2014)

## Mittlere bevölkerungsgewichtete PM<sub>10</sub>-Belastung (Gesamtbevölkerung) in µg/m<sup>3</sup>

| Jahr                        | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PM <sub>10</sub> -Indikator | 20,7 | 18,7 | 18,7 | 18,9 | 19,6 | 17,2 | 17,4 | 17,3 |

(UBA, eig. Darstellung)

## Feinstaubbedingte Krankheitslast in Deutschland

Folgende Gesundheitsendpunkte werden für die Bestimmung der Krankheitslast berücksichtigt:

- Langzeiteffekte:

- Kardiovaskuläre Erkrankungen (Erwachsene > 30 Jahre)
- Atemwegserkrankungen (Erwachsene > 30 Jahre)
- Lungenkrebs (Erwachsene >30 Jahre)

- Kurzeffekte:

- Akute Atemwegserkrankungen (Kinder < 5 Jahre)

→ Berücksichtigt wurde bislang nur der Mortalitätsanteil

→ Krankheitslast entspricht somit den YLLs

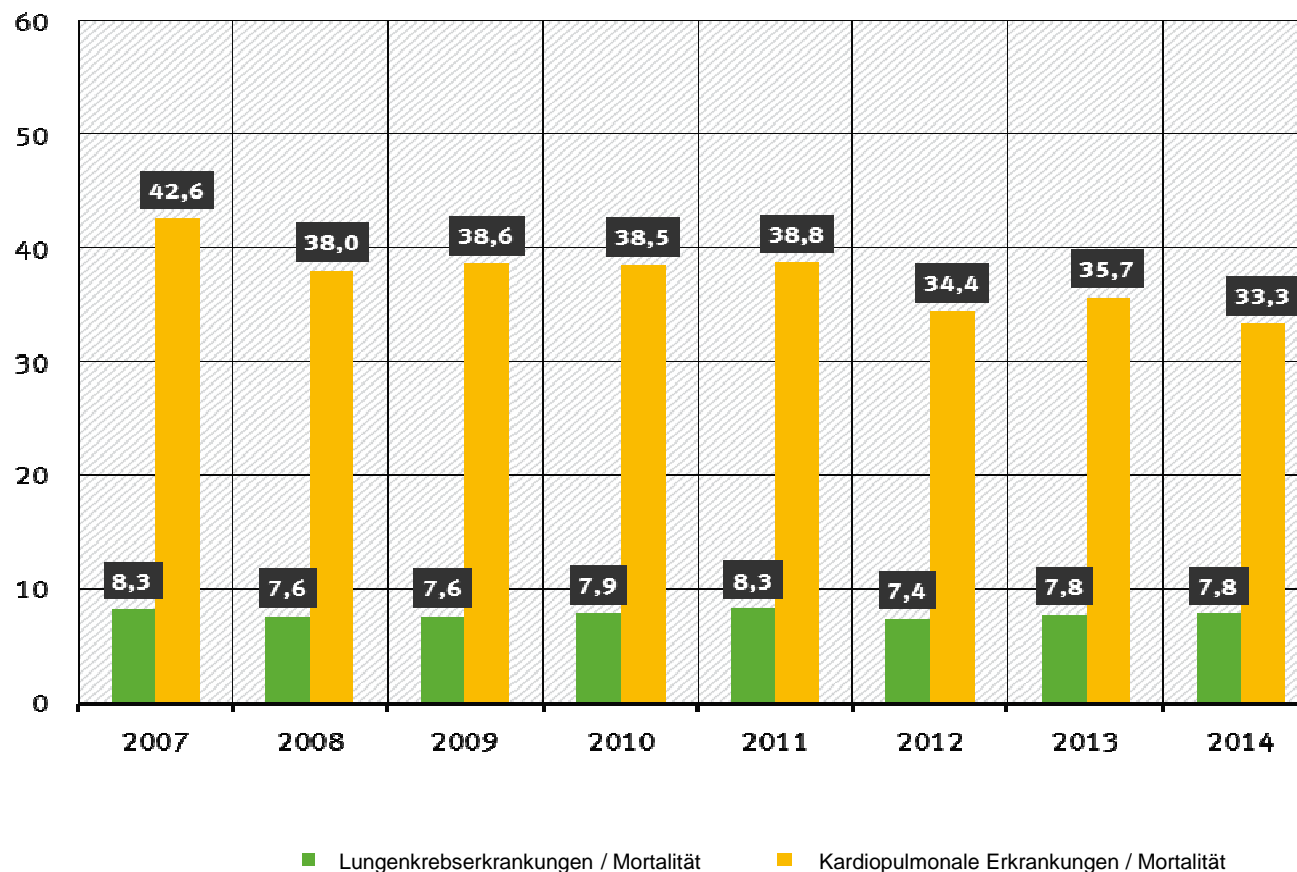
→ Datengrundlage sind die Todesursachenstatistiken von GBE-Bund

## Annahmen bei der Berechnung der Krankheitslast

- Basiskonzentration (engl. Counterfactual Value):  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 
  - Entspricht etwa natürlichen Hintergrundbelastung in Deutschland
- Expositions-Wirkungs-Funktionen entsprechend WHO-Empfehlungen
- Deutschland-spezifische Lebenserwartung (auf Basis von Sterbetafeln)
- Fokus auf Mortalität auf Grund der mangelnden Verfügbarkeit von Morbiditätsdaten
- $\text{PM}_{10}$  als Approximation für  $\text{PM}_{2,5}$  mit Umrechnungsfaktor 0,73

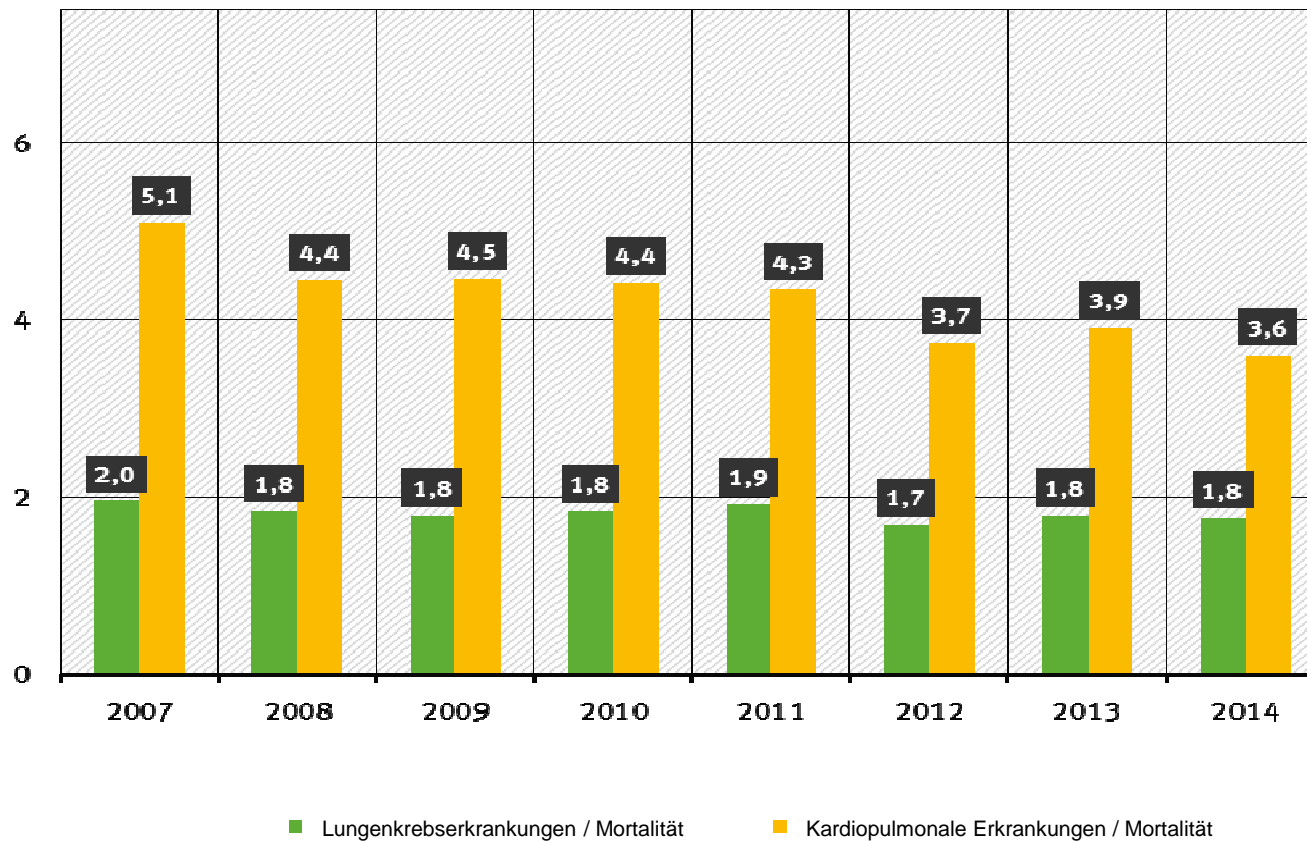


## Feinstaubbedingte Krankheitslast in Deutschland - Anzahl attributabler Sterbefälle (in Tsd.)



(Quelle: Umweltbundesamt 2016, eigene Zusammenstellung; Verwendete Bevölkerungsdichtekarte: BBSR, Stand 2005 (für 2007-2010) bzw. Stand 2011 (für 2011-2014))

## Feinstaubbedingte Krankheitslast in Deutschland - Anzahl attributabler verlorener Lebensjahre (pro 1000 Einwohner)



(Quelle: Umweltbundesamt 2016, eigene Zusammenstellung; Verwendete Bevölkerungsdichtekarte: BBSR, Stand 2005 (für 2007-2010) bzw. Stand 2011 (für 2011-2014))

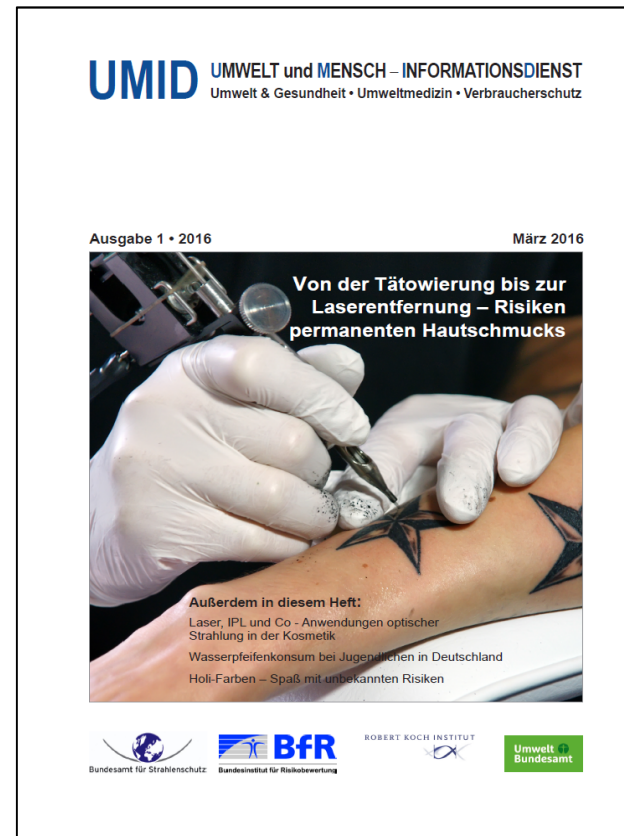
## Limitationen

- Bislang nur Betrachtung der Mortalitätseffekte
  - Globale Schätzer zeigen erhebliche Bedeutung der Morbidität
  - Berücksichtigung der Morbidität bei weiteren Berechnungen notwendig
- Kodierungsdefizite der Todesursachenstatistik bislang unberücksichtigt
- Einschluss weiterer gesundheitlicher Auswirkungen auf Grund von fehlender abschließender Evidenz derzeit noch nicht möglich
- Exposition gegenüber  $PM_{10}$  als Approximation für  $PM_{2,5}$ -Belastung
- Modellierung der flächendeckenden Belastung birgt Unsicherheiten
  - Verbesserung der Modellgüte derzeit im UBA in Arbeit
- Modelle werden an Messdaten zur Hintergrundbelastung kalibriert
  - Unterschätzung der Belastung durch Vernachlässigung insbesondere der Verkehrsbelastungen in Ballungszentren (Hotspots)

## Take home

- Grundsätzlich zeigen die Daten der Messnetze tendenziell eine Reduktion der Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>)
- EU-Grenzwerte für die Langzeitbelastung werden eingehalten
  - Strengere Werte der WHO werden insb. verkehrsnah nicht eingehalten
- Krankheitslasten dienen der Darstellung der Bevölkerungsgesundheit
  - Auswertungen / Interpretationen für einzelne Individuen unzulässig
- Feinstaub ist ein bedeutender Risikofaktor für die menschliche Gesundheit
  - Zur Minderung der Belastungen sind weitere Maßnahmen notwendig
  - Einbezug unterschiedlicher Sektoren (Verkehr, Energiewirtschaft inkl. Hausbrand, Landwirtschaft) entscheidend

# Lesenswert



**Daten zur Umwelt –  
Link zum Artikel über  
EBD durch Feinstaub  
in Deutschland**



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Dirk Wintermeyer**

[dirk.wintermeyer@uba.de](mailto:dirk.wintermeyer@uba.de)

Vielen Dank für die Unterstützung bei der Vorbereitung des  
Vortrags an Myriam Tobollik und Tristan Fischer.

## Quellen

- WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe – Second Edition. World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- WHO (2006) Air Quality Guidelines – Global Update 2005 - Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen
- Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>
- Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0107>
- WHO (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. Copenhagen, World Health Organization: 302.
- UBA (2016) Luftqualität 2015 – vorläufige Auswertung. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2015>
- UBA (2015) Luftqualität 2014 – vorläufige Auswertung. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2014>
- Becker K, Straff W (2015) Könnte die Luftqualität für das Entstehen und den Verlauf von Alzheimer-Demenz und Morbus Parkinson eine Rolle spielen? Umweltmedizin – Hygiene – Arbeitsmedizin; Journal of Environmental and occupational health sciences. Band 20, Nr. 2.
- Beelen R, Stafoggia M, Raaschou-Nielsen O et al. (2014): Long-term exposure to air pollution and cardiovascular mortality: an analysis of 22 European cohorts. Epidemiology 25(3): 368-378.
- Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, Kaufman JD (2013) Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ Health 12(1): 43.
- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R et al. (2013) Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). The Lancet Oncology 14(9): 813-822.
- WHO Regional Office for Europe (2013a) Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen, World Health Organization.
- WHO European Centre for Environment and Health (2013b). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. Copenhagen, World Health Organization: 302.
- Murray, C. J. L. and A. D. Lopez (1996) The Global Burden of Disease: A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge, Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank.
- Prüss-Ustün A, Mathers CD, Corvalán CF, Woodward A and WHO Dept. of Protection of the Human Environment. (2003) Assessing the environmental burden of disease at national and local levels : introduction and methods. Geneva.
- Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M (2016) Preventing Disease Through Healthy Environments - A global assessment of the burden of disease from environmental risks. World Health Organization, Geneva.

## Bildquellen

- Folie 15: Darstellung modifiziert nach [https://en.wikipedia.org/wiki/Disability-adjusted\\_life\\_year](https://en.wikipedia.org/wiki/Disability-adjusted_life_year)
- Folie 18: BMU, Hiss; BMU, Edelhoff; BMU, Böhme;