

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3709 61 209
UBA-FB 001710

**Quantifizierung der Auswirkungen
verschiedener Umweltbelastungen auf die
Gesundheit der Menschen in Deutschland unter
Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen
Expositionsermittlung
(Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher
Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, VegAS)
Kurzfassung**

von

**Prof. Dr. Claudia Hornberg, Dr. Thomas Claßen, Nadine Steckling,
Reinhard Samson, Timothy McCall, Myriam Tobollik**
Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften,
Arbeitsgruppe 7 - Umwelt und Gesundheit

Dr. Odile CL Mekel, Dr. Claudia Terschüren, Nadine Steckling
Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen (LZG.NRW),
Fachgruppe Innovation in der Gesundheit

Prof. Dr. Zita Schillmöller, Johann Popp, Gunnar Paetzelt
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg),
Fakultät Life Sciences, Forschungsschwerpunkt Public Health

Dr. Michael Schümann
Freie Hansestadt Hamburg, Behörde für Gesundheit und
Verbraucherschutz (BGV), Fachabteilung Gesundheit und Umwelt

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4468.html> verfügbar. Hier finden Sie auch eine separate Kurzfassung auf Deutsch und Englisch.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4340

Durchführung der Studie:	Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften Arbeitsgruppe 7 – Umwelt und Gesundheit Postfach 10 01 31 33501 Bielefeld
Abschlussdatum:	Juni 2012
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 1.6 Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren André Conrad, Dirk Wintermeyer

Dessau-Roßlau, September 2013

Zusammenfassung

Ab Oktober 2009 wurde vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplans 2009 das Vorhaben „Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung“ (Kurztitel: Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, Akronym: VegAS) gefördert. Das Vorhaben hatte eine Gesamtlaufzeit von 30 Monaten.

Im VegAS-Vorhaben wurde für die **Umwelt-Stressoren** Benzol, Cadmium, Feinstaub, Lärm, Ozon, Passivrauch und Perfluorierte Chemikalien die Vorgehensweise zur Bestimmung der umweltbedingten Krankheitslast (EBD) beispielhaft und detailliert dargestellt. Der Umwelt-Stressor Passivrauch (engl. *Second-hand Smoke*) wurde in Eigenleistung durch das Forschungs-Konsortium eingebracht.

Das VegAS-Vorhaben hatte die folgenden **Ziele**:

- einen Beitrag leisten, um die methodische und empirische Basis zur Bestimmung der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland zu verbessern;
- die Basis für eine zukünftige vergleichende und methodisch einheitliche Quantifizierung der umweltbedingten Krankheitslast in der Bevölkerung Deutschlands schaffen;
- das *Environmental Burden of Disease* (EBD)-Konzept der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die zugehörige Methodik daraufhin zu prüfen, ob sie geeignet sind, für ausgewählte Umwelt-Stressoren eine Priorisierung auf der Basis der jeweiligen geschätzten gesundheitlichen Auswirkungen für Deutschland fachlich zu unterstützen;
- auf Basis der Ergebnisse der Schätzungen zur umweltbedingten Krankheitslast im VegAS-Projekt – sofern möglich – eine Rangfolge zu entwickeln, aus der Entscheidungen für umweltpolitische Interventionen für die einzelnen Umwelt-Stressoren abgeleitet werden können;
- Chancen und Limitationen des Verfahrens aufzuzeigen, die sich aus der Methode an sich, aus der Datenverfügbarkeit und dem wissenschaftlichen Kenntnisstand über gesundheitliche Beeinträchtigungen ergeben;
- Unsicherheiten qualitativ zu beschreiben und – wo möglich – quantitativ abzuschätzen;
- Datenlücken und Forschungsbedarfe zu benennen sowie Handlungsempfehlungen hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise zur Bestimmung der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland abzuleiten.

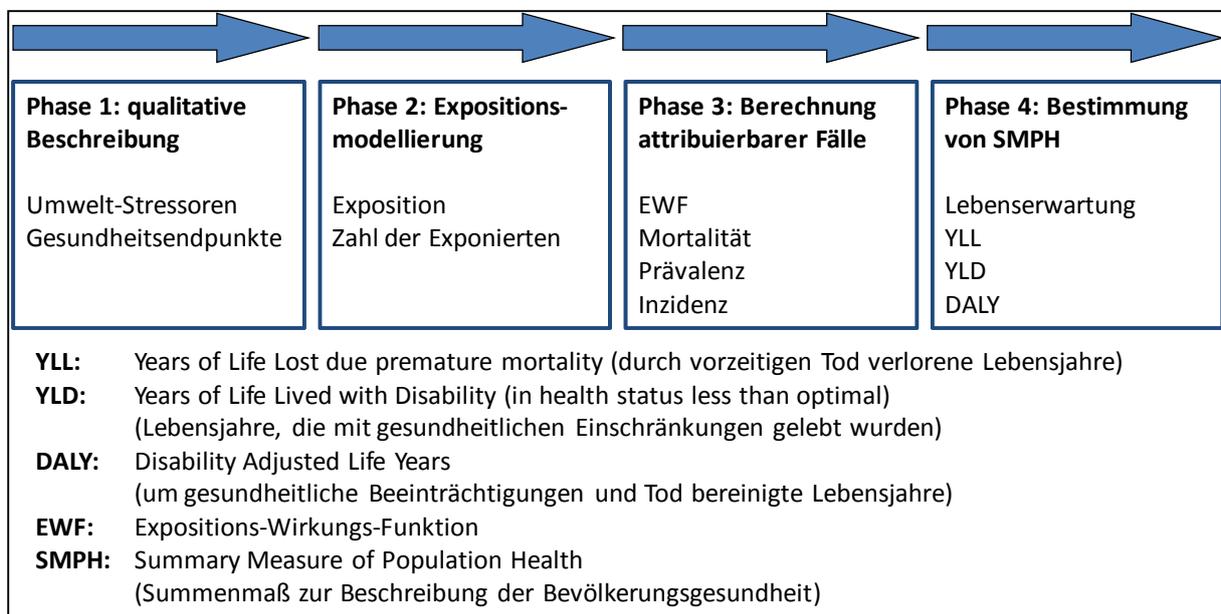
Gegenstand des Vorhabens war es, für die jeweiligen Umwelt-Stressoren

- die wissenschaftliche Datenlage (inklusive Expositions-Wirkungsfunktionen, EWFs) zu sichten, zu dokumentieren und hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit für EBD-Schätzungen in Deutschland zu bewerten,
- die Expositionsverteilung in der Bevölkerung Deutschlands zu modellieren, wobei – soweit möglich – Aspekte wie Alter, Geschlecht, Sozialstatus, Risikogruppen oder geographische Spezifika zu berücksichtigen waren,

- soweit fachlich vertretbar, Modellierungen der Krankheits- und Mortalitätslast auf der vorliegenden Grundlage zu entwickeln bzw. anzupassen,
- Risikoschätzungen mittels EBD-Methodik, inklusive entsprechender Reduktions- oder Vermeidungsszenarien, durchzuführen,
- bestehende Unsicherheiten & Limitationen zu beschreiben und zu analysieren,
- die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Daten- und Modellqualität sowie der Literaturlage zu bewerten,
- sofern möglich die Methodik zu vereinheitlichen, sodass die relativen Häufigkeiten zunehmender adverser gesundheitlicher Effekte komparativ (d.h. im Sinne eines Rankings) eingeordnet werden können,
- Handlungsempfehlungen zu erarbeiten und mögliche Handlungsfelder und Maßnahmen zur Expositionsreduktion für die betrachteten Umwelt-Stressoren aufzuzeigen.

Somit ergab sich die in nachfolgender Abbildung 1 dargestellte **Vorgehensweise**, die sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Informationsqualität und Datenverfügbarkeit in verschiedene Phasen aufgliederte. Hierbei bestand das Ziel nicht darin, für alle Umwelt-Stressoren unbedingt Phase 4 (Bestimmung von SMPH) zu erreichen. Vielmehr sollte eine detaillierte Beschreibung der erforderlichen Schritte, Datenbedarfe, Unsicherheiten und Limitationen erfolgen, so dass die für die einzelnen Umwelt-Stressoren erreichten Ergebnisse jeweils in Bezug auf Machbarkeit und Aussagekraft vom VegAS-Konsortium bewertet werden konnten.

Abbildung 1: Phasen- und Zielgrößenmodell zur gestaffelten Beschreibung der umweltbedingten Krankheitslast in Abhängigkeit von der Informationsqualität und Datenverfügbarkeit



Quelle: Eigene Darstellung

Für die Umwelt-Stressoren Feinstaub und Ozon wurde hierbei ein besonderer Schwerpunkt auf detaillierte bevölkerungsgewichtete Expositionsmodellierungen gelegt. Diese wurden mittels räumlich-zeitlicher Interpolationsverfahren auf Grundlage der Berechnungsverfahren von Hóralek et al. (2005) durchgeführt und erforderliche Anpassungen benannt.

Die im Rahmen von VegAS durchgeführten stressorspezifischen Analysen unterliegen den folgenden, hier kurz angerissenen Annahmen und Unsicherheiten: Betrachtet werden konnte – bedingt durch die verfügbare Datenlage für die einzelnen Stressoren – nicht immer die Gesamtbevölkerung in Deutschland (differenziert nach Alter, Geschlecht, Risikogruppen etc.); vielmehr erfolgte oftmals eine Eingrenzung auf bestimmte Subgruppen oder Expositionskategorien (z. B. Einwohner in Ballungsräumen, Nichtraucher/innen, Hintergrund-Stressorkonzentration etc.). In den verwendeten Originaldaten wurden teilweise Inkonsistenzen oder mangelnde Stratifikationen festgestellt, wobei bestimmte Analyseparameter mit Hilfe von Modellierungen hergeleitet bzw. Extra- und Intrapolationen durchgeführt wurden. Komorbiditäten und Verflechtungen von Gesundheitsendpunkten konnten nicht berücksichtigt werden. Die Krankheitsdauer der meisten Gesundheitsendpunkte ist konzeptuell und empirisch schwer zu bestimmen, so dass zum Teil Vereinfachungen eingeführt werden mussten, deren Annahmen nicht sicher als erfüllt eingestuft werden können (Inzidenz * Dauer = Prävalenz). Anstelle der Bestimmung der Gesamtkrankheitslast durch die einzelnen Umwelt-Stressoren war es – bedingt durch den aktuellen Forschungsstand und die Datenlage – nur möglich, die Krankheitslast einzelner assoziierter Gesundheitsendpunkte zu schätzen. Einbezogen wurden lediglich jene Gesundheitsendpunkte, deren Assoziation mit dem Stressor – eingestuft nach einem im Rahmen von VegAS entwickelten Kriterienkatalog – als mindestens moderat betrachtet wurde.

Ergebnisse differenziert nach Umwelt-Stressoren

Benzol

Die Analyse des VegAS-Vorhabens zur benzolbedingten Krankheitslast in Deutschland bezieht sich auf Leukämie (Gesamt; ICD-10: C91-C95). Sie bestätigt die Ergebnisse einer früheren Auswertung (Hänninen & Knol 2011). Die attributable Krankheitslast von Leukämie für den Umwelt-Stressor Benzol konnte bestimmt werden, obwohl die Evidenz der Assoziation zwischen Benzol und Leukämie auf einzelne Leukämiesubtypen beschränkt ist. Weitere Gesundheitsendpunkte erscheinen mit Benzol assoziiert, konnten zum jetzigen Kenntnisstand jedoch nicht in die Analyse einfließen, weshalb ein zusätzlich vermuteter Anteil an benzolbedingter Krankheitslast nicht quantifiziert werden konnte. Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen wurden durchgeführt, um die Ergebnisvariation bei Veränderung eingesetzter Parameter beobachten zu können.

Die geschätzte Krankheitslast von Leukämie durch Benzol der Allgemeinbevölkerung fällt mit 181 DALYs für Gesamtdeutschland gering aus, was durch eine fortlaufende Reduktion der Benzolkonzentration in Deutschland erreicht wurde. Im Rahmen des VegAS-Vorhabens wurde lediglich die durchschnittliche Benzolbelastung der Kategorie Hintergrundbelastung ausgewertet. Spitzenbelastungen konnten nicht einbezogen werden. Die VegAS-Auswertungen konnten abbilden, welche Gesundheitsgewinne durch bereits eingeführte Benzolreduktionsmaßnahmen (wie beispielsweise die EU-Richtlinien zu Benzol in der Außenluft bzw. in Otto-kraftstoff) zu verzeichnen sind.

Cadmium

Die Datenlage für Cadmium zeichnet sich dadurch aus, dass zwar eine Vielzahl von Daten zu allen Dimensionen der EBD-Modellierung verfügbar sind, diese jedoch kaum kompatibel mit den Vorgaben der Modellierung und damit oft nicht entsprechend kombinierbar sind. Allein die verfügbaren unterschiedlichen Expositionsdaten verdeutlichen die Fülle der vorhandenen Datenbasis. Die Schwierigkeiten bei der Verknüpfung von Daten zeichnen sich insbesondere in den Kategorien der existierenden EWFs und entsprechend gleichartig stratifizierten Gesundheitsdaten ab.

Die Recherche im Rahmen von VegAS ergab, dass die Evidenz der Assoziation zwischen Cadmiumexpositionen und Nierenschädigungen, Knochenschädigungen und bestimmten Krebsarten (Lunge, Niere, Prostata) als hoch oder mindestens moderat eingestuft werden kann. Quantifiziert werden konnte nur ein geringer Anteil der Krankheitslast. Hinsichtlich des hier dargestellten Forschungsstandes kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Cadmium in der Allgemeinbevölkerung in Deutschland eine deutlich größere Krankheitslast verursacht. Die Krankheitslast des Stressors Cadmium konnte entsprechend bislang nur sehr unvollständig dargestellt werden. Weitere zielgerichtete Forschungsaktivitäten erscheinen als wissenschaftliche Fundierung für die gesundheitsbezogene Umweltpolitik notwendig.

Feinstaub

Die geschätzten, durch Kurzzeitexposition gegenüber PM_{10} verursachten vorzeitigen Todesfälle liegen im Untersuchungszeitraum jährlich zwischen 7.500 und 10.600, wenn nur der anthropogene Feinstaub betrachtet wird. Nimmt man den Feinstaub aus natürlichen Quellen hinzu, erhöht sich die Zahl auf 12.000 bis 15.000 Fälle. Ausgedrückt in DALYs je 100.000 Einwohner sind das zwischen 1 und 1,5 DALYs je 100.000 Einwohner für Feinstaub aus anthropogenen Quellen und 1,6 bis 2,1 DALYs je 100.000 Einwohner für Feinstaub insgesamt. Wie oben bereits erwähnt sind dies Schätzer für die durch Kurzzeitexposition gegenüber Feinstaub verursachte Krankheitslast; wegen der Nichtabgrenzung gegenüber expositionsbedingten langzeitigen Veränderungen der Mortalität dürfen die berechneten DALYs nicht oder nur mit erheblichen methodischen Vorbehalten zu denen anderer Gesundheitsendpunkte addiert werden.

Im Gesundheitsendpunkt *Mortalität durch akute Atemwegserkrankungen bei Kindern unter 5 Jahren* gab es für Deutschland im Mittel der Jahre 2007 bis 2009 36 Todesfälle pro Jahr insgesamt, wovon etwa ein Todesfall Feinstaub zugeschrieben werden kann.

Durch Kurzzeitexposition können zudem ein dreiviertel bis ein ganzer Tag mit eingeschränkter Aktivität je Erwachsenen und Jahr verursacht werden (1,2 - 1,5 Tage bei Berücksichtigung aller Feinstaubquellen) sowie zwei bis drei (3 - 4 Tage bei Berücksichtigung aller Feinstaubquellen) zusätzliche Tage mit Beschwerden des tieferen Atemtraktes bei Kindern unter 15 Jahren und Jugendlichen / Erwachsenen über 15 Jahren mit vorbestehenden chronischen Lungenerkrankungen.

Die Krankheitslast durch Langzeitexposition gegenüber Feinstaub ist erheblich. So sind geschätzte 12,3 bis 15,3 % der kardiopulmonalen Todesfälle der Feinstaubexposition zuzuschreiben. Bei Lungenkrebs sind es 18 bis 22 %. Rechnet man Feinstaub aus natürlichen Quellen mit ein, erhöhen sich diese Anteile auf 34 bis 36 % für kardiopulmonale Todesfälle sowie 46 bis 49 % bei Lungenkrebs.

Weitere gesundheitliche Auswirkungen sind geschätzte 34 bis 63 zusätzliche Fälle von chronischer Bronchitis p.a. je 100.000 Erwachsenen über 27 Jahren und für Jugendliche und Erwachsene ein um den Faktor 1,2 erhöhtes Risiko, eine respiratorische Allergie zu entwickeln. Bezieht man auch hier den Feinstaub aus natürlichen Quellen mit ein, erhöhen sich die Zahlen auf 72 bis 91 zusätzlichen Fällen chronischer Bronchitis p.a. je 100.000 Erwachsenen und ein um den Faktor 1,7 erhöhtes Risiko für respiratorische Allergien.

Die Summe der absoluten und relativen DALYs für die einzelnen Jahre und für die Gesundheitsendpunkte, für die eine solche Berechnung möglich war, fassen die beiden folgenden Tabellen (73 und 74) zusammen.

Tabelle 1: Summe der absoluten und relativen DALYs in den Jahren 2005 bis 2009; Basiskonzentration 7 µg PM₁₀ bzw. 5,11 µg/m³ PM_{2,5}

	2005	2006	2007	2008	2009
DALYs	576.051	551.410	494.445	465.954	503.735
DALYs je 1.000 Ew.	7,01	6,71	6,03	5,67	6,13

Tabelle 2: Summe der absoluten und relativen DALYs in den Jahren 2005 bis 2009; ohne Basiskonzentration

	2005	2006	2007	2008	2009
DALYs	1.337.585	1.319.552	1.277.870	1.257.026	1.284.666
DALYs je 1.000 Ew.	16,29	16,08	15,57	15,31	15,64

Lärm

Umweltlärm ist als Risikofaktor für Gesundheitseinschränkungen wie *Annoyance*, Schlafstörungen, kognitive Beeinträchtigung, für kardio- und zerebrovaskuläre Krankheiten sowie für Störungen des Hörens bekannt. Dabei kann die Exposition gegenüber Umweltlärm nicht als singuläre Belastung angesehen werden, sondern muss in verschiedene Lärmtypen unterteilt werden, deren Wirkungen nicht gegenseitig aufeinander übertragen werden können.

Für einige Kombinationen von Lärmtyp und Gesundheitsendpunkt ist es auf Basis der verfügbaren Daten möglich, Schätzungen der lärmbedingten DALYs zu quantifizieren, für andere nicht. So liegt nachfolgendes vor:

- dem Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm attribuierbare DALYs der *Annoyance*,
- dem Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm attribuierbare DALYs der Schlafstörungen,
- dem Straßenlärm attribuierbare DALYs des Herzinfarktes,

- dem Straßen- und dem Flugverkehrslärm attribuierbare DALYs der Hypertonie und
- dem Straßenverkehrslärm attribuierbare DALYs des Schlaganfalls.

In den Schätzungen sind Alters- und Geschlechterverteilungen so weit wie möglich berücksichtigt worden. Die regionale Verteilung über die einzelnen Ballungsräume konnten auf Basis der verfügbaren Daten kaum in die Rechenmodelle eingebaut werden.

Es war nicht möglich, die umweltlärmbedingte Krankheitslast in Bezug auf

- Hörschäden in Verbindung mit einem der Lärmtypen,
- Tinnitus in Verbindung mit einem der Lärmtypen,
- Kognitive Beeinträchtigungen in Verbindung mit einem der Lärmtypen,
- Nachbarschaftslärm in Verbindung mit einem der relevanten Gesundheitsendpunkte,
- Freizeitlärm in Verbindung mit einem der relevanten Gesundheitsendpunkte,
- Herzinfarkt in Verbindung mit Flugverkehrs-, Schienenverkehrslärm,
- Hypertonie in Verbindung mit Schienenverkehrslärm,
- Schlaganfall in Verbindung mit Flugverkehrs-, Schienenverkehrslärm,
- ischämische Herzkrankheiten im Ganzen in Verbindung mit einem der Lärmtypen, quantitativ abzuschätzen.

Die Berechnungen basieren auf Lärmexpositionsschätzungen des *Noise Observation and Information Service for Europe* (NOISE). Deshalb lassen sich zurzeit nur Aussagen bezüglich deutscher Ballungsräume mit mindestens 250.000 Einwohnern ableiten, die sich nicht zuverlässig auf die deutsche Gesamtbevölkerung übertragen lassen. Für die nächste Phase der Lärmexpositionsschätzung ist geplant, auch Ballungsräume mit mindestens 100.000 zu berücksichtigen. Eine flächendeckende Expositionsschätzung steht aber nicht in Aussicht.

Es ist nicht möglich, eine **Gesamtschätzung für die umweltlärmattributablen** Krankheitslast der deutschen Bevölkerung abzugeben, weil Expositionsschätzungen nicht für die Gesamtbevölkerung zur Verfügung stehen und weil attributable DALYs nur für eine Auswahl relevanter Kombinationen von Lärmtyp und Gesundheitsendpunkt modelliert werden können. Die durchgeführten Berechnungen lassen sich ebenfalls nicht zu einem minimalen empirisch quantifizierbaren Gesamtschätzer aufzusummieren, denn es ist nicht möglich, Korrelationen und Wechselwirkungen der einzelnen Lärmtypen und der Gesundheitsendpunkte untereinander in die Rechenmodelle einzubinden.

Unter der Annahme der beschriebenen Limitationen und Unsicherheiten können nachfolgende YLL / YLD / DALYs für die einzelnen Gesundheitsendpunkte und Stressoren benannt werden (Tabelle 3):

Tabelle 3: Zusammengefasste Ergebnisse der Modellrechnungen für den Umwelt-Stressor Lärm^a

Modellrechnung	YLL	Attributable Krankheitsjahre	Disability Weights	YLD	DALYs/100.000 ^b
Straßenverkehrslärm <i>Annoyance</i>	0	597.423	0,02 ^c	11.948,46	69,41
Schienenverkehrslärm <i>Annoyance</i>	0	275.295	0,02 ^c	5.505,90	31,97
Flugverkehrslärm <i>Annoyance</i>	0	69.442	0,02 ^c	1.388,84	9,53
Straßenverkehrslärm Schlafstörungen	0	128.784	0,07 ^c	17.684,94	102,74
Schienenverkehrslärm Schlafstörungen	0	77.679	0,07 ^c	5.437,53	31,57
Flugverkehrslärm Schlafstörungen	0	9.993	0,07 ^c	699,51	4,80
Straßenverkehrslärm Hypertonie	2.816	459.475	0,091	41.812,25	264,73
Flugverkehrslärm Hypertonie	133	16.484	0,091	1.500,05	11,22
Straßenverkehrslärm Herzinfarkt	3.105,79	30,72	0,405	12,44	18,11
Straßenverkehrslärm Schlaganfall	31.040	14.105	0,92 0,259	4.206	204,75

^a basierend auf angegebenen Annahmen und ohne Berücksichtigung der beschriebenen Unsicherheiten;

^b eine Aufsummierung der Gesundheitsendpunkt bezogenen DALYs zu einem gesamten DALY der durch Lärm verursachten Krankheitslast ist NICHT möglich;

^c mittlere *Disability Weights* nach Empfehlungen der WHO (2011).

Erwartungsgemäß wird bei den berechneten attributablen DALYs die Krankheitslast von häufigen, lang andauernden Gesundheitsendpunkten mit relativ geringer Beeinträchtigung (wie z. B. *Annoyance* und Schlafstörungen) besonders hervorgehoben, gegenüber weniger häufigen Gesundheitsendpunkten mit kurzer Dauer und starker Beeinträchtigung bis hin zum Tod (z. B. Herzinfarkt).

Ozon

Ozon ist ein erheblicher Teil der Krankheitslast durch respiratorische Allergien / Heuschnupfen zuzuschreiben. Der geschätzte zuzuschreibende Anteil an der Gesamtkrankheitslast liegt je nach Untersuchungsjahr zwischen 39 und 44 %.

Der geschätzte attributable Anteil an der Gesamtmortalität liegt für Ozon je nach Untersuchungsjahr zwischen 0,4 und 0,55 %. In absoluten Zahlen sind das zwischen 2.400 und 3.300 geschätzten Todesfälle, was 26.000 bis 37.000 vorzeitig verlorenen Lebensjahren bzw. DALYs entspricht. Die Ozonkonzentrationen in den Jahren 2005 bis 2007 waren darüber hinaus für etwa einen zusätzlichen Hustentag je Kind und Jahr verantwortlich.

Passivrauch

Im Vergleich aller betrachteten Umwelt-Stressoren konnten für die Passivrauch-Belastung in der nichtrauchenden Bevölkerung viele verschiedene Gesundheitsendpunkte betrachtet

werden. Schon die Analysen zu diesem einzelnen Umwelt-Stressor zeigen die Komplexität, die einer EBD-Schätzung zugrunde liegt.

Durch die Auswirkungen der Passivrauch-Exposition bereits auf den Fötus im Mutterleib und den damit verbundenen, vollständigen vorzeitigen Verlust der Lebenserwartung werden für die beiden relativ selten auftretenden Gesundheitsendpunkte „Plötzlicher Kindstod“ (2.186 YLLs) und „Versterben aufgrund Geringen Geburtsgewichts“ (2.043 YLLs) nahezu gleich viele verlorene Lebensjahre (YLL) errechnet wie für den Endpunkt „Prämenopausaler Brustkrebs“ bei nichtrauchenden Frauen (3.792 DALYs), wobei Brustkrebs insgesamt die führende Krebstodesursache bei Frauen darstellt.

Wie zu erwarten, wurden die höchsten attributablen Anteile für die Gesundheitsendpunkte „Akuter Herzinfarkt“ (mehr als 14.000 DALYs) und „Schlaganfall“ (mehr als 25.000 DALYs) geschätzt. Auch für die Nichtrauchenden liegt hier ein großes Präventionspotenzial. Dies wird auch anhand der durch die methodischen und datentechnischen Limitationen begrenzten EBD-Schätzungen für diesen Stressor deutlich.

Perfluorierte Organische Verbindungen / Chemikalien

Für die perfluorierten Verbindungen PFOA (Perfluorooctansäure) und PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) wurde geprüft, ob die Voraussetzungen für die Anwendung des EBD-Konzepts derzeit erfüllt werden können. Diese Anforderungen beziehen sich auf die Datenlage zur Exposition der Bevölkerung, auf die Beschreibung expositionsbedingter gesundheitlicher Wirkungen und auf entsprechende Expositions-Wirkungsbeziehungen sowie auf die Zuordnung von *Disability Weights* zu den relevanten gesundheitlichen Endpunkten.

Die Expositionssituation der Bevölkerung Deutschlands kann auf der derzeitigen Datenlage nur unzureichend eingeschätzt werden. Die Relation zwischen für einzelne Regionen vorliegender Humanbiomonitoring-Daten und Daten zur äußeren Exposition (Nahrung, Trinkwasser, Stäube, Kontakt mit Produkten und Verpackungsoberflächen, u. s. w.) ist auf dem derzeitigen Stand der Wissenschaft für Risikoabschätzungen, insbesondere für eine auf alle Altersgruppen bezogene Analyse, noch unzureichend. Aus den in den vergangenen Jahren begonnenen Untersuchungsprogrammen werden aktuell neue Kenntnisse generiert; Reviews, Metaanalysen und zusammenfassende Risikobewertungen (Beschreibung von EWFs) fehlen weitgehend. Für die möglicherweise mit einer inneren Exposition, (beschrieben als PFOA bzw. PFOS im Plasma) verbundenen biologischen Effekte, wie z. B. Veränderung des Fettstoff- und Harnsäurewechsels, Verminderung des anhaltenden Impfschutzes, Änderung des Eintritts der Pubertät/Menarche und Menopause, liegen keine Referenzverteilungen und keine *Disability Weights* vor.

Da in EBD-Wertungen nur solche Effekte einfließen können, für die die oben genannten Anforderungen an die Daten- und Kenntnislage erfüllt sind, ergeben sich für diesen Umwelt-Stressor deutliche Einschränkungen. Die Expositionsbeschreibung der Bevölkerung durch Humanbiomonitoring-Daten ist im üblichen EBD-Konzept nicht verankert, methodische Ansätze müssten erst entwickelt werden. Die Analyse und Bewertung möglicher expositionsbedingter gesundheitlicher Wirkungen von PFOA und PFOS ist aktuell noch nicht hinreichend

abgeschlossen. In der Literatur beschriebene Expositions-Wirkungsbeziehungen basieren auf Einzelstudien und bedürften einer Gesamtbewertung, um EWF-Relationen zu begründen. Eine Risikoabschätzung für die Gesamtbevölkerung wird daher derzeit nicht als realisierbar eingeschätzt. Die wissenschaftliche Diskussion einer Zuordnung von *Disability Weights* zu Effektgrößen, die durch klinische Laborparameter und nicht durch eine Klassifikation von Erkrankungen beschrieben sind, wird zurzeit unter Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven geführt. Für die perfluorierten Substanzen PFOA und PFOS kann aus den vorgenannten Gründen daher derzeit eine fachlich begründbare EBD-Modellierung nicht empfohlen werden.

Gesamtergebnisse

Im VegAS-Vorhaben wurden zusammenfassend die folgenden **Produkte** erarbeitet:

1. Beschreibung des aktuellen Forschungsstandes zur (a) Assoziation zwischen dem jeweiligen Umwelt-Stressor und dem / den identifizierten Gesundheitsendpunkt(en) sowie der aktuellen Datenlage hinsichtlich (b) Gesundheits- und (c) Expositionsdaten, (d) Expositions-Wirkungsfunktionen (EWFs) und (e) *Disability Weights* (DWs);
2. Beschreibung von Forschungslücken;
3. Modellierung stressorspezifischer Exposition in Deutschland;
4. soweit möglich, Berechnung von YLLs, YLDs und DALYs;
5. Diskussion der EBD-Methodik sowie Ausarbeitung und Benennung von Unsicherheiten und Sensitivitäten;
6. Ableitung von Handlungsempfehlungen zum Umgang mit EBD-Schätzungen im Zuge des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes.

Zum Ende der VegAS-Projektlaufzeit wurden die wesentlichen Ergebnisse im Rahmen eines zweitägigen Fachgesprächs im Umweltbundesamt in Berlin externen Sachverständigen vorgestellt, mit diesen erörtert und die Anregungen der Expertinnen und Experten in die abschließenden Arbeiten integriert.

Im Rahmen des VegAS-Vorhabens konnte aufgezeigt werden, wie komplex die Schätzung der gesamten Krankheitslast bereits für einen einzelnen Umwelt-Stressor ist. Die in Abbildung 1 dargestellten Phasen wurden für jeden Umwelt-Stressor, soweit wie möglich, durchgeführt. **DALYs konnten** schließlich für sechs von sieben Umwelt-Stressoren und hier für 11 unterschiedliche Gesundheitsendpunkte **bestimmt werden**, wobei einige (z. B. Lungenkrebs) für mehr als einen Stressor attribuierbar waren. Für fünf Gesundheitsendpunkte war zudem eine Bestimmung von YLLs möglich. Durch die Zusammenstellung unterschiedlichster Daten und Informationen und die exemplarische Schätzung der EBD konnte eine **in Deutschland bislang einmalige Informationsquelle für EBD-Studien** geschaffen und auf ihre Nutzbarkeit hin bewertet werden. So variierte der Umfang, in dem Quantifizierungen zu den Umwelt-Stressoren durchgeführt werden konnten, stark. In diesem Kontext wurden verschiedene **Problemfelder** identifiziert, die die Aussagekraft der Ergebnisse beeinträchtigen können. Dies sind im Folgenden:

- unterschiedliche Verfügbarkeit, Qualität und Übertragbarkeit von Informationen hinsichtlich räumlicher und zeitlicher Expositionsverteilung, Risikogruppen, Gesundheitsendpunkte, Expositions-Wirkungsfunktionen;
- Erfordernis zum Teil starker Vereinfachungen von EBD-Modellen, um zu nutzbaren Ergebnissen zu gelangen (z. T. ohne Berücksichtigung von Kombinationswirkungen, Co-Morbidität und Krankheitsabfolgen);
- Eignung der EBD-Methode vor allem für „etablierte“ Umwelt-Stressoren und assoziierte Gesundheitsendpunkte (aufgrund der Problematik der fehlenden „Vollständigkeit“ von toxikologischen und epidemiologischen Informationen insbesondere für neuartige Umwelt-Stressoren);
- Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast für die verschiedenen Umwelt-Stressoren auf Basis unterschiedlicher Modellansätze;
- Anwendung von *Disability Weights* (DWs) zur Quantifizierung der Krankheitslast, die vor allem aus ethischer, aber auch wissenschaftlicher Sicht kritisch zu bewerten ist;
- Fehlen von DWs für eine ganze Reihe gesundheitlicher Endpunkte, die als adverse Effekte von Umwelt-Stressoren bekannt sind;
- potenzielle Nutzung von EBD-Ergebnissen, die aufgrund der vorgenannten Limitationen in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind, als Grundlage einer anschließenden Priorisierung und Ökonomisierung.

Diese Problemfelder sollten stets zielgruppenspezifisch adressiert und erläutert werden. Die Schätzungen sollten nicht ohne entsprechende Fachkenntnis einzelner Teilergebnisse bzw. Werte verwendet werden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Dies soll jedoch nicht intendieren, dass auf eine Kommunikation der EBD-Ergebnisse und deren Nutzung im Rahmen von Entscheidungsprozessen im gesundheitsbezogenen Umweltschutz verzichtet werden solle. Denn das EBD-Konzept stellt zu allererst einen **Rahmen zur systematischen Erfassung von umweltbedingten Gesundheitsrisiken** dar, der auch eine möglichst objektive Bewertung dieser Risiken einschließt. Letzteres funktioniert bisher nur in eingeschränktem Maße und ruft zu Recht kritische Diskussionen aus den oben genannten Gründen hervor. Dennoch kann und sollte man sich nicht davor verschließen, dass die Ergebnisse von EBD-Analysen und auch die kritische Diskussion um die Objektivierbarkeit einzelner Parameter und um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse bereits heute in weiten Teilen der Welt und in der internationalen Zusammenarbeit Bewertungen und Entscheidungsfindungen unterstützen. Dies wird u. a. deutlich im Rahmen von Interventions-Szenarien, in denen erreichbare Gesundheitsgewinne bei der Regulation einzelner, gut untersuchter Umwelt-Stressoren quantifiziert werden. Beispiele wären hier Reduktionsszenarien zu Passivrauch, Feinstaub oder Arsen (letzteres im Trinkwasser).

Schlussfolgerungen

Die **EBD-Methode ermöglicht** vom Prinzip her eine **Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast** auf Basis vorhandener Daten und erfüllt damit eine wichtige Funktion insofern, als sie die systematische Zuordnung von gesundheitlichen Risiken zu Umwelt-Stressoren unterstützt. Dies wurde im VegAS-Vorhaben an Beispielen demonstriert, die

Stärken und Schwächen offenbart haben. VegAS nutzte die **Stärken** dieser Methode, wobei **Limitationen und Unsicherheiten** sorgfältig berücksichtigt wurden.

Für Deutschland wurden verschiedenste **Datenlücken** identifiziert; zudem ist die Aufbereitung der vorhandenen Daten aufwändig. Für jeden Umwelt-Stressor wurde die Datenlage im VegAS-Vorhaben transparent dargestellt. Um die Schätzungen zu ermöglichen, waren Festlegungen notwendig, die ebenfalls beschrieben werden. Um die Anzahl der Annahmen und Festlegungen auf der Basis der besten verfügbaren, aber eingeschränkten Datenlage zu begrenzen, müssten die Instrumente zur Schätzung nicht verfügbarer epidemiologischer Daten weiterentwickelt werden. Für die weitere Forschung und im Rahmen der Umwelt- und Gesundheitsberichterstattung besteht ferner die Aufgabe, die Datenbasis auch im Bereich der Exposition zu erweitern und vorhandene Lücken in Erhebungen zu schließen.

Insbesondere wurde auch **Forschungsbedarf bezüglich des Umgangs mit Disability Weights** identifiziert, die einerseits als mortalitäts- und morbiditätsverbindende Komponente unerlässlich für das Summenmaß DALY sind, jedoch andererseits durch die zugrunde liegenden Herleitungsmethoden, die ungeklärte Übertragbarkeit und die Annahme einer Universalität der Bewertung von Krankheiten, Beeinträchtigungen und Behinderungen einer methodischen Überprüfung und Weiterentwicklung bedürfen. Denn auch wenn die Berechnung von DALYs nur einen Aspekt des EBD-Konzepts darstellt, so zwingen DALYs sie aufgrund der inzwischen weiten internationalen Verbreitung dazu, offen über eine Bewertung der Risiken zu diskutieren. Diese Bewertung könnte andernfalls, z. B. im Zuge einer primär ökonomisch geleiteten Priorisierung von Maßnahmen, eventuell wenig objektiv und ohne transparent entwickelte Kriterien vorgenommen werden.

Der **Vergleich** der Krankheitslast über **alle** ausgewählten Umwelt-Stressoren im Rahmen eines *Comparative Risk Assessment* ist derzeit auf einem evidenzbasierten, aussagekräftigen und belastbaren Niveau **nicht möglich**. Obwohl für einzelne Stressoren mit guter Datengrundlage eine routinemäßige Anwendung der in diesem Projekt angewendeten EBD-Methodik im Rahmen der gesundheitsbezogenen Umweltberichterstattung in Deutschland grundsätzlich möglich wäre, z. B. um Trends über die Zeit zu beobachten, ist dieses im Hinblick auf einen Vergleich mehrerer Stressoren derzeit nicht geeignet. Dies könnte sich jedoch grundlegend ändern,

1. sofern der epidemiologische Kenntnisstand sowie die Datenlage verbessert würde und
2. zudem die offene Frage einer grundsätzlichen, normativen Gewichtung von gesundheitlichen Einschränkungen über eine breite fachöffentliche und gesellschaftspolitische Diskussion und Legitimation zu einem (vorläufigen) Abschluss gebracht werden könnte.

In diesem Falle könnte die EBD-Methode, unter transparentem Hinweis auf Chancen und Limitationen, als ein wichtiger, jedoch nicht als alleiniger Baustein zur Vorbereitung politischer Entscheidungen und Präventionsmaßnahmen im gesundheitsbezogenen Umweltschutz herangezogen werden. Der ultimative Schritt im EBD-Konzept, der restlos konsentiertere Vergleich der gesundheitlichen Bedeutung aller Umwelt-Stressoren untereinander, ist in

diesem Zusammenhang jedoch theoretischer Natur und wird im Zweifelsfall nie vollkommen erreichbar sein. Dennoch ist dieses übergeordnete Ziel von entscheidender Wichtigkeit, um den Weg zur weiteren Verbesserung der Methode deutlich zu machen und die verschiedenen Optionen zur Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast kritisch diskutieren zu können. Die Erkenntnisse auf diesem Weg sind unverzichtbare Bausteine für die weitere Verbesserung des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes, wie auch die Diskussionen auf dem VegAS-Fachgespräch 2011 und auf weiteren internationalen Fachkonferenzen zwischenzeitlich gezeigt haben. Im Rahmen von VegAS wurden zahlreiche neue Bausteine auf diesem Weg erarbeitet und sollten in diesem Sinne auch genutzt werden.

Literatur

Hierzu sei auf den Abschlussbericht verwiesen.