

Umweltforschungsplan des  
Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Umweltbedingte Krankheitslasten  
Forschungskennzahl 3711 61 221  
UBA-FB-00

**Methodische Grundlagen des Environmental Burden of  
Disease (EBD)-Ansatzes der WHO zur quantitativen Be-  
wertung von umweltbedingten Krankheitslasten - Chan-  
cen, Risiken und Grenzen der Methodik aus naturwissen-  
schaftlicher, rechtlicher und ethischer Perspektive  
(EBDreview)**

von

Tanja Srebotnjak,  
Ecologic Institut, Berlin

Lukas Porsch,  
Ecologic Institut, Berlin

In Zusammenarbeit mit

Rainer Friedrich  
Institut für Energiewirtschaft und rationale Energieanwendung,  
Universität, Stuttgart Stadt

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Juni 2014

## **Kurzbeschreibung**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Methodische Grundlagen des Environmental Burden of Disease (EBD)-Ansatzes der WHO zur quantitativen Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten - Chancen, Risiken und Grenzen der Methodik aus naturwissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Perspektive“ (Kurztitel EBDreview) wurde die Methode der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen, ethischen und rechtlichen Vorzüge und Grenzen untersucht. Die Analyse wurde mit dem Ziel durchgeführt, die politische Entscheidungsfindung bezüglich der Planung und Durchführung einer deutschen EBD Berechnung zu informieren. Es wurden darüber hinaus eine Liste von Umweltstressoren und ihre assoziierten Gesundheitsendpunkte erstellt, die aus deutscher Sicht zum gegenwärtigen Zeitpunkt als auch voraussichtlich in der näheren Zukunft von besonderer Relevanz sind. Eine Literaturrecherche ermittelte die Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (Disability Weights, DWs), die für diese Gesundheitsendpunkte bereits vorliegen und unter Umständen verwendet werden können. Für fehlende bzw. unzulängliche DWs wurde abschließend ein Konzept zur Berechnung ausgearbeitet. Das Projekt knüpft damit an vorangegangene Studien wie VegAS und fortlaufende Projekte wie GENiUS an.

Das EBDreview Forschungsvorhaben wurde entsprechend des Angebots im Rahmen der zugrunde gelegten Finanzplanung durchgeführt. Eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes bis zum 31. März 2014 war aufgrund eines technischen Problems notwendig und ermöglichte die Einarbeitung der Ergebnisse des Fachgesprächs sowie die sorgsame Fertigstellung des Abschlussberichts.

## **Abstract**

The research project “Methodological Foundations of the WHO Environmental Burden of Disease (EBD) approach – opportunities, risks and limitations from scientific, legal and ethical perspectives” (project acronym EBDreview) examined the methodological details of the WHO approach to calculate the environmental burden of disease with respect to its scientific, ethical and legal advantages and limitations. The analysis was conducted with the aim to support political decision processes regarding the feasibility to conduct a German EBD study. The research project further developed a list of environmental stressors and their associated health endpoints, which are considered highly relevant currently and in the near future for the German context. An in-depth literature research identified the disability weights for these health endpoints as far as they are available and potentially applicable for a German EBD study. For the missing disability weights the project proposes a framework for their determination. The project overall ties into two other UBA-funded research projects: the VegAS project and the ongoing GENiUS project.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungen .....	10
I. Zusammenfassung .....	12
I.I Stärken und Grenzen der WHO EBD Methode aus naturwissenschaftlicher, ethischer und rechtlicher Perspektive .....	13
I.II Auswahl und Priorisierung derzeit und zukünftig potenziell bedeutsamer Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte.....	25
I.III Bestimmung existierender DWs .....	28
I.IV Entwicklung eines Konzepts zur Bestimmung fehlender DWs .....	28
I.V Relevanz des Forschungsvorhabens .....	29
II. Summary .....	31
II.I Strengths and Limitations of the WHO EBD method from a scientific, ethical and legal perspective .....	31
II.II The Selection and Priorisation of Current and Future Potentially Relevant Environmental Stressors and Associated Health Endpoints .....	41
II.III Identification of Existing Disability Weights .....	44
II.IV Development of a Concept for Determining Missing Disability Weights .....	44
II.V Relevance of the Research Project.....	45
1. Projektkontext .....	47
2. Hintergrund.....	48
2.1 Die Burden of Disease Methode und die Berechnung der globalen Krankheitslast.....	48
2.2 Die umweltbedingte Krankheitslast .....	50
2.3 Die Berechnung der WHO EBD - Kurzeinführung in die wichtigsten Konzepte und Verfahren .....	51
2.4 Kritik an der EBD-Methode der WHO .....	55
3. Projektziele und Vorgehen.....	56
3.1 Ziele.....	56
3.2 Vorgehen.....	56
4. Vor- und Nachteile der EBD-Methode der WHO.....	57
4.1 Neuerungen in der GBD2010.....	58
4.2 Ergebnisse.....	59
5. Auswahl relevanter Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte.....	77

5.1	Problemstellung.....	77
5.2	Vorgehen.....	79
5.2.1	Schritt 1 - A-priori Eingrenzung der potenziellen Kandidaten.....	79
5.2.2	Schritt 2 – Kandidatenerfassung .....	80
5.2.2.1	Statistiken zum Gesundheitszustand sowie Todesursachen .....	80
5.2.2.2	DALY-Bewertung .....	83
5.2.2.3	Zukünftige Umweltstressoren - Klimawandel .....	92
5.2.2.4	Neue Erkenntnisse zur durch Luftverschmutzung verursachten Krankheitslast.....	93
5.2.3	Schritt 3 – Erstellung der endgültigen Kandidatenliste.....	107
5.2.4	Schritt 4 – Erstellen der Rangordnung der Kandidaten.....	110
5.2.5	Rechtliche Aspekte für die Auswahl der wichtigsten Stressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte .....	113
6.	Suche nach vorhandenen Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (DWs).....	116
6.1	Problemstellung.....	116
6.2	Literatursuche .....	116
6.3	Ergebnisse.....	118
7.	Konzept zur Ermittlung noch fehlender DWs für Deutschland.....	130
7.1	Methodische Ansätze: .....	130
7.1.1	Time Trade-Off Methode (TTO) .....	130
7.1.2	Person Trade-Off Methode (PTO) .....	132
7.1.3	Standard Gamble Methode (SG).....	133
7.1.4	Rating Scale / Visual Analog Scale Methode (VAS) .....	135
7.1.5	Weitere Methoden / Pairwise Comparison .....	136
7.1.6	Rechtliche Aspekte .....	136
7.1.7	Auswahl des Umfragepanels.....	137
7.1.8	Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit von DWs .....	138
7.1.9	Konzept für die Ermittlung fehlender DWs in Deutschland .....	139
8.	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse .....	142
8.1	Methodische Erkenntnisse und Fortschritte.....	142
8.2	Limitationen .....	143
8.3	Schlußfolgerungen und Vernetzung mit anderen Forschungsprojekten.....	144
9.	Bibliografie .....	145
10.	Appendix I – Glossar .....	164

11. Appendix 2 – Langform der Tabelle der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode .....	166
12. Appendix 3 – Weitere Statistische Daten und Effektschätzungen .....	212
13. Appendix 4 – Vollständige Tabelle der Kandidatenliste der Umweltstressoren .....	219
14. Appendix 5 – Spinnendiagramme .....	260
15. Appendix 6 – Protokoll des Fachgesprächs vom 20. September 2013 .....	273

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung I-I: Spinnendiagramm für Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ) .....	26
Abbildung 2-I: Expositionsbasierter Ansatz zur Berechnung EBD nach WHO.....	52
Abbildung 2-II: Modell 1A zur Verwendung des relativen Risikos in der Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast in einer Bevölkerung .....	53
Abbildung 2-III: Modell 2B zur Verwendung des Unit Risikos in der Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast in einer Bevölkerung.....	54
Abbildung 5-I: Spinnendiagramm für PM <sub>0,1</sub> .....	111
Abbildung 5-II: Spinnendiagramm für NO <sub>x</sub> .....	112
Abbildung 5-III: Spinnendiagramm für Arsen.....	112
Abbildung 10-I: Altersgewichtung als Funktion verschiedener Werte für K. ....	164
Abbildung 13-I: Spinnendiagramm für PM <sub>0,1</sub> .....	260
Abbildung 13-II: Spinnendiagramm für PM <sub>2,5</sub> .....	260
Abbildung 13-III: Spinnendiagramm für PM <sub>10</sub> .....	261
Abbildung 13-IV: Spinnendiagramm für Ruß (Diesel).....	261
Abbildung 13-V: Spinnendiagramm für bodennahes Ozon .....	262
Abbildung 13-VI: Spinnendiagramm für NO <sub>x</sub> .....	262
Abbildung 13-VII: Spinnendiagramm für NO <sub>2</sub> .....	263
Abbildung 13-VIII: Spinnendiagramm für SO <sub>2</sub> .....	263
Abbildung 13-IX: Spinnendiagramm für Blei.....	264
Abbildung 13-X: Spinnendiagramm für Arsen.....	264
Abbildung 13-XI: Spinnendiagramm für Aluminium.....	265
Abbildung 13-XII: Spinnendiagramm für Nickel .....	265
Abbildung 13-XIII: Spinnendiagramm für Cadmium.....	266
Abbildung 13-XIV: Spinnendiagramm für Quecksilber.....	266
Abbildung 13-XV: Spinnendiagramm für Klimawandel .....	267
Abbildung 13-XVI: Spinnendiagramm für Lärm.....	267
Abbildung 13-XVII: Spinnendiagramm für Radon .....	268

Abbildung 13-XVIII: Spinnendiagramm für SCCPs .....	268
Abbildung 13-XIX Spinnendiagramm für MDA .....	269
Abbildung 13-XX: Spinnendiagramm für Phthalate.....	269
Abbildung 13-XXI: Spinnendiagramm für Trichlorethen .....	270
Abbildung 13-XXII: Spinnendiagramm für Benzol.....	270
Abbildung 13-XXIII: Spinnendiagramm für SHS.....	271
Abbildung 13-XXIV: Spinnendiagramm für Inneraumstressoren.....	271
Abbildung 13-XXV: Spinnendiagramm für Furane und Dioxine.....	272

## Tabellenverzeichnis

Tabelle I-I: Klassifikation der Quellen in der Literaturdatenbank.....	13
Tabelle I-II: Vor- und Nachteile der EBD-Methode der WHO (Kurzform der Tabelle in Appendix 2) .....	15
Tabelle I-III: Auswahlkriterien für die Kandidatenstressoren.....	25
Tabelle I-IV: Rangordnung der Umweltstressoren anhand des Flächeninhalts des Pentagons der 5 Bewertungskriterien. ....	27
Tabelle I-V: Gesundheitsendpunkte ohne existierende DWs.....	28
Tabelle 4-I: Klassifikation der Quellen in der Literaturdatenbank.....	57
Tabelle 4-II: Schematische Zusammenstellung der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode.....	62
Tabelle 4-III: Liste der Kriterien zur Bewertung der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode.....	63
Tabelle 4-IV: Kurzform der Tabelle zu den Vor- und Nachteilen der EBD- Methode.....	67
Tabelle 5-I: Zusammenfassung der Bewertungskriterien und ihrer Beurteilungskategorien für die Auswahl relevanter Umweltstressoren .....	78
Tabelle 5-II: Häufigste Todesursachen in Deutschland und ihre nachgewiesenen assoziierten Umweltstressoren (Stand 2011).....	81
Tabelle 5-III: Die wichtigsten Umweltstressoren nach DALYs pro Person/Jahr innerhalb Europas (Bearbeitungsstand Juni 2013).....	85
Tabelle 5-IV: Übersicht zur Mortalität und Frequenz von Krankenhauseinweisungen als Funktion der täglichen maximalen 1-stündigen bodennahen Ozonkonzentration .....	96
Tabelle 5-V: Relative Risiken der Mortalität für NO <sub>2</sub> im dualen Schadstoffmodell zwischen NO <sub>2</sub> und PM (WHO, 2013). ....	98
Tabelle 5-VI: Niedrigste Effektdosen für NO <sub>2</sub> (WHO, 2013) .....	102
Tabelle 5-VII: Lebenszeitprävalenz für Kinder von 3-17 Jahren .....	107
Tabelle 5-VIII: Endgültige Kandidatenliste der Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte .....	108
Tabelle 5-IX: Rangordnung der Umweltstressoren anhand des Flächeninhalts des Pentagons der 5 Bewertungskriterien .....	115
Tabelle 6-I: Liste der von BoD-/EBD Studien, die für die Auswahl von DWs in Betracht gezogen wurden. ....	117
Tabelle 6-II: Übersicht über vorhandene DWs in den ausgewählten Studien.....	119
Tabelle 7-I: Übersicht der Kriterien zur Auswahl der Methodik für die Berechnung von DWs .....	140
Tabelle 14-I: Teilnehmerliste des Fachgesprächs .....	273

## Abkürzungen

BBP	Benzylbutylphthalat
BoD	Burden of Disease (Krankheitslast)
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DALY	Disability-adjusted Life Year (verlorene gesunde Lebensjahre)
DBP	Dibutylphthalat
DEHP	Bis(2-ethylhexyl)phthalat
DW	Disability Weight (Gewichtungsfaktor für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung)
EBD	Environmental Burden of Disease (umweltbedingte Krankheitslast)
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
MDA	4,4'-Diaminodiphenylmethan
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxid
NTD	Neglected Tropical Diseases (vernachlässigte tropische Krankheiten)
O <sub>3</sub>	bodennahes Ozon
Pb	Blei
PM	Particulate Matter (Feinstaub)
PM <sub>0,1</sub>	Particulate Matter (Feinstaub) mit einem radialen Durchmesser von nicht mehr als 0,1 Mikrometer
PM <sub>2,5</sub>	Particulate Matter (Feinstaub) mit einem radialen Durchmesser von nicht mehr als 2,5 Mikrometer
PM <sub>10</sub>	Particulate Matter (Feinstaub) mit einem radialen Durchmesser von nicht mehr als 10 Mikrometer
PYLL	Potential Years of Life Lost (Anzahl der Tod vor Vollendung des 65. Lebensjahres verlorenen Lebensjahre)
SCCPs	short-chained chloro-paraffines (kurzkettige Chlorparaffine)
SHS	Second-Hand Smoke (Passivrauchen)
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
YLD	Years Lived with Disability (mit Beeinträchtigung gelebte Lebensjahre)
YLL	Years of Life Lost (verlorene Lebensjahre)
QALY	Qualitätsadjustierte Lebensjahre



# Zusammenfassung

## I. Zusammenfassung

*Im Dezember 2011 wurde dem Projektkonsortium bestehend aus dem Ecologic Institut in Berlin und dem Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) an der Universität Stuttgart (Unterauftragnehmer) vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplans 2011 das Vorhaben „Methodische Grundlagen des Environmental Burden of Disease (EBD)-Ansatzes der WHO zur quantitativen Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten - Chancen, Risiken und Grenzen der Methodik aus naturwissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Perspektive“ (Kurztitel: EBDreview) zugewiesen. Das Vorhaben hatte eine Gesamtlauzeit von 25 Monaten.*

*Im Projekt wurde die Methode der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen, ethischen und rechtlichen Vorzüge und Grenzen untersucht. Die Analyse wurde mit dem Ziel durchgeführt, die politische Entscheidungsfindung bezüglich der Planung und Durchführung einer deutschen EBD Berechnung zu informieren. Im Detail trug das EBDreview-Vorhaben dazu bei:*

- *die Verwendbarkeit der WHO EBD-Methode für Analysen der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland zu untersuchen,*
- *die vorausschauende Vorbereitung und Erweiterung von EBD-Analysen in Deutschland in Anbetracht sich verändernder Umwelt- und Klimabedingungen zu fördern und*
- *erste konzeptionelle Vorschläge zu erarbeiten, wie fehlende Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlichen Einschränkungen (DWs) für Deutschland berechnet werden können.*

*Die im Rahmen des Forschungsvorhabens zu liefernden Ergebnisse umfassen:*

- *die tabellarische Zusammenstellung der Vor- und Nachteile der EBD-Methode getrennt nach naturwissenschaftlichen, rechtlichen und ethischen Gesichtspunkten anhand eines zu entwickelnden Kriterienkatalogs;*
- *die Entwicklung von Kriterien für die Auswahl und Priorisierung derzeit und zukünftig potenziell bedeutsamer Umweltstressoren in Deutschland sowie die Erstellung einer Liste und Kurzbeschreibung von 10 - 15 potenziell bedeutsamen Umweltstressoren und ihrer assoziierten gesundheitlichen Beeinträchtigungen;*
- *eine Liste der verfügbaren DWs für die mit den ausgewählten Umweltstressoren assoziierten gesundheitlichen Beeinträchtigungen (z. B. aus WHO- oder nationalen Studien);*
- *eine Liste der gesundheitliche Einschränkung für die bisher keine DWs vorliegen; sowie*
- *ein Vorschlag für ein Rahmenkonzept zur Herleitung der fehlenden DWs in Deutschland unter Berücksichtigung der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse.*

*Im Folgenden werden die einzelnen Projektergebnisse zusammenfassend dargestellt. Weitere Details zur Vorgehensweise und Resultaten können den Kapiteln 3 bis 7 des Abschlußberichts entnommen werden.*

## I.1 Stärken und Grenzen der WHO EBD Methode aus naturwissenschaftlicher, ethischer und rechtlicher Perspektive

*Für die Erfassung der in der Literatur diskutierten Vor- und Nachteile der EBD Methode wurde eine umfassende Internet-basierte Literaturrecherche durchgeführt sowie eine Literaturdatenbank erstellt. Die Bandbreite der gesammelten wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind in Tabelle I-1 zusammengefasst. Gesammelt wurden ausschließlich wissenschaftlich referierte Artikel, Forschungsberichte bzw. technische Veröffentlichungen (technische Berichte, die nicht in wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht wurden bzw. Informationen aus Instituten und Medien).*

*Zur Bewertung der Vor- und Nachteile wurde in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, Umweltbundesamt (UBA) ein Kriterienkatalog erarbeitet, mit dessen Hilfe die Vorzüge, Unsicherheiten und Kritiken an der EBD Methode systematisch erfasst und ihre Relevanz aus deutscher Sicht bewertet wurden.*

Tabelle I-1: Klassifikation der Quellen in der Literaturdatenbank

Thematik	Studien, Berichte, Kommentare
Globale BoD-Studien	65
Globale EBD-Studien	37
Regionale, nationale und sub-nationale Studien zu EBD und BoD	12
Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (Beeinträchtigungsgewichte)	31
Diskontierung	15
Kosten-Nutzen-Schätzung	7
Unsicherheit und Datenqualität	5
Nicht klassifiziert	32

*Die Ermittlung der umweltbedingten Krankheitslast beinhaltet eine umfangreiche Anzahl an Berechnungsschritten. Viele dieser Schritte sind technischer Natur aber einige erfordern Entscheidungen, die implizite Annahmen, Werte und Normen beinhalten. Diese Berechnungsschritte und die in ihnen getroffenen Entscheidungen sind hier zusammengetragen und das Subjekt der Analyse hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen, ethischen und rechtlichen Stärken und Grenzen:*

- *Berechnung der verlorenen Lebensjahre (DALY) allgemein,*
- *Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitliche Einschränkung (DWs)*
- *Standardlebenserwartung*
- *Altersgewichtung,*
- *Diskontierung,*
- *Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs) und zurechenbarer Effektanteil,*
- *Begleiterkrankungen (Komorbiditäten), und*
- *Zeitliche Verzögerung.*

*Die Ergebnisse der Methodenanalyse wurden in Kurz- und Langform tabellarisch erfasst. Die Kurzform ist eine gestraffte Zusammenfassung der Ergebnisse für Entscheidungsträger und ist in der folgende Tabelle I-II dargestellt. Die Langform befindet sich in Appendix 2.*

Tabelle I-II: Vor- und Nachteile der WHO EBD Methode (Kurzform der Tabelle in Appendix 2)

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
1	Methodischer Ansatz der DALY-Berechnung	Wissenschaftlich	Wissenschaftlich fundierter, in sich konsistenter Ansatz; weltweit die am häufigsten verwendete Methode zur Berechnung des aggregierten Gesundheitszustandes; vereinigt und baut auf mehreren Konzepten auf (z.B. Anregungen von Sullivan, PYLL)	Bickenbach (2008), Michaud et al. (2001), Murray et al. (1996a,b), Murray et al. (1994), Murray (1994)	+
2			Unvollständige Erfassung des kumulativen Einflusses von Krankheiten mit geringfügiger chronischer Beeinträchtigung.	Mathers et al. (2007), Cohen (2000)	-
3			Ein Kernproblem in der DALY-Methode ist die Verwendung von Krankheits-kategorien, welche ätiologische und undifferenzierte Syndrome als separate Krankheitskategorien klassifizieren. Die von der DALY-Methode benutzte Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und assoziierter Gesundheitsprobleme ist außerdem nicht geeignet, vermeidbare Ursachen von Krankheiten zu definieren und klassifizieren, weil die Internationale Klassifizierung der Krankheiten (ICD) nur Krankheiten und Symptome betrachtet, aber nicht ihre Ursachen.	King & Bertino (2008)	-
4			Die Schätzung der Lebensjahre, die durchschnittlich mit einer bestimmten Behinderung gelebt werden, ist komplex und mit vielen Unsicherheiten behaftet. Es ist darüber hinaus eine über eine größere Bevölkerungszahl gemittelte Kennzahl.	Mathers (2005)	-

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
5		Rechtlich	Die Gleichsetzung von Behinderung mit qualitativer/funktionaler Einschränkung der Lebensqualität durch (a) Abwertung eines Lebensjahres mit Behinderung (dignity objection) und (b) Minderung des Wertes von ex-ante Gesundheitsergebnissen von Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (justice objection) ist problematisch.	Bickenbach (2008)	-
6		Ethisch	DALY ist keine wertneutrale Maßeinheit. Die Gleichsetzung von Behinderung mit qualitativer/funktionaler Einschränkung der Lebensqualität durch (a) Devaluierung eines Lebensjahres mit körperlicher Beeinträchtigung (dignity objection) und (b) Minderung des Wertes von ex-ante Gesundheitsergebnissen von Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (justice objection) ist problematisch.	King & Bertino (2008), Bickenbach (2008)	-
7			Die Rangordnung von Krankheiten nach DALYs und darauf aufbauende Gesundheitsplanung stimmt nicht unbedingt mit den Präferenzen der Bevölkerung überein. DALYs sind als Mittel zur Ressourcenallokation im Gesundheitswesen ethisch und moralisch umstritten.	Cohen (2000), Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008), Murray (1994)	-

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
8	Definition von Behinderung	Wissenschaftlich	Der Fachbegriff Behinderung wurde im Rahmen der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) ausgewählt, da Handicap zu sehr im sozio-ökonomischen und kulturellen Kontext zu sehen ist und da-durch vorhandene Ungleichheiten (inequalities) weiter verstärken würde. ICF misst Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnehmerrestriktionen (participation restrictions). Behinderung ist auch im Kontext von Bedarf für medizinische Versorgung und gesellschaftlicher Ein- bzw. Ausgrenzung zu sehen: körperliche Beeinträchtigung (impairment) berücksichtigt den medizinischen Versorgungsbedarf und die Behinderung (disability), welche auch soziale, gesellschaftlich verursachte Barrieren beinhaltet.	Cohen (2000) , Bickenbach (2008)	0
9		Rechtlich	Es herrscht immer noch Unklarheit darüber was das D in DALYs bedeutet, bzw. wie es definiert ist, was rechtliche Konsequenzen haben kann. Behinderung ist ein sozial-geschaffener Nachteil (eine Kritik, die auch in der United Nations Convention for the Rights and Freedoms of Persons with Disabilities diskutiert wird). Auf der anderen Seite erleichtert die DALY-Methode es den Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen ein Recht auf medizinische Versorgung einzufordern.	Bickenbach (2008)	-
10		Ethisch	Die DALY-Methode vertritt das medizinische Modell von Behinderung, welches dem sozialen Modell von Behinderung (Michael Oliver '[d]isability has nothing to do with health', Disability is socially-created disadvantage) widerspricht. Das Vorhandensein einer gesundheitlichen Komponente im körperlichen/geistigen Wohlbefinden bestimmt nicht das gesamte Empfinden von Behinderung für den/die Betroffene(n).	Bickenbach (2008)	0

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
11	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkung	Wissenschaftlich	Durch die erzwungene Vermeidung der mehrfachen Zählung verlorener Lebensjahre werden Komorbiditäten übersehen, obwohl sie beispielsweise bei den sogenannten „vernachlässigten tropischen Krankheiten“ (neglected tropical diseases, NTD) sehr häufig sind. Die Berechnung der DWs führt zu Verzerrungen (Untergewichtung) chronischer aber nicht lebensbedrohlicher Einschränkungen.	King & Bertino (2008)	-
12			Es wird angestrebt, DWs als kardinale (0-1) Gewichte für gesundheitliche Dekremente zu bestimmen, d.h. als kontextunabhängige Komponenten von körperlicher Beeinträchtigung.	Cohen (2000)	0
13		Ethisch	Der Kontext ist bedeutsam für die Bestimmung der DWs: Blindheit in einem Land wie Großbritannien ist nicht so belastend wie Blindheit in Niger.	Reidpath (2003)	0
14		Rechtlich	Das DALY-Konzept unterstützt das neue und akzeptierte ICF-Modell der WHO, welches Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnahme-restriktionen (participation restrictions) verwendet.	Bickenbach (2008)	0
15	Diskontierung	Wissenschaftlich	Die Methode der Diskontierung wird häufig von Ökonom/-inn/en verwendet, um den Netto-Kapitalwert (net-present-value) zu bestimmen und ist theoretisch fundiert. Diskontierungsrate ist als Parameter in der DALY-Berechnung steuerbar.	Murray et al. (1994)	0
16		Ethisch	Die aus der Verwendung von Diskontierungsraten entstehenden Folgen (z.B. die niedrigere Gewichtung von Lebensjahren, die weit in der Zukunft liegen, d.h. von heutigen Kindern) sind nicht akzeptabel. Die Bestimmung des Wertes eines Lebensjahres mit Behinderung durch die Person Trade-Off Methode (PTO) ist umstritten.	Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008)	-



Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
17	Lebenserwartung	Rechtlich	Diskontierung ist ein Konzept, welches im juristischen Sinne vertretbar ist, da es ermöglicht jetzige und zukünftige Kosten realistischer miteinander zu vergleichen (allerdings kommt dabei der Wahl der Diskontierungsrate wichtige Bedeutung zu). Die Diskontierungsrate kann auch an die jeweiligen Umstände und Präferenzen angepasst werden (z.B. auf Null gesetzt werden)	Murray (1994) Farber & Hemmersbaugh (1993)	0
18		Wissenschaftlich	Die Verwendung von geschlechterspezifischen Standardlebenserwartungen reflektiert die Tatsache, dass Frauen in der Regel eine höhere statistische Lebenserwartung haben als Männer. Orientierung an Japans Lebenserwartung (der höchsten in der Welt) dient lediglich dem Zweck, die YLLs für alle potenziell möglichen Lebensjahre zu berechnen, (der Bevölkerungsanteil über der gewählten Standardlebenserwartung für Frauen bzw. Männer trägt damit nicht zur Summe der YLLs bei).	Murray (1994)	0
19		Ethisch	Die Wahl der Lebenserwartungen ist recht anwendungsorientiert und von statistischen Überlegungen getrieben. Dempsey forderte, dass die für eine jeweilige Kohorte übliche Durchschnittslebenserwartung bei der Geburt verwendet werden sollte. Romeder & McWhinnie schließen das erste Lebensjahr aus, um eine zu starke Beeinflussung der YPLL (years of potential life lost) durch die Säuglingssterblichkeit zu verringern. In der DALY-Berechnung ist die Standardlebenserwartung von einer auf den produktiven Nutzen fokussierten Perspektive (utility perspective) beeinflusst.	Murray (1994), King & Bertino (2008)	0
20		Rechtlich	Durch die Verwendung unterschiedlicher Lebenserwartungen werden, wenn alle anderen Faktoren unbeachtet bleiben, einem Lebensjahr unterschiedliche DALYs zugewiesen und das schränkt die länderübergreifende Vergleichbarkeit ein.	Anand & Hanson (1997)	-

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
21	Altersgewichtung	Wissenschaftlich	Altersgewichte reflektieren die Annahme, dass die Lebensphasen von Personen unterschiedlich produktiv sind (das von den Autoren zitierte Beispiel bezieht sich darauf, dass Personen zwischen 10 und 45 Jahren produktiver sind als Kinder und ältere Personen). Diese Annahme kann durch einen Parameter (k-Wert) im DALY-Modell gesteuert werden.	Murray et al. (1994)	-
22		Ethisch	Altersgewichte sind prinzipiell normativer Natur, werden aber explizit und implizit in vielen Ländern und Kulturen angewendet.	Murray (1994)	-
23		Rechtlich	Altersdiskriminierung bezeichnet eine soziale und ökonomische Benachteiligung von Einzelpersonen oder von Personengruppen aufgrund ihres Lebensalters. In der Charta der Grundrechte der Europäischen Union ist ein Verbot von Altersdiskriminierung enthalten. Das Grundgesetz Deutschlands kennt kein ausdrückliches Diskriminierungsverbot aufgrund des Alters. Jedoch wird im allgemeinen Gleichheitssatz des Artikels 3, Absatz 1, generell die Gleichheit aller Menschen vor dem Gesetz als Grundrecht festgeschrieben.	Charta der Grundrechte der EU (EU, 2000), Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland (Dt. Bundestag, 2014)	-
24	Monokausalität	Wissenschaftlich	Die Verwendung der ICD hat den Effekt, dass DALYs hauptsächlich auf monokausaler Basis berechnet werden.	WHO (2008)	-
25		Ethisch	--		

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
26		Rechtlich	--		
27	Komorbidität	Wissenschaftlich	Die exakte Anzahl und Art an Komorbiditäten ist gewöhnlich unbekannt und es gibt keine entsprechenden DWs. In der GBD2010 werden daher Korrekturfaktoren auf der Basis eines multiplikativen Modells verwendet. Weitere Verbesserungen sind nötig für die Schätzung von nicht unabhängigen Komorbiditäten.	van Baal et al. (2006), Mathers et al. (2007), Murray et al. (2012)	-
28		Ethisch	--		
29		Rechtlich	--		
30	Datenlage	Wissenschaftlich	Die GBD2010 erstellt durch das IHME <sup>1</sup> , beruht auf der weltweit größten Datensammlung. Mehr als 10.000 individuelle Datensätze und Studien wurden für die GBD ausgewertet. Dennoch sind Daten zur Ursache der globalen Mortalität noch unvollständig und nicht von Land zu Land vergleichbar und führen insbesondere zu einer Unterschätzung der Krankheitslast in Entwicklungsländern.	Murray et al. (1994), King & Bertino (2008)	+

<sup>1</sup> Institute for Health Metrics and Evaluation

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
31			Für vernachlässigte tropische Krankheiten (NTDs) ist es schwierig, das relative Risiko einzelner Krankheitsverursacher zu identifizieren, da oftmals multiple pathogene Infektionen vorliegen und die epidemiologischen Studien nicht groß bzw. detailliert genug sind. Es ist auch wichtig additive und synergistische Effekte multipler NTDs zu messen. Diese sind in der DALY-Methode nicht berücksichtigt.	King & Bertino (2008)	-/0
32			Mehrzahl der Datensätze stehen für Krankheiten der Kategorie I (übertragbare Krankheiten, ernährungsbedingte Krankheiten, Kinderkrankheiten sowie Komplikationen während und nach der Schwangerschaft) und nicht für Kategorie II (nichtübertragbare Krankheiten) und III (Verletzungen) zur Verfügung. Es besteht außerdem das Problem der Nutzung regionaler Daten bzw. Mittelwerte oder Quotienten für YLD und YLL für Länder mit unzureichenden oder gänzlich fehlenden Daten.	Mathers (2005)	-/0
33		Ethisch	Die GBD erlaubt eine ansonsten nicht mögliche vergleichende Betrachtung der Krankheitslast der Gesamtbevölkerung bzw. großer Bevölkerungsteile. Wenn der Ansatz auch nicht perfekt angelegt ist, so ist er dennoch ethisch gerechtfertigt, wenn dadurch auf objektive Art und Weise Mittel bereitgestellt und verteilt werden können, um den Betroffenen zu helfen. Die Entscheidungskriterien für etwaige Ressourcenallokationen sollten jedoch von der GBD unabhängig sein und müssen daher getrennt beurteilt werden.	Murray et al. (1994)	+
34			Bevölkerungsstudien zu Krankheiten mit geringen gesundheitlichen Einschränkungen sind oft durch kleine Stichproben limitiert und können so die Effekte statistisch nicht ausreichend akkurat erfassen.	King & Bertino (2008)	-

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
35			Die Entwickler der DALY-Methode unterscheiden nicht zwischen Berechnung der Krankheitslast einer Bevölkerung und der Allokation von Ressourcen. Die Informationsbedürfnisse für beide Aspekte sind sehr unterschiedlich.	Anand & Hanson (1996)	-
36		Rechtlich	--		
37		Wissenschaftlich	--		
38	Datenschutz	Ethisch	--		
39		Rechtlich	Datenschutzaspekte werden berücksichtigt.	Murray et al. (1994)	-
40	Benutzung für die Ressourcenallokation	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode wurde u. a. zu dem Zweck entwickelt, die Kosten-Nutzen optimierte Verteilung von Ressourcen zu verbessern, auch wenn Fragen/Kritiken hinsichtlich der Fairness verstärkt berücksichtigt werden müssen.	Michaud et al. (2001)	-/0

Nr.	Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
41		Ethisch	Die Allokation von Ressourcen zur Bekämpfung eines Risikofaktors ist nur dann möglich, wenn er auch Teil der GBD ist.	Cohen (2000)	-
42		Rechtlich	Die Nutzung von DALYs zur Bestimmung von Ressourcenallokation ist intrin-sisch normativ und kann daher nur in Einklang mit der jeweiligen Rechts-situation (z. B. hinsichtlich der unterschiedlichen Bewertung von Alter und Geschlecht), des bestehenden sozialen Weltbildes und moralischer Normen entschieden werden.	Anand & Hanson (1997)	-/0

## I.II Auswahl und Priorisierung derzeit und zukünftig potenziell bedeutsamer Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte

Die Auswahl relevanter Umweltstressoren geht im Wesentlichen davon aus, dass der Stressor einen wesentlichen Beitrag zur gesamten bzw. zur umweltbedingten Krankheitslast in einer Bevölkerung leistet. Diese Annahme ist jedoch nicht nur zu einfach, sondern auch unnötigerweise einschränkend. Eine umfassende Einbeziehung aller relevanten Aspekte von Exposition und Gesundheitseffekten ist nicht möglich. Um die Liste potenzieller Umweltstressoren daher besser zu definieren und einzuschränken, wurden folgende Auswahlkriterien mit berücksichtigt (siehe Tabelle I-III).

Tabelle I-III: Auswahlkriterien für die Kandidatenstressoren

Kriterium
Welche Bevölkerungsgruppen sind primär vom Umweltrisiko betroffen?
Welche rechtlichen oder ethischen Aspekte müssen beim Umweltstressor berücksichtigt werden
Wahrscheinlichkeit und Schweregrad des stressorbedingten Risikos
Potenzial zukünftig zu einem wichtigen Umweltrisiko zu werden
Heilungschancen (mit dem derzeitigen Wissensstand und Ressourcen)
Kostenverteilung

Folgende Quellen wurden für die Suche nach potenziellen Stressoren herangezogen:

- Statistiken zum Gesundheitszustand sowie Todesursachen,
- existierende EBD- bzw. BoD-Berechnungen zu Querschnittsbetrachtungen,
- Literatur zum Klimawandel und sich abzeichnender zukünftiger Stressoren,
- neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Expositions-Wirkungspfaden von Luftschadstoffen,
- neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Gesundheitsauswirkungen von Arsen, Cadmium, Nickel, Quecksilber und Blei,
- Chemikalien der REACH Prioritätenliste,
- Umweltstressoren, die politisch an Bedeutung gewinnen und
- Stressoren, die insbesondere gefährdete Bevölkerungsgruppen betreffen.

Anschließend wurde für jeden Umweltstressorkandidaten und Gesundheitsendpunkt erfasst, inwiefern bereits Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs), zurechenbare Anteile (AFs), Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad gesundheitlicher Beeinträchtigung und DALYs existieren. Die Expositions-Wirkungspfade zwischen Stressor und Gesundheitsendpunkten wurden ebenfalls der wissenschaftlichen Literatur entnommen und zusammengefasst. Für die Gesundheitsendpunkte wird die ICD-10-Klassifikation der Krankheiten zugrunde gelegt soweit die zitierten Studien nicht davon abweichen.

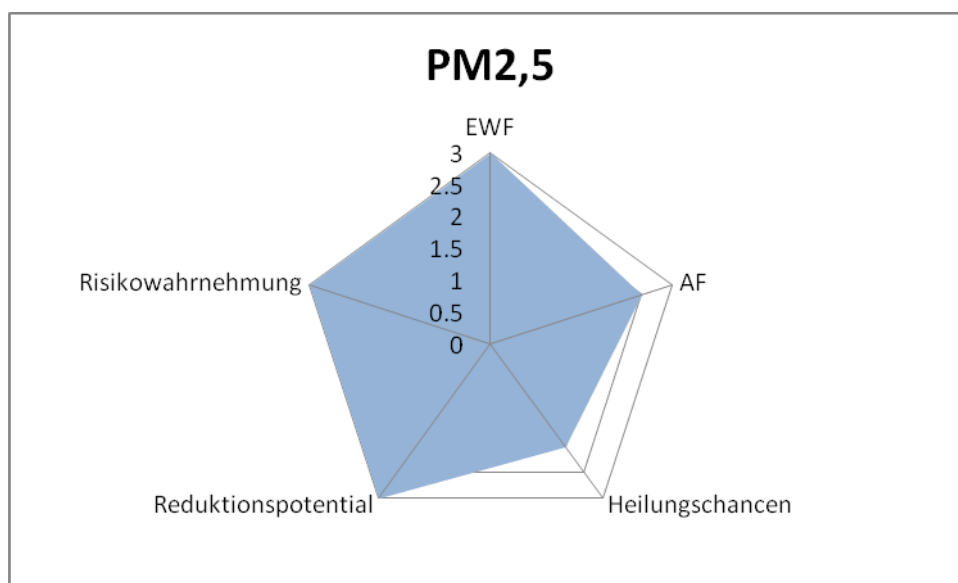
Für die endgültige Liste wurde ein mehrdimensionales Entscheidungssystem verwendet, welches das Ausmaß der durch den Stressor verursachten Krankheitslast als eines unter mehreren Kriterien in Betracht zieht. Im Fachgespräch wurde dazu eine Diskussionsrunde durchgeführt und Konsens für die Verwendung der folgenden Kriterien erzielt:

- dem Umweltstressor zurechenbare Fraktion (AF)

- *Vorhandensein und Stärke der EWFs zu Querschnittsbetrachtungen*
- *Heilungschancen*
- *Potenzielle Reduktion der Krankheitslast, wenn der Stressor reduziert oder eliminiert ist*
- *Gesellschaftliches versus individuelles wahrgenommenes Risiko*

*Um die Bewertung der Stressoren zu vereinfachen, wurde den Kriterien für jeden Stressor und Gesundheitsendpunkt ein Punktwert zwischen 0 (nicht erfüllt, bzw. geringe Relevanz) bis 3 (komplett erfüllt bzw. hohe Relevanz) zugeordnet und diese anschließend als fünfdimensionales Spinnendiagramm dargestellt. Das Spinnendiagramm für PM<sub>2,5</sub> (Particulate Matter) ist hier beispielhaft dargestellt (Abbildung I-I), die komplette Serie an Spinnendiagrammen befinden sich im Appendix 5 des Abschlussberichts.*

Abbildung I-I: Spinnendiagramm für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)



*Die vom Pentagon eingenommene Fläche diente dann als Summenmaß für die Rangordnungsbildung (siehe Tabelle I-IV). Mehrere wichtige Luftschadstoffe sind nicht unter den ersten 10 bzw. 15 Stressoren zu finden, weil ihnen aufgrund neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse weitere Gesundheitsendpunkte zugewiesen werden, für die die Evidenz allerdings noch unzureichend ist, um exakte Expositions-Wirkungs-Kurven zu ermitteln. Dennoch sollten diese Schadstoffe in der Prioritätenliste enthalten sein. Daher wurden die Ränge 1-18 in die endgültige Liste übernommen.*



Tabelle I-IV: Rangordnung der Umweltstressoren anhand des Flächeninhalts des Pentagons der 5 Bewertungskriterien.

Stressor	EWF	AF	Heilungs- chancen	Reduktions- potenzial	Risiko- wahrnehmung	Flächeninhalt	Rang	Zusätzliche Bemerkungen
Quecksilber	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Bedeutung hängt von Energiepolitik ab
Benzol	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Potenter Stressor
Dioxine/Furane	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Potenter Stressor
Blei	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,95	4,00	Altlast durch Kraftstoffzusatz
Passivrauchen (SHS)	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	4,95	4,00	Definitiv
O <sub>3</sub>	3,00	2,57	2,00	3,00	3,00	4,68	6,00	steigendes Verkehrsaufkommen
PM <sub>2,5</sub>	3,00	2,50	2,00	3,00	3,00	4,63	7,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
PM <sub>10</sub>	3,00	2,40	2,00	3,00	3,00	4,57	8,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
PM <sub>0,1</sub>	2,60	2,40	2,00	3,00	3,00	4,29	9,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
Arsen	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	4,19	10,00	Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle)
Ruß (Diesel)	3,00	1,50	2,00	3,00	3,00	4,00	11,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Lärm	2,80	2,60	2,00	2,00	3,00	3,92	12,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Innenraumstressoren	2,14	2,14	2,00	3,00	3,00	3,85	13,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Cadmium	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,68	14,00	Bedeutung hängt von Energiepolitik ab
Radon	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,68	14,00	Regional variierende Bedeutung
SO <sub>2</sub>	3,00	2,67	2,00	2,00	2,00	3,47	16,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
NO <sub>2</sub>	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	3,05	17,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
NO <sub>x</sub>	2,80	3,00	1,00	2,00	2,00	2,92	18,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
Phthalate	2,00	0,00	2,00	3,00	3,00	2,67	19,00	Starke Verbreitung in Haushalten
Trichlorethen	3,00	0,00	3,00	3,00	2,00	2,67	19,00	Industrielle Kontamination
Klimawandel	1,50	3,00	1,00	2,00	3,00	2,54	21,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
MDA	3,00	0,00	1,00	3,00	1,00	1,14	22,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
SCCPs	2,00	0,00	1,00	3,00	1,00	1,02	23,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
Nickel	3,00	0,00	1,00	2,00	1,00	0,89	24,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
Aluminium	0,00	0,00	1,00	3,00	1,00	0,76	25,00	Noch umstritten

### I.III Bestimmung existierender DWs

Für diesen Arbeitsschritt wurde eine extensive Literaturrecherche durchgeführt und es konnten Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkungen für nahezu alle mit Stressoren assoziierten Gesundheitsendpunkte identifiziert werden. Die noch fehlenden DWs sind in Tabelle I-V dargestellt.

Um die für Deutschland am geeignetsten Gewichtungsfaktoren auszuwählen, wurden nationale Studien an Bevölkerungen, die mit der deutschen vergleichbar sind, sowie Studien mit hoher Ausdifferenzierung des Gesundheitsendpunktes bevorzugt. Dieser Ansatz führte in der Regel dazu, dass die niederländischen Gewichtungsfaktoren von Stouthard et al. (1997) allen anderen vorgezogen wurden. Auf den Plätzen 2 und 3 befanden sich die neuen GBD2010-Gewichtungsfaktoren (Salomon J A, 2010) und die einer weiteren niederländischen Studie von Melse et al. (2000). Die estländischen Gewichtungsfaktoren wurden insgesamt als zu wenig differenziert beurteilt, während die koreanischen und die simbabwischen Gewichtungsfaktoren von vornherein aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit der Bevölkerung ausgeschlossen wurden.

Tabelle I-V: Gesundheitsendpunkte ohne existierende DWs

Gesundheitsendpunkt	Assoziierter Stressor
Müdigkeit	Quecksilber
Tremors	Quecksilber
Appetitsverlust	Quecksilber
Tinnitus	Lärm
Allgemeine Lärmbelästigung	Lärm
Verkehrsbedingte Lärmbelastung	Lärm
Akute Mittelohrentzündung	Passivrauchen (SHS)
Allergische Reaktionen	Innenraumstressoren (Schimmel)
Hirnschäden	Trichlorethen
Wachstumsschäden	Trichlorethen
Fortpflanzungsschäden	NO <sub>x</sub> , Phthalate

### I.IV Entwicklung eines Konzepts zur Bestimmung fehlender DWs

Die wissenschaftliche Fachwelt hat im Lauf der Zeit eine Reihe von Methoden entwickelt, um Präferenzen oder Rangordnungen zwischen nicht direkt messbaren Krankheitszuständen zu ermitteln. Diese Methoden wurden hinsichtlich ihrer Stärken und Limitationen für die Bestimmung fehlender, nicht ausreichend auf den deutschen Kontext anwendbarer oder zu wenig ausdifferenzierter Gewichtungsfaktoren getestet und eine Rangordnung erstellt.

Es ergab sich, dass die VAS (Visual Analogue Scale) Methode gefolgt von der TTO (Time Trade Off) und der PTO (Personal Trade Off) Methode wahrscheinlich am besten für eine Anwendung in Deutschland geeignet sind. Diese Rangordnung ist allerdings nur eine erste Hilfe in der Entscheidungsfindung und weitere Überlegungen und Informationen werden benötigt, wie beispielsweise:

- *Kosten- und Zeitbudget für die Entwicklung des Frageinstruments und der Datensammlung und -analyse.*
- *Relative Gewichtung der einzelnen Kriterien in der Entscheidungsfindung. Zum Beispiel kann die Entscheidung für Validität und Verlässlichkeit mehr Gewicht erhalten, als das Kriterium der Vergleichbarkeit mit anderen europäischen Studien.*
- *Gesetzliche Schutzbestimmungen (z. B. UN-Behindertenrechtskonvention, Gesetze zur Gleichstellung geistig und körperlich behinderter Menschen), welche die Teilnahme /von Proband/-inn/en bei Anwendung der Methoden einschränken können oder den Datenschutz betreffen.*
- *Ziel der Miteinbeziehung besonderer Bevölkerungsgruppen (z.B. Familienangehörige von Patient/-inn/en, Kinder, Senior/-inn/en, sozial schwachen Gruppen, Migrant/-inn/en).*

*Ungeachtet dessen, welche Methodik am Ende ihre Anwendung findet, ist es wichtig, die Umfrage so transparent und fair wie möglich zu gestalten. Das heißt, es sollten soweit wie möglich Patien/-inn/en, Familienangehörige, Gesundheitsexpertengruppen, Interessensverbände und oft unterrepräsentierte Bevölkerungsgruppen mit eingeschlossen werden, um die Akzeptanz und Genauigkeit der Gewichtungsfaktoren zu erhöhen.*

*Im Zweiten Arbeitsschritt wurde daher ein Rahmenkonzept zur Durchführung einer Studie zur Ermittlung von Gewichtungsfaktoren in Deutschland entwickelt, welches diese Aspekte berücksichtigt.*

## **I.V Relevanz des Forschungsvorhabens**

*Das Forschungsvorhaben hat mehrere, wichtige Beiträge zum besseren Verständnis der EBD Methodik im deutschen Kontext geleistet. Es besteht nun Klarheit darüber, welche Kritikpunkte der Methodik noch weiter diskutiert werden müßten und welche Stressoren und Gesundheitsendpunkte aufgrund der multidimensionalen Entscheidungskriterien (unter anderen) berücksichtigt werden sollten. Die Analyse zu bestehenden DWs hat ergeben, dass verwendbare DWs in den meisten Fällen existieren. In diesem Zusammenhang muß fachlich abgewogen werden, ob diese DWs für deutsche Krankheitslastberechnungen verwendet werden können, da sie weniger repräsentativ sind. Oder es wird die Ableitung neuer speziell auf die deutsche Bevölkerung angepasster DWs favorisiert, was bedeutet, dass eine kostenintensive standardisierte Personenumfrage zur Bewertung der Lebensqualität für die zur Disposition stehenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen inklusive ihrer Schweregrade (Rating Scale Verfahren) durchgeführt werden muß, um repräsentative DWs für die deutsche Bevölkerung bestimmen zu können. Ein weiterer Wert des Forschungsvorhabens ergibt sich aus der Analyse der Ergebnisse in Zusammenhang mit anderen relevanten Studien, wie beispielsweise der VegAS- und der GENiUS-Studie. Die verknüpfende Betrachtung dieser Studien ergibt ein vollständigeres Bild zur Analyse und zu Berechnungen der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland und der Frage, ob eine nationale Studie durchführbar wäre und was die entsprechenden Bedingungen dafür wären.*

*Mit diesem abschließenden Arbeitsschritt liegt damit eine geschlossene Kette an Projektergebnissen vor, die es dem Auftraggeber ermöglichen, die Debatte zur umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland informierter voran zu treiben.*

# Summary

## II. Summary

*In December 2011 the project team consisting of the Ecologic Institute, Berlin and the Institute for Energy Economy and rational Energy Use (IER) at Stuttgart University were tasked to conduct the research project “Methodical Foundations of the WHO Environmental Burden of Disease (EBD) - Opportunities, Risks and Limitations from scientific, legal and ethical perspectives” (project acronym: EBDreview). The project ran over a period of 25 months.*

*The objective of the project was to examine the method used by the World Health Organization (WHO) to calculate the environmentally attributable burden of disease with respect to its scientific, ethical and legal strengths and limitations. The analysis was carried out in order to support planning and decision making processes for the potential design of a German EBD study. Specifically, the project made contributions toward:*

- *Examining the applicability of the WHO EBD method for analyses of environmental diseases and risk factors in Germany,*
- *The prospective planning and extension of EBD analyses in light of changing environmental and climatic conditions in Germany,*
- *The development of first concepts and proposals for determining missing disability weights for Germany.*

*Within the framework of the EBDreview research project, the following deliverables were produced:*

- *A tabular summary of the scientific, legal and ethical strengths and limitations of the WHO EBD method,*
- *Criteria for the selection and prioritization of relevant current and likely future environmental stressors and risk factors in Germany and a list of the 10-15 most important of them and their associated health effects,*
- *A list of the currently available and potentially applicable disability weights for the 10-15 environmental stressors (e.g., from WHO and national EBD and BoD studies),*
- *A list of health effects, for which currently no applicable disability weights could be determined, and*
- *A proposal for a framework for deriving and calculating the missing disability weights in Germany that also takes into account the findings of the EBDreview project.*

*The following sections summarize these project outcomes. More detail on the methodological approach and the results can be found in chapters 3 to 7 of the full final report.*

### **II.1 Strengths and Limitations of the WHO EBD method from a scientific, ethical and legal perspective**

*In order to identify and summarize the strengths and limitations of the WHO EBD method a comprehensive literature review (search words: environmental burden of disease, global burden of disease, DALY, summary measures of population health) was conducted and a literature database created. The breadth of the collected scientific publications is illustrated and summarized in Table II-I. Within the scope of this exercise were exclusively*

*scientific, peer-reviewed articles, research reports and technical publications dealing with aspects of burden of disease calculations.*

*The collected materials were then reviewed and summarized into strengths and limitations according to a catalog of evaluation criteria that was developed in cooperation with the Federal Environment Agency (UBA). The criteria catalog allowed the systematic capturing of strengths, uncertainties, and criticisms of the EBD method and their relevance for Germany.*

Table II-I: Classification of sources in the literature database

Theme	Studies, Reports, Commentaries
Global BoD studies	65
Global EBD studies	37
Regional, national and sub-national EBD or BoD studies	12
Disability weights	31
Discounting	15
Cost-effectiveness studies	7
Uncertainty and data quality studies	5
Not classified	32

*Calculating the environmental burden of diseases involves a significant number of calculations and assumptions, many of which are technical in nature, but some require decisions that are based on intrinsic assumptions, values and norms. These steps and assumptions are listed here and are the focus of the examination of the strengths and limitations of the WHO EBD method regarding scientific, ethical and legal perspectives:*

- *DALY concept and calculation in general,*
- *Disability weights,*
- *Standard life expectancies,*
- *Age weighting,*
- *Discounting,*
- *Exposure-Effect-Functions and attributable fractions,*
- *Comorbidities, and*
- *Time lag between exposure and manifestation of the health effect.*

*The results of the review are summarized in short and long tabular formats. The short form is aimed at political decision-makers and shown in this project summary (see Table II-II). The long form provides the full detail of the review and is included in Appendix 2.*

Table II-II: Strengths and Limitations of the WHO EBD-Method (short tabular format of Appendix 2)

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
1	Method used to calculate the DALY	Scientific	Scientifically grounded, consistent approach; worldwide the most widely used method to calculate aggregate measures of population health; unites and builds on several existing concepts (e.g., PYLL concept developed by Sullivan)	Bickenbach (2008), Michaud et al. (2001), Murray et al. (1996a,b), Murray et al. (1994), Murray (1994)	+
2			Incomplete measure of cumulative effects of chronic diseases with small health impacts	Mathers et al. (2007), Cohen (2000)	-
3			A key problem of the DALY method is the use of disease categories, which classify etiologically and undifferentiated syndromes as separate diseases. The International Classification of Diseases (ICD) used by the DALY method is not suited to define and classify avoidable causes of diseases, because it only captures the diseases themselves but not their underlying causes.	King & Bertino (2008)	-
4			Estimating the number of life years, which are lived on average with a certain disability, is complex and has many uncertainties. Moreover, it is derived by averaging over a larger population and not the individual.	Mathers (2005)	-
5		Legal	Equating disability with qualitative/functional limitations in the quality of life of a person by (a) devaluation the value or contribution of a year of life lived with disability (dignity objection) and (b) reduction of the value of ex-ante health states of persons with disability (justice objection) is problematic.	Bickenbach (2008)	-

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
6		Ethical	The DALY is not a value-neutral unit of measurements. The equation of disability with qualitative/functional limitations in the quality of life by (a) reducing the value or contribution of a year of life lived with disability (dignity objection) and (b) reduction of the value of ex-ante health states of persons with disability (justice objection) is problematic.	King & Bertino (2008), Bickenbach (2008)	-
7			The rank order of diseases according to DALYs and making health system decisions based thereon does not necessarily reflect the preferences of the population. DALYs as a mean for resource allocation in the health system is ethically and morally controversial.	Cohen (2000), Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008), Murray (1994)	-
8	Definition of Disability	Scientific	The term 'disability' was chosen by the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) because 'handicap' is more dependent on socio-economic and cultural contexts and hence would further accentuate existing inequalities. ICF measures activity limitations and participation restrictions. Disability also needs to be viewed in the context of need for medical care and societal inclusion/exclusion: physical impairment takes into account the need for such medical care and disability, which also includes barriers created by society and social life.	Cohen (2000) , Bickenbach (2008)	0
9		Legal	There remains lack of clarity about what the 'D' in DALYs means or how it is defined. This can have legal consequences. Disability is a disadvantage created by society (a criticism, which is also discussed in the United Nations Convention for the Rights and Freedoms of Persons with Disabilities). On the other hand makes the DALY method the claim for the right for medical care and treatment easier for persons with functional health impairments.	Bickenbach (2008)	-



Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
10		Ethical	The DALY method supports the medical model of disability, which disagrees with the social model of disability (Michael Oliver '[d]isability has nothing to do with health', disability is socially-created disadvantage). The presence of a health component in physical/mental well-being does not determine the full perception of disability for the person affected by it.	Bickenbach (2008)	0
11	Disability Weights	Scientific	The forced avoidance of counting multiple times the lost years of life due to comorbidities leads to their omission, although they can be typical (e.g., in the so-called neglected tropical diseases, NTD). The calculation of the disability weights therefore leads to a downward bias (underweighting) of chronic but not fatal diseases.	King & Bertino (2008)	-
12			The method strives to measure disability weights as cardinal (0-1) weights for health impairments, i.e., a contextually independent component of disability.	Cohen (2000)	0
13		Ethical	Context is highly important in determining disability weights: being blind in a country such as Great Britain is not as disabling as being blind in Niger.	Reidpath (2003)	0
14		Legal	The DALY concept supports the new and accepted ICF-Model by WHO, which uses the concepts of activity limitations and participation restrictions.	Bickenbach (2008)	0
15	Discounting	Scientific	The method of discounting is used frequently by economists to determine the net-present-value and is supported by economic theory. The discount rate is controlled by a parameter in the DALY calculation.	Murray et al. (1994)	0

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
16		Ethical	The implications resulting from the use of positive discount rates (e.g., the lower valuation of life years lived far in the future, such as those of today's children) are not acceptable. Specification and discounting the value of a life year with disability using the Person-Trade-Off Method (PTO) is controversial.	Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008)	-
17		Legal	Discounting is a concept which can be justified in a legal sense, because it allows the comparison of current and future costs in a more realistic manner (but it does depend on the choice of discount rate). The discount rate can also be changed according to the prevailing context and preferences (e.g., it can also be set to 9).	Murray (1994) Farber & Hemmersbaugh (1993)	0
18	Life Expectancies	Scientific	The use of sex-specific standard life expectancies reflects the fact that women have a statistically higher life expectancy than men. Using Japan's life expectancy (the highest in the World) merely serves the purpose to make it possible to calculate YLLs for all other possible life years, (the proportion of the population with chosen life spans exceeding the Japanese life expectancies accordingly does not contribute to the total YLLs).	Murray (1994)	0
19		Ethical	The choice of standard life expectancies is quite application-oriented and driven by statistical considerations. Dempsey called for using the cohort-specific average life expectancy at birth. Romeder & McWhinnie exclude the first year of life to avoid too strong an influence of infant mortality on YPLL (Years of Potential Life Lost). The DALY method's choice of standard life expectancies is influenced by a utility-focused perspective.	Murray (1994), King & Bertino (2008)	0
20		Legal	The choice of different standard life expectancies for men and women implies that - all other factors the same - a life year is assigned different DALYs, which reduces the cross-national comparability of the results.	Anand & Hanson (1997)	-

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
21	Age Weighting	Scientific	Age weighting reflects the assumption that the different phases in the life of a person have different productivity levels. In this case, it implies that persons between 10 and 45 years of age are more productive than children and the elderly. The magnitude of the differential is set by a parameter (k-value) in the DALY model.	Murray et al. (1994)	-
22		Ethical	Age weighting, by principle, is normative by nature, but they are used implicitly and explicitly in many countries and cultures.	Murray (1994)	-
23		Legal	Age discrimination refers to a social and economic disadvantage of individuals or group of persons based on their age. The Charter of Basic Rights of the European Union explicitly prohibits age discrimination. The German Basic Law does not explicitly prohibit age discrimination. However, Article 3, paragraph 1 declares the general principle that all people are equal in the eye of the law. This is also codified in the German Basic Law.	Charta der Grundrechte der EU (EU, 2000), Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland (Dt. Bundestag, 2014)	-
24	Mono Causality	Scientific	The use of the ICD means that DALY's are calculated predominantly on the basis of mono-causal relationships.	WHO (2008)	-
25		Ethical	--		

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
26		Legal	--		
27	Comorbidities	Scientific	The exact number and kind of comorbidities is usually unknown and correspondingly the value of the relevant disability weights. Instead, correction factors are used in the GBD 2010 on the basis of a multiplicative model. Further improvements are necessary to allow for the estimation of not independent comorbidities.	van Baal et al. (2006), Mathers et al. (2007), Murray et al. (2012)	-
28		Ethical	--		
29		Legal	--		
30	Data Quality	Scientific	The DALY estimates in the GBD2010 uses the worldwide largest database. Albeit more than 10,000 individual data sets and studies were analysed for it, the data basis for causes of death remains incomplete and is difficult to compare across countries. This leads, in particular, to an underestimation of the burden of disease in developing countries (due to the comparatively lower data quality and level of completeness).	Murray et al. (1994), King & Bertino (2008)	+

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
31			It's difficult for neglected tropical diseases (NTDs) to identify and estimate the relative risk of individual causes of disease, because in many cases there are multiple pathogens present and the epidemiological studies are often not large and/or detailed enough. It is also important to measure the additive/synergistic effects of multiple NTDs. The DALY method does not do that.	King & Bertino (2008)	-/0
32			The majority of datasets available is for diseases of category I (infectious diseases, nutrition-related diseases, childhood diseases and complications during and after pregnancy) and not for category II (non-infectious diseases) and III (injuries) diseases and conditions. There is also the problem of using regional data such as regional averages and quotients for YLD and YLL for countries with insufficient or lacking data.	Mathers (2005)	-/0
33		Ethical	The DALY method allows the otherwise impossible comparative analysis of the burden of disease in different populations and population groups. Albeit not perfect, the method is ethically justified if based thereon resources are allocated in a transparent and objective manner that can help patients. The decision criteria used for doing so should, however, be defined independently from the DALY method (or the GBD or BoD studies building thereon).	Murray et al. (1994)	+
34			Population studies for diseases with little health effects often suffer from sample sizes that are too small to obtain statistically accurate effects estimates.	King & Bertino (2008)	-
35			The developers of the DALY method do not distinguish between the calculation of the burden of disease of a population and the allocation of resources to address it. Yet, the information needs for both aspects are very different from one another.	Anand & Hanson (1996)	-

Number	Evaluation aspect	Evaluation perspective	Evaluation from authors' point of view (see next column)	Source of criticism	Relevance of criticism for a German application - positive (+), negative (-) or value neutral (0) evaluation from German perspective?
36		Legal	--		
37	Data Protection	Scientific	--		-
38		Ethical	--		
39		Legal	Aspects of data privacy and protection are considered by the method.	Murray et al. (1994)	-
40		Scientific	The DALY method was developed, inter alia, to derive an optimal distribution of resources, even though questions of the fairness of the resulting resource allocation should be considered.	Michaud et al. (2001)	-/0
41	Use for Resource Allocation Purposes	Ethical	The allocation of resources to fight risk factors is possible only when it also becomes part of the GBD.	Cohen (2000)	-
42		Scientific	The use of DALYs in questions of resource allocation is intrinsically normative and can hence only be answered in accordance with the applicable legal context (e.g., with respect to the different judgments according to the differential evaluation of age and sex).	Anand & Hanson (1997)	-/0

## II.II The Selection and Priorisation of Current and Future Potentially Relevant Environmental Stressors and Associated Health Endpoints

*The selection of relevant environmental stressors assumes in principle that the stressor contributes significantly to the total or the environmental burden of disease in a population. This assumption is not only too simplistic but also too restrictive to adequately examine the potential set of environmental stressors, because it assumes the frequently not true uniform distribution of exposure and health effects in the population. The assumption assumes further that an estimate of the attributable burden for the stressor(s) exists already, which again is not realistic. To better define and limit the list of potential environmental stressors we, therefore, consider the aspects listed in Table II-III.*

Table II-III: Criteria for Selecting Environmental Stressors

Criteria
Which population group is primarily affected by the environmental risk/stressor?
Which legal and ethical aspects should be taken into account in the context of the environmental stressor?
Probability and severity of the risk posed by the environmental stressor
Potential of the stressor to become an important or a more important environmental risk in the future
Availability and chances of a cure (according to current medical and scientific knowledge and resources)
Distribution of costs in society

*The following sources were used to search for potential environmental stressors:*

- *Statistics on the health and causes of death in the German population,*
- *Existing EBD and BoD studies (globally),*
- *Literature on climate change and potential future environmental stressors associated with it,*
- *New scientific knowledge about exposure-effect functions for air pollutants,*
- *New scientific knowledge on the health effects of arsenic, cadmium, nickel, mercury and lead,*
- *Chemicals on the REACH priority list,*
- *Environmental stressors which are gaining political importance, and*
- *Environmental stressors that affect vulnerable population groups.*

*In the next step we compiled for each candidate of environmental stressor the associated health endpoints and what, if any, exposure-effect functions, attributable fractions, disability weights, and DALYs already exist. For the health endpoints we used the ICD-10 classification unless the studies cited used a different classification or revision.*

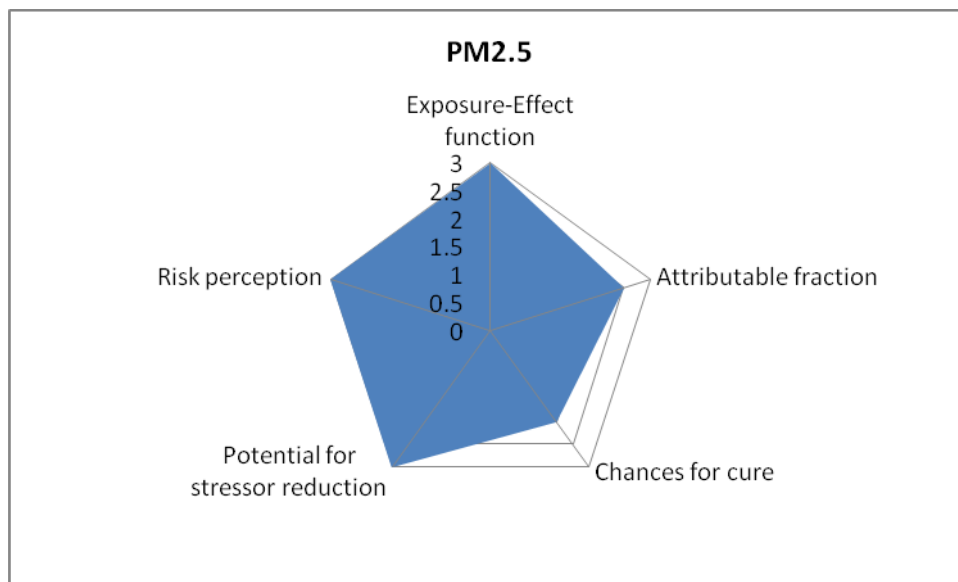
*To create the final list of stressors we developed a multi-dimensional decision system, which reflects the discussions during the expert meeting in September 2013. The consensus achieved at the expert meeting involves the following criteria:*

- *The attributable fraction (AF) in the disease burden associated with the environmental stressor*
- *The existence and strength of the exposure-effect functions of cross-sectional observations*

- *The chances of a cure*
- *The potential reduction of the disease burden if the stressor is drastically reduced or even eliminated*
- *Society's versus individual perceived risk resulting from the stressor*

*These decision criteria are not easily jointly evaluated. Thus, in order to simplify the ranking task, we assigned each of the criteria a point value between 0 and 3 such that 0 corresponds to 'not available', 'low relevance', 'low chance', etc. and 3 corresponds to the stressor fully meeting the criterion. We then visualized the result in the form of 5-dimensional spider diagrams (also known as radar charts). The spider chart for PM<sub>2.5</sub> (Particulate Matter) is shown below as an illustrative example of the result (see Figure II-I); the full set of spider diagrams is included in Appendix 5 of the final report.*

**Figure II-I: Spider diagram for PM<sub>2.5</sub>**



*The area incorporated by the pentagram can be calculated and used as quantitative metric to rank order the environmental stressors on (see Table II-IV). The tabulation shows that several important air pollutants are not among the top 10 or 15 environmental stressors. This is due to the fact that new scientific research has actually increased the list of potential health endpoints, yet, the research and empirical evidence on exposure-effect functions is still emerging. Since these pollutants are known to be significant contributors to the burden of disease in Germany, they should be included in the final priority list and we hence extended it to the first 18 stressors.*



Table II-IV: Rank order of the environmental stressors according to the pentagram area in each stressor's spider diagram

Stressor	EEF	AF	Chances for Cure	Reduction Potential	Risk Perception	Pentagram Area	Rank	Additional notes
Mercury	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.71	1	Importance depends on energy policies
Benzene	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.71	1	Potent stressor
Dioxins/Furanes	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.71	1	Potent stressor
Lead	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	4.95	4	Legacy burden from leaded fuels
SHS	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	4.95	4	Definitive choice for comprehensive EBD
O <sub>3</sub>	3.00	2.57	2.00	3.00	3.00	4.68	6	rising traffic volume
PM <sub>2.5</sub>	3.00	2.50	2.00	3.00	3.00	4.63	7	Definitive choice for comprehensive EBD
PM <sub>10</sub>	3.00	2.40	2.00	3.00	3.00	4.57	8	Definitive choice for comprehensive EBD
PM <sub>0.1</sub>	2.60	2.40	2.00	3.00	3.00	4.29	9	Definitive choice for comprehensive EBD
Arsenic	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	4.19	10	Fossil fuel combustion (coal)
Soot (Diesel)	3.00	1.50	2.00	3.00	3.00	4.00	11	Likely growing problem
Noise	2.80	2.60	2.00	2.00	3.00	3.92	12	Likely growing problem
Indoor air quality	2.14	2.14	2.00	3.00	3.00	3.85	13	Likely growing problem
Cadmium	3.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.68	14	Importance depends on energy policies
Radon	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.68	14	Regionally varying importance
SO <sub>2</sub>	3.00	2.67	2.00	2.00	2.00	3.47	16	Definitive choice for comprehensive EBD
NO <sub>2</sub>	3.00	3.00	1.00	2.00	2.00	3.05	17	Definitive choice for comprehensive EBD
NO <sub>x</sub>	2.80	3.00	1.00	2.00	2.00	2.92	18	Definitive choice for comprehensive EBD
Phthalates	2.00	0.00	2.00	3.00	3.00	2.67	19	Widely used in private households
Trichloroethylene	3.00	0.00	3.00	3.00	2.00	2.67	19	Industrial contamination
Climate change	1.50	3.00	1.00	2.00	3.00	2.54	21	Likely growing problem
MDA	3.00	0.00	1.00	3.00	1.00	1.14	22	Limited mostly to occupational exposure
SCCPs	2.00	0.00	1.00	3.00	1.00	1.02	23	Limited mostly to occupational exposure
Nickel	3.00	0.00	1.00	2.00	1.00	0.89	24	Limited mostly to occupational exposure
Aluminum	0.00	0.00	1.00	3.00	1.00	0.76	25	Still debated

### II.III Identification of Existing Disability Weights

*For the health endpoints associated with the highly ranked environmental stressors it is of interest to compile existing disability weight and evaluate their applicability in the context of a German EBD. An extensive literature review (search words: disability weights, environmental burden of disease, global burden of disease, measuring functional disability, disease weights) was conducted (building on earlier work but focused on disability weights) and it was possible to find disability weights for nearly all health endpoints. The endpoints for which no disability weights could be found are listed in Table II-V.*

*To select the disability weights that are most suitable for a German EBD, we prioritized national EBD studies in populations/countries that can be considered 'similar' to Germany. We also favored studies that have a highly differentiated list of health endpoints. Based on these preferences, the studies that provided the most useful disability weights are the Dutch study by Stouthard et al. (1997), the weights derived for the GBD2010 (Salomon J A, 2010) and another Dutch study by Melse et al. (2000). The Estonian weights were found to be too little differentiated, while the Korean and Zimbabwean weights were excluded due to lack of comparability of the respective populations.*

Table II-V: Health endpoints for which no disability weights were found

Health Endpoint	Associated Stressor
Fatigue	Mercury
Tremors	Mercury
Loss of appetite	Mercury
Tinnitus	Noise
General noise burden	Noise
Traffic-related noise	Noise
Acute ear infection (otitis)	Second-Hand-Smoking (SHS)
Allergic reactions	Indoor air quality (mold)
Brain damage	Trichloroethylene
Growth impairment (stunting)	Trichloroethylene
Reproductive impairments	NO <sub>x</sub> , Phthalates

### II.IV Development of a Concept for Determining Missing Disability Weights

*Scientists have developed a range of methods to determine preferences or rank orders for health states. These methods were reviewed with regard to their strengths and limitations to determine missing disability weights. The Virtual Analogue Scale (VAS) method is identified as being the most suitable method, followed by the Time Trade-Off (TTO) and the Person Trade-Off (PTO) methods. The selection of these methods is, however, only the first step in deciding how to determine missing disability weights for Germany. Other considerations should include:*

- *Cost and time budget for the development of the survey instrument, data collection and analysis.*
- *Relative weighting of the different criteria that play a role in deciding how to determine missing disability weights in Germany. For example, accuracy and reliability could be*

*given a greater importance (weight) than the comparability of the derived weights with those from existing or future European EBD studies.*

- *Legal protections (e. g. UN Disability Rights Convention, laws on equality of mentally and physically disabled people) which may limit the participation of volunteers of the application of the method as well as the privacy concern.*
- *Goal for the extent to which the general population or specific population groups such as patients, families and friends of patients, children, and the socially disadvantaged should be included in the study.*

*Regardless of which method is selected in the end, it is important to design the survey in a transparent and accessible manner as possible. This means that it should engage with, wherever possible, include patients, their families, health experts, advocacy groups and underrepresented population groups in order to maximize the legitimacy, acceptance, and validity of the resulting disability weights. The framework concept developed in the project takes these aspects into account.*

## **II.V Relevance of the Research Project**

*The research project makes several important contributions to the better understanding of the EBD method in Germany. It clarifies, for example, which criticisms of the DALY method and the EBD building on it, would require further discussion and which environmental stressors and associated health endpoints should be considered based on multi-dimensional decision criteria.*

*The compilation of available disability weights show that potentially suitable weights already exist for the majority of health endpoints, but that it remains to be decided if a comprehensive disability weight study conducted in Germany could yield a more consistent, comparable, and representative set of weights for the German context. This would require conducting a survey to elicit differential preferences among disease categories and states from a representative cohort of German patients and/or health experts. Cost and time considerations as well as comparability and timeliness concerns would need to be factored into this decision-making process.*

*Additional value results from the project's analysis of findings from other, related studies such as the VegAS and the GENiUS projects. Together, these studies offer a very comprehensive picture of the study and estimation of the environmental burden of disease in Germany and with respect to the whether a national study would be desirable and the conditions under which it would be feasible.*

*With this final report obtains the Federal Environment Agency as the project sponsor the complete list of project findings, which allows it to move the debate about the environmental burden of disease forward on multiple fronts.*

# Abschlußbericht

# 1. Projektkontext

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Methodische Grundlagen des Environmental Burden of Disease (EBD)-Ansatzes der WHO zur quantitativen Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten - Chancen, Risiken und Grenzen der Methodik aus naturwissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Perspektive“ (Kurztitel EBDreview) wurde die Methode der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen, ethischen und rechtlichen Vorzüge und Grenzen untersucht. Die Analyse wurde mit dem Ziel durchgeführt, die politische Entscheidungsfindung bezüglich der Planung und Durchführung einer deutschen EBD-Studie zu informieren. Es wurden darüber hinaus eine Liste von Umweltstressoren und ihre assoziierten Gesundheitsendpunkte identifiziert, die aus deutscher Sicht von besonderer Relevanz sind (zum gegenwärtigen Zeitpunkt als auch voraussichtlich in der näheren Zukunft). Eine systematische Literaturrecherche (Suchworte: disability weight, environmental burden of disease, global burden of disease, disease weight, measuring functional disability) ermittelte die Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung, die für diese Gesundheitsendpunkte bereits vorliegen und unter Umständen verwendet werden können. Für fehlende bzw. unzulängliche DWs wurde abschließend ein Konzept zur Neuberechnung ausgearbeitet. Das Projekt knüpft damit an vorangegangene Studien wie VegAS<sup>2</sup> und fortlaufende Projekte wie GENiUS<sup>3</sup> an.

Die folgenden Ergebnisse sind im Rahmen des EBDreview Projekts entstanden:

1. Eine Tabelle in Lang- und Kurzform zur Gegenüberstellung und kritischen Betrachtung der Vorzüge und Grenzen der WHO EBD-Methode auf der Grundlage einer Literaturrecherche;
2. Eine Liste von 15 Umweltstressoren und ihren assoziierten Gesundheitsendpunkten, die aufgrund einer mehrdimensionalen Bewertung anhand einer Kriterientabelle als besonders relevant eingestuft wurden;
3. Identifizierung der für die Umweltstressoren bereits existierenden Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (DWs);
4. Ein Konzept für die Vorgehensweise zur Bestimmung fehlender DWs.

Ein Ziel des EBDreview-Projektes bestand außerdem darin, die Ergebnisse des Vorhabens als Grundlage zur fachlichen Unterstützung bei der umwelt- und gesundheitspolitischen Entscheidungsfindung nutzbar zu machen. Durch die Zusammenstellung der nahezu gesamten Literaturbasis zur Diskussion der DALY-Methodik und des darauf aufbauenden Ansatzes zur Berechnung der EBD sowie der Einbeziehung ethischer, und rechtlicher Aspekte seitens entsprechender Fachexperten, wurde die bisher umfangreichste kritische Analyse der Vor- und Nachteile DALY-basierter EBD-Berechnungen durchgeführt. Die Analyse verbessert die Diskussionsbasis für Überlegungen in Hinblick auf die Durchführung einer deutschen EBD Studie.

---

<sup>2</sup> VegAS – UBA-Projekt „Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung“ FKZ 3709 61 209, Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit, 01/2013

<sup>3</sup> GENiUS - UBA-Projekt „Das Environmental Burden of Disease (EBD)-Konzept und Gesundheitskostenanalyse als Instrumente zur Prioritätensetzung im gesundheitsbezogenen Umweltschutz“ FKZ 3711 62 2413

Separat wurde ein mehrdimensionaler Kriterienansatz verwendet, um relevante Umweltstressoren und ihre Gesundheitsendpunkte zu identifizieren. Diese Kriterien beinhalten Aspekte wie beispielsweise die Verteilung der Exposition in der Bevölkerung sowie eine Abschätzung der zukünftigen Rolle des Stressors angesichts von Prozessen wie Klimawandel und Urbanisierung und stellen damit sicher, dass nicht nur Stressoren mit breitem Expositionsprofil und bereits gut entwickelter Datenbasis berücksichtigt werden, sondern auch solche, die kleinere Bevölkerungsgruppen überproportional betreffen oder die in der Zukunft verstärkt in den Fokus der Aufmerksamkeit der Gesundheitsdienste treten werden. Als Vorteil dieses analytischen Teils des Projekts wird insbesondere die mehrdimensionale Darstellung der „Relevanzprofile“ der einzelnen Stressoren als Spinnendiagramme gesehen. Die Diagramme können die Priorisierung verschiedener Dimensionen visuell anzeigen und dadurch die Entscheidungsfindung auf transparentere Füße stellen.

Eine weitere Literaturrecherche lieferte eine aktuelle Zusammenfassung der vorhandenen DWs für die ausgewählten Stressoren und ihrer assoziierten Gesundheitsendpunkte. Diese können miteinander verglichen werden und hinsichtlich ihrer Eignung für den deutschen Kontext in Betracht gezogen werden.

Zum Abschluß des EBDreview Projekts wurde eine konzeptionelle Basis erarbeitet, mit deren Hilfe DWs mittels verschiedener Umfrage- und Analysemethoden berechnet werden können. In diesen Abschnitt sind unter anderem die Ergebnisse der Diskussion des Fachgesprächs vom 20. September 2013 berücksichtigt, welche ein besonderes Augenmerk auf die faire, transparente Partizipation von Patient/-inn/en, Familienangehörigen, Gesundheitsexpert/-inn/en sowie die verschiedenen Interessensgruppen legte.

## **2. Hintergrund**

### **2.1 Die Burden of Disease Methode und die Berechnung der globalen Krankheitslast**

Ein Ansatz zur Bewertung des Gesundheitszustandes von Bevölkerungen ist die Entwicklung von Methoden zur Ermittlung der Krankheitslast (Burden of Disease, BoD). Die BoD kombiniert epidemiologische Informationen zur Mortalität als auch zur Morbidität in Indizes, die generell als Summenmaße der Gesundheit der Bevölkerung (summary measures of population health, SMPH) bezeichnet werden. Sie haben sich mittlerweile als wichtige Kenngrößen zur Bewertung der Krankheitslast von Bevölkerungen durchgesetzt.<sup>4</sup>

Die erste Erfassung der globalen Krankheitslast (Global Burden of Disease Studie, GBD), auf der Grundlage des BoD-Konzepts, wurde Anfang der neunziger Jahre von der WHO in Auftrag gegeben und durch ein Konsortium renommierter Wissenschaftler/-innen und Gesundheitsexpert/-inn/en für 1990 durchgeführt und 1996 veröffentlicht.<sup>5</sup> Die Studie wurde zum Wegweiser der komparativen und kostenorientierten Gesundheitsplanung in vielen Ländern der Welt,

---

<sup>4</sup> Siehe auch Field MJ, Gold MR (1998) Summarizing Population Health – Directions for the Development and Application of Population Metrics. Washington DC; National Academy Press.

<sup>5</sup> Murray CJL, Lopez AD. The global burden of disease. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press. Murray CJL, Lopez AD (1997) Alternative projections of mortality and disability by cause 1990–2020: Global Burden of Disease Study. Lancet 349: 1498–1504.

denn sie adressierte die folgenden wichtigen und bis dato nur unzureichend epidemiologisch belegten Fragen:

1. Wie hoch ist die gesundheitsbedingten Belastung der Bevölkerung in Bezug auf Sterblichkeit und Morbidität?
2. Welche Bevölkerungsgruppen sind am stärksten betroffen?
  - a. Wie stark sind einzelne Bevölkerungsgruppen von bestimmten Belastungen betroffen sind (Differenzierung nach Exposition)?
  - b. Wie empfindlich sind einzelne Bevölkerungsgruppen gegenüber bestimmten Belastungen sind (Differenzierung nach Expositionssensibilität)?
3. Welche Prioritäten können für die Gesundheitsplanung und entsprechende finanzielle Aufwendungen gesetzt werden?
4. Welche Investitionen in Prävention, Behandlung und Nachsorge führen mit hoher Wahrscheinlichkeit und in Hinblick auf Kosteneffektivität zur größten Reduktion der krankheitsspezifischen Gesundheitseinschränkungen in der Bevölkerung?

Die Beantwortung solcher und weiterer Fragen wurde erstmalig global vergleichbar mit Hilfe einer weitgehend harmonisierten Methodik<sup>6</sup> ermöglicht, welche als einheitliches Summenmaß für verlorene gesunde Lebensjahre, das DALY-Konzept (Disability-Adjusted Life Year)<sup>7</sup> verwendet. Dieser Ansatz baut auf Arbeiten der Weltbank<sup>8</sup> und Dempsey<sup>9</sup> auf und ist komplementär zum QALY, dem Quality-Adjusted Life Year (qualitätsadjustierte Lebensjahre).<sup>10,11</sup>

Um die globale Krankheitslast zu schätzen bedarf es einer Reihe von Annahmen und auch normativer Entscheidungen: Diese beinhalten neben der Wahl des Summenmaßes auch die Auswahl der Krankheitsgruppen und ihrer Folgekrankheiten (sequelae), die Entscheidung hinsichtlich der Verwendung einer Diskontierungsrate sowie ihrer Höhe, die Beurteilung des Produktionspotenzials nach Alter und/oder Geschlecht und die Bestimmung eines Vergleichswertes wie beispielsweise einer Standardlebenserwartung.

---

<sup>6</sup> Die Methode wird als **Burden of Disease** oder **Krankheitslast** bezeichnet (siehe [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/about/en/index.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/about/en/index.html), letzter Zugang 8.6.2014).

<sup>7</sup> DALY wird auch als "krankheitskorrigiertes Lebensjahr" übersetzt (siehe Müller, LM in „Zur Nutzenbewertung im Gesundheitswesen“, Hrsg. Hensen P und Kölzer Chr., 2011)

<sup>8</sup> Jamison DT, Mosely WH, Measham AR, Bobadilla JL, eds. 1993. Disease Control Priorities in Developing Countries. New York: Oxford University.

<sup>9</sup> Dempsey M. 1947. Decline in Tuberculosis: The Death Rate Fails to Tell the Entire Story.“ *American Review of Tuberculosis* 56(2): 157-64.

<sup>10</sup> Pliskin, J. S.; Shepard, D. S.; Weinstein, M. C. (1980). "Utility Functions for Life Years and Health Status". *Operations Research* 28: 206–24

<sup>11</sup> QALYs sind eine Kennzahl für die Bewertung eines Lebensjahres in Relation zur Gesundheit. Ein QALY von 1 bedeutet ein Jahr in voller Gesundheit, während ein QALY von 0 einem Versterben entspricht. QALY ist daher ein Nutzwert für ein Lebensjahr. Demgegenüber messen DALYs die Lebensjahre, die durch Krankheit beeinträchtigt sind. Beide Kennzahlen werden häufig im Rahmen gesundheitsökonomischer Bewertungen zur Kosten-Nutzen-Analyse herangezogenen.

Um die globale Konsistenz und Vergleichbarkeit zu sichern, führt dies zwangsweise zu einer weniger realistischen Berücksichtigung der lokalen und länderspezifischen Kontexte. So gibt es eine fortdauernde Debatte zur Bestimmung der DWs und der Berücksichtigung des lokalen Kontexts hinsichtlich der Rolle von sozio-ökonomischen Faktoren, der sozialen Stigmatisierung von Behinderung sowie des Vorhandenseins und des Zugangs zu medizinischer Versorgung.

Ein weiterer wichtiger Kernpunkt in der Messung des Gesundheitszustandes besteht in der Debatte zur Definition von Behinderung.<sup>12</sup> Laut WHO wird eine Behinderung wie folgt definiert:

*Behinderung ist ein Überbegriff, der körperliche und geistige Einschränkungen, Aktivitätseinschränkungen sowie die begrenzte Fähigkeit an sozialen Aktivitäten teilzunehmen, einschließt. Körperliche und geistige Einschränkungen sind ein Problem der physiologischen bzw. geistigen Funktionsfähigkeit des Körpers; Aktivitätseinschränkungen umfassen die limitierte Fähigkeit, alltägliche Arbeiten und Funktionen auszuführen und begrenzte Teilnahmefähigkeit betrifft das Problem der Teilhabe am und im sozialen Umfeld einer Person. Behinderung ist somit ein komplexes Phänomen, welches die Interaktion körperlicher Charakteristiken einer Person mit ihrem gesellschaftlichen Kontext reflektiert.<sup>13</sup>*

Die WHO weist damit explizit auf das Zusammentreffen körperlicher/geistiger Beeinträchtigungen (impairments) als auch gesellschaftlicher Teilnahmebeschränkung (participation restriction) hin, die einzeln als auch gemeinsam zu einer Behinderung beitragen. Demgegenüber umfasst der Begriff ‚Handicap‘ eine soziale (und/oder körperliche) Benachteiligung aufgrund einer gesundheitlichen Beeinträchtigung und wird also erst im Rahmen einer bestehenden Beeinträchtigung wirksam. Handicap ist damit der treffendere Begriff, die aus einer körperlichen Beeinträchtigung resultierende Unfähigkeit der normalen Teilnahme in der Gesellschaft in Abhängigkeit von Alter und sozio-kulturellem Milieu zu beschreiben. Aus diesem Grund bevorzugen es viele Menschen auch lieber als Menschen mit Behinderung denn als „handicapped“ bezeichnet zu werden. Im Zusammenhang mit der BoD sollte demnach also eher der Begriff *Beeinträchtigung* verwandt werden.

Trotz der weiterhin bestehenden Kritikpunkte haben die GBD-Studien und die durch sie popularisierte BoD-Methode mit dem DALY als Summenmaß weltweit eine starke Verbreitung und Anwendung erreicht.

## 2.2 Die umweltbedingte Krankheitslast

Basierend auf der BoD-Methode stellten sich zunehmend Fragen nach dem Anteil umweltbedingter Krankheiten und der gesamten Krankheitslast. Eng verbunden mit diesen Fragen ist aus gesundheitspolitischer Sicht auch das Interesse zu ermitteln, in welchem Maße die umweltbedingte Krankheitslast durch gezielte Verbesserung der Umweltqualität reduziert werden kann.

---

<sup>12</sup> Und in diesem Zusammenhang komplementär auch mit der konzeptionellen Definition von ‚Gesundheit‘ (siehe Bickenbach, 2008).

<sup>13</sup> Weltgesundheitsorganisation, <http://www.who.int/topics/disabilities/en/> (letzter Zugang 8.6.2014).



Schon seit mehreren Jahrzehnten wird versucht, Rahmenansätze und Schätzungen für die umweltbedingte Krankheitslast zu entwickeln.<sup>14,15,16,17</sup> Insbesondere die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat hier in Zusammenarbeit mit vielen Forschungsgruppen weltweit zu maßgeblichen Fortschritten beigetragen und in 2003 erstmalig für acht Weltregionen eine Studie veröffentlicht und einen methodischen Leitfaden verfasst.<sup>18,19</sup> Dies führte dazu, dass zwischen 1996 und 2005 weltweit bereits 17 Studien zur Quantifizierung der Auswirkungen spezifischer Umweltstressoren veröffentlicht wurden. Im nächsten Abschnitt wird die WHO-Methode eingeführt.

## 2.3 Die Berechnung der WHO EBD - Kurzeinführung in die wichtigsten Konzepte und Verfahren

Generell sind die ersten Berechnungsschritte für die DALY-Berechnungen für die Gesundheitsendpunkte für die EBD einzelner Umweltstressoren die gleichen wie für die BoD, allerdings werden für die Attributierung zu den jeweiligen Umweltstressoren weitere Daten benötigt. Diese unterscheiden sich im Einzelfall in Bezug auf die Quelle und das Format der notwendigen Daten:

1. Die Verteilung der Exposition der Bevölkerung zum jeweiligen Umweltstressor,
2. Die Expositions-Wirkungs-Funktionen zwischen Umweltstressor und Gesundheitsendpunkt,
3. Die DALYs, die durch die von diesem Stressor verursachten Krankheiten entstehen. Wenn diese nicht zur Verfügung stehen, werden epidemiologische und demografische Daten zur Sterblichkeitsrate, Krankheitsinzidenz, -prävalenz, Krankheitsdauer, zu Lebenserwartungen, Bevölkerungszahlen, sowie zu den DWs herangezogen.

Die Expositionsverteilung in der Bevölkerung ((i) in der nachfolgenden Abb. 2-1) und die Expositions-Wirkungs-Funktion ((ii) in Abb. 2-1) für den Umweltstressor werden anschließend zu einem Effektanteil (impact fraction) für den Gesundheitsendpunkt kombiniert. Der Effektanteil

---

<sup>14</sup> Siehe beispielsweise Smith KR, Corvalán CF, Kjellström T (1999) How much global ill-health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10(5):573-584.

<sup>15</sup> USEPA (1994) A conceptual framework to support the development and use of environmental information. Washington, US Environmental Protection Agency.

<sup>16</sup> WHO (1997) Health and environment in sustainable environment. Five years after the Earth Summit. Geneva, World Health Organization.

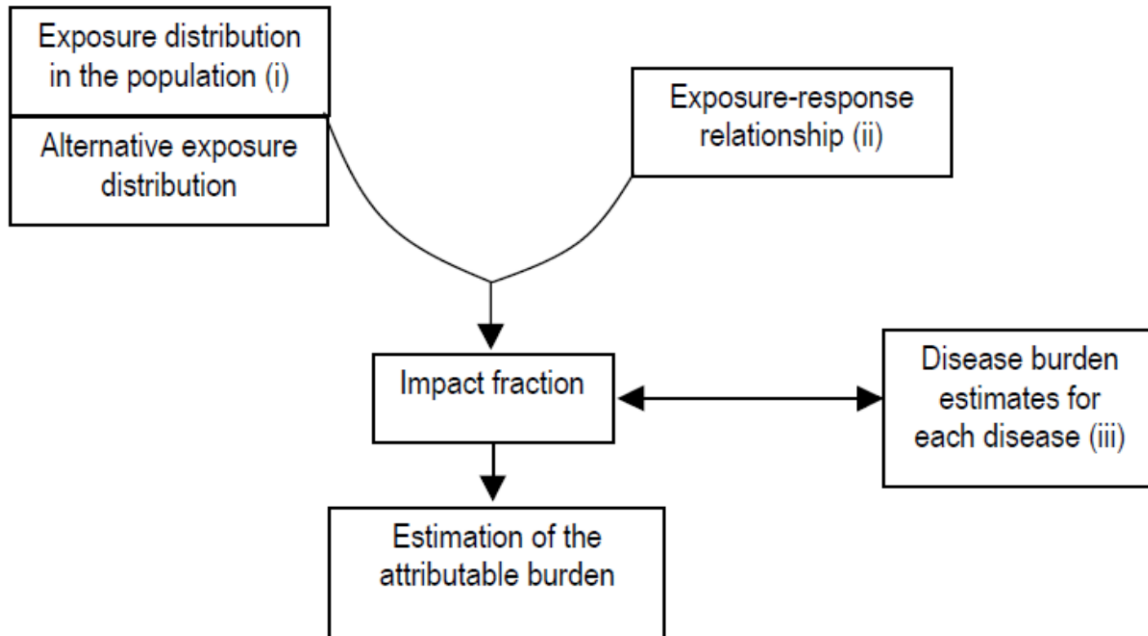
<sup>17</sup> WHO (1999) Environmental health indicators: framework and methodologies. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/OEH/99.10).

<sup>18</sup> Die Daten wurden auf nationaler Ebene berechnet und dann zur WHO-Regionen-Ebene aggregiert, um die sehr schwankende Datenverfügbarkeit und ihre Qualität zu auszubalancieren. Weitere Informationen sind auf der Webseite der WHO zur umweltbedingten Krankheitslast erhältlich, welche unter [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/en/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/en/) abrufbar ist (letzter Zugang 8.6.2014)

<sup>19</sup> Diese ist unter [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/9241546204/en/index.html](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/9241546204/en/index.html) abrufbar (letzter Zugang 8.6.2014).

wird dann mit der geschätzten Anzahl der Krankheitsfälle multipliziert ((iii) in Abb. 2-I), um die DALYs für diesen Umweltstressor zu ermitteln.

Abbildung 2-I: Expositionsbasierter Ansatz zur Berechnung der EBD nach WHO



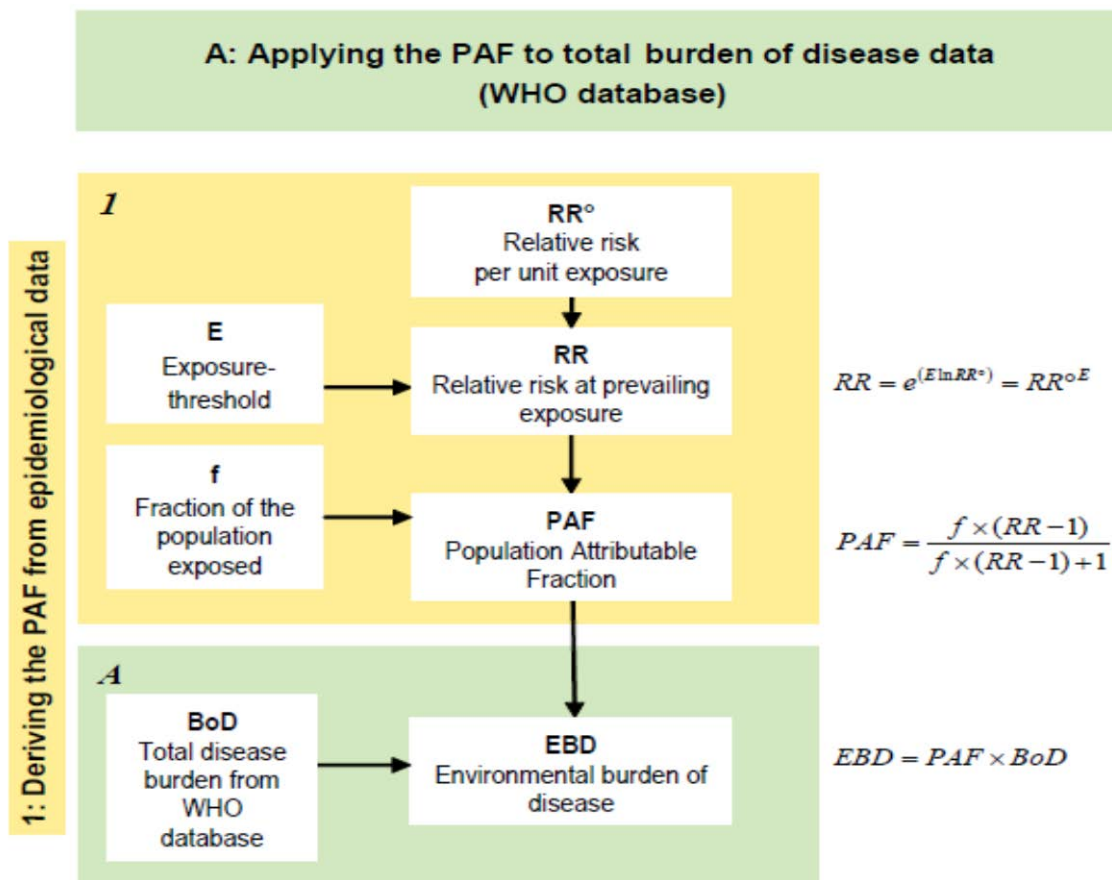
Quelle: WHO, Introduction and Methods: Assessing the Environmental Burden of Disease at National and Local Levels.<sup>20</sup>

Zwei Modelle zur Berechnung der Krankheitslast, die im Projekt zur „Environmental Burden of Disease in the European Region (EBoDE)“ Anwendung fanden und verschiedene Datenquellen sowie Risikowerte verwenden, sind in Abbildung 2-II und Abbildung 2-III dargestellt.

---

<sup>20</sup> Erhältlich unter [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/en/9241546204chap4.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/9241546204chap4.pdf) (letzter Zugang 31.3.2014)

Abbildung 2-II: Model 1A zur Verwendung des relativen Risikos in der Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast in einer Bevölkerung

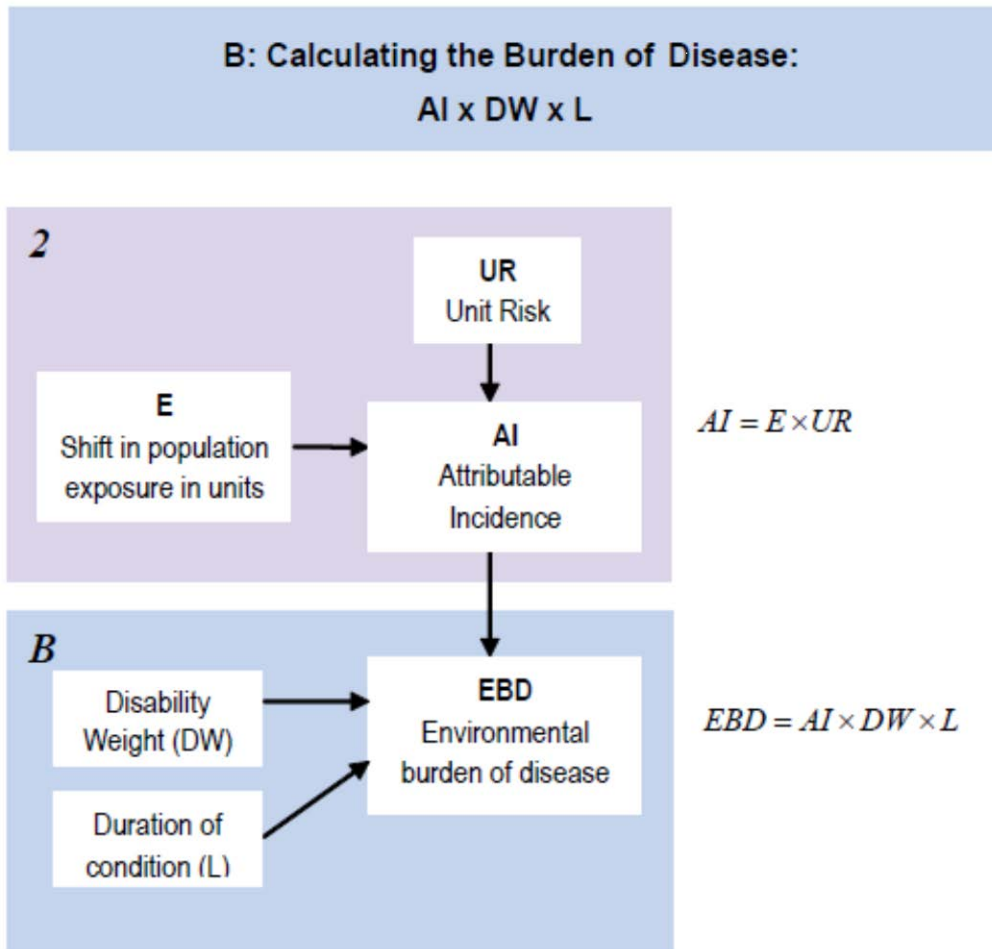


Quelle: European Perspectives on Environmental Burden of Disease (2011). Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. Study Report. National Institute for Health and Welfare (THL)<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Erhältlich unter <https://www.thl.fi/documents/10531/95613/Report%202011%201.pdf>

letzter Zugang 31.3.2014)

Abbildung 2-III: Modell 2B zur Verwendung des Unit Risikos<sup>22</sup> in der Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast in einer Bevölkerung



Quelle: European Perspectives on Environmental Burden of Disease (2011). Estimates for Nine Stressors in Six European Countries, Study Report, National Institute for Health and Welfare (THL).

Aufgrund der extensiven Verwendung epidemiologischer Daten aus Studien, Datenbanken und Forschungsprojekten sowie der wachsenden Anzahl an Krankheiten und Risikofaktoren, für die die DALYs auf regionaler, nationaler und sub-nationaler Ebene berechnet werden, hat die WHO das global harmonisierte Modell DisMod II entwickelt, welches die Grundlage für die konsistente Modellierung von Inzidenz, Prävalenz, Dauer und Sterblichkeit der in der GBD bzw. EBD erfassten Krankheiten bildet. DisMod II ist kostenfrei erhältlich.<sup>23</sup> Darüber hinaus wurde am Institut for Health Metrics (IHME) eine neue Version DisMod-MR entwickelt, welche auf Bayesiani-

<sup>22</sup> Als unit risk wird das angenommene zusätzliche Krebsrisiko einer hypothetischen Bevölkerung, die einem bestimmten Schadstoff auf Lebenszeit in einer gegebenen Konzentration (z. B.  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in der Atemluft) exponiert ist.

<sup>23</sup> Siehe [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/tools\\_software/en/](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_software/en/) (letzter Zugriff 8.6.2014)

schen Meta-Regressionen aufbaut und für die kürzlich veröffentlichte GBD2010 verwendet wurde. DisMod-MR erlaubt die Kalibrierung der Anzahl und Größe der Altersgruppen für die Eingabe- und Ausgabevariablen und das Modifizieren der Modellparameter durch Expertenwissen.

Der sogenannte DALYnator ist ein computerisierter Prozess zur Berechnung der DALYs auf der Basis der geschätzten Fallzahlen zur Sterblichkeit für die definierte Krankheitsliste der GBD (bzw. EBD), welche durch das von IHME entwickelte Computermodell CODEm (cause of death ensemble model) errechnet wurde, und den von DisMod-MR geschätzten durchschnittlichen Verlust an Jahren, die nicht in voller Gesundheit gelebt werden, bestimmt.

## 2.4 Kritik an der EBD-Methode der WHO

Trotz der weiten Verbreitung der DALY-Methode zur Berechnung von Krankheitslasten bleiben sowohl die GBD- als auch die EBD-Studien nicht frei von Kritik.<sup>24</sup> Neben bekannten und nicht leicht überwindbaren Problemen in der Datenqualität und -verfügbarkeit stehen hier auch die folgenden methodischen Kernpunkte des Krankheitslastansatzes (Burden of Disease - BoD) zur Diskussion.

Diese Kritiken berühren nicht nur medizinische und epidemiologische Aspekte, sondern reichen in die ethisch-moralische und rechtliche Bewertung von Leben und Behinderung hinein (siehe Tabelle 4-I, S. 57). Beispielsweise führten die Diskontierung verlorener Lebensjahre und die unterschiedliche Altersgewichtung dazu, dass verlorene Lebensjahre (Years of Life Lost, YLL) bzw. Lebensjahre, die mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Years lived with Disability, YLD) gelebt werden, für Kinder stärker diskontiert werden als für Erwachsene.<sup>25</sup> Die anfängliche Bestimmung der Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einzelner gesundheitlicher Beeinträchtigungen (Disability Weights, DW) mit Hilfe von Expertenbefragungen wurde dahingehend kritisiert, dass sie nicht legitimiert, transparent und repräsentativ genug sind für Entscheidungsgremien, Patient/-inn/en und die allgemeine Bevölkerung sind. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die BoD-Methoden bisher mit jeder neuen Berechnung und darauf aufbauenden WHO-Berichten weiter vervollständigt und verbessert werden. Die 2005er GBD-Studie verwendete beispielsweise umfassende Umfragen zur Bestimmung der DWs, während die 2010er GBD-Studie die Bestimmung der DWs um weitere Krankheitsbilder, deren Folgeerkrankungen sowie verbesserte statistische Methoden ergänzt hat.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> Siehe zum Beispiel Anand S, Hanson K. (1997). Disability-adjusted Life Years: A critical review. *Journal of Health Economics* 16(6):685-702; Anand S, Hanson K. (1998). DALYs: Efficiency versus Equity. *World Development* 26(2):307-310; Williams A. (1999). Calculating the global burden of disease: time for a strategic reappraisal? *Health Economics*, 8(1):1-8.

<sup>25</sup> In der Tat, wenn ein 5-jähriges Kind stirbt, ist der resultierende DALY Wert geringer als wenn ein 10-jähriges Kind stirbt. Dieser Ansatz wird von den Entwicklern der DALY Methode damit gerechtfertigt, dass Diskontierung und Altersgewichtung in vielen Kulturen implizit stattfindet und funktional in der DALY Methode erfasst wird.

<sup>26</sup> Es existieren eine Vielzahl anderer Ansätze zur Messung von Gesundheitsstatus und Differenzen: rate ratio, rate difference, shortfall, index of dissimilarity, slope index of inequality, relative index of inequality, concentration index, years of potential life lost, Gini coefficient, population-attributable risk, explained fraction, odds-ratio, synergy index, Arriaga (component) method. Siehe Anand S, Hansen K (1998), p.55.

## 3. Projektziele und Vorgehen

### 3.1 Ziele

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die insbesondere an der EBD-Methode geübte Kritik (einschließlich der DALY-Berechnung) systematisch zu identifizieren und zu bewerten und das speziell unter dem Aspekt der geplanten Anwendung der EBD-Methode auf nationaler und regionaler Ebene in Deutschland und damit den Weg zu ebnen für weitere Forschungsarbeiten sowie konkrete Vorschläge, wie diese Kritiken adressiert werden können und EBD-Analysen in und für Deutschland zukünftig verstärkt in der Umwelt- und Gesundheitspolitik berücksichtigt werden können.

Das Projekt evaluiert und entwickelt Empfehlungen für:

- die Verwendbarkeit der WHO EBD-Methode für deutsche Analysen der umweltbedingten Krankheitslast,
- die vorausschauende Vorbereitung und Erweiterung von EBD-Analysen in Deutschland in Anbetracht sich verändernder Umwelt- und Klimabedingungen und
- erste konzeptionelle Vorschläge erarbeiten, wie fehlende Bausteine der EBD - speziell DWs - berechnet werden können.

### 3.2 Vorgehen

Der Aufbau des Projekts folgt daher einer systematischen Folge von Arbeitsschritten, welche mit der Erfassung der Stärken und Schwächen der WHO EBD-Methode unter Berücksichtigung von für Deutschland relevanten Einsatzmöglichkeiten und unter Berücksichtigung der deutschen Perspektive beginnt. Ein Hauptteil der Arbeit und Ressourcen des Projekts widmen sich anschließend der Identifizierung und Priorisierung relevanter und bislang nicht berücksichtigter und neuer Umweltstressoren in Deutschland und ihren Auswirkungen auf die Gesundheit. Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, eine Liste von wichtigen Umweltstressoren mit einem hohen Gesundheitsrisiko basierend auf dem aktuellen Wissenstand im Rahmen dieses Projektes zu entwickeln und für künftige EBD-Schätzungen in Deutschland vorzuschlagen. Dieser Aufgabe stellt sich das Ecologic Institut, wohlwissentlich das sowohl auf der Seite der Umweltstressoren als auch auf der Seite der bisher identifizierten gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch die vorgenannten Stressoren viele Zusammenhänge nicht vollständig erforscht sind und gegebenenfalls wenig Informationen verfügbar sind.

Mit Hilfe von geeigneten Auswahlkriterien, die in Zusammenarbeit mit beteiligten Fachleuten abgestimmt werden, erfolgt die Auswahl der 10-15 Umweltstressoren und ihrer Gesundheitsendpunkte für ein künftiges EBD-Konzept für Deutschland.

Im anschließenden Arbeitsschritt wird dann eine weitere wichtige Entscheidung für eine künftige EBD-Studie getroffen: Für die zuvor ausgewählten Stressoren wird geprüft, inwiefern die bereits existierenden DWs akzeptiert bzw. wie neue, das heißt für deutsche Verhältnisse zugeschnittene DWs, methodisch abgeleitet werden.

## 4. Vor- und Nachteile der EBD-Methode der WHO

Wesentlicher Bestandteil einer Untersuchung zur Eignung der WHO EBD-Methodik für Deutschland, ist die Evaluierung der Vorteile und Nachteile der Methode im Rahmen deutscher Bedingungen. Diese Evaluierung muss zwangsläufig das gesamte BoD- und DALY-Konzept beinhalten, da die EBD ein Teil der BoD ist und auch die DALY-Berechnung benutzt.

Die zu BoD-, DALY- und EBD-Methoden vorhandene Literatur ist sowohl umfangreich als auch noch unvollständig. Es gibt eine Reihe an wissenschaftlichen Arbeiten, die technische Aspekte der Methodik diskutieren, in der Praxis testen, anpassen und weiterentwickeln. Es besteht jedoch noch immer ein Mangel an kritischen Analysen zu den fundamentalen ethischen und rechtlichen Annahmen, die der Methode zugrundeliegen, und ihren Auswirkungen für die Verwendung von EBD-Berechnungen für gesundheitspolitische, ökonomische und soziale Belange. Es soll nicht weiter vertieft werden, was die Gründe für diesen Mangel sind - obwohl er in auffallendem Kontrast zur vorhandenen Kritik an einigen Berechnungsschritten der DALYs steht - sondern vielmehr soll darauf hingewiesen werden, dass zu diesem Thema aus deutscher Sicht weiterer Forschungs- und Diskursbedarf besteht und das Projekt dazu Beiträge leisten kann.

Für die Erfassung der in der Literatur diskutierten Vor- und Nachteile der EBD-Methode wurde eine umfassende systematische Literaturrecherche (Suchworte: environmental burden of disease, global burden of disease, DALY, summary measures of population health) durchgeführt.<sup>27</sup> Dokumentiert wurden die in der Praxis üblichen Literaturangaben zu den Autoren, Erscheinungsjahr, Publikationstyp, Verleger, Veröffentlichungsort sowie eine Zusammenfassung des Inhalts in tabellarischer Form (siehe Tabelle 4-I). Alle gesammelten Materialien entsprechen einem hohen wissenschaftlichen Standard und es handelt sich um entweder referierte Artikel oder Forschungsberichte. Alle zusammengetragenen Informationen wurden in einer Literaturdatenbank abgelegt, die als webbasierte Applikation (Zotero) sowie als importierbare RIS Datei erhältlich ist.

Zur Bewertung der Vor- und Nachteile wurde in Zusammenarbeit mit dem UBA, als Auftraggeber ein Kriterienkatalog erarbeitet, mit dessen Hilfe die Vorzüge, Unsicherheiten und Kritiken an der EBD-Methode systematisch erfasst und ihre Relevanz aus deutscher Sicht bewertet wurden (siehe Tabelle 4-III).

Tabelle 4-I: Klassifikation der Quellen in der Literaturdatenbank

Thematik	Studien, Berichte, Kommentare
Globale BoD-Studien	65
Globale EBD-Studien	37
Regionale, nationale und sub-nationale Studien zu EBD und BoD	12
Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (Beeinträchtigungsgewichte)	31
Diskontierung	15

<sup>27</sup> Die Literatur ist ebenfalls als webbasierte Zotero Datenbank vorhanden.

Thematik	Studien, Berichte, Kommentare
Kosten-Nutzen-Schätzung	7
Unsicherheit und Datenqualität	5
Nicht klassifiziert	32

Für die Erstellung der Bewertungskriterien war es wichtig, die EBD-Methode hinsichtlich der drei Aspekte zu beleuchten, die im Fokus des Projektes stehen:

- die wissenschaftliche Perspektive,
- die rechtliche Perspektive und
- die ethische Perspektive.

Jede dieser Perspektiven wurde anschließend auf die folgenden Problemfelder der BoD-/EBD Methode angewandt (alphabetisch geordnet):

- DALY-Berechnung allgemein,
- Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitliche Einschränkung (DWs),
- Standardlebenserwartung,
- Altersgewichtung,
- Diskontierung,
- Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs) und zurechenbarer Effektanteil,
- Begleiterkrankungen (Komorbiditäten),
- Zeitliche Verzögerung.

Darüber hinaus wurde auch eine Bewertung der allgemeinen Datenlage vorgenommen.

#### 4.1 Neuerungen in der GBD2010

Die Arbeiten zur Erfassung und Bewertung der Vor- und Nachteile der EBD-Methode fanden im Laufe des Jahres 2012 statt. Im Dezember 2012 wurde die lange in Aussicht gestellte GBD2010 veröffentlicht, welche einen wesentlichen Meilenstein in der Fortschreibung der BoD, einschließlich der EBD, als auch hinsichtlich der methodischen Weiterentwicklung derselben auf globaler Ebene darstellt. Die GBD2010 hat mehrere wichtige methodische Neuerungen eingeführt, welche die Entwicklung und dadurch auch die Bewertung der WHO EBD-Methode nachhaltig beeinflussen. Da zu diesem Zeitpunkt die Projektarbeiten schon merklich vorangeschritten waren und die wissenschaftliche Gemeinschaft bis dato auch noch keine Chance hatte, die neue GBD2010-Methodik genauer zu untersuchen und die vorgenommenen Änderungen zu evaluieren, wurde in Absprache mit dem UBA entschieden, die bereits vorgenommene Bewertung im Wesentlichen beizubehalten. Alle aus den Veröffentlichungen zugänglichen methodischen Neuerungen im Rahmen der GBD2010 werden in der bis dahin erstellten Ergebnistabelle in einer gesonderten Spalte ergänzt. So können zuvor identifizierte Kritikpunkte mit den zusätzlichen aktuellen Informationen der GBD2010 verglichen werden und so kann schließlich die Frage nach dem Fortbestand der bisher ausgewiesenen Kritik oder deren Wegfall durch die Weiterentwicklung GBD, als Basis für die EBD beantwortet werden



Die GBD2010 hat:

- eine explizitere Definition des DALY als Maß für den Verlust an Gesundheit und nicht als Verlust von Wohlbefinden verwendet;
- neue, normative Standardlebenserwartungstabellen für Männer und Frauen und jede Altersgruppe eingeführt;
- eine einheitliche, geschlechtsunabhängige Standardlebenserwartung von 86 Jahren zugrunde gelegt;
- Begleiterkrankungen stärker in die YLD Berechnung einbezogen durch die Verwendung angepasster DWs, d.h. die YLD wurden als Produkt der Anzahl der von einer bestimmten Krankheit betroffenen Personen und einem DW berechnet, welches das Vorhandensein typischer Begleiterkrankungen berücksichtigt;
- auf die Diskontierung der DALYs verzichtet;
- keine Altersgewichtung durchgeführt;
- in der Ermittlung der DWs bevölkerungsbezogene Umfragen in mehreren Ländern durchgeführt (Haushalt- und Internetumfragen).

Diese Änderungen antworten sowohl auf statistische und methodische Kritiken als auch auf ethische und moralische Einwände hinsichtlich der DALY-Berechnung und nachfolgender Verwendung. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Neuerungen auch in zukünftige Berechnungen der umweltbedingten Krankheitslast einfließen werden. Eine Entwicklung, die sich insgesamt positiv auf die Akzeptanz der Methodik weltweit und insbesondere in Deutschland auswirken kann.

## 4.2 Ergebnisse

Die durchgesehene Literatur wurde hinsichtlich der in Tabelle 4-III genannten Merkmale analysiert und katalogisiert.<sup>28</sup> Da sich einerseits die Diskussionen des Öfteren um detaillierte technische Aspekte der BoD bzw. der darauf aufbauenden EBD-Methode drehen, andererseits aber die Zusammenstellung der Vor- und Nachteile aber leicht verständlich sein soll, wurden zwei verschiedene Fassungen von Ergebnistabellen zu erarbeiten. Die erste Tabelle stellt die vollständige „Langform“ dar, welche die notwendigen Details für die wissenschaftliche Analyse und potenzielle Weiterentwicklung der EBD-Methode in Deutschland enthält. Die zweite Tabelle ist weniger technisch angelegt und stellt eine detaillierte „Kurzform“ (Tabelle 4-IV) dar, die der Unterstützung politikberatender Prozesse dienen soll. Die Kurzfassung der Tabelle für die Politikberatung konzentriert sich auf die Aspekte, die aus Sicht einer deutschen EBD Studie als besonders wichtig eingeschätzt werden. Darüber hinaus konsolidiert sie die Langform der Tabelle, indem sie Quellennachweise mit gleicher beziehungsweise verwandten Kritikpunkten bündelt und somit auf Wiederholungen verzichtet. Die Kurzform ist in diesem Kapitel enthalten, die Langform im Appendix 2. Damit stehen dem UBA, als Auftraggeber die zwei Formen der Ergebnistabellen einschließlich Glossar zur Verfügung und können an die beiden vorgenannten Interessentengruppen verteilt bzw. auch publiziert werden.

---

<sup>28</sup> Zudem wurde ein kurzes Glossar entwickelt. Das Glossar ist in Appendix 1 enthalten.

Beide Tabellen enthalten neben den wissenschaftlichen Stärken und Schwächen auch rechtliche und ethische Bedenken. Allerdings ist dazu in der bisher vorhandenen Literatur noch wenig veröffentlicht. Mehr wird zu ethischen und rechtlichen Aspekten in Bezug auf die QALY Methode<sup>29</sup> diskutiert und publiziert. Deshalb wurde dieser Aspekt auch in den Vordergrund des im Rahmen des Projekts durchgeführten Expertenfachgesprächs im September 2013 gestellt. Die Diskussion, die sich dort entfaltete zeigt zum Einen, dass die Debatte zur rechtlichen und moralisch-ethischen Rechtfertigung des DALY noch längst nicht abgeschlossen ist und zum Zweiten, dass Bemühungen um eine deutsche EBD, diese Debatte nicht scheuen dürfen, da dies die Anstrengungen in Richtung deutsche EBD-Studie in Frage stellen kann.

Die wesentlichen Punkte in dieser Debatte um die rechtliche und moralisch-ethischen Rechtfertigung der DALYs sind:

- DALYs beinhalten eine implizite Wertentscheidung über normative Aspekte (Lebenserwartung, LE) und da das DALY noch dazu eine aggregierte Kennzahl ist, sind diese Wertentscheidungen tief im Berechnungsalgorithmus verborgen.
- Die Verwendung der DALYs aus rechtlicher und ethischer Sicht bleibt unzureichend analysiert und debattiert. Andere Kennzahlen, wie beispielsweise das QALY, sind in dieser Hinsicht bereits verstärkt diskutiert worden, obwohl auch sie sich keiner unumstrittenen Anerkennung erfreuen. In der aktuellen GBD2010 Version wird bei den DALY-Berechnungen in Reaktion auf bestehende Kritiken auf die Altersgewichtung, Diskontierung und die Verwendung unterschiedlicher Standardlebenserwartungen für Männer und Frauen verzichtet.
- Die Verwendung des DALY sowohl zur Bewertung eines personenbezogenen Gesundheitsdefizits als auch zur Ressourcenallokation in der Gesundheitspolitik stehen in potenziellem Widerspruch zueinander. Während der erste Verwendungszweck den vom Individuum wahrgenommenen Wert von Gesundheit reflektiert, misst der zweite den Gesellschaftswert von Gesundheit. Wenn dieses potenzielle Spannungsfeld genügend berücksichtigt wird, bieten die DALYs einen grundsätzlich vertretbaren Ansatz zur Messung und Evaluierung des durchschnittlichen Gesundheitszustandes einer Gesellschaft oder Bevölkerungsgruppe.
- Die Minimierung von DALYs impliziert Wertmaximierung, d.h. jede Maßnahme die Gesundheit maximiert, die die Gesamt-DALY-Anzahl minimiert ist demnach a-priori akzeptabel. Eine Verteilungsgerechtigkeit findet hier erst einmal keine Berücksichtigung, daher müssen insbesondere diskriminierende Verteilungen von Ressourcen anhand der Minimierung von DALYs von vornherein vermieden werden. Solche Diskriminierungsentscheidungen darf nur ein demokratisch gewählter, legitimer Entscheidungsträger treffen.
- Wenn die Vergleichbarkeit des Gesundheitszustandes der Gesamtbevölkerung bzw. großer Bevölkerungsteile im Vordergrund steht, ist die DALY-Kennzahl gut geeignet. Sie erlaubt zu einem gewissen Grad inter- und intra-individuelle Vergleiche. Die Debatte um

---

<sup>29</sup> Das QALY oder das qualitätsgleiche Lebensjahr (Englisch: quality-adjusted life year oder QALY) ist eine Kennzahl für die Bewertung eines Lebensjahres in Relation zur Gesundheit. Das QALY ist die meistgenutzte Kennzahl in der gesundheitsökonomischen Bewertung medizinischer oder gesundheitspolitischer Interventionen

die Bestimmung der DWs spielt hier jedoch eine wesentliche Rolle, da sie maßgeblich zu den resultierenden DALYs beiträgt und zu ungewollten Verzerrungen führen kann.

- Wichtig bei der Durchführung von EBD-Studien ist die Verringerung von Zugangsbarrieren (z.B. bei Befragungen von Bürgerinnen und Bürgern aus allen sozialen Schichten, Patient/-inn/en, Familienangehörigen, etc.). Ebenfalls zu berücksichtigen ist der Sprachgebrauch, so beispielsweise in Bezug auf das Behinderungsgewicht, welches besser Gewichtungsfaktor für den Schweregrad einer gesundheitliche Einschränkung genannt werden sollte, und unter Umständen zu stärkerer Akzeptanz unter Menschen mit körperlichen/geistigen Beeinträchtigungen führen kann.
- Die rechtlichen und moralisch-ethischen Kritiken an der Kenngröße DALY und damit an der EBD (wenn diese DALYs als Summenmaß benutzt) sind auch mit den technischen Aspekten verbunden, so würden erstere auch von den folgenden Verbesserungen profitieren:
  - Mehr (Expositions-)Daten
  - Bessere Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs)
  - Verstärkte Einbeziehung der Betroffenen sowie von Kindern, Jugendlichen und Senior/-inn/en in Befragungen zur Ermittlung der DWs
  - Förderung von Transparenz, Verständnis und Informationsvermittlung zur EBD-Methode, z.B. durch Einbeziehung von Verbänden und Interessensgruppen
  - Stärkere Einbindung der EBD-Methodik in die Diskussion der vom Robert Koch Institut geleiteten Umwelt-Medizin-Kommissionen in Deutschland.

Tabelle 4-II: Schematische Zusammenstellung der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode

Bewertungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0) bewertet aus Sicht der Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?  Relevanz: hoch, mittelmäßig, niedrig, irrelevant
DALY-Methode allgemein	Wissenschaftlich	DALYs sind nicht aus der Luft gegriffen: sie bauen auf begründeten, vorherigen Methoden und Theorien auf, z.B. dem Vorschlag von Sullivan (1971) zur Entwicklung eines zusammengesetzten Indexes zur Mortalität und Morbidität.	Murray (1994)	(+)	DALYs beruhen auf einer breitangelegten, theoretischen Forschungsbasis in der Gesundheitsökonomie, die empirisch fundierte Kennzahlen zur Entscheidungsfindung heran zieht. DALYs sind ebenfalls nützlich, wenn eine hochaggrierte Kennzahl für umwelt- und gesundheitsbezogene Regulierungsmöglichkeiten gesucht wird.	Irrelevant
DALY-Methode allgemein	Rechtlich	...	...	...	...	...
DALY-Methode allgemein	Ethisch	...	...	...	...	...

Tabelle 4-III: Liste der Kriterien zur Bewertung der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode

Aspekt (alphabetisch)	Kriterium	Antwort	Allgemeine Relevanz für eine EBD-Studie in Deutschland (hoch, mittelmäßig, gering)	Relevanz in Bezug auf die Methodik der GBD2010: hoch, mittelmäßig, gering
Allgemeine Datenlage	Erlaubt die allgemeine epidemiologische und statistische Datenlage in Deutschland eine EBD-Berechnung?	Die Datenlage muss für die einzelnen Umweltstressoren geprüft werden (siehe AP 3-4).	Hoch	Hoch
Altersgewichtung	1. Existiert in Deutschland ein sozial, ethisch/moralischer und rechtlich vertretbarer Konsensus zur unterschiedlichen Gewichtung verschiedener Altersgruppen bzw. kann ein solcher Konsensus erreicht werden? 2. Kann die Altersgewichtung so gesetzt werden, dass sie diese Einstellung widerspiegelt?	1. Nein, dieser Konsensus existiert noch nicht.  2. Die Altersgewichtung wird durch den K-Wert bestimmt. Dieser kann zwischen 0 (keine Diskontierung) bis 1 (GBD-Methode) und darüber hinaus verschoben werden.	Hoch, da es sich um einen verstellbaren Parameter in der Berechnungsmethode handelt.	Gering, da in der aktuellen GBD2010 auf Altersgewichtung verzichtet wurde.

Aspekt (alphabetisch)	Kriterium	Antwort	Allgemeine Relevanz für eine EBD-Studie in Deutschland (hoch, mittelmäßig, gering)	Relevanz in Bezug auf die Methodik der GBD2010: hoch, mittelmäßig, gering
Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitliche Einschränkung (DWs)	<p>Sind die in der EBD benutzten DWs repräsentativ für die in Deutschland erlebten funktionalen Beeinträchtigungen?</p> <p>Liegen deutsche Gewichtungsfaktoren vor?</p> <p>Liegen Gewichtungsfaktoren aus Ländern mit vergleichbarem Gesundheitsprofil sowie anderen relevanten Charakteristiken vor?</p> <p>Welche Alternativen gibt es zur Bewertung funktionaler Gesundheitsbeeinträchtigungen und welche davon eignen sich am besten für Deutschland?</p> <p>Kann eine Betrachtung ohne DWs durchgeführt werden?</p>	<p>Muss im Einzelfall geprüft werden (siehe AP 4), da die in der EBD genutzten DWs globale Durchschnittswerte sind, die u.U. an deutsche Meinungen/Studien angepasst werden sollten.</p> <p>Nein.</p> <p>Ja. Es gibt einzelne Studien für west-europäische Länder (Niederlande, GB, Schweden, Spanien und Frankreich) als auch die USA und Australien, die spezifische Gewichtungsfaktoren berechnet bzw. auf ihre Vergleichbarkeit getestet haben.</p> <p>Es gibt eine Reihe von Verfahren, die Gewichtungsfaktoren bestimmen (TTO, PTO, VAS, Umfragen)<sup>30</sup>.</p> <p>Nur durch Kenntnis der Dauer der Krankheit und/oder Behandlungskosten.</p>	Hoch	<p>Relevanz mittelmäßig.</p> <p>In der GBD2010 wurden die DWs mit Hilfe von Haushaltsumfragen in Bangladesch, Indonesien, Peru und Tansania (insgesamt 19.302 Teilnehmer/-innen) sowie eine freizugängliche, mehrsprachige Internetumfrage (16.328 Teilnehmer/-innen) bestimmt. Internetsurvey Vergleichbarkeit sowie Vergleichbarkeit mit den GBD2005 DWs akzeptabel.</p>

<sup>30</sup> TTO = Time trade-off Methode; PTO = Person trade-off Methode; VAS = Visual Analog Scale; Umfragen beinhalten Internet und Haushaltsumfragen.

Aspekt (alphabetisch)	Kriterium	Antwort	Allgemeine Relevanz für eine EBD-Studie in Deutschland (hoch, mittelmäßig, gering)	Relevanz in Bezug auf die Methodik der GBD2010: hoch, mittelmäßig, gering
Diskontierung	<p>Existiert in Deutschland ein sozial, ethisch/moralischer und rechtlich vertretbarer Konsens zur Diskontierung bzw. kann ein solcher Konsens erreicht werden?</p> <p>Entspricht die 3% Diskontierungsrate<sup>31</sup> dem deutschen Kontext zur Berechnung des Netto-Kapitalwerts eines verlorenen bzw. mit Beeinträchtigungen verlebten Lebensjahres?</p>	<p>Müsste im Rahmen einer deutschen EBD-Studie geprüft werden.<sup>32</sup></p> <p>Die in der GBD2005 verwendete 3% Diskontierungsrate wird von der Weltbank (World Bank Disease Control Priorities study) und anderen anerkannten Institutionen (US Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine) verwendet bzw. empfohlen. Sensitivitätsanalysen zeigen, dass höhere Diskontierungsraten die DALY-Bilanz von Infektionskrankheiten (Gruppe 1) zu den nichtansteckenden Krankheiten (Gruppe 2) verschieben. Erstere sind von größerer Bedeutung in Deutschland. Der tatsächlich gewünschte Diskontierungssatz kann außerdem in der DALY-Formel als Parameter spezifiziert werden.</p>	Hoch, es handelt sich um einen verstellbaren Parameter in der Berechnungsmethode.	Irrelevant In der GBD2010 wurde aufgrund der Kritik auf die Diskontierung verzichtet.

---

<sup>31</sup> Diskontierung dient der Vergleichbarkeit von heutigen und zukünftigen Lebensjahren, d.h. der Berechnung wie viele zukünftige Lebensjahre aufgegeben würden müßten, um ein Lebensjahr heute zu gewinnen.

<sup>32</sup> Diese Überprüfung ist jedoch nicht Aufgabe dieses Projekts.

Aspekt (alphabetisch)	Kriterium	Antwort	Allgemeine Relevanz für eine EBD-Studie in Deutschland (hoch, mittelmäßig, gering)	Relevanz in Bezug auf die Methodik der GBD2010: hoch, mittelmäßig, gering
Expositions-Wirkungs-Kurven	Liegen vollständige und für Deutschland repräsentative Studien zur Bestimmung der Expositions-Wirkungsfunktionen vor?	Existierende Studien (EBoDE, die Niederlande, USA, WHO REVIHAAP-Studie, etc.) bieten eine Grundlage für eine deutsche EBD, sind aber noch nicht vollständig (siehe AP 3).	Hoch	Hoch. Für die GBD2010 wurde die bisher größte globale Datenerfassung und -analyse durchgeführt. Davon kann u.U. auch eine deutsche EBD profitieren.
Begleiterkrankungen	Wie kann mit den häufig vorkommenden Komorbiditäten umgegangen werden?	In der GBD2005 wird primär die einzelne Krankheits- bzw. Todesursache spezifiziert. Die aufgrund von Komorbiditäten angewandte Aufsummierung der einzelnen DWs ist problematisch. Es gibt einige Studien (Haagsma et al., 2011; WHO, 2013), die Komorbiditäten näher untersucht haben.	Hoch	Hoch. In der GBD2010 werden Begleiterkrankungen erstmalig explizit mitberücksichtigt und die DWs entsprechend adjustiert. Dies reduziert die YLDs.
Standardlebenserwartungen	Sind die verwendeten Standardlebenserwartungen für Deutschland relevant und akzeptabel?	Die Wahl der Lebenserwartung ist ein wichtiger Aspekt in der DALY-Berechnung und verschiedene Argumente existieren bzgl. ihrer Auswahl. Die GBD2005 benutzt die weltweit höchsten (japanischen) empirischen Lebenserwartungen für Frauen und Männer. Diese liegt in der Regel über der Lebenserwartung in D.	Mittel	Gering. In der GBD2010 wird eine einheitliche Standardlebenserwartung von 86 Jahren für Männer und Frauen verwendet.
Zeiteffekte	Inwiefern behindern die manchmal langen zeitlichen Verzögerungen zwischen Belastung und Eintreten (oder Diagnose) einer Krankheit die korrekte Bestimmung der resultierenden DALY?	Da der Expositions-Effekt-Verlauf individuell unterschiedlich ist, müssen hier Verallgemeinerungen getroffen werden, d.h. es wird die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Exposition und Krankheitseintritt verwendet.	Hoch	Relevanz geringer. In der GBD2010 wird dies durch umfangreiche Analyse und Modellierung von Alter und Inzidenz erreicht.



Tabelle 4-IV: Kurzform der Tabelle zu den Vor- und Nachteilen der EBD-Methode

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
1	Methodischer Ansatz der DALY Berechnung	Wissenschaftlich	Wissenschaftlich fundierter, in sich konsistenter Ansatz; weltweit die am häufigsten verwendete Methode zur Berechnung des aggregierten Gesundheitszustandes; vereint und baut auf mehreren Konzepten auf (z.B. Anregungen von Sullivan, PYLL)	Bickenbach (2008), Michaud et al. (2001), Murray et al. (1996a,b), Murray et al. (1994), Murray (1994)	+
2			Unvollständige Erfassung des kumulativen Einflusses von Krankheiten mit geringfügiger chronischer Beeinträchtigung.	Mathers et al. (2007), Cohen (2000)	-
3			Ein Kernproblem in der DALY-Methode ist die Verwendung von Krankheits-kategorien, welche ätiologische und undifferenzierte Syndrome als separate Krankheitskategorien klassifizieren. Die von der DALY-Methode benutzte Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und assoziierter Gesundheitsprobleme ist außerdem nicht geeignet, vermeidbare Ursachen von Krankheiten zu definieren und klassifizieren, weil die Internationale Klassifizierung der Krankheiten (ICD) nur Krankheiten und Symptome, aber nicht ihre Ursachen betrachtet.	King & Bertino (2008)	-
4			Die Schätzung der Lebensjahre, die durchschnittlich mit einer bestimmten Behinderung gelebt werden, ist komplex und mit vielen Unsicherheiten behaftet. Es ist darüber hinaus eine über größere Bevölkerungszahl gemittelte Kennzahl.	Mathers (2005)	-

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
5		Rechtlich	Die Gleichsetzung von Behinderung mit qualitativer/funktionaler Einschränkung der Lebensqualität durch (a) Abwertung eines Lebensjahres mit Behinderung (dignity objection) und (b) Minderung des Wertes von ex-ante Gesundheitsergebnissen von Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (justice objection) ist problematisch.	Bickenbach (2008)	-
6		Ethisch	DALY ist keine wertneutrale Maßeinheit. Die Gleichsetzung von Behinderung mit qualitativer/funktionaler Einschränkung der Lebensqualität durch (a) Devaluierung eines Lebensjahres mit körperlicher Beeinträchtigung (dignity objection) und (b) Minderung des Wertes von ex-ante Gesundheitsergebnissen von Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (justice objection) ist problematisch.	King & Bertino (2008), Bickenbach (2008)	-
7			Die Rangordnung von Krankheiten nach DALYs und darauf aufbauende Gesundheitsplanung stimmt nicht unbedingt mit den Präferenzen der Bevölkerung überein. DALYs sind als Mittel/Metrik zur Ressourcenallokation im Gesundheitswesen ethisch und moralisch umstritten.	Cohen (2000), Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008), Murray (1994)	-

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
8	Definition von Behinderung	Wissenschaftlich	Der Fachbegriff Behinderung wurde im Rahmen der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) ausgewählt, da Handicap zu sehr im sozio-ökonomischen und kulturellen Kontext zu sehen ist und dadurch vorhandene Ungleichheiten (inequalities) weiter verstärken würde. ICF misst Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnehmerrestriktionen (participation restrictions). Behinderung ist auch im Kontext von Bedarf für medizinische Versorgung und gesellschaftlicher Ein- bzw. Ausgrenzung zu sehen: körperliche Beeinträchtigung (impairment) berücksichtigt den medizinischen Versorgungsbedarf und Behinderung (disability), welche auch soziale, gesellschaftlich verursachte Barrieren beinhaltet.	Cohen (2000) , Bickenbach (2008)	0
9		Rechtlich	Es herrscht immer noch Unklarheit darüber was das D in DALYs bedeutet, bzw. wie es definiert ist, was rechtliche Konsequenzen haben kann. Behinderung ist ein sozial-geschaffener Nachteil (eine Kritik, die auch in der United Nations Convention for the Rights and Freedoms of Persons with Disabilities diskutiert wird). Auf der anderen Seite erleichtert die DALY-Methode es den Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen ein Recht auf medizinische Versorgung einzufordern.	Bickenbach (2008)	-
10		Ethisch	Die DALY-Methode vertritt das medizinische Modell von Behinderung, welches dem sozialen Modell von Behinderung (Michael Oliver '[d]isability has nothing to do with health', Disability is socially-created disadvantage) widerspricht. Das Vorhandensein einer gesundheitlichen Komponente in körperlichen/geistigen Wohlbefinden bestimmt nicht das gesamte Empfinden von Behinderung für den/die Betroffene(n).	Bickenbach (2008)	0

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
11	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkung	Wissenschaftlich	Durch die erzwungene Vermeidung der mehrfachen Zählung verlorener Lebensjahre werden Komorbiditäten übersehen, obwohl sie beispielsweise bei den sogenannten „vernachlässigten tropischen Krankheiten“ (neglected tropical diseases, NTD) sehr häufig sind. Die Berechnung der DWs führt zu Verzerrungen (Untergewichtung) chronischer aber nicht lebensbedrohlicher Einschränkungen.	King & Bertino (2008)	-
12			Es wird angestrebt, DWs als kardinale (0-1) Gewichte für gesundheitliche Dekremente zu bestimmen, d.h. als kontextunabhängige Komponenten von Behinderung.	Cohen (2000)	0
13		Ethisch	Kontext ist bedeutsam in der Bestimmung der DWs: Blindheit in einem Land wie Großbritannien ist nicht so belastend wie Blindheit in Niger.	Reidpath (2003)	0
14		Rechtlich	Das DALY-Konzept unterstützt das neue und akzeptierte ICF-Modell der WHO, welches Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnahme-restriktionen (participation restrictions) verwendet.	Bickenbach (2008)	0
15	Diskontierung	Wissenschaftlich	Die Methode der Diskontierung wird häufig von Ökonomen verwendet, um den Netto-Kapitalwert (net-present-value) zu bestimmen und ist theoretisch fundiert. Diskontierungsrate ist als Parameter in der DALY-Berechnung steuerbar.	Murray et al. (1994)	0
16		Ethisch	Die aus der Verwendung von Diskontierungsraten entstehenden Folgen (z.B. die niedrigere Gewichtung von Lebensjahren, die weit in der Zukunft liegen, d.h. von heutigen Kindern) sind nicht akzeptabel. Die Bestimmung und Diskontierung des Wertes eines Lebensjahres mit Behinderung durch die Person Trade-Off Methode ist umstritten.	Anand & Hanson (1997), King & Bertino (2008)	-

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
17		Rechtlich	Diskontierung ist ein Konzept, welches im juristischen Sinne vertretbar ist, da es ermöglicht jetzige und zukünftige Kosten realistischer miteinander zu vergleichen (allerdings kommt dabei der Wahl der Diskontierungsrate wichtige Bedeutung zu). Die Diskontierungsrate kann auch an die jeweiligen Umstände und Präferenzen angepasst werden (z.B. auf Null gesetzt werden)	Murray (1994) Farber & Hemmersbaugh (1993)	0
18	Lebenserwartung	Wissenschaftlich	Die Verwendung von geschlechterspezifischen Standardlebenserwartungen reflektiert die Tatsache, dass Frauen in der Regel eine höhere statistische Lebenserwartung haben als Männer. Orientierung an Japans Lebenserwartung (der höchsten in der Welt) dient lediglich dem Zweck, die YLL für alle potenziell möglichen Lebensjahre zu berechnen, (der Bevölkerungsanteil über der gewählten für Frauen bzw. Männer trägt damit nicht zur Summe der YLL bei).	Murray (1994)	0
19		Ethisch	Die Wahl der Lebenserwartungen ist recht anwendungsorientiert und von statistischen Überlegungen getrieben. Dempsey forderte, dass die für eine jeweilige Kohorte übliche Durchschnittslebenserwartung bei der Geburt verwendet werden sollte. Romeder & McWhinnie schließen das erste Lebensjahr aus, um eine zu starke Beeinflussung der YPLL (years of potential life lost) durch die Säuglingssterblichkeit zu verringern. In der DALY-Berechnung ist die Standardlebenserwartung von einer auf den produktiven Nutzen fokussierten Perspektive (utility perspective) beeinflusst.	Murray (1994), King & Bertino (2008)	0
20		Rechtlich	Durch die Verwendung unterschiedlicher Lebenserwartungen werden, wenn alle anderen Faktoren unbeachtet bleiben, einem Lebensjahr unterschiedliche DALYs zugewiesen und das schränkt die länderübergreifende Vergleichbarkeit ein.	Anand & Hanson (1997)	-

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
21	Altersgewichtung	Wissenschaftlich	Altersgewichte reflektieren die Annahme, dass die Lebensphasen einer Person unterschiedlich produktiv sind (das von den Autoren zitierte Beispiel bezieht sich darauf, dass Personen zwischen 10 und 45 Jahren produktiver sind als Kinder und ältere Personen). Diese Annahme kann durch einen Parameter im DALY Modell gesteuert werden.	Murray et al. (1994)	-
22		Ethisch	Altersgewichte sind prinzipiell normativer Natur, werden aber explizit und implizit in vielen Ländern und Kulturen angewendet.	Murray (1994)	-
23		Rechtlich	Altersdiskriminierung bezeichnet eine soziale und ökonomische Benachteiligung von Einzelpersonen oder von Personengruppen aufgrund ihres Lebensalters. In der Charta der Grundrechte der Europäischen Union ist ein Verbot von Altersdiskriminierung enthalten. Das Grundgesetz Deutschlands kennt kein ausdrückliches Diskriminierungsverbot aufgrund des Alters. Jedoch wird im allgemeinen Gleichheitssatz des Artikels 3, Absatz 1, generell die Gleichheit aller Menschen vor dem Gesetz als Grundrecht festgeschrieben.	Charta der Grundrechte der EU (EU, 2000), Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland (Dt. Bundestag, 2014)	-
24	Monokausalität	Wissenschaftlich	Die Verwendung der ICD hat den Effekt, dass DALYs hauptsächlich auf monokausaler Basis berechnet werden.	WHO (2008)	-
25		Ethisch	--		

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
26		Rechtlich	--		
27	Komorbidität	Wissenschaftlich	Die exakte Anzahl und Art an Komorbiditäten ist gewöhnlich unbekannt und es gibt keine entsprechenden DWs. In der GBD 2010 werden daher Korrekturfaktoren auf der Basis eines multiplikativen Modells angewandt. Weitere Verbesserungen sind nötig für die Schätzung von nicht unabhängigen Komorbiditäten.	van Baal et al. (2006), Mathers et al. (2007), Murray et al. (2012)	-
28		Ethisch	--		
29		Rechtlich	--		
30	Datenlage	Wissenschaftlich	Die GBD2010, vorgestellt durch das IHME <sup>33</sup> , beruht auf der weltweit größten Datensammlung, mehr als 10.000 individuelle Datensätze und Studien wurden ausgewertet und verwendet. Dennoch sind Daten zur Ursache von Mortalität noch unvollständig und nicht von Land zu Land vergleichbar und führen insbesondere zu einer Unterschätzung der Krankheitslast in Entwicklungsländern.	Murray et al. (1994), King & Bertino (2008)	+

<sup>33</sup> Institute for Health Metrics and Evaluation

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
31			Für vernachlässigte tropische Krankheiten (NTD) ist es schwierig, das relative Risiko einzelner Krankheitsverursacher zu identifizieren, da oftmals multiple pathogene Infektionen vorliegen und die epidemiologischen Studien nicht groß bzw. detailliert genug sind. Es ist auch wichtig additive und synergistische Effekte multipler NTDs zu messen. Diese sind in der DALY-Methode nicht berücksichtigt.	King & Bertino (2008)	-/0
32			Mehrzahl der Datensätze stehen für Krankheiten der Kategorie I (ansteckende Krankheiten, ernährungsbedingte Krankheiten, Kinderkrankheiten sowie Komplikationen während und nach der Schwangerschaft) und nicht für Gruppen II (nichtansteckende Krankheiten) und III (Verletzungen). Es besteht außerdem das Problem der Nutzung regionaler Daten bzw. Mittelwerte oder Quotienten für YLD und YLL für Länder mit unzureichenden oder gänzlich fehlenden Daten.	Mathers (2005)	-/0
33		Ethisch	Die GBD erlaubt eine ansonsten nicht mögliche vergleichende Betrachtung der Krankheitslast der Gesamtbevölkerung bzw. großer Bevölkerungsteile. Wenn der Ansatz auch nicht perfekt angelegt ist, so ist sie dennoch ethisch gerechtfertigt, wenn dadurch auf objektive Art und Weise Mittel bereitgestellt und verteilt werden können, um den Betroffenen zu helfen. Die Entscheidungskriterien für etwaige Ressourcenallokationen sollten jedoch von der GBD unabhängig sein und müssen daher getrennt beurteilt werden.	Murray et al. (1994)	+
34			Bevölkerungsstudien zu Krankheiten mit geringen gesundheitlichen Einschränkungen sind oft durch kleine Stichproben limitiert und können so die Effekte statistisch nicht ausreichend akkurat erfassen	King & Bertino (2008)	-



No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
35			Entwickler der DALY-Methode unterscheiden nicht zwischen Berechnung der Krankheitslast einer Bevölkerung und der Allokation von Ressourcen. Die Informationsbedürfnisse für beide Aspekte sind sehr unterschiedlich.	Anand & Hanson (1996)	-
36		Rechtlich	--		
37	Datenschutz	Wissenschaftlich	--		-
38		Ethisch	--		
39		Rechtlich	Datenschutzaspekte werden berücksichtigt.	Murray et al. (1994)	-
40	Benutzung für die Ressourcenallokation	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode wurde u. a. zu dem Zweck entwickelt, um die Kosten-Nutzen optimierte Verteilung von Ressourcen zu verbessern, auch wenn Fragen/Kritiken hinsichtlich der Fairness verstärkt berücksichtigt werden müssen.	Michaud et al. (2001)	-/0

No	Beurteilungsaspekt	Beurteilungsperspektive	Beurteilung aus Sicht der Autoren (siehe nächste Spalte)	Quelle der Kritik	Relevanz der Kritik für deutsche Anwendung positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (0)
41		Ethisch	Die Allokation von Ressourcen zur Bekämpfung eines Risikofaktors ist nur dann möglich, wenn er auch Teil der GBD ist.	Cohen (2000)	-
42		Rechtlich	Die Nutzung von DALYs zur Bestimmung von Ressourcenallokation ist intrinsisch normativ und kann daher nur in Einklang mit der jeweiligen Rechts-situation (z. B. hinsichtlich der unterschiedlichen Bewertung von Alter und Geschlecht), des bestehenden sozialen Weltbildes und moralischer Normen entschieden werden.	Anand & Hanson (1997)	-/0

## 5. Auswahl relevanter Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte

### 5.1 Problemstellung

Um die 10-15 wichtigsten Umweltstressoren mit ihren assoziierten gesundheitlichen Auswirkungen zu ermitteln, die im Rahmen dieses Projektes näher auf ihre Eignung (sowohl auf der Expositions- als auch auf der Wirkungsseite) für eine deutsche EBD-Studie untersucht werden sollen, bedarf es einer Selektionsmethodik, die sicherstellt, dass

- für Deutschland relevante Stressoren ermittelt werden. Da das Spektrum potenzieller Kandidaten sehr groß ist und im Rahmen dieses Projektes nicht detailliert geprüft werden kann, muss hier zwangsläufig eine transparente, a-priori Einschränkung vorgenommen werden;
- aus den ermittelten Kandidaten mittels robuster Kriterien eine vertretbare Auswahl getroffen werden kann. Da es bereits eine Reihe repräsentativer Studien zu wichtigen Umweltstressoren gibt und die Auswahl nicht auf diese beschränkt bleiben soll, werden auch Stressoren berücksichtigt werden, die anhand ihrer Krankheitslast (DALYs) oder aufgrund von Expertenmeinungen nicht zwangsläufig an der Spitze von Rankings stehen, sondern durch zusätzliche Auswahlkriterien in die engere Wahl kommen (z.B. aufgrund ihrer stark ansteigenden Belastung der Bevölkerung);
- die Auswahl Schritte im Falle wiederholter Analysen zu reproduzierbaren Ergebnissen führen und schließlich
- die Auswahlmethodik auch in der Zukunft weiter verwendet werden kann und damit an zukünftige Bedingungen anpassbar ist.

Es ergeben sich somit insbesondere folgende Fragen, die bei der Auswahl der Umweltrisiken berücksichtigt werden müssen:

- Wer ist betroffen (z.B. Bevölkerung allgemein, anfällige Bevölkerungsgruppen, Kinder, ältere Personen, usw.)?
- Welche besonderen rechtlichen und ethischen Fragen stellen sich in Bezug auf den Risikofaktor bzw. die resultierende gesundheitliche Beeinträchtigung?
- Wie hoch ist das Risiko der Bedrohung?
- Wie hoch ist die Unsicherheit, dass der genannte Risikofaktor bzw. die Krankheit in den nächsten 5, 10, 25, 50 oder 100 Jahren in Deutschland eine wesentliche Rolle spielen wird?
- Wie hoch ist der Schweregrad der Beeinträchtigung?
- Wie hoch sind die Heilungschancen?
- Wie hoch sind die zu erwartenden Kosten (ökonomisch, sozial, gesellschaftlich) für Vermeidung, Minderung durch Einführung eines umweltpolitischen Management- und Regulierungsansatzes sowie der medizinischen Behandlung und Nachsorge?

Diese Fragen wurden in tabellarischer Form zusammengefasst (Tabelle 5-I).

Tabelle 5-I: Zusammenfassung der Bewertungskriterien und ihrer Beurteilungskategorien für die Auswahl relevanter Umweltstressoren

Kriterium	Mögliche Antworten
Welche Bevölkerungsgruppen sind primär vom Umweltrisiko betroffen?	Gesamtbevölkerung Kinder (0-1 Jahr, >1-5 Jahre, 6-15 Jahre) Frauen oder Männer ältere Personen (>65 Jahre) Schwangere Menschen mit bestimmten bereits existierenden Gesundheitsproblemen (z.B. die von Asthma-; Diabetis-; Herz-Kreislauf-erkrankungen Betroffenen)
Welche rechtlichen oder ethischen Aspekte müssen beim Umweltstressor berücksichtigt werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposition oder Effektmodifizierung durch sozialen/wirtschaftlichen Status (Umweltgerechtigkeit)</li> <li>• Recht auf Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz BGBl. I S. 1467, 1468).</li> <li>• Es gibt in Deutschland: kein verfassungsrechtlich garantiertes Recht auf Gesundheit<sup>34</sup> aber Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG garantiert „das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit“. Darauf Bezug nehmend existieren weitere Urteilssprüche des Bundesverfassungsgerichts (siehe BVerfGE 56, 54 (73-78)), die Art. 2 Abs. 2 weiter ausdehnen.</li> <li>• Internationales und EU Recht: Allgemeine Erklärung der Menschenrechte der Vereinten Nationen vom 10. Dezember 1948 (Art. 25 Nr. 1), den Internationalen Pakt der Vereinten Nationen über wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte vom 19. Dezember 1966 (Art. 12), die Europäische Sozialcharta vom 18. Oktober 1961 in der revidierten Fassung vom 3. Mai 1996 (insbesondere Teil I Nr. 11, Teil II Art. 3, 7 Nr. 10, 8 Nr. 5, 12). Vgl. auch die am 7. Dezember 2000 proklamierte Charta der Grundrechte der Europäischen Union<sup>35</sup> (Art. 35; ferner – im Kontext der Unversehrtheit – Art. 3 Abs. 2). Vgl. auch die Hinweise der Weltgesundheitsorganisation in ihrem „11th General Programme of Work, 2006-2015: Engaging for Health. A Global Health Agenda“, 2006, S. 8f. und die Konvention der Vereinten Nationen über die Rechte der Kinder vom 10. November 1989 (Art. 19 Abs. 1, 24).</li> <li>• Bundesweite Arbeitsschutzgesetzgebung (Arbeitsschutzgesetz, Arbeitssicherheitsgesetz), Produktsicherheit, Gefahrstoffverordnung.</li> <li>• Internationale Konvention zur Rechte der Kinder, Art. 24: Recht auf gesundes Leben.</li> <li>• Gesundheitlicher Verbraucherschutz</li> </ul>

<sup>34</sup> C. Pestalozza (2007). Das Recht auf Gesundheit. Verfassungsrechtliche Dimensionen. Freie Universität zu Berlin.

[http://www.jura.fu-berlin.de/fachbereich/einrichtungen/oeffentliches-recht/emeriti/pestalozzac/materialien/staatshaftung/Pestalozza\\_Bundesgesundheitsbl\\_2007.pdf?1337610033](http://www.jura.fu-berlin.de/fachbereich/einrichtungen/oeffentliches-recht/emeriti/pestalozzac/materialien/staatshaftung/Pestalozza_Bundesgesundheitsbl_2007.pdf?1337610033), DOI 10.1007/s00103-007-0310-y (Zuletzt aktualisiert 8.6.2014)

<sup>35</sup> Europäische Kommission (2000). Charta der Grundrechte der Europäischen Union (2000/C 364/01)

Kriterium	Mögliche Antworten
Wahrscheinlichkeit und Schweregrad der Bedrohung	Geringes Risiko – geringer Schweregrad Geringes Risiko – hoher Schweregrad Hohes Risiko – geringer Schweregrad Hohes Risiko – hoher Schweregrad
Potenzial zukünftig zu einem wichtigen Umweltrisiko zu werden	Gesicherte Annahme Sehr wahrscheinlich 50%-50% Sehr unwahrscheinlich So gut wie ausgeschlossen
Heilungschancen (mit dem derzeitigen Wissensstand und Ressourcen)	Hoch Mittel Niedrig
Kostenverteilung	Für das Individuum / die Gesellschaft / das Gesundheitssystem Hoch Mittel Niedrig

Darüber hinaus wurde für jeden Stressorkandidaten und Gesundheitsendpunkt erfasst, inwiefern bereits Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs), zurechenbare Anteile (AFs), DWs und DALYs existieren. Die Expositions-Wirkungspfade zwischen Stressor und Gesundheitsendpunkten wurden ebenfalls der wissenschaftlichen Literatur entnommen und zusammengefasst. Für die Gesundheitsendpunkte wird die ICD-10-Klassifikation der Krankheiten zugrunde gelegt soweit die zitierten Studien nicht davon abweichen.

## 5.2 Vorgehen

### 5.2.1 Schritt 1 - A-priori Eingrenzung der potenziellen Kandidaten

Die Bevölkerung ist tagtäglich einer großen Anzahl von Umwelteinflüssen ausgesetzt. Diese schließen meteorologische Bedingungen ebenso ein wie die Exposition gegenüber Schadstoffen, Giften und Chemikalien, die über die Atmung, die Haut oder die Nahrung aufgenommen werden. Hunderte von chemischen Verbindungen sind in Verpackungen, Kosmetika, in Lebensmitteln, in der Außen- und Innenraumlufte, im Badewasser und im Boden nachweisbar. Die Bewertung aller, bekannten Risiken für umweltbedingte Gesundheitsbeeinträchtigungen ist im Rahmen dieses Projekts weder möglich noch liegen die dazu notwendigen wissenschaftlichen Daten vor.

Somit ist es notwendig, sinnvolle Einschränkungen des Kandidatenpools vorzunehmen. Der Projektfokus auf Deutschland bietet eine erste und sehr vereinfachte Eingrenzung hinsichtlich der Stressoren. So lassen sich beispielsweise einige Wetter- und Naturereignisse als gegenwärtige und auch zukünftige Risiken ausschließen (beispielsweise starke Erdbeben und bestimmte Umweltrisiken verbunden mit klimatischen Faktoren). Aber auch bestimmte in Deutschland bzw. der EU bereits verbotene Stoffe (beispielsweise einige Herbizide, Insektizide und Kraftstoffzusätze) können von vornherein ausgeschlossen werden.

Auch die gesundheitlichen Endpunkte, die betrachtet werden, müssen klar definiert sein, da ein Umweltstressor die Gesundheit durch verschiedene biologische, neurologische, hormonelle etc. Pfade und mit entsprechend unterschiedlichen Endpunkten beeinflussen kann. Hierzu wird soweit wie möglich die ICD-10-Klassifikation der Krankheiten verwendet (in manchen Studien werden frühere Revisionen (ICD-9) sowie andere einschlägige Endpunktdefinitionen verwendet).

Des Weiteren wurde die Liste von Umweltstressoren und ihren gesundheitlichen Endpunkten in Absprache mit dem Auftraggeber auf eine feste Anzahl an Bereichen eingeschränkt:

- Umweltstressoren, die maßgeblich zu einer signifikanten Anzahl an jährlichen Todesfällen in Deutschland beitragen;
- Umweltstressoren und ihre Gesundheitseffekte, die anhand der assoziierten DALYs, Krankheits- und Todesfälle als bedeutsam eingestuft werden;
- Gesundheitsrisiken, die sich aus dem Klimawandel ergeben, insbesondere extreme Temperaturereignisse (Hitze- und Kältewellen);
- Neue gesundheitliche Erkenntnisse, die für den Bereich Luftverschmutzung, ermittelt worden sind, auch wenn hier die Beweislast insbesondere für den Feinstaub schon sehr hoch ist;
- Gesundheitsrisiken von Chemikalien anhand der REACH Prioritätenliste sowie Chemikalien, deren negative Gesundheitseffekte im Verdacht stehen bzw. in Studien nachgewiesen wurden und mit dem Auftraggeber diskutiert worden sind;
- Sich neu abzeichnende Gesundheitsrisiken, die insbesondere auf Umweltpolitikmaßnahmen zurückzuführen sind wie beispielsweise Maßnahmen zur Erhöhung der Gebäudeenergieeffizienz;
- Als übergreifende Betrachtung: Umweltstressoren und ihre gesundheitlichen Effekte für besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen.

## **5.2.2 Schritt 2 - Kandidatenerfassung**

Nachdem die Eingrenzungen des ersten Schrittes vorgenommen wurden, konnten nun Informationen zu spezifischen Umwelteinflüssen gesammelt werden. Diese werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

### **5.2.2.1 Statistiken zum Gesundheitszustand sowie Todesursachen**

Das statistische Bundesamt veröffentlicht jährlich Daten zum Gesundheitszustand der Bevölkerung, zu den häufigsten Todesursachen und Erkrankungen in der Gesundheitlichen Berichterstattung des Bundes (GBE siehe unter <http://www.gbe-bund.de/>). Anhand dieser Daten ist erkennbar, dass im Jahr 2011 die häufigsten Todesursachen Herz-Kreislaufkrankungen (342.233 Fälle), bösartige Krebsleiden (221.591 Fälle) sowie Erkrankungen der Atmungsorgane (60.019 Fälle) waren. Die vollständige Liste ist im Anhang 3 enthalten.

Für diese drei Gruppen wurden zudem bereits Wirkungsmechanismen für eine Reihe an Umweltstressoren nachgewiesen. Herz- und Kreislaufkrankungen und Atemwegserkrankungen wurden insbesondere in Zusammenhang gebracht mit Kurz- und Langzeitexposition zu Fein-

staub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> und verstärkt auch für PM<sub>0,1</sub>),<sup>36</sup> bodennahem Ozon, elementarem Kohlenstoff, Stickstoffoxiden (NO und NO<sub>2</sub>), sowie weiteren Luftschadstoffen aus dem Verkehr und Punktquellen.<sup>37</sup> Auch für eine Reihe von Krebsarten wurden kausale Beziehungen zu Umwelteinflüssen nachgewiesen (z.B. Rauchen und Lungenkrebs, UV Strahlung und Melanome).

Eine Zusammenfassung wesentlicher Umwelteinflüsse für die etwa 10 bedeutendsten Todesursachen ist in der folgenden Tabelle 5-II dargestellt.

**Tabelle 5-II: Häufigste Todesursachen in Deutschland und ihre nachgewiesenen assoziierten Umweltstressoren (Stand 2011)**

Rang	Todesursache	Anteil an Sterbefällen in Deutschland (% von 100%)	Kumulativer Anteil an Sterbefällen in Deutschland	Umweltstressoren mit nachgewiesenen EWFs	Quellen
1	Herz- Kreislauf-krankheiten	41.1%	41.1%	Feinstaub (PM), Stickstoffoxide, bodennahes Ozon, weitere Luftschadstoffe des Kraftfahrzeugverkehrs (Öl und Korrosionspartikel, Reifen- und Straßenabrieb , etc.)	WHO (2013); Hänninen und Knol (2011); VegAS-Studie (2012); Valent et al. (2004); Patankar und Trivedi (2011); VegAS-Studie (2012); WHO (2013) zu PM <sub>10</sub> Hänninen und Knol (2011); Cohen et al. (2005); Ostro (2004); VegAS-Studie (2012); WHO (2013) zu PM <sub>2,5</sub> Valent et al. (2004); Norman et al. (2007); Braubach et al. (2011) zu Innenraumexposition zu Rauch durch Verbrennung fester Brennstoffe

<sup>36</sup> PM particulate matter – Feinstaub.

<sup>37</sup> WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. [www.euro.who.int/pubrequest](http://www.euro.who.int/pubrequest) (letzter Zugang 8.6.2014).

Rang	Todesursache	Anteil an Sterbefällen in Deutschland (% von 100%)	Kumulativer Anteil an Sterbefällen in Deutschland	Umweltstressoren mit nachgewiesenen EWFs	Quellen
2	Krebs	26.2%	67.3%	Arsen, 6-wertiges Chrom, Aflatoxine, Cadmium, Blei, Vinylchlorid, UV Strahlung, Bisphenol A, Formaldehyd, Radon, Asbest, Benzol, ionisierende Strahlung, Endokrinwirksame Stoffe (EDC), Dioxin, Passivrauchen, PFCs, REACH Kandidaten- und Prioritätenlisten nach Artikel XIV	Lokuge (2004) zu Arsen Hänninen und Knol (2011); VegAS-Studie (2012) zu Benzol; Valent et al. (2004); Fewtrell et al. (2004); Hänninen and Knol (2011); Landrigan et al. (2002) zu Blei; Hänninen and Knol (2011) zu Dioxin; Hänninen and Knol (2011); Gilbert and Guay (2006) zu Formaldehyd; Hänninen and Knol (2011): Zeeb and Shannon (2009) zu Radon; Öberg et al. (2011); Braubach et al. (2011); Hänninen and Knol (2011); VegAS-Studie (2012) zu Passivrauchen; VegAS Studie (2012) zu PFOA und PFOS; ECHA (2013) Kandidatenliste von 'Substances of very high concern for authorisation'
3	Atmungssystem	7.1%	74.3%	Feinstaub (PM), Ozon, NO <sub>x</sub>	WHO (2013) zu Feinstaub, Ozon und NO <sub>x</sub>
4	Verdauungssystem	5.0%	79.3%	Pestizid-Rückstände in Lebensmitteln, Geschmacksverstärker, Konservierungsstoffe	Friends of the Earth (2013) zu Glyphosat Eintrag zu Benzoesäure in der GESTIS-Stoffdatenbank des IFA (IFA, 2014); Stellungnahme Nr. 013/2006 des BfR vom 1. Dezember 2005: Hinweise auf eine mögliche Bildung von Benzol aus Benzoesäure in Lebensmitteln
5	Unfälle und Verletzungen	3.9%	83.2%	Von der Betrachtung ausgeschlossen	
6	Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten	3.4%	86.6%	Durch die Nahrung aufgenommenen Gifte, Chemikalien, Keime/Mikroben	VegAS-Studie (2012) zu Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonate (PFOS)



Rang	Todesursache	Anteil an Sterbefällen in Deutschland (% von 100%)	Kumulativer Anteil an Sterbefällen in Deutschland	Umweltstressoren mit nachgewiesenen EWFs	Quellen
7	Psychische und Verhaltensstörungen	2.9%	89.6%	Endokrinwirksame Stoffe wie Bisphenol A	Procházka (2000) zu Amalgam, Kunststoffen, Palladium, Kupfer (in unverträglichen Goldlegierungen), Wohngiften wie PVC, Tabakrauch, Formaldehyd, Lösemittel, Pestizide in Holzschutzmitteln und Textilien, Umwelteinflüsse wie oxidativen Stress, freie Radikale, Verkehrs- und Verbrennungsabgase, Radioaktivität, Pestizide, Elektrosmog, Schwermetalle; BUND (2011) Papier zur Umweltgesundheit zu den endokrinen Effekten von Chemikalien auf der SIN 2.0 Liste
8	Weitere nicht klassifizierte Symptome	2.8%	92.4%	Nicht in die Betrachtung eingeschlossen	
9	Nervensystem	2.5%	95%	Blei	Merkblatt zu BK Nr. 6 der Anl. 1 zur 7. BKVO und Merkblatt zur BK Nr. 1101: Erkrankungen durch Blei oder seine Verbindungen (bua, 2014)
10	Urogenitalsystem	2.3%	97.3%	Rauchen für Blasenkrebs	VegAS Studie (2012) zu Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonate (PFOS)

### 5.2.2.2 DALY-Bewertung

Für die Bestimmung der Umweltstressoren anhand der geschätzten DALYs wurde eine umfangreiche Literaturstudie durchgeführt und die existierenden DALY-Berechnungen für umweltbedingte Risikofaktoren sind in Tabelle 5-III aufgeführt. Da die DALYs sowohl die Morbidität als auch die Mortalität berücksichtigen, geht diese Beurteilung der Umweltstressoren über die reine Betrachtung anhand der Sterblichkeitsziffern (siehe vorherige Erläuterung) hinaus.

Die Literatursuche zu DALY-Berechnungen von Umweltstressoren führt zu einer Sammlung von 915 DALY-Werten aus mehr als 30 Studien. Insgesamt wurden 25 Klassen von Stressoren identifiziert, die 335 Risikofaktoren beinhalten. Wenn die Studien geografisch auf Europa eingeschränkt werden, dann ergeben sich 61 DALY-Berechnungen für 10 Stressorenklassen und 16 Stressoren. Tabelle 5-III sortiert die Stressoren nach geschätzten DALYs pro Personen-Jahre. Die Normierung der DALYs nach Personen-Jahren dient der Vergleichbarkeit der Studien untereinander.

Tabelle 5-III: Die wichtigsten Umweltstressoren nach DALYs pro Person/Jahr innerhalb Europas (Bearbeitungsstand Juni 2013)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
FCKW	Ozonabbau	1172,8	Niederlande	Mortalität und Morbidität	--	Hofstetter und Hammitt (2002)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	1689,0	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	--	Müller et al. (2008)
Feinstaub	PM <sub>10</sub> , Langzeitbelastung	1600,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardiovaskuläre Krankheiten; Mortalität durch respiratorische Krankheiten; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und chronisch obstruktive Lungenerkrankung	Jahr 1980	Knol und Staatsen (2005)
Feinstaub	PM <sub>10</sub> , Langzeitbelastung	1120,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardiovaskuläre Krankheiten; Mortalität durch respiratorische Krankheiten; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und COPD von Erwachsenen	Jahr 2000	Knol und Staatsen (2005)
Feinstaub	Langzeitbelastung	1091,8	Niederlande	Mortalität; kardiopulmonale Mortalität; Lungenkrebs; Morbidität durch chronische respiratorische Symptome bei Kindern; Morbidität durch chronische Bronchitis bei Erwachsenen	--	de Hollander et al. (1999)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Feinstaub	PM <sub>10</sub> , Langzeitbelastung	980,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardiovaskuläre Krankheiten; Mortalität durch respiratorische Krankheiten; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und chronisch obstruktive Lungenerkrankung	Jahr 2010	Knol und Staatsen (2005)
Feinstaub	Langzeitbelastung	942,3	Niederlande	Mortalität; chronische respiratorische Symptome bei Kindern; chronische Bronchitis bei Erwachsenen	--	Hofstetter und Hammit (2002)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	838,4	Deutschland	kardiopulmonale Mortalität; Lungenkrebs; gewaltfreie Mortalität; chronische Bronchitis; Tage mit eingeschränkter Aktivität	Nicht diskontiert	Hänninen und Knol (2011)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	764,3	Europa (6 Länder)	kardiopulmonale Mortalität; Lungenkrebs; gewaltfreie Mortalität; chronische Bronchitis; Tage mit eingeschränkter Aktivität	Nicht diskontiert	Hänninen und Knol (2011)
Feinstaub	Innenraumluft, Kohlefeuerung	583,4	Europa (B)	--	--	Smith et al. (2004)
Feinstaub	Langzeitbelastung	533,8	Niederlande	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	--	Kay et al. (2000)
Feinstaub	Innenraumluft	393,2	Europa (B)	--	--	Valent et al. (2004)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	352,3	Europa (B)	Mortalität von Erwachsenen durch kardiopulmonale Erkrankungen; Mortalität durch Lungenkrebs; Mortalität von Kindern <5 Jahre durch akute respiratorische Infektion; vorzeitiger Tod aller Altersgruppen	--	Cohen et al. (2004)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	336,2	Europa (6 Länder)	kardiopulmonale Mortalität; Lungenkrebs; Mortalität ohne Fremdeinwirkung; chronische Bronchitis; Tage mit eingeschränkter Aktivität	Nicht diskontiert	Hänninen und Knol (2011)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	293,1	Europa (C)	Mortalität von Erwachsenen durch kardiopulmonale Erkrankungen; Mortalität durch Lungenkrebs; Mortalität von Kindern <5 Jahre durch akute respiratorische Infektion; vorzeitiger Tod aller Altersgruppen	--	Cohen et al. (2004)
Feinstaub	PM <sub>2,5</sub>	151,9	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; Eco-Indicator 99 (EarthShift, 2014)	Müller et al. (2008)
Lärm	keine	300,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardiovaskuläre Krankheiten; Mortalität durch Atemwegserkrankungen; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und chronisch obstruktive Lungenerkrankung	Jahr 2010	Knol und Staatsen (2005)
Lärm	keine	230,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardiovaskuläre Krankheiten; Mortalität durch Atemwegserkrankungen; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und chronisch obstruktive Lungenerkrankung	Jahr 2000	Knol und Staatsen (2005)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Lärm	keine	200,0	Niederlande	Mortalität; Mortalität durch kardio-vaskuläre Krankheiten; Mortalität durch respiratorische Krankheiten; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung und chronisch obstruktive Lungenerkrankung	Jahr 1980	Knol und Staatsen (2005)
Lärm	keine	181,3	Niederlande	psychosoziale Effekte durch starke Belästigung und Schlafstörungen; Krankenhausaufnahme und Mortalität durch ischämische Herzerkrankung	--	de Hollander et al. (1999)
Lärm	keine	173,6	Niederlande	Starke Belästigung; Schlafstörungen; Krankenhausaufnahme von ischämischen Herzerkrankungen; Mortalität durch ischämische Herzerkrankungen	--	Hofstetter und Hammit (2002)
Lärm	keine	157,0	Niederlande	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	--	Kay et al. (2000)
Lärm	keine	149,9	Europa	Belästigung; Schlafstörungen; Myokardinfarkt	BAU 2020 (business as usual 2020 Modell)	INTARESE/HEIMTSA (2011)
Luftschadstoffe	NO <sub>x</sub>	1519,6	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft	Müller et al. (2008)
Luftschadstoffe	SO <sub>2</sub>	1164,1	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft	Müller et al. (2008)
Luftschadstoffe	CO <sub>2</sub> , biogen	1012,5	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; ReCiPe Projekt (2014)	Müller et al. (2008)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Luftschadstoffe	PM, O <sub>3</sub>	479,6	Europa	Feinstaub: Mortalität; Verlust von Arbeitszeit; Tage mit eingeschränkter Aktivität; Kindersterblichkeit; chronische Bronchitis; Krankenhausaufnahme durch kardiovaskuläre Erkrankung und respiratorische Erkrankung; Asthma; Nutzung von Bronchilatoren; respiratorische Symptome; Ozon: Mortalität; Krankenhausaufnahme durch respiratorische Erkrankung; Nutzen von Bronchilatoren; respiratorische Symptome; Husten bei Kindern; Tage verringerter Aktivität	BAU 2020 (business as usual 2020 Modell)	INTARESE/HEIMTSA (2011)
Luftschadstoffe	SO <sub>2</sub>	159,0	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; EcoIndicator99	Müller al et. (2008)
Luftschadstoffe	NO <sub>x</sub>	121,6	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; EcoIndicator99	Müller al et. (2008)
Luftschadstoffe	SO <sub>2</sub>	115,8	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; ReCiPe	Müller al et. (2008)
Luftschadstoffe	NO <sub>x</sub>	102,6	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; ReCiPe	Müller al et. (2008)
Nährstoffe	NH <sub>3</sub>	178,8	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; EcoIndicator99	Müller al et. (2008)
POPs	PCDD/F	493,1	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft	Müller al et. (2008)
POPs	PCDD/F	109,2	Europa	nicht angegeben oder nicht den Umwelteinflüssen zugeordnet	Luft; EcoIndicator 99	Müller al et. (2008)
Radionuklide	Radon	150,0	Niederlande	Lungenkrebs	Jahr 2010	Knol und Staatsen (2005)
Radionuklide	Radon	120,0	Niederlande	Lungenkrebs	Jahr 2000	Knol und Staatsen (2005)
Radionuklide	Radon	110,0	Niederlande	Lungenkrebs	Jahr 1980	Knol und Staatsen (2005)

Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Schwermetalle	Pb	628,7	Europa (B)	IQ-Reduktion; leichte geistige Behinderungen	--	Fewtrell et al. (2004)
Schwermetalle	Pb	617,3	Europa (C)	IQ-Reduktion; leichte geistige Behinderungen	--	Fewtrell et al. (2004)
Schwermetalle	Pb	368,1	Europa (B)	leichte geistige Behinderung; Schädigungen	--	Valent et al. (2004)
Schwermetalle	Pb	130,5	Europa (C)	leichte geistige Behinderung; Schädigungen	--	Valent et al. (2004)
Schwermetalle	Pb	127,5	Europa (26 Länder)	Kardiovaskuläre Krankheiten; leichte geistige Behinderungen; Anämie; Effekte am Verdauungstrakt; Effekte an Nerven- und Reproduktionssystem; Soziale Konsequenzen durch IQ-Verlust	--	Ezzati et al. (2002)
Treibhausgase	globaler Klimawandel	4813,0	Europa (B)	Tod durch kardiovaskuläre Krankheiten; Durchfall-Episoden; Malaria; Tod durch ungewollte Schädigungen (bedingt durch Naturkatastrophen); Nichtverfügbarkeit von empfohlener Kalorienaufnahme	--	McMichael et al. (2004)
Treibhausgase	globaler Klimawandel	1493,0	Europa (C)	Tod durch kardiovaskuläre Krankheiten; Durchfall-Episoden; Malaria; Tod durch ungewollte Schädigungen (bedingt durch Naturkatastrophen); Nichtverfügbarkeit von empfohlener Kalorienaufnahme	--	McMichael et al. (2004)
Treibhausgase	globaler Klimawandel	666,0	Europa (A)	Tod durch kardiovaskuläre Krankheiten; Durchfall-Episoden; Malaria; Tod durch ungewollte Schädigungen (bedingt durch Naturkatastrophen); Nichtverfügbarkeit von empfohlener Kalorienaufnahme	--	McMichael et al. (2004)



Klasse	Spezifikation	DALY/100,000 Personen/Jahr	Bezugsraum	Verursachte Gesundheitsschäden	Anmerkungen	Quelle
Zigarettenrauch	-	675,2	Europa	Lungenkrebs	BAU 2020 (business as usual 2020 Modell)	INTARESE/HEIMTSA (2011)
Zigarettenrauch	Innenluft, Passivrauchen	123,5	Deutschland	--	Nicht diskontiert	Hänninen und Knol (2011)
Zigarettenrauch	Innenluft	109,2	Europa (26 Länder)	akute respiratorische Infektion in Kindern <5 Jahre; chronisch obstruktive Lungenerkrankung; Lungenkrebs; Katarakt; Tuberkulose; Asthma	--	Ezzati et al. (2002)

Anmerkung:

**Europa (A)** - Andorra, Österreich, Belgien, Kroatien, Tschechische Republik, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Island, Irland, Israel, Italien, Luxemburg, Malta, Monaco, Niederlande, Norwegen, Portugal, San Marino, Slowenien, Spanien, Schweden, Schweiz, Großbritannien mit einer Bevölkerung von 161.808.000. **Europa (B)** - Albanien, Armenien, Aserbaidschan, Bosnien und Herzegowina, Bulgarien, Georgien, Kirgistan, Polen, Rumänien, Serbien und Montenegro, Slowakei, Tadschikistan, Makedonien, Türkei, Turkmenistan, Usbekistan mit einer Bevölkerung von 81.756.000.

**Europa (C)** - Weißrussland, Estland, Ungarn, Kasachstan, Lettland, Litauen, Moldawien, Russland, Ukraine mit einer Bevölkerung von 109.178.000.

Anhand der bereits ermittelten DALY-Werte auf der Basis europäischer Studien ergibt sich, dass (in alphabetischer Reihenfolge):

- FCKWs,
- Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>),
- Lärm,
- Luftschadstoffe allgemein (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und biogenes CO<sub>2</sub> im Speziellen),
- Nährstoffe (NH<sub>3</sub>),
- POPs (PCDD/F),
- ionisierende Strahlung (Radon),
- Schwermetalle (Pb),
- Treibhausgase und
- Zigarettenrauch/Passiv-rauchen (als Teil der Innenraumluftqualität) die größte Rolle unter den bisher auf ihre Krankheitslast untersuchten Umweltstressoren spielen.

Für diese Stressoren liegen aufgrund der existierenden Berechnungen bereits die nötigen Daten und Schätzungen einschließlich der EWFs und DWs vor, wenn auch in den meisten Fällen nicht speziell für Deutschland. Die Einschränkung der Studien auf den europäischen Raum sollte aber ein erhöhtes Maß an Vergleichbarkeit mit dem deutschen Kontext bedeuten und des Weiteren können zumindest ein Teil der Daten (z.B. Sterbeziffern, Lebenserwartung und auch Expositionsverteilungen) durch deutsche Werte ersetzt werden.

### 5.2.2.3 Zukünftige Umweltstressoren - Klimawandel

Die einzige erfasste Studie zu den zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels kommt von McMichael et al. (2004) für drei europäische Ländergruppierungen. Sie berücksichtigt als gesundheitliche Endpunkte (i) Tod durch kardiovaskuläre Krankheiten, (ii) Durchfall-Episoden, (iii) Malaria, (iv) Tod durch ungewollte Schädigungen (bedingt durch Naturkatastrophen) und (v) Nichtverfügbarkeit von empfohlener Kalorienmenge.

Der WHO Weltgesundheitsbericht 2002 (WHO, 2002) hat sich der Schätzung der globalen Krankheitslast durch den Klimawandel gewidmet und insgesamt 26 Faktoren aus Umwelt, Berufs sowie Verhaltens- und Lebensstil für WHO-Regionen im Jahr 2000 sowie prospektiv 2010, 2020 und 2030 untersucht.<sup>38</sup> Die zusätzlich zu erwartende Krankheitslast wurde im Vergleich zum Basisjahr 1990 berechnet. Bisher wurden als Gesundheitsendpunkte nur (i) Krankheiten, die sich über die Nahrungs- und Wasseraufnahme verbreiten, (ii) Vektor-spezifische Krankheiten, (iii) Naturkatastrophen und (iv) Unterernährung berücksichtigt. Insbesondere für den deutschen und europäischen Raum konnten wichtige Veränderungen, einschließlich:

- der Luftverschmutzung und der Verbreitung von Allergenen durch die Außenluft,
- veränderter Verbreitungs- und Übertragungsmechanismen ansteckender Krankheiten,
- der Auswirkungen des Klimawandels auf die Nahrungsmittelproduktion und das Wachsen landwirtschaftlicher Nutzpflanzen,

---

<sup>38</sup> <http://www.who.int/globalchange/summary/en/index6.html> (zuletzt aktualisiert 8.6.2014)

- Dürre und Überschwemmungsperioden,
- Veränderungen im Siedlungs- und Migrationsverhalten von Bevölkerungen aufgrund von Naturkatastrophen, Missernten und Wassermangel,
- der Zerstörung bzw. Überinanspruchnahme von Gesundheitsdiensten durch Naturkatastrophen,
- der direkten Effekte von Hitze und Kälte auf Mortalität und Morbidität

aufgrund zu hoher Unsicherheiten noch nicht geschätzt werden. Daher sind die resultierenden 8.000 DALYs (8,9 DALYs pro Million Bevölkerung) in den entwickelten Ländern mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Unterschätzung.<sup>39</sup> Sie liegen auch um den Faktor 1000 unter den Schätzungen von McMichael (2004). Dennoch ist hier davon auszugehen, dass die Folgen des Klimawandels auf die Gesundheit in Deutschland nicht auszuschließen sind und die Anpassungsmassnahmen zumindest deutliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Kosten verursachen werden.

#### **5.2.2.4 Neue Erkenntnisse zur durch Luftverschmutzung verursachten Krankheitslast**

In den letzten Jahren haben sich Anzahl und die Erkenntnisse des Umfangs der durch Luftverschmutzung hervorgerufenen Krankheitslast deutlich gesteigert. Es wurden nicht nur bisherige Ergebnisse im Wesentlichen bestätigt, sondern auch neue und verstärkte Effekte identifiziert.

Die letzte wissenschaftliche Übersichtsstudie der WHO zum Thema Luftqualität datiert aus dem Jahr 2005. Hier werden insbesondere die schädlichen Auswirkungen von Feinstaub dokumentiert. Mehr als 80% der Bevölkerung in der Europäischen Region der WHO sind Feinstaubkonzentrationen, die über den 2005er Air Quality Guideline-Werten der WHO liegen, ausgesetzt und der Trend zu sinkenden Konzentrationen ist noch nicht zu erkennen. Die Luftverschmutzung durch Feinstaub reduziert anhand von WHO-Schätzungen die durchschnittliche Lebenserwartung in Europa um fast 9 Monate. Die wachsende wissenschaftliche Erkenntnis, dass Feinstaubbelastungen auch keine untere Wirkungsschwelle aufweisen, erhöht den Bedarf an Studien insbesondere für die niedrigeren Konzentrationsbereiche, für vulnerable Bevölkerungsgruppen sowie für Langzeiteffekte.

Die EU-Kommission hat angesichts dieser Situation das WHO-Büro für die europäische Region aufgefordert, die aktuelle Beweislast zu den Gesundheitsaspekten von Luftverschmutzung erneut zu begutachten und zudem Empfehlungen für die europäische Umwelt- und Gesundheitspolitik abzugeben. Die Ergebnisse dieses REVIHAAP-Projekts<sup>40</sup> stellen die Hauptinformationsquelle für die folgenden Betrachtungen dar.

Speziell werden neue Erkenntnisse zu PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>0,1</sub> sowie für bodennahes Ozon, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Luftimmissionen der Metalle Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Quecksilber zusammengefasst.

##### PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>

Die Beweisfindung unterstützt die bisherigen Erkenntnisse zum Beitrag von PM<sub>2,5</sub> zu Mortalität und Morbidität und beziffert die tägliche Sterblichkeitsrate mit 0,4-1% pro 10 µg PM<sub>2,5</sub>/m<sup>3</sup> Kon-

---

<sup>39</sup> Einschließlich USA, Kanada, Australien, Neuseeland, Japan, Korea, Russland, Kuba.

<sup>40</sup> REVIHAAP - Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution

zentrationsteigerung. Darüber hinaus wird eine starke Assoziation mit Krankenhausaufenthalten für kardiovaskuläre Beschwerden, einschließlich ischämischer Herzkrankheit, zerebrovaskulärer Krankheiten und Herzversagen berichtet.

Verstärkt zeigt sich, dass die Langzeitexposition zu  $PM_{2,5}$  eine Ursache für kardiovaskuläre Sterblichkeit und Morbidität ist. Neu ist ihre Assoziation mit Arteriosklerose, Problemen bei Schwangerschaft und Geburt<sup>41</sup> und Erkrankungen der Atemwege bei Kindern und es besteht darüber hinaus der Verdacht auf mögliche kognitive und neurologische Effekte sowie chronische Erkrankungen wie Diabetes mellitus.

Die physiologischen und biologischen Wirkungspfade sind ebenfalls eingehender erforscht worden. Die Beweislast für  $PM_{10}$  wurde ebenfalls gestärkt. Die kardiovaskulären und zerebrovaskulären Effekte sind gut dokumentiert, auch wenn Langzeitexpositionsstudien selten sind.

#### $PM_{0,1}$ , elementarer Kohlenstoff und Ruß (black carbon) sowie chemische $PM_{0,1}$ -Bestandteile

Die neuere Literatur zeigt, dass PM nicht nur auf der Grundlage seiner Konzentration in der Luft negative Gesundheitsauswirkungen hat, sondern dass auch die Zusammensetzung und die Feinstaubquelle eine Rolle spielen. Das heißt, dass sowohl die physikalischen (Partikelgröße, -zahl, Form und Oberflächengröße) als auch die chemischen Eigenschaften (Zusammensetzung) der Feinstaubpartikel von Bedeutung sind. Nachteilige Gesundheitseffekte werden hierbei sowohl für Kurz- als auch für Langzeitexposition beschrieben.

Damit ergibt sich der Ruf nach neuen Kennzahlen zur Messung der Luftqualität. Zusätzlich zu  $PM_{2,5}$ - und  $PM_{10}$ -Konzentrationen (welches weiterhin gemessen werden sollte, da es andere Wirkungsmechanismen hat als  $PM_{2,5}$  oder  $PM_{0,1}$ ) sollten auch Ruß und elementarer Kohlenstoff sowie anorganische Aerosole (Ammonium, Sulfate und Nitrate) und organische Komponenten messtechnisch erfasst werden.

Auch die Herkunftsanalyse der Feinstaubpartikel und anderer in der Luft befindlicher Schwebstoffe wird als wichtig eingestuft. So verursacht der Straßenverkehr nicht nur Kraftfahrzeugabgase sondern auch Emissionen von Reifenabrieb und Straßenabnutzung und die Aufwirbelung von Staub und groben Partikeln, die sowohl menschlichen als auch natürlichen Ursprungs sein können.

Negative Gesundheitseffekte wurden für kurze (1-8 Stunden), lange (jährlich) und wiederholte Feinstaubexposition nachgewiesen. Die Datenlage unterstützt auch die Hypothese, dass es keine untere Wirkungsgrenze für Gesundheitseffekte gibt.

Neuerwiesene Effekte etablieren:

- eine Assoziation von Ruß mit kardiovaskulären Gesundheitsschäden und Sterblichkeit für Kurz- und Langzeitexposition (24h und jährlich);
- einen Einfluss anorganischer Aerosole auf die Gesundheit, auch wenn die kausalen Zusammenhänge noch ungeklärt sind;
- einen Zusammenhang zwischen elementarem Kohlenstoff und kardiovaskulären Gesundheitsproblemen und Sterblichkeit;
- einen Zusammenhang zwischen Kurzzeitexposition gegenüber groben Partikeln und Atemwegproblemen sowie kardiovaskulären Krankheiten und verfrühter Sterblichkeit.

---

<sup>41</sup> Siehe Komplikationen bei und unerwünschte Geburtsausgänge (Seite 6, REVIHAAP Bericht).

Toxikologische Studien zeigen, dass grobe Partikel ebenso schädlich sein können wie feinere (PM<sub>2,5</sub>). Dies zeigt sich dadurch, dass die Partikel aufgrund unterschiedlicher Größe und Massenbasis zwar unterschiedliche biologische Wirkungsmechanismen haben, aber dennoch zu ähnlichen langfristigen Gesundheitsschäden führen können;

- in begrenzter Form einen Zusammenhang zwischen Kurzzeitexposition zu PM<sub>0,1</sub> und kardiovaskulärer Gesundheit also auch Beeinträchtigungen des zentralen Nervensystems. Die biologischen Mechanismen sind hier jedoch anders als bei PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>;
- dass wiederholte Exposition gegenüber höheren PM-Konzentrationen zu stärkerer Morbidität und Mortalität führt als einmalige Exposition und die Effekte der Langzeitexposition deutlich höher sind als die der kurzfristigen.

Da die Effektstärke insgesamt bestätigt oder nach oben revidiert worden ist und da auch bei kleinen Dosen nachteilige Effekte beobachtet wurden, ist eine vorgesehene Revision der Grenzwerte für den 24-Stunden-Mittelwert und Jahresmittelwert nach unten hin gerechtfertigt. Einige neuere Studien berichten Gesundheitseffekte bereits für Konzentrationen von 10 µg/m<sup>3</sup> im jährlichen Durchschnitt.

Europäische Studien zeigen eine klare Linearität zwischen der Außenkonzentration an PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> für die Kurzzeitexposition auf. Für Langzeitexposition gibt es Indizien, dass die Konzentrations-Wirkungs-Funktion im niedrigen Konzentrationsbereich steiler ansteigt (supralinearer Anstieg, d.h. stärker als linear ansteigend).

Die Gesundheitseffekte für die verschiedenen PM-Anteile dürfen aufgrund mangelnder Beweislast für eine additive Wirkung nicht aufsummiert werden. Insgesamt sollten krankheitsspezifische Schätzungen für die Sterblichkeit durch PM vorgenommen werden, anstelle der bisher üblichen Gesamtmortalität. Morbiditätsanalysen sollten die folgenden Gesundheitsendpunkte in Betracht ziehen:

- Bronchitis in Kindern unter 18 Jahren;
- Chronische Bronchitis in Erwachsenen älter als 30 Jahre;
- Asthma-Attacken, für alle Altersgruppen;
- Krankenhausaufenthalte aufgrund kardiovaskulärer, zerebrovaskulärer und Atemwegserkrankungen, für alle Altersgruppen;
- Besuche in der Notfallaufnahme aufgrund von Asthma und anderen Atemwegsbeschwerden sowie kardiovaskulären Episoden, für alle Altersgruppen;
- Anzahl an Tagen mit eingeschränkter Funktionsfähigkeit für Erwachsene.

### Bodennahes Ozon

Obwohl die Langzeiteffekte von Ozon auf Atemwege und Kardiorespirationsfunktionen bekannt sind, ist die Beweislage für Kurzzeiteffekte noch nicht abschließend geklärt. Mehrere Studien zeigen negative Auswirkungen auf Asthma Inzidenz und Schweregrad, Häufigkeit von Krankenhausaufenthalten für an Asthma erkrankten Personen sowie eine Reduzierung in der Steigerung der Lungenfunktionsfähigkeit.

Ozonbelastung kann zu Komplikationen für Menschen mit existierenden Gesundheitsproblemen führen, insbesondere Menschen, die unter COPD, Diabetes, und kongestiver Herzinsuffizienz leiden oder bereits einen oder mehrere Herzinfarkte erlitten haben.

Neue Studien weisen auch auf einen Zusammenhang zwischen Exposition zu bodennahem Ozon und kognitiver Entwicklung sowie Funktionsstörungen der Reproduktionsorgane hin.

Die Ergebnisse der APHENA-Studie<sup>42</sup> sind in der folgenden Tabelle 5-IV dargestellt. Die statistisch signifikanten Effekte sind mit einem Sternchen markiert. Es fällt auf, dass die PM<sub>10</sub>-adjustierten Ergebnisse sogar noch eindeutiger auf negative Gesundheitseffekte hinweisen als die nicht adjustierten.

Tabelle 5-IV: Übersicht zur Mortalität und Frequenz von Krankenhauseinweisungen als Funktion der täglichen maximalen 1-stündigen bodennahen Ozonkonzentration

Gesundheitsendpunkt	Prozentualer Anstieg in Todesfällen/Krankenhauseinweisungen (95% KI) für jeden kurzfristigen Anstieg von 10 µg/m <sup>3</sup> in der täglichen 1-stündigen Maximalkonzentration von bodennahem Ozon	
	Ozon allein betrachtet	Ozon PM-adjustierter Effekt
Alle Todesursachen	0,18 (0,07-0,30)*	0,21 (0,10-0,31) *
Kardiovaskuläre Sterblichkeit: 75+ Jahre	0,22 (0,00-0,45)	0,21 (-0,01-0,43)
Kardiovaskuläre Sterblichkeit: <75 Jahre	0,35 (0,12-0,58) *	0,36 (0,10-0,62) *
Respiratorische Sterblichkeit	0,19 (-0,06-0,45)	0,21 (-0,08-0,50)
Einweisungen aufgrund von kardialer Effekte: 65+ Jahre	-0,10 (-0,46-0,27)	0,64 (0,36-0,91) *
Respiratorische Sterblichkeit: 65+ Jahre	0,19 (-0,28-0,67)	0,32 (0,05-0,60) *

Quelle: Nach WHO (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project, Technical Report” (S. 54).

Auch beim bodennahen Ozon stellt sich die Frage nach der Existenz von Schwellenwerten. Die derzeit zur Verfügung stehende epidemiologische Datenbasis ist diesbezüglich noch inkonsistent. Während bereits bei Konzentrationen von weniger als 100 µg/m<sup>3</sup> (55 ppb), berechnet als 8h-Mittelwert, eine reduzierte Lungenfunktion und ein Anstieg der Entzündungsmarker beobachtet wurde, kann dieser Befund auf einer besonders gefährdeten Bevölkerungsstichprobe beruhen. Andere Studien fanden keine signifikanten Kurzzeitexpositionseffekte. Einige Städtestudien notierten jedoch Effekte bei kurzfristiger Exposition von 20 bis 90 µg/m<sup>3</sup> (10-45 ppb) für den maximalen 1h-Wert. Hier besteht noch Bedarf für weiterführende Forschungsarbeiten.

Für die Schwellenwerthypothese in Bezug auf lange Expositionszeiten liegen wenig epidemiologische Daten vor, jedoch zeigen Jerrett et al. (2009) eine leichte Verbesserung der Modellanpassung, wenn ein Schwellenwertansatz verwendet wird. Außerdem scheinen hier die gesundheitlichen Folgen auch eher eine Funktion der beobachteten Maximalkonzentration zu sein als der durchschnittlichen Ozonkonzentration.

<sup>42</sup> APHENA – “European and North American Approach“ Project on Air Pollution and Health

Für die EWF der Kurzzeit-Exposition werden von REVIHAAP lineare Konzentrations-Wirkungs-Funktionen empfohlen, aber ohne Extrapolation zur Nullkonzentration, sondern unter der Annahme eines Schwellenwertes von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 ppb) für den 8h-Maximum und  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (35 ppb) für das 1h-Maximum.

Des Weiteren leistet Ozon als hochreaktives Gas einen wesentlichen Beitrag zur Entstehung sekundärer Luftschadstoffe. Die Wissensbasis ist in diesem Bereich noch gering, bekannt ist allerdings, dass Ozon zur Bildung sekundärer anorganischer und organischer PM im Außen- und Innenraumluftbereich beiträgt, von denen einige zu Irritationen der Atemwege führen.

#### Der Einfluss der Nähe zu vielbefahrenen Straßen

Kraftfahrzeuge emittieren signifikante Mengen an  $\text{CO}_2$ , CO, Kohlenstoffwasserstoffen, Stickstoffoxiden, PM und andere volatile Luftschadstoffe wie Benzol, Formaldehyd, Acetaldehyd, 1,3-Butadien und u.U. auch Blei (je nach Zulassung der Verwendung in Kraftstoffen). Ihre Konzentrationen sind nicht nur eine Funktion von Verkehrsdichte, Kfz-Typen und der Witterungsbedingungen, sondern auch der Reaktionsfreudigkeit dieser Stoffe. Je höher dieselbe, desto schneller verringert sich die Schadstoffkonzentration mit zunehmender Distanz von der Straße (z.B. 50% Reduktion in  $\text{PM}_{2,5}$  und  $\text{PM}_{0,1}$  in 100-150 m Entfernung zur Straße; Hitchins et al. 2000). Eine weitere Studie stellte fest, dass die Konzentrationen von Ruß,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{NO}_2$  und Benzol bereits in Entfernung von 100-50 m von Straßen auf ein Hintergrundlevel sinken (Roordaknappe et al., 1998). Das Health Effects Institute (HEI) definiert dennoch Bereiche bis zu 300 m Entfernung von großen Straßen als Risikozone für eine erhöhte Feinstaubexposition.

Diese und ähnliche empirische Untersuchungen deuten auf eine besondere Gefährdung von Bevölkerungsgruppen hin, die in unmittelbarer Nähe zu verkehrsreichen Straßen und Straßenkreuzungen wohnen oder arbeiten (siehe dazu auch Abschnitt 6.1 zum Thema Umweltgerechtigkeit und Umweltstressoren für besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen).

#### Gesundheitseffekte von $\text{NO}_2$

Die Zusammenfassung der Effektschätzungen für  $\text{NO}_2$  ist in Tabelle 5-V dargestellt. Weitere Effektschätzungen sind im Appendix 3 enthalten. Quelle hierfür ist ebenfalls die zusammenfassende Betrachtung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes in der REVIHAAP Studie. Die niedrigsten Konzentrationen, bei denen noch gesundheitliche Effekte für  $\text{NO}_2$  nachgewiesen werden konnten sind in Tabelle 5-VI zu finden.

Tabelle 5-V: Relative Risiken der Mortalität für NO<sub>2</sub> im dualen Schadstoffmodell zwischen NO<sub>2</sub> und PM (WHO, 2013).

Table 6. Summary of two-pollutant model results for NO<sub>2</sub> from multicity time-series and case-crossover studies of mortality

Reference, study location, age group	NO <sub>2</sub> level	Correlation with PM	NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	NO <sub>2</sub> + PM estimate (95% CI)	PM estimate (95% CI)	PM + NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	Comments
<b>All-cause mortality</b>							
Zeka & Schwartz (2004) 90 United States cities (NMMAPS) All ages	Not reported in the paper 24 hours	Not reported in the paper	Not reported in the paper	0.033% (CIs not reported) per 10 ppb (+PM <sub>10</sub> ), lag 0-1	Not reported in the paper	0.16% (CIs not reported) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> , lag 0-1	NO <sub>2</sub> (+SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO) -0.004% (CIs not reported) PM <sub>10</sub> (+SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO) 0.24% (0.05–0.42%)
Simpson et al. (2005a) 4 Australian cities All ages	Mean (1-hour max.): 30.7–44.5 µg/m <sup>3</sup> Range (1-hour max.): 3.5–125.4 µg/m <sup>3</sup>	1-hour NO <sub>2</sub> : 24-hour B <sub>sp</sub> : 0.29–0.62	RR: 1.0012 (1.0004–1.0019) per 1.88 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-1.	RR: 1.0010 (1.0001–1.0019) (+B <sub>sp</sub> )	RR: 1.0310 (1.0039–1.0589) per unit increase B <sub>sp</sub>	RR: 1.0098 (0.9779–1.0427)	B <sub>sp</sub> (an indicator of fine particles < 2 µm in diameter) –light-scattering by nephelometry
Samoli et al. (2006) 30 European cities (APHEA-2) All ages	Mean (1-hour max.): 46.2–154.8 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :BS: 0.11–0.78	Random effects estimate: 0.30% (0.22–0.38%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-1	Random and fixed effects: 0.33% (0.23–0.42%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> (+BS)	Katsouyanni et al. (2001) reported random effect estimates per 10 µg/m <sup>3</sup> :	Katsouyanni et al. (2001) reported adjusted random effect estimates per 10 µg/m <sup>3</sup> :	Fixed effect: 0.33% (0.23–0.42%) NO <sub>2</sub> (+BS)
		NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.11–0.69		0.27% (0.16–0.38%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )	BS: 0.58% (0.3–0.8%) PM <sub>10</sub> : 0.62% (0.4–0.8%)	BS: 0.26% (0.0–0.6%) PM <sub>10</sub> : 0.41% (0.2–0.7%)	Fixed effect: 0.27% (0.20–0.34%) NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )
Brook et al. (2007) 10 Canadian cities All ages	Only IQR reported: 19.34 µg/m <sup>3</sup> (24 hours)	NO <sub>2</sub> :PM <sub>2.5</sub> : 0.54 Range: 0.45–0.70	RR: 1.018 (1.007–1.028) per 19.34 µg/m <sup>3</sup> IQR NO <sub>2</sub> , lag 1	RR: 1.018 (1.003–1.029) (+PM <sub>2.5</sub> )	RR: 1.009 (1.001–1.017) per 8.1 µg/m <sup>3</sup> IQR PM <sub>2.5</sub>	RR: 1.002 (0.992–1.011) PM <sub>2.5</sub>	--
		NO <sub>2</sub> :PM <sub>10-2.5</sub> : 0.31 Range: 0.04–0.50		RR: 1.017 (1.006–1.028) (+PM <sub>10-2.5</sub> )	RR: 1.007 (0.998, 1.0158) per 8.7 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10-2.5</sub>	RR: 1.002 (0.993–1.012) PM <sub>10-2.5</sub>	--
		NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.50 Range: 0.23–0.70		RR: 1.015 (1.003–1.028) (+PM <sub>10</sub> )	RR: 1.011 (1.002–1.020) per 14.9 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	RR: 1.003 (0.992–1.014) PM <sub>10</sub>	--



Reference, study location, age group	NO <sub>2</sub> level	Correlation with PM	NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	NO <sub>2</sub> + PM estimate (95% CI)	PM estimate (95% CI)	PM + NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	Comments
Wong et al. (2008) 4 cities: 3 Chinese and 1 Thai city (PAPA) All ages	Mean (24 hours): 44.7–66.6 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.71–0.85	Excess risk: 1.23% (0.84–1.62%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag 0-1 Range of individual city estimates: 0.90–1.97%	Estimates robust to adjustment in three cities – presented as plots in Fig. 2A in supplementary material (and as Fig 7 in HEI (2010)).	Excess risk: 0.55% (0.26–0.85) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> Range of individual city estimates: 0.26–1.25%	Estimates attenuated and lost statistical significance after adjustment in three cities – presented as plots in Fig. 2B in supplementary material (and as Fig. 9 in HEI (2010)).	Estimates for NO <sub>2</sub> were larger than those reported in Europe (Samoli et al. (2006)).
Chiusolo et al. (2011) 10 Italian cities (EpiAir) ≥ 35 years	Mean (24 hours): 26–66 µg/m <sup>3</sup>	Not reported in the paper	Random effects estimate: 2.09% (0.96–3.24%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-5	Random effects estimate: 1.95% (0.50–3.43%) increase in risk per 10 µg/m <sup>3</sup> increase in NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )	Not reported in the paper	Not reported in the paper	--
Chen et al. (2012b) 17 Chinese cities, (CAPES) All ages	Mean (24 hours): 26–67 µg/m <sup>3</sup> Max. (24 hours): 106–254 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.66	1.63% (1.09–2.17%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag 0-1	1.28% (0.72–.84%), lag 0-1	Reported in Chen et al. (2012a) : 0.35% (0.18–0.52%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	Reported in Chen et al. (2012a): 0.16% (0.00–0.32%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	--
<b>Cardiovascular and/or cardiac mortality</b>							
Samoli et al. (2006) 30 European cities (APHEA-2) All ages	Mean (1 hour max.): 46.2–154.8 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :BS: 0.11–0.78	Random effects estimate: 0.40% (0.29–0.52%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-1	Random effects estimate: 0.44% (0.31–0.58%) (+BS)	Not reported in the paper	Not reported in the paper	Fixed effect: 0.44% (0.31–0.58%) NO <sub>2</sub> (+BS)
		NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.11–0.69		Random effects estimate: 0.35% (0.21–0.50) (+PM <sub>10</sub> )			Fixed effect: 0.35% (0.24–0.45%) NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )

Reference, study location, age group	NO <sub>2</sub> level	Correlation with PM	NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	NO <sub>2</sub> + PM estimate (95% CI)	PM estimate (95% CI)	PM + NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	Comments
Wong et al. (2008) 4 cities: 3 Chinese and 1 Thai (PAPA) All ages	Mean (24 hours): 44.7– 66.6 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.71–0.85	Excess risk: 1.36% (0.89– 1.82%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag 0-1  Range of individual city estimates: 1.01–2.12%	Estimates robust to adjustment in three cities – presented as plots in Fig. 2A in supplementary material (and as Fig. 7 in HEI (2010)).	Excess risk: 0.58% (0.22– 0.93%) per 10µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .  Range of individual city estimates: 0.27–90%	Estimates attenuated and lost statistical significance after adjustment in three cities – presented as plots in Fig. 2B in supplementary material (and as Fig. 9 in HEI (2010)).	--
Chiusolo et al. (2011) 10 Italian cities (EpiAir) ≥ 35 years	Mean (24 hours): 26–66 µg/m <sup>3</sup>	Not reported in the paper	Random effects estimate: 2.63% (1.53–3.75%) increase in the risk per 10 µg/m <sup>3</sup> in NO <sub>2</sub> , lag 0-5	Random effects estimate: 2.58% (1.05–4.13%) increase in risk per 10 µg/m <sup>3</sup> increase in NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )	Not reported in the paper	Not reported in the paper	--
Chen et al. (2012b) 17 Chinese cities, (CAPES) All ages	Mean (24 hours): 26–67 µg/m <sup>3</sup>  Max. (24 hours): 106–254 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.66	1.80% (1.00– 2.59%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag0-1	1.19% (0.30– 2.08%) per 10 µg/m <sup>3</sup>	Reported in Chen et al. (2012a): 0.44% (0.23– 0.64%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	Reported in Chen et al. (2012a): 0.23% (0.03– 0.43%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	--
<b>Respiratory mortality</b>							
Samoli et al. (2006) 30 European cities (APHEA-2) All ages	Mean (1 hour max.): 46.2– 154.8 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :BS: 0.11–0.78	Random effects estimate: 0.38% (0.17–0.58%) per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-1	Random effects estimate: 0.26% (-0.12–0.65%) (+BS)	Not reported in the paper	Not reported in the paper	Fixed effect: 0.28% (-0.02–0.58%) NO <sub>2</sub> (+BS)
		NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.11–0.69		Random effects estimate: 0.37% (0.08–0.67%) (+PM <sub>10</sub> )			Fixed effect: 0.37% (0.13–0.61%) NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )

Reference, study location, age group	NO <sub>2</sub> level	Correlation with PM	NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	NO <sub>2</sub> + PM estimate (95% CI)	PM estimate (95% CI)	PM + NO <sub>2</sub> estimate (95% CI)	Comments
Wong et al., 2008 4 cities: 3 Chinese and 1 Thai city (PAPA) All ages	Mean (24 hours): 44.7– 66.6 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.71–0.85	Excess risk: 1.48% (0.68– 2.22%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag 0-1  Range of individual city estimates: 1.05–3.68%	Estimates attenuated in some cities and became insignificant – presented in paper as plots in Fig. 2A in supplementary material (and as Fig. 7 in HEI (2010))	Excess risk: 0.62% (0.22– 1.02%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> .  Range of individual city estimates: 0.27–1.01%	Estimates attenuated and, in all cities, were statistically insignificant following adjustment – presented as plots in Fig. 2B in supplementary material (and as Fig. 9 in HEI (2010)).	--
Chiusolo et al., (2011) 10 Italian cities (EpiAir) ≥ 35 years	Mean (24 hours): 26–66 µg/m <sup>3</sup>	Not reported in the paper	Random effects estimate: 3.48% (0.75–6.29%) increase in the risk per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> , lag 0-5	Random effects estimate: 3.39% (0.77–6.08%) increase in risk per 10 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> (+PM <sub>10</sub> )	Not reported in the paper	Not reported in the paper	--
Chen et al., 2012b 17 Chinese cities, (CAPES) All ages	Mean (24 hours): 26–67 µg/m <sup>3</sup>  Max. (24 hours):106– 254 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> :PM <sub>10</sub> : 0.66	2.52% (1.44– 3.59%) per 10 µg/m <sup>3</sup> , lag 0-1	1.75% (0.76– 2.75%) per 10 µg/m <sup>3</sup>	Reported in Chen et al. (2012a): 0.56% (0.31– 0.81%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	Reported in Chen et al. (2012a): 0.24% (0.00– 0.49%) per 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	--

BS: black smoke; CO: carbon monoxide; O<sub>3</sub>: ozone

Anmerkung: BS – black smoke (schwarzer Rauch); BC – black carbon (schwarzer Kohlenstoff=der Rußanteil im Feinstaub), Bspw. – ein Indikator für den Feinstaub mit <2 µm Durchmesser; lag 0-1 – Zeitverzögerung von 0-1 Tag(en) zwischen Exposition und Wirkung.

Quelle: WHO (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution (REVIHAAP) Projekt (S. 78-81).



Tabelle 5-VI: Niedrigste Effektdosen für NO<sub>2</sub> (WHO, 2013) .

Table 9 Lowest effect concentrations highlighted by WHO, EPA and CARB at low end of dose range<sup>a</sup>

Concentration	Duration	Species	Effect	Reference	Highlighted by	Comment
<i>0.04 ppm</i>	<i>9 months, continuous</i>	<i>Rats</i>	<i>Increased lipid peroxidation, measured by ethane exhalation</i>	<i>Sagai, Ichinose &amp; Kubota (1984)</i>	<i>WHO (2006)</i>	<i>Could be adverse but can be reversible. Also quoted WHO (2010).</i>
0.05 ppm	6 hours a day, 7 days a week through gestation	Rats	Neurobehavioural postural and gait changes	Tabacova, Nikiforov & Balabaeva (1985)*	CARB (2007)	No description given of maternal toxicity. Dose-dependent effect. Did not persist beyond postnatal day 21.
0.13 ppm	6 hours a day for 1 month	Rats	Drop in endothelin-1 expression in cortex (unexpected direction)	Zhu et al. (2012)	This review	Dose-related. Other markers (eNOS, iNOS, COX-2 and ICAM-1) unaffected.
0.16 ppm	32 weeks, continuous	Rats (obese, non-obese)	Increased blood triglycerides, decreased HDL/ cholesterol ratio in obese rats	Takano et al. (2004)*	CARB (2007)	HDL also decreased in both obese and non-obese rats. Lowest dose tested: 0.16 ppm. Seen also at 0.8 ppm, but not at higher doses.
0.25 ppm	6 hours a day, 5 days a week, for 6 weeks, then air up to 32 weeks	Weanling mice	Potentially permanent lung changes (type II cell hyperplasia, increased elastin/alveolar wall ratio)	Sherwin & Richters (1995a,b)*	CARB (2007)	Type II cell hyperplasia delayed effect seen at 32 weeks. Increased elastin apparent at 6 weeks. Large study.
<i>0.34 ppm</i>	<i>6 hours a day, 5 days a week, for 6 weeks</i>	<i>Mice</i>	<i>Type I alveolar epithelial cells changed to type II bronchiolar Clara cells</i>	<i>Sherwin &amp; Richters (1982)</i>	<i>WHO (2006)</i>	<i>WHO (2006) quotes review reports for this effect, as does WHO (2010) but cross-reference to the EPA and CARB reports suggests the Sherwin &amp; Richters study.</i>
0.5 ppm	12 weeks, continuous	Weanling Brown Norway rats	Suppression of number and activity of alveolar macrophages	Kumae & Arakawa (2008)*	EPA (2008b)	
<i>0.5 ppm</i>	<i>24 hours a day for 6 months</i>	<i>Mice</i>	<i>Increased mortality from infection</i>	<i>Ehrlich &amp; Henry (1968)</i>	<i>WHO (2006)</i>	<i>Also quoted (WHO, 2010).</i>
0.5 ppm	WHO (2010) states that "exposures to low levels of NO <sub>2</sub> for weeks to months caused a variety of effects" rather than highlighting specific studies in their conclusions, but it does quote a number of studies with effects at 0.5 ppm in their detailed text.					
<i>0.64 ppm NO<sub>2</sub> (+ 0.25 ppm NO)</i>	<i>5.5 years</i>	<i>Dogs</i>	<i>Human type emphysema. Lung function continued to deteriorate after 2.5 years in clean air.</i>	<i>Hyde et al. (1978)</i>	<i>WHO (2006)</i>	<i>Thought due to NO<sub>2</sub> as less effect in co-exposure with higher NO. Also quoted WHO (2010).</i>

HDL: high-density lipoprotein.

<sup>a</sup> For example, highlighted in the report summary and conclusions.

Note. Rows in italics present studies highlighted previously in other WHO reports.

Der wichtigste Gesundheitsendpunkt, der in der Analyse der durch langfristige Exposition verursachten Umweltgesundheitseffekte von NO<sub>2</sub> untersucht werden sollte, ist laut REVIHAAP die Inzidenz von Bronchitis in Kindern mit Asthma, wobei die Effekte von PM mit in Betracht gezogen werden müssen (Adjustieren für PM-Konzentration). Für kurzfristige Exposition sind es Krankenhauseinweisungen aufgrund von Atemwegsbeschwerden (respiratory symptoms).

#### Neue Erkenntnisse für Arsen, Cadmium, Nickel, Quecksilber und Blei

Neue Studien zum Krebsrisiko von Arsen-Emissionen sind bisher noch inkonsistent in ihren Befunden.

Für Cadmium stellt das REVIHAAP-Team fest, dass die Einhaltung der existierenden WHO-Guideline-Werte die weitere Anreicherung dieses Schwermetalls im Boden durch Ablagerungen aus der Luft (betrifft insbesondere landwirtschaftlich genutzte Böden) nicht verhindern kann. Das führt zu einer Erhöhung des Gesundheitsrisikos für die Bevölkerung durch Nahrungs- und Wasseraufnahme.

Für Quecksilber wurden keine neuen Befunde festgestellt.

Für Blei ergeben sich stärkere Effekte auf das Nervensystem von Kindern und die kardiovaskuläre Gesundheit von Erwachsenen selbst bei kleineren Konzentrationen.

Neue Studien zu Nickel weisen ebenfalls auf die bekannte krebserregende Wirkung (Lunge, Nasennebenhöhlen) dieses Metalls hin.

#### REACH Prioritätenliste

Die ECHA (Europäische Chemikalienagentur) hat eine Liste prioritärer Substanzen entwickelt, die für Eingliederung in die Authorisierungsliste von REACH im Annex XIV vorgeschlagen wurden. Diese Substanzen sind:

- 5-tert-Butyl-2,4,6-trinitro-m-xylol (Moschusxylol)
- Alkane, C10-13, chloro (kurzkettige Chlorparaffine oder SCCPs)
- Hexabromcyclododekan (HBCDD) und alle großen Diastereoisomere
- 4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA)
- Phthalate:
  - Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)
  - Benzylbutylphthalat (BBP)
  - Dibutylphthalat (DBP)

Diese Stoffe führen bereits in geringen Konzentrationen und in kurzen Expositionszeiträumen zu einem erhöhten Krebsrisiko, zu reproduktiven Störungen sowie anderen erheblichen Gesundheitsrisiken.

Moschusxylol ist ein Vertreter der aromatischen Nitroverbindungen. Es ist ein gelblicher Feststoff, der sich beim Erhitzen schnell zersetzt und nitrose Gase freisetzt. In Ethanol gelöst hat die Verbindung einen starken, angenehmen Geruch nach Moschus. Moschusxylol wird in Kosmetikprodukten und in Waschmitteln als Duftstoff bzw. Duftverstärker in großen Mengen eingesetzt. In der EU wird sein Einsatz aufgrund seiner sehr großen Persistenz und Bioakkumulativität (vPvB) mittlerweile beschränkt. Die Karzerogenität von Moschusxylol ist nachgewiesen durch Versuche in Mäusen, welche zur Entstehung von Tumoren führten. Der ätiologische Pro-

zess erfolgt durch bestimmte Enzyminduktion, d.h., nicht durch genotoxische Veränderungen. Als Grundlage für die Risikobewertung dient die Empfehlung zur maximalen oralen Einnahme (LOAEL) von 70 mg/kg Körpergewicht/Tag in Bezug auf die Tumorgenese. Das IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung) ordnete die Substanz in 1996 der Gruppe 3 zu (nicht klassifizierbar bzgl. der Karzinogenität). Vergleichende Analysen mit dem Gruppe 2B Stoff Phenobarbital wurde allerdings in 2001 die Klassifikation 3 (R40 - mögliche irreversible Gesundheitsschäden) vergeben.<sup>43</sup>

Für die kurzkettigen Chlorparaffine sagt das UBA-Datenblatt: SCCPs sind persistente, bioakkumulierende, toxische Verbindungen, die im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aus dem Jahr 2000 als prioritär gefährlich eingestuft wurden. Akute Toxizität von SCCPs ist sehr gering (EC, 1999; UNEP, 2009), allerdings können sie Augen- und Hautirritationen nach wiederholter Applikation hervorrufen. Es wurde kein Hinweis auf einen wachstumsspezifischen Effekt in Toxizitätsstudien mit Ratten und Kaninchen gefunden. Chlorparaffine können in Mäusen und Ratten zu Krebs führen aber die Tumorgenese wird noch nicht vollständig verstanden.<sup>44</sup>

Die analytische Bestimmung dieser Stoffe in Umweltproben ist sehr schwierig, Monitoring-Daten liegen nur in geringem Umfang vor. Eine endgültige Bewertung der Belastungssituation der deutschen Oberflächengewässer (und damit auch des Kontaktrisikos für die Bevölkerung) ist deshalb derzeit noch nicht möglich. In Deutschland wurde die Produktion von SCCP in 1996 eingestellt. Die wichtigsten aktuellen Anwendungen sind der Einsatz als Flammenschutzmittel und als Weichmacher für Kunststoffe, Textilien, Dichtungsmittel und Farben. Durch die EU-Richtlinie 2002/45/EG wurden dagegen die Anwendungen im Bereich Metallbe- und -verarbeitung (Hochdruckadditiv) und zum Fetten von Leder ab 2004 verboten. Aufgrund der bestehenden Beschränkungen und der zum großen Teil bereits im Vorfeld erfolgten Umstellungen ist für Deutschland nur noch mit geringen Emissionen zu rechnen. Die wichtigsten Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen sind die Ausweitung der bestehenden Stoffbeschränkungen auf EU-Ebene und die Aufnahme als Persistent Organic Pollutant (POP) in die Stockholm Konvention bzw. in das UNECE Protokoll.<sup>45</sup>

SCCPs sind biologisch nicht bzw. schwer abbaubar (aerob können SCCP mit bis 50% Cl nach einer mehrwöchigen Adaptionsphase abgebaut werden; anaerober Abbau nicht bekannt). Die Dechlorierung durch Bakterien unter bestimmten Bedingungen ist möglich. Bei höheren Temperaturen (> 60°C) wird HCl abgespalten (flammhemmende Wirkung). Die kanzerogene Wirkung von SCCPs wurde in Mäusen und Ratten nachgewiesen.

Hexabromcyclododekan oder HBCCD ist ein additives Flammenschutzmittel, das überwiegend in Polystyrolschaum, in hochschlagfestem Polystyrol und in Polstermöbeln eingesetzt wird. Das führt dazu, dass sich lokale Brandherde langsamer entwickeln.

---

<sup>43</sup> Siehe [http://echa.europa.eu/documents/10162/13638/svhc\\_supdoc\\_muskxylene\\_publication\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13638/svhc_supdoc_muskxylene_publication_en.pdf) (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

<sup>44</sup> [http://www.epa.gov/opptintr/existingchemicals/pubs/sccps\\_ap\\_2009\\_1230\\_final.pdf](http://www.epa.gov/opptintr/existingchemicals/pubs/sccps_ap_2009_1230_final.pdf) (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

<sup>45</sup> <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3312.pdf> (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

HBCCD ist ein Umweltgift, das sich stark in Organismen anreichert, im Verdacht steht, fortpflanzungsschädlich zu sein. Außerdem ist es sehr langlebig. Der Stoff verteilt sich über weite Entfernungen und reichert sich sogar weitab industrieller Aktivitäten in Böden an. Damit erfüllt er alle Kriterien des Stockholmer Übereinkommens über persistente organische Schadstoffe, der sogenannten Stockholmer-POP-Konvention. Am 8. Mai 2013 teilte das UBA mit, dass für HBCCD ein weltweites Herstellungs- und Anwendungsverbot eingeführt wird. Der Beschluss erfolgt im Ergebnis der UN-Chemikalienkonferenzen in Genf. Der Stoff wird in der Stockholmer Konvention über persistente organische Schadstoffe, kurz POPs, aufgenommen.<sup>46</sup>

4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA) ist ein Karzinogen der Gruppe 2 der IARC-Klassifikation (sehr wahrscheinlich krebserregend für den Menschen). In 2008 wurden geschätzte 1,4 Millionen Tonnen MDA in der EU hergestellt und als intermediärer Stoff sowie als Adhäsive, zur Produktion von Polymeren und als Festiger für Epoxidharze verwendet.<sup>47</sup>

Die Aufnahme von MDA in den Körper erfolgt sowohl durch Inhalation des Aerosols, über die Haut und durch Verschlucken. Die Gesundheitsauswirkungen sind unmittelbar und schließen schwere Hautverbrennungen, Augenirritationen (bis zur Blindheit) ein. Die Inhalationseffekte können zeitlich verzögert auftreten. MDA-Exposition durch Feuer kann zu Irritationen der Haut und Schleimhäute und zur Formation giftiger Gase führen.

Durch Kurzeitexposition sind Auswirkungen auf die Leber mit nachfolgenden Leberschäden möglich, während wiederholte oder Langzeitexposition zur Hautsensibilisierung und Krebsbildung führen kann.<sup>48</sup>

Phthalate wirken als Weichmacher für Kunststoffe. Ihre Zugabe verleiht dem harten und spröden Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC) elastische Eigenschaften und ermöglicht, dass er als Weich-Kunststoff eingesetzt wird.

Die Gesundheitseffekte infolge von Expositionen gegenüber niedrigen Dosen von Phthalatkonzentrationen sind noch unbekannt. In höheren Dosen wurden Störungen der Fortpflanzungsorgane von Mäusen und Ratten beobachtet. Eine Person, die unabsichtlich 10 g DEHP verschluckte, erlitt Magenschmerzen und Durchfall. Durch ihre weite Verbreitung sind jedoch nahezu alle Menschen in Deutschland Phthalaten ausgesetzt und ihre Kurz- und Langzeiteffekte müssen daher weiter untersucht werden.

Die chemische Industrie produziert in Westeuropa jährlich rund eine Million Tonnen Phthalate. Mehr als 90% gehen in die Produktion von Weich-PVC. Sie werden z.B. in Kabeln, Folien, Fußbodenbelägen, Schläuchen, Tapeten, Sport- und Freizeitartikeln eingesetzt. REACH stuft die Phthalate - DEHP, DBP und BBP als fortpflanzungsgefährdend ein. Neuere Studien deuten auf additive Wirkung von Phthalaten hin, wodurch Phthalate als Gruppe bewertet werden sollten.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat die DEHP-Aufnahme, stellvertretend für weitere Phthalate, abgeschätzt. Dazu wurden Daten zum Ernährungsverhalten von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in Deutschland sowie die verschiedenen Aufnahmepfade über 37 Lebensmittelgruppen, Spielzeug, Verbraucherprodukte aus Kunststoffen wie Schuhe, Kosmetika,

---

<sup>46</sup> [http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/schadstoffe\\_einleitung/flammschutzmittel1/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/schadstoff/schadstoffe_einleitung/flammschutzmittel1/) (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

<sup>47</sup> <http://echa.europa.eu/documents/10162/6f000507-b04a-490e-b864-5a911be1eeea> (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

<sup>48</sup> [http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_DE\\_CB7718182.htm](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_DE_CB7718182.htm) (zuletzt aktualisiert am 8.6.2014)

Textilien, Hausstaub und die Innenraumluft von Autos berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass DEHP hauptsächlich oral über Lebensmittel aufgenommen wird, wobei die aufgenommenen Einzelmengen in der Regel so gering waren, dass kein Gesundheitsrisiko bestand. Sie liegen unterhalb der Menge, die täglich ein Leben lang aufgenommen werden kann (vgl. NOAL - **No Observed Adverse Effect Level**), ohne dass eine gesundheitsschädliche Wirkung eintritt.

Kinder, insbesondere Kleinkinder, können mit DEHP stärker belastet sein als Jugendliche und Erwachsene. Sie nehmen Weichmacher nicht nur über die Nahrung, sondern auch vermehrt über den Hausstaub sowie über viele Dinge, die sie in den Mund stecken auf. Untersuchungen im Rahmen des Kinder-Umwelt-Surveys des UBA zeigten, dass sich im Zeitraum 2003 bis 2006 in nahezu allen Urinproben Abbauprodukte von Phthalaten nachweisen ließen. Bei 1,5 % der Kinder war die Konzentration so hoch, dass eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht mehr mit ausreichender Sicherheit auszuschließen war. Die Expositionsschätzungen des BfR aus dem Jahr 2012 bestätigten diese Ergebnisse. Demnach kann im ungünstigen Fall ein Gesundheitsrisiko bestehen, insbesondere wenn Lebensmittel mit dauerhaft sehr hohen DEHP-Gehalten verzehrt werden.

Eine Studie zur Bestimmung der Dosis-Wirkungs-Funktion in Ratten wurde von Wichert-Grande durchgeführt (Wichert-Grande, 2007). Hierfür wurden sowohl niedrige Dosierungen, die sich im Bereich der Konzentrationen bewegen, denen Menschen in der Umwelt ausgesetzt sind, als auch hohe Dosierungen, welche üblicherweise in toxikologischen Studien untersucht werden, verwendet. Weibliche Ratten wurden täglich von Tag 6 der Trächtigkeit bis Tag 21 der Laktation mit in Erdnussöl gelöstem DEHP behandelt. Im niedrigen Dosisbereich wurden 0,015; 0,045; 0,135; 0,405 und 1,215 mg DEHP/kg Körpergewicht verabreicht. Der hohe Dosisbereich umfasste 5, 15, 45, 135 und 405 mg DEHP/kg Körpergewicht. Bei keiner der angewandten Dosierungen wurde eine Toxizität unter den weiblichen Ratten beobachtet. Zusammenfassend weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Behandlung mit DEHP während der Entwicklung bei weiblichen Nachkommen der Ratte zu einem verzögerten Eintritt der Pubertät führen kann. Dies wurde in Dosisbereichen beobachtet, in denen ähnliche Effekte bei männlichen Nachkommen festgestellt wurden.

#### Umweltstressoren, die im Rahmen umweltpolitischer Maßnahmen an Bedeutung gewinnen

In dieser Rubrik sind hauptsächlich die die Innenraumluft negativ beeinflussende Stressoren wie Schimmel, Feuchtigkeit und Tabak/Zigarettenrauch zu nennen. Im Zuge der Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden besteht das Risiko einer reduzierten Luftzirkulation und der damit verbundenen Minderung der Innenraumluftqualität. Unzureichende Lüftung kann zu feuchten Stellen durch Kondensation und Schimmelbildung führen. Offene Feuer oder Genuss von Tabakprodukten kann die Innenraumluft zusätzlich verschlechtern. Die gesundheitlichen Auswirkungen sind Atemwegerkrankungen, chronische und akute Bronchitis, Lungenkrebs, Asthma und Allergien. Expositions-Wirkungskurven existieren hauptsächlich für die Stressoren PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> und Rauch (Verbrennungsprozesse) sowohl für Schimmelpilze und Innenraumfeuchtigkeit.

#### Besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen

Nicht immer ist es sinnvoll oder gerechtfertigt, Risikofaktoren für die gesamte Bevölkerung zu untersuchen und dann gesundheitspolitische Maßnahmen nur auf die wichtigsten Stressoren zu konzentrieren. In manchen Fällen sind bestimmte Bevölkerungsgruppen viel stärker von einem Umweltrisiko betroffen als die Mehrzahl der Menschen. Sie verlangen daher besonderen Schutz und Aufmerksamkeit. So wurde beispielsweise eine deutlich höhere Belastung durch



Blei in Kindern festgestellt als in Erwachsenen, obwohl insgesamt die Krankheitslast in der Bevölkerung, die durch Bleiexposition verursacht wurde gering war.

Daher stellt dieser Ansatz gefährdete Bevölkerungsgruppen in den Vordergrund und gewichtet sie bei betreffenden Umweltstressoren stärker. Für Kinder von 3-17 Jahren zeigt sich insbesondere eine Bedrohung durch Luftverschmutzung und Allergene, siehe auch Tabelle 5-VII.

Tabelle 5-VII: Lebenszeitprävalenz für Kinder von 3-17 Jahren

Erkrankung	Kinder (3-17 Jahre) Lebenszeitprävalenz	Stressoren
chronische Bronchitis	13.30%	Zigarettenrauch, Feinstaub, andere Luftschadstoffe (giftige Gase)
Neurodermitis	13.20%	Unbekannt
Heuschnupfen	10.70%	Pollen
Asthma	4.70%	Zigarettenrauch, chemische Abgase, Luftverschmutzung

Quelle: Robert Koch Institut. <http://edoc.rki.de/oa/articles/reH8q4ULJcpSY/PDF/28tgPU5RAfa.pdf> (letzter Zugang 8.6.2014)

Neue Ergebnisse aus Untersuchungen der gesundheitlichen Effekte von Luftverschmutzung ergeben, dass PM zu unerwünschten Geburtsergebnissen führen kann. PM-Langzeitexpositionen tragen darüber hinaus auch zu Diabetes und Arteriosklerose bei.

Menschen, die dicht an vielbefahrenen Straßen wohnen (siehe oben) sind stärker gefährdet, die negativen Auswirkungen der verkehrsbedingten Luftverschmutzung zu erleiden (kardiovaskuläre, zerebrovaskuläre Morbidität und Mortalität sowie kognitive und neurologische Beeinträchtigungen und chronische Krankheiten).

Im Bereich der untersuchten Chemikalien (siehe vorheriger Abschnitt) sind insbesondere Bevölkerungsgruppen zu nennen, die beruflich mit ihnen in häufigen Kontakt stehen. Für die Phthalate gilt, dass im Allgemeinen die Verbraucher und insbesondere Kinder betroffen sind.

Hexabromozyklododekane (HBCCD) wird als ein fortpflanzungsgefährdender Stoff eingeschätzt und stellt hauptsächlich ein Risiko für Frauen im gebärfähigen Alter dar. Frauen sind auch eine besondere Risikogruppe für Moschusxylyl durch ihre häufigere Verwendung von Kosmetika.

### 5.2.3 Schritt 3 - Erstellung der endgültigen Kandidatenliste

Die im vorangegangenen Schritt erfassten Kandidaten der Umweltstressoren wurden tabellarisch zusammengetragen und mit Informationen zu Gesundheitsendpunkten zusammengeführt, und mit Angaben zum Vorhandensein von EWFs, Charakterisierung der betroffenen Bevölkerungsgruppen, Heilungschancen und Kostenschätzungen komplettiert. Sie dienten als Diskussionsgrundlage für das Fachgespräch zum EBDreview-Projekt, das am 20. September 2013, im BMU in Berlin mit Gesundheits- und EBD-Expert/-inn/en stattfand. Nach produktiver Diskussion wurde die Liste der Kandidaten einerseits verkürzt aber auch um wichtige Details und wissenschaftliche Erkenntnisse erweitert. Die folgende Tabelle 5-VIII zeigt die ausgewählten Umweltstressorkandidaten mit den dazugehörigen Gesundheitsendpunkten. Die detaillierte Fassung dieser Tabelle ist im Appendix 4 zu sehen.

Tabelle 5-VIII: Endgültige Kandidatenliste der Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte

Stressor	Gesundheitsendpunkte
PM <sub>0,1</sub>	Gesamtmortalität Kardiopulmonare Morbidität Beeinträchtigung der Atmungsorgane Beeinträchtigung des zentralen Nervensystems
PM <sub>2,5</sub>	Gesamtmortalität Kardiovaskuläre Mortalität kardiovaskuläre Morbidität (einschl. ischämische Herzkrankheit, COPD) Zerebrovaskuläre Mortalität Zerebrovaskuläre Morbidität Arteriosklerose Diabetes Atemwegserkrankungen von Kindern Verdacht auf kognitive und neurologische Effekte bei Kindern Atemwegserkrankungen
PM <sub>10</sub>	Kardiovaskuläre Mortalität Kardiovaskuläre Morbidität Zerebrovaskuläre Mortalität Zerebrovaskuläre Morbidität Erkrankungen der Atmungsorgane
Ruß (Dieselkraftstoff)	Kardiovaskuläre Mortalität Kardiovaskuläre Morbidität Zerebrovaskuläre Mortalität Zerebrovaskuläre Morbidität
Bodennahes Ozon	Gesamtmortalität Kardiovaskuläre Mortalität Kardiovaskuläre Morbidität Atemwegserkrankungen Zerebrovasculäre Mortalität zerebrovaskuläre Morbidität Kognitive Funktionseinschränkungen
NO <sub>x</sub>	Gesamtmortalität Erkrankungen der Atemwege Herz-Kreislauf-Erkrankungen Reproduktionsfähigkeitsstörung Zerebrovaskuläre Mortalität

Stressor	Gesundheitsendpunkte
NO <sub>2</sub>	Gesamtmortalität Kardiovaskuläre Mortalität Kardiovaskuläre Morbidität Erkrankungen der Atemwege Zerebrovaskuläre Mortalität reduzierte Lungenfunktionsbildung in Kindern
SO <sub>2</sub>	Gesamtmortalität Kardiovaskuläre Mortalität Kardiovaskuläre Morbidität Erkrankungen der Atemwege Reduzierte Lungenentwicklung in Kindern Zerebrovaskuläre Mortalität
Blei	Kognitive und neurologische Entwicklungsstörungen bei Kindern Kardiovaskuläre Effekte bei Erwachsenen (Bluthochdruck)
Arsen	Krebs (Haut, Lunge, Blase, Niere)
Aluminium	Verdacht auf Alzheimer
Nickel	Krebs (Lunge, Nasennebenhöhlen), allergische Reaktion (Kontaktallergie)
Cadmium	Lungenirritation Nierenkrankheiten Nierenkrebs, Verdacht auf Lungenkrebs Hodenkrebs; Prostatakrebs
Quecksilber	Neurologische Befunde (Angstgefühle, Verhaltensänderungen) Sehstörungen Appetitsverlust und Müdigkeit Tremor Akute Sterblichkeit durch Quecksilber
Klimawandel (extreme Temperaturen, Überflutungen)	Kardiovaskuläre Mortalität (durch Hitze- und Kältewellen) Tod durch Ertrinken (Überflutungen)
Lärm	kardiovaskuläre Krankheiten (Herzinfarkt, Bluthochdruck, ischämische Herzkrankheit) kognitive Beeinträchtigungen Schlafstörungen Tinnitus allgemeine Lärmbelästigung (annoyance)
Radon	Lungenkrebs
Alkane, C10-13 chloro (kurzkettige Chlorparaffine - SCCPs)	Augen- und Hautirritationen

Stressor	Gesundheitsendpunkte
4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA)	berufsbedingte Exposition: krebserregend (Blasenkrebs, Dickdarmkrebs, Lymphdrüsenkrebs), Leberschäden Haut- und Augenverbrennungen und Irritationen
Phthalate	Verdacht auf Fortpflanzungsschädlichkeit
Trichlorethen	Wachstumsschädlich (Keimzellmutagen) Schäden des zentralen Nervensystems Verdacht auf krebserregende Wirkung (Nierenkrebs) Hirnschäden (bei akuter Vergiftung)
Benzol	Leukämie
Passivrauchen (SHS)	Lungenkrebs ischämische Herzkrankheit Asthma Atemwegserkrankungen akute Mittelohrentzündung
Innenraumstressoren (insb. Schimmel und Feuchtigkeit)	Erkrankungen der Atemwege (Asthma, COPD) Lungenkrebs (Radon) neurologische Krankheiten (durch Verwendung bleihaltiger Farben) Ersticken (durch CO-Exposition) Allergische Reaktionen Erkrankungen der Atemwege (Asthma, COPD) Vergiftung (durch Schimmelpilze)
Furane/Dioxine	Alle Krebsarten

## 5.2.4 Schritt 4 - Erstellen der Rangordnung der Kandidaten

In Abschnitt 4.1 wurde bereits diskutiert, dass die Auswahl der relevanten Umweltstressoren sich nicht ausschließlich an Kennzahlen wie den DALYs oder der Rangplatzierung in der deutschen Sterbestatistik orientieren soll. Vielmehr wird ein mehrdimensionales Entscheidungssystem verwendet, welches das Ausmaß der durch den Stressor verursachten Gesundheitslast als eines unter mehreren Kriterien in Betracht zieht. Im Fachgespräch wurde dazu eine Diskussionsrunde durchgeführt und Konsens für die Verwendung der folgenden Kriterien erzielt:

- dem Umweltstressor zurechenbare Fraktion (AF);
- Vorhandensein und Stärke der EWFs;
- Heilungschancen;
- Potenzielle Reduktion der Krankheitslast, wenn der Stressor reduziert oder eliminiert ist;
- Gesellschaftliches versus individuelles wahrgenommenes Risiko.

Um die Bewertung der Stressoren zu vereinfachen, wurde den Kriterien für jeden Stressor und Gesundheitsendpunkt ein Punktwert zwischen 0 (nicht erfüllt, bzw. geringe Relevanz) bis 3 (komplett erfüllt bzw. hohe Relevanz) zugeordnet. Beispielsweise erhält eine Stressor-Gesund-

heitsendpunkt- Kombination 3 Punkte, wenn die Expositions-Wirkungs-Funktion(en) für den Menschen vorliegen, 2 Punkte, wenn die EWF Daten noch nicht gesichert sind oder für verwandte Stressoren existieren (z.B. für  $\text{NO}_x$  statt für  $\text{NO}_2$ ) und nur 1 Punkt, wenn nur Dosis-Wirkungs-Kurven aus Tierversuchen existieren. Wenn für einen Stressor mehrere Gesundheitsendpunkte betrachtet werden, dann ergibt sich die abschließende Anzahl an Punkten für jedes Kriterium in Form des arithmetischen Mittelwertes der Punkte für jeden einzelnen Gesundheitsendpunkt.

Es ist klar, dass diese Bewertung ein subjektives Element enthält und die resultierende Punktezahl dient nicht als definitives Beweiskriterium, dass ein Stressor auf Rang 3 oder 5 liegt. Vielmehr soll die Punktevergabe der Visualisierung der mehrdimensionalen Relevanz des Stressors dienen und zum weiteren Diskurs einladen. Dazu wurden sogenannte Spinnendiagramme für jeden Stressor erstellt. Für  $\text{PM}_{0,1}$ ;  $\text{NO}_x$  und Arsen sind diese hier beispielhaft dargestellt (siehe Abbildungen 5-I bis 5-III). Die Diagramme verdeutlichen die unterschiedliche Wissens- und Datenbasis in Bezug auf EWFs und AFs und in noch stärkerem Maße die unterschiedliche individuelle und gesellschaftliche Aufmerksamkeit die der möglichen Gesundheitsgefährdung durch den Stressor gewidmet wird. So ist, beispielsweise, die Gesundheitsgefährdung durch Feinstaub allgemein bekannt und oft thematisiert, während Arsen als giftiges Schwermetall nicht so stark im Fokus der Öffentlichkeit steht und eher als ein Problem in Schwellen- und Entwicklungsländern angesehen wird. Die komplette Anzahl an Spinnendiagrammen befindet sich in Appendix 5.

Abbildung 5-I: Spinnendiagramm für  $\text{PM}_{0,1}$

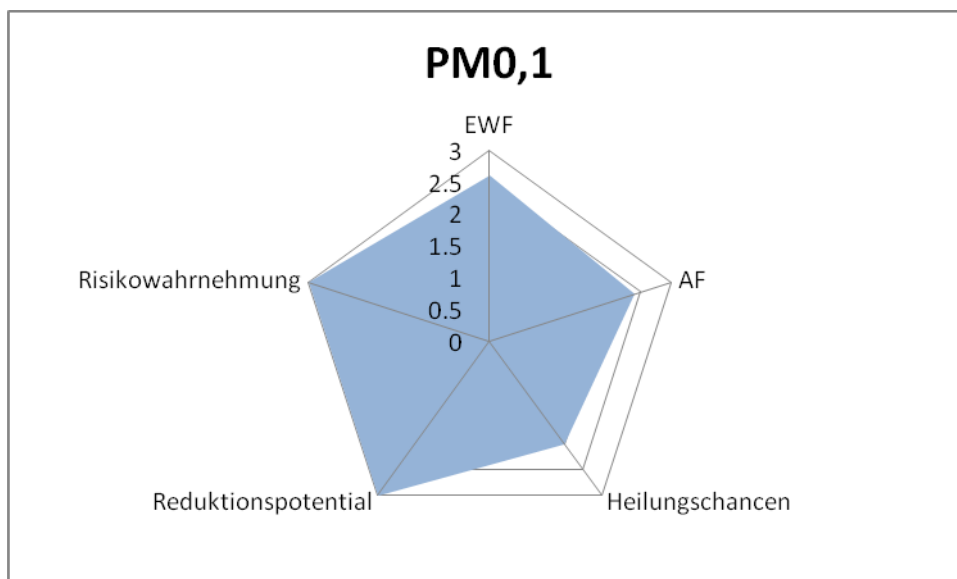


Abbildung 5-II: Spinnendiagramm für NO<sub>x</sub>

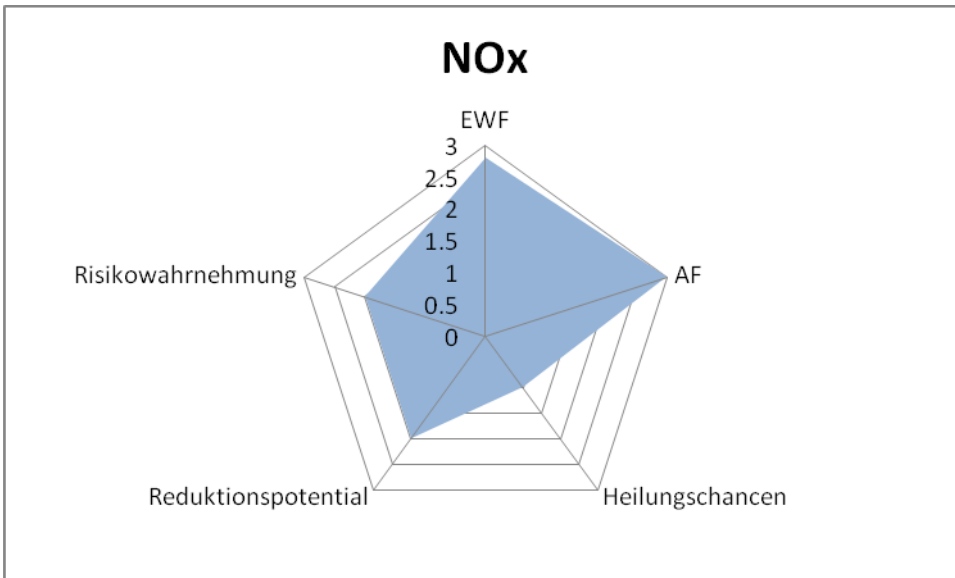
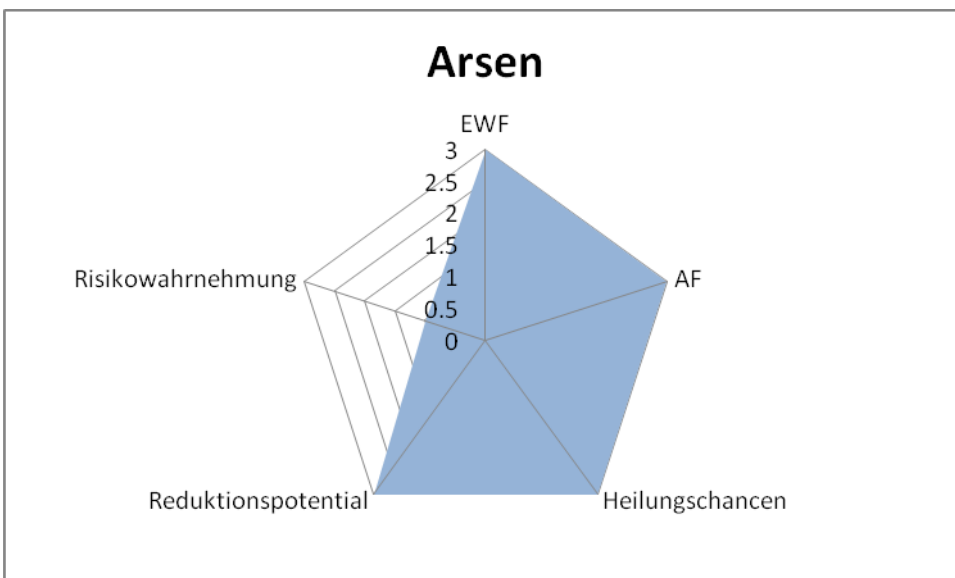


Abbildung 5-III: Spinnendiagramm für Arsen.



Für die Ermittlung der Rangfolge der Umweltstressoren mit den assoziierten Gesundheitsendpunkten wurde der Flächeninhalt des blau-markierten Pentagons berechnet. Die Angabe zur Flächengröße und Rangverteilung für den der Umweltstressor-Kandidaten sind in Tabelle 5-IX angegeben. Die ersten 15 Stressoren stehen demnach zur Auswahl für eine zukünftige deutsche EBD-Studie. Dies würde auf alle Stressoren bis einschließlich Radon zutreffen. Es ist nicht überraschend, dass sich im Ergebnis des Rankingverfahrens Feinstaub, Schwermetalle und VOCs wie Benzol unter den in den Top 15 anzutreffenden befinden. Allerdings fallen NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> derzeit knapp aus den Top-Fifteen der Stressorenliste. Dies ist gegebenenfalls zu diskutieren. Eine umfassende EBD-Studie sollte diese Stressoren in jedem Fall mit einbeziehen.

Aufgrund der stark simplifizierten Bewertung der Kriterien wird jedoch weiterer Diskurs empfohlen und darüber hinaus werden folgende Anmerkungen gemacht:

- Aufgrund gegenwärtiger Statistiken und umweltpolitischer sowie ökonomischer Maßnahmen ist mit einem weiteren Ansteigen der Gesundheitsbelastung durch Ruß von Dieselkraftstoffen zu rechnen. Dieser Stressor sollte daher aufgrund vorausschauender, präventiver Gesundheitsschutzmaßnahmen in der Liste verbleiben, auch wenn die Rangordnung geändert werden sollte.
- Durch die weiter fortschreitende Urbanisierung ist mit einem weiteren Anstieg der Lärmbelastung zu rechnen. Lärm sollte daher ebenfalls aus vorausschauenden Argumenten heraus auf der Liste verbleiben.
- Klimawandel ist das Umweltproblem des 21-sten Jahrhundert und selbst drastische Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen werden schon in Gang befindliche Klimaänderungen in absehbarer Zeit nicht stoppen können. Im Gegenteil, der Anteil an klimabedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen kann in den nächsten Jahren und Jahrzehnten weiter ansteigen. Daher sollte der Klimawandel als Umweltstressor ebenfalls auf der Liste verbleiben.
- Energieeffizienzmaßnahmen im Rahmen der deutschen Energie- und Klimapolitik werden den Gebäudeenergiehaushalt weiter positiv beeinflussen. Dies kann jedoch zu unerwünschten Nebeneffekten für die Innenraumluftqualität führen. Verbesserte Isolierung von Fenstern und Türen beispielsweise erhöht den Ventilationsbedarf, um Schimmelbildung und den Anstieg der Konzentration von Innenraumluftschadstoffen (Tabakrauch, VOCs, etc.) zu vermeiden. Da dies auch einen erhöhten Aufklärungsbedarf in der Bevölkerung mit sich zieht, wird auch empfohlen, die Innenraumstressoren auf der Liste der ausgewählten Stressoren zu belassen.
- Einhergehend mit dem demografischen Wandel, steigt in der Bevölkerung die Vulnerabilität gegenüber Umweltstressoren an, daher ist trotz etablierter Schadstoffminderungsmaßnahmen mit einer Zunahme der Gesundheitsbeeinträchtigungen zu rechnen.

### **5.2.5 Rechtliche Aspekte für die Auswahl der wichtigsten Stressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte**

Über die hier vorgeschlagene Auswahl der Stressoren hinaus, sollte der Dialog mit den politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern gesucht werden. Die Auswahlkriterien, nach denen die Stressoren (und Gesundheitsendpunkte) für eine EBD ausgewählt werden, hängen stark von den politischen Zielsetzungen ab, die mit den erzeugten/gefundenen Daten verfolgt werden sollen.

Die politischen Zielsetzungen richten sich aber andererseits (mitunter) nach der Stichhaltigkeit der Datenlage. Insofern ist hier ein "iterativer Annäherungsdialog" zwischen Politik und Sachverstand notwendig bzw. sinnvoll. Sieht z.B. politische Zielsetzung auch eine Verringerung von Kosten in den Sozialversicherungssystemen vor, sollten als Gesundheitsendpunkte Krankheiten aufgenommen werden, die hohe nachweisbar kausale Kosten in der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) verursachen oder sich auch durch z.B. verfrühten Renteneintritt bemerkbar machen.

Ist die politische Zielsetzung vor allem im Bereich Umwelt und der Zuordnung von Umweltkosten zu ihren Verursachern angesiedelt, wäre es denkbar, solche Daten zu erheben, die z.B. der Legitimation zusätzlicher Kostenlasten für die Personengruppen dienen könnten, die einen kausal nachweisbaren Beitrag zur Freisetzung der Stressoren leisten. Andererseits kann für

nachweisbare Stressoren-Krankheitslast-Zusammenhänge erst durch die Datenlage politischer Handlungsbedarf entstehen.



Tabelle 5-IX: Rangordnung der Umweltstressoren anhand des Flächeninhalts des Pentagons der 5 Bewertungskriterien

Stressor	EWf	AF	Heilungs- chancen	Reduktions- potenzial	Risiko- wahrnehmung	Flächeninhalt	Rang	Zusätzliche Bemerkungen
Quecksilber	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Bedeutung hängt von Energiepolitik ab
Benzol	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Potenter Stressor
Dioxine/Furane	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,71	1,00	Potenter Stressor
Blei	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,95	4,00	Altlast durch Kraftstoffzusatz
Passivrauchen (SHS)	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	4,95	4,00	Definitiv
O <sub>3</sub>	3,00	2,57	2,00	3,00	3,00	4,68	6,00	steigendes Verkehrsaufkommen
PM <sub>2,5</sub>	3,00	2,50	2,00	3,00	3,00	4,63	7,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
PM <sub>10</sub>	3,00	2,40	2,00	3,00	3,00	4,57	8,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
PM <sub>0,1</sub>	2,60	2,40	2,00	3,00	3,00	4,29	9,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
Arsen	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	4,19	10,00	Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle)
Ruß (Diesel)	3,00	1,50	2,00	3,00	3,00	4,00	11,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Lärm	2,80	2,60	2,00	2,00	3,00	3,92	12,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Innenraumstressoren	2,14	2,14	2,00	3,00	3,00	3,85	13,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
Cadmium	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,68	14,00	Bedeutung hängt von Energiepolitik ab
Radon	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,68	14,00	Regional variierende Bedeutung
SO <sub>2</sub>	3,00	2,67	2,00	2,00	2,00	3,47	16,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
NO <sub>2</sub>	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	3,05	17,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
NO <sub>x</sub>	2,80	3,00	1,00	2,00	2,00	2,92	18,00	Definitive Aufnahme in umfassende EBD
Phthalate	2,00	0,00	2,00	3,00	3,00	2,67	19,00	Starke Verbreitung in Haushalten
Trichlorethen	3,00	0,00	3,00	3,00	2,00	2,67	19,00	Industrielle Kontamination
Klimawandel	1,50	3,00	1,00	2,00	3,00	2,54	21,00	Wahrscheinlich zunehmendes Problem
MDA	3,00	0,00	1,00	3,00	1,00	1,14	22,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
SCCPs	2,00	0,00	1,00	3,00	1,00	1,02	23,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
Nickel	3,00	0,00	1,00	2,00	1,00	0,89	24,00	Begrenzt auf berufsbedingte Expositionen
Aluminium	0,00	0,00	1,00	3,00	1,00	0,76	25,00	Noch umstritten

## 6. Suche nach vorhandenen Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (DWs)

### 6.1 Problemstellung

Für die im Kapitel 5 ausgewählten Gesundheitsendpunkte werden im nächsten Schritt einer EBD-Berechnung die entsprechenden DWs benötigt. Hierzu ergeben sich prinzipiell zwei Vorgehensweisen.

- Alle notwendigen DWs werden in einer eigens dafür in Deutschland durchgeführten Studie ermittelt (siehe auch Punkt 7.1.9 zu konzeptionellen Vorschlägen einer solchen Studie).
- Die vorhandene BoD-/EBD-Literatur wird nach existierenden DWs durchsucht und dieselben auf ihre Tauglichkeit für deutsche EBD-Berechnungen geprüft.

Die erste Variante ist mit deutlichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden, offeriert dafür aber die Chance, speziell für Deutschland geeignete DWs zu ermitteln und eine vollständige Kontrolle über das methodische Vorgehen zu haben. Diese Kontrolle ist nicht unwichtig, wenn man die Vielzahl der methodischen Vorgehensweisen, ihre Vor- und Nachteile, sowie die nötige Datenqualität berücksichtigt. Eine eigene Ermittlung von DWs sichert darüber hinaus die Vollständigkeit der Gruppe von Gesundheitsendpunkten ab, die erfasst werden sollen und erlaubt gegebenenfalls eine nahtlose Weiterentwicklung bzw. Ausdehnung der Methodik auf weitere Endpunkte, sollte dies in der Zukunft gewünscht oder notwendig werden.

Der zweite Ansatz bietet beträchtliche Kosten- und Zeitersparnis, allerdings kann hier nicht davon ausgegangen werden, dass kompatible Gewichtungsfaktoren für alle gewünschten Gesundheitsendpunkte gefunden werden. Mit kompatibel sind hier zweierlei Aspekte gemeint: (i) die DWs sind gegenseitig methodisch vergleichbar, d.h. mit denselben oder vergleichbaren Ansätzen berechnet worden (in Bezug auf Validität und Verlässlichkeit) und (ii) sind für eine Bevölkerung berechnet worden, deren wesentliche Gesundheitscharakteristiken mit der deutschen Zielbevölkerung vergleichbar sind. Damit verbleibt also die Frage, wie mit den fehlenden DWs umgegangen wird. Eine eigene kleinere Studie kann hier Abhilfe schaffen oder aber die Verwendung eines Proxygewichts (z.B. die Verwendung des Gewichtungsfaktors für chronische Bronchitis und für akute Bronchitis). Damit kommt es allerdings zu einem weiteren Verlust an Genauigkeit in der DALY-Berechnung. Die verbleibende Alternative ist, den entsprechenden Gesundheitsendpunkt vorerst aus der Berechnung auszulassen, wodurch es jedoch zu einer Unterschätzung der EBD in Form der DALYs kommt.

### 6.2 Literatursuche

Eine umfassende Literaturrecherche nach vorhandenen DWs für die ausgewählten Gesundheitsendpunkte ergab mehrere Hundert Ergebnisse, welche allerdings auf einer deutlich geringeren Anzahl an Studien beruhen. Ohne zunächst Entscheidungen hinsichtlich der Eignung der Studie oder die Zielbevölkerung zu treffen, wurden diese Gewichtungsfaktoren tabuliert und den Endpunkten zugeordnet. Die folgende Tabelle 6-I gibt die gefundenen Studien wieder.

Tabelle 6-I: Liste der von BoD-/EBD-Studien, die für die Auswahl von DWs in Betracht gezogen wurden.

Studie	Untersuchungsgebiete
Begg et al. (2007)	Australien
Bowie et al. (1997)	Süden und Westen Englands
Bradshaw et al. (2003)	Südafrika
Bundhamchareon et al. (2002)	Thailand
Chapman et al. (2006)	Zimbabwe
Dodhia et al. (2008)	London
GBD2010	Weltweit
GBD2004, Disability Weights for Diseases and Conditions	Weltweit
GBD2000	Weltweit
GBD1990	Weltweit
Hänninen O, Knol A (Eds) (2011). EBoDE-Studie	Belgien, Finnland, Frankreich, Deutschland, Italien, Niederlande
Hyder et al. (2000)	Pakistan
Innove Solutions (1998)	West Pennine in England
Jankovič et al. (2007)	Serbien und Montenegro
Laaser et al. (2007)	Syrien
Lai et al. (2009)	Estland
Michaud et al. (2006)	USA
Mathers et al. (1999)	Australien
Mathers et al. (2007)	Weltweit
Müller-Wenk. (2002)	Schweiz
Melse et al. (2000)	Niederlande
Naghavi et al. (2009)	Iran
Phua et al. (2009)	Singapur und Malaysia
Pike et al. (2002)	Queensland in Australien
SE Department of Health, Australien (2005)	Südaustralien
Schwarzinger et al. (2003). European Disability Weights Project	England, Frankreich, Niederlande, Spanien, Schweden
Somerford et al. (2004)	Westaustralien
Stevens et al. (2008)	Mexiko
Stouthard et al. (2000a,b)	Niederlande
Stouthard et al. (1997)	Niederlande
Tobias et al. (2001)	Neuseeland
Ünüvar et al. (2004)	Türkei
Victorian Government (2005)	Viktoria in Australien

Studie	Untersuchungsgebiete
WHO, Office for Europe, and JRC (2011). Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe	EUR-A-Region: Andorra, Österreich, Belgien, Kroatien, Zypern, Tschechische Republik, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Island, Israel, Italien, Luxemburg, Malta, Monaco, Niederlande, Norwegen, Portugal, San Marino, Slowenien, Spanien, Schweden, Schweiz, Großbritannien
Lucas et al. (2006). Solar ultraviolet radiation.	Weltweit
WHO2008	Weltweit
Yoon et al. (2007)	Korea
Yusoff et al. (2005)	Malaysia
Zhao et al. (2004)	Nördliches Territorium in Australien
Zhou et al. (2011)	Yunnan Provinz in China

Viele der in Tabelle 6-I aufgelisteten Studien benutzen jedoch keine eigenen DWs, sondern die aus anderen Studien. In einigen Fällen wurden diese Gewichtungsfaktoren modifiziert, um somit besser auf die Zielbevölkerung oder den Gesundheitsendpunkt zugeschnitten zu sein. Damit verringert sich die Zahl der zur Verfügung stehenden „originalen“ DWs auf die folgenden Quellen:

- GBD2010;
- GBD2000;
- GBD1990;
- Niederländische DWs (Stoudhart et al., 1997) ;
- Australische DWs der Nationalen BoD-Studie;
- DWs für Zimbabwe;
- Koreanische DWs;
- Estnische DWs;
- DWs des EQ-5D<sup>49</sup>;
- DWs von Schwarzinger et al. (2003) für England, Frankreich, Niederlande, Spanien und Schweden;
- DWs von Müller-Wenk für die Schweiz (nur für Lärm).

Aus diesem Satz ausgewählter Studien wurden die Studien bzw. Gewichtungsfaktoren für Zimbabwe und Korea aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit mit der Zielbevölkerung ausgeschlossen.

### 6.3 Ergebnisse

Auf der Basis der Literatursuche und der ausgewählten Studien wurden die in Tabelle 6-II zusammengefassten DWs ermittelt.

---

<sup>49</sup> European Quality of Life Survey – 5 Dimensions

Diese DWs spiegeln die unterschiedliche Feingliederung der Gesundheitsendpunkte der einzelnen Studien wieder. Die niederländischen DWs sind am detailliertesten angelegt, während die estnischen DWs geringer differenziert sind. Die DWs der WHO sind mittelmäßig ausdifferenziert. Die verbleibenden Studien variieren in ihrer Spezifität je nach Krankheitsbild.

Anhand der vorhandenen Daten, wird daher folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- Verwendung der niederländischen DWs (Stouthard et al., 1997)
- Für Gesundheitsendpunkte, für die keine niederländischen DWs vorliegen, Auswahl je nach Differenzierungsgrad und Übertragbarkeit auf den deutschen Kontext. Für letzteren Aspekt werden generell die WHO EUR-A-Studien denen der weltweiten GBD vorgezogen. Wenn jedoch keine speziellen EUR-A-Werte vorliegen, wird auf GBD-Studien zurückgegriffen. Melse et al. (2000) für die Niederlande, Schwarzingler et al. (2003) für ausgewählte EU-Länder und Mathers et al. (2004) für Australien werden nach Ermessen herangezogen, wenn ihre Spezifität besser ist als die der WHO-Studien. Die estnischen DWs (Lai et al. 1999) werden nur im Ausnahmefall, d.h. wenn keine andere Alternative vorliegt, ausgewählt.
- Falls keine alternativen DWs vorliegen, wäre es zu überlegen, deutsche DWs zu ermitteln oder den Gesundheitsendpunkt zunächst noch aus der EBD-Berechnung herauszulassen.

Die anhand dieser Rangordnung bevorzugten DWs sind in der Tabelle 6-II fett markiert.

Tabelle 6-II: Übersicht über vorhandene DWs in den ausgewählten Studien

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Lungenkrebs [ICD10 C34]	<b>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996; Mathers et al., 2004) :</b>	Feinstaub (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>0,1</sub> ), Ruß, Cadmium, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Radon
	0,15 Diagnose/Therapie	
	0,146 im frühen Endstadium	
	0,75 im frühen Endstadium mit Metastasen	
	0,809 Endstadium	
	<b>Niederlande (Stouthard et al., 1997):</b>	
	<b>Nicht kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,44 Diagnose/Therapie operierbares nicht-kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,47 Krankheitsfrei nach primärer Therapie für nicht-kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,76 Diagnose/Therapie nicht-operierbares nicht-kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,91 verstreutes nicht-kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,93 Endstadium nicht-kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,68 Diagnose/Therapie kleinzelliges Lungenkarzinom</b>	
	<b>0,47 Krankheitsfrei nach primärer Therapie</b>	
<b>0,54 Remission</b>		

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	<p><b>0,93 Rückfall/Endstadium</b></p> <p><u>Niederlande (Melse et al., 2000):</u> 0,43 ohne weitere Angaben</p> <p>Estland (Lai et al., 2009)</p> <p>0,507 Krebs - Luftröhre, Bronchen, Lunge [ICD10 C33-34]</p> <p>GBD2010 (Salomon et al., 2012)</p> <p>0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie</p> <p>0,484 Krebs: mit Metastasen</p> <p>0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)</p> <p>0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)</p>	
<p>Chronische Bronchitis/ COPD/Asthma [ICD10 J40-46]</p>	<p><b><u>Niederlande (Stouthard et al., 1997):</u></b></p> <p><b>0,01 akute Bronchitis, Dauer 2 Wochen, 1 Episode/Jahr</b></p> <p><b>0,04 akute Bronchitis, 2 oder mehr Episoden/Jahr</b></p> <p><b>0,18 chronische Bronchitis nach moderater oder schwerer Bronchiolitis</b></p> <p><b>0,03 Asthma: mild bis moderat</b></p> <p><b>0,36 Asthma: schwer</b></p> <p><u>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996):</u></p> <p>0,428 unbehandelte COPD</p> <p>0,388 behandelte COPD</p> <p>0,059 Asthma: behandelt</p> <p>0,099 Asthma: unbehandelt</p> <p><u>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</u></p> <p>0,015 COPD und andere chronisch Atemwegserkrankungen: mild</p> <p>0,192 COPD und andere chronisch Atemwegserkrankungen: moderat</p> <p>0,383 COPD und andere chronisch Atemwegserkrankungen: schwer</p> <p>0,009 Asthma: kontrolliert</p> <p>0,027 Asthma: teilweise kontrolliert</p> <p>0,132 Asthma: unkontrolliert</p> <p><u>Estland (Lai et al., 2009):</u></p> <p>0,299 COPD</p> <p>0,093 Asthma</p> <p><u>WHO für Region EUR A:</u></p> <p>0,226 COPD</p> <p>0,036 Asthma</p>	<p>Feinstaub(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>0,1</sub>), Ruß, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Schimmel und Feuchtigkeit in Innenräumen</p>

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	<p>European Disability Weights Project (Schwarzinger et al., 2003):</p> <p>0,46 Asthma (VAS)</p> <p>0,054 Asthma (PT0)</p> <p>0,15 Asthma (TTO)</p>	
Erkrankungen der tieferen Atemwege [ICD10 J10-18, J20-22]	<p>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996):</p> <p>0,099-0,28 nach Altersgruppen für Episoden (0,276-0,28) und chronische Folgeerkrankungen (0,099)</p> <p><b>WHO EUR A:</b></p> <p><b>0,278 Infektionen der tieferen Atemwege</b></p> <p><b>0,099 Infektionen der tieferen Atemwege: chronische Folgeerkrankungen</b></p> <p>Estland (Lai et al, 2009) [ICD10 J10-18, J20-22, J45-46]:</p> <p>0,223 Akute Entzündungen der tieferen Atemwege</p> <p>Australien (Mathers et al., 1999):</p> <p>0,047 Grippe Episode</p> <p>0,132 Akute Bronchitis Episode</p> <p>0,373 Lungenentzündung Episode</p> <p>Niederlande (Melse et al., 2000):</p> <p>0,04 Akute Infektionen der tieferen Atemwege [J20-J22]</p> <p>0,04 Chronische Erkrankungen der tieferen Atemwege [J40-J47]</p>	Feinstaub (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>0,1</sub> ), NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , Schimmel und Feuchtigkeit in Innenräumen
Nierenkrebs [ICD10 C64]	<p>Australien (Mathers et al., 1999) [ICD9 189]:</p> <p>0,27 Diagnose/primäre Therapie</p> <p>0,18 Stadium nach kurativer Therapie</p> <p>0,18 Remission</p> <p>0,64 verstreut (Metastasen)</p> <p>0,93 Endstadium</p> <p>Estland (Lai et al., 2009) [ICD10 C64-65]:</p> <p>0,422 Nierenkrebs</p> <p>WHO für andere bösartige Neoplasmen (Mathers et al., 2004, WHO, 2008):</p> <p>0,09 Diagnose/Therapie</p> <p>0,75 Karenzperiode</p> <p>0,81 im frühen Endstadium, Metastasen</p> <p>0,81 Endstadium</p> <p>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</p> <p><b>0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie</b></p> <p><b>0,484 Krebs: Metastasen</b></p>	Cadmium, Arsen, Trichlorethen

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
Leberkrebs [ICD10 C22]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012)</b> 0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie 0,484 Krebs: Metastasen 0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit) 0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)  <u>WHO für andere bösartige Neoplasmen (Mathers et al, 2004, WHO, 2008):</u> 0,09 Diagnose/Therapie 0,75 Karenzperiode 0,81 im frühen Endstadium, Metastasen 0,81 Endstadium  <u>WHO GBD2004:</u> 0,2 Krebs: Diagnose/Therapie 0,2 Krebs: Karenzperiode	4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA)
Brustkrebs [ICD10 C50]	<u>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996):</u> 0,069 Krebs: frühen Endstadium unbehandelt 0,086 Krebs: frühen Endstadium behandelt 0,090 Krebs: Diagnose/lokationsspezifische Therapie 0,090 Krebs: Kontrolle 0,030 Krebs: Mastektomie 0,750 Krebs: Metastasen 0,810 Krebs: Endstadium  <u>Estland (Lai et al., 2009):</u> 0,178 Brustkrebs  <u>Niederlande (Stouthard et al., 1997):</u> 0,26 Brustkrebs: Diagnose/primäre Therapie, nicht-invasiver Tumor <2cm 0,26 Brustkrebs: Diagnose/primäre Therapie, Tumor 2-5cm 0,69 Brustkrebs: Lymphknotendissemination 0,81 Brustkrebs: lokal fortgeschrittener Tumor >5cm 0,26 Brustkrebs: symptomfrei nach 1, Jahr	Aluminium



Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	<p><b>0,79 Brustkrebs: verstreut (Metastasen)</b></p> <p><u>Niederlande (Melse et al, 2000):</u> 0,27 ohne weitere Angaben</p> <p><u>European Disability Weights Project (Schwarzinger et al., 2003):</u> 0,32 Brustkrebs(VAS) 0,055 Brustkrebs (PT0) 0,2 Brustkrebs (TTO)</p> <p><u>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</u> 0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie 0,484 Krebs: Metastasen 0,038 Mastektomie 0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit) 0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)</p>	
Nasen- und Rachenkrebs [ICD10 C31]	<p><u>Estland (Lai et al., 2009) [ICD10 C00-C14]:</u> 0,399 bösartige Neoplasmen im Mund oder Nasenbereich</p> <p><u>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</u> 0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie 0,484 Krebs: Metastasen 0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit) 0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)</p> <p><u>WHO für andere bösartige Neoplasmen (Mathers et al, 2004, WHO, 2008):</u> 0,09 Diagnose/Therapie 0,75 Karenzzeit 0,81 im frühen Endstadium, Metastasen 0,81 Endstadium</p>	Nickel
Schlafstörungen [ICD10 F51, G47]	<p><b>Müller-Wenk (2002) für die Schweiz:</b> 0,055 Schlafstörungen</p> <p><u>Estland (Lai et al, 2009):</u> 0,086 Schlafstörungen</p>	Lärm
Herzinfarkt [ICD10 I21]	<p><b>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996; WHO 2008):</b> 0,491 Akuter Herzinfarkt: unbehandelt 0,395 Akuter Herzinfarkt: behandelt</p>	Feinstaub (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>0,1</sub> ), NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	<p><b>0,439 globaler akuter Herzinfarkt</b></p> <p>WHO EUR A: 0,405 Akuter Herzinfarkt</p> <p><b>European Disability Weight Project (Schwarzinger et al, 2003):</b> <b>0,59 Akuter Herzinfarkt</b></p> <p>GBD2010 (Salomon et al., 2012): 0,422 Akuter Herzinfarkt Tage 1-2 0,056 Akuter Herzinfarkt Tage 3-28</p> <p>Schwarzinger et al, (2003): Alle Länder=0,59; UK=0,64, FR=0,61, NL=0,49, ES=0,67, SW=0,52, Gesundheitsexperten=0,57, Nichtexperten=0,60</p>	
Bluthochdruck [ICD10 I10-11]	<p>Estland (Lai et al., 2009) [ICD10 I10-13, I15]: 0,091 Bluthochdruck</p> <p><b>Australien (Mathers et al., 1999) [ICD9 401-402, part of 428]:</b> <b>0,06 Bluthochdruck: mild</b> <b>0,35 Bluthochdruck: moderat</b> <b>0,65 Bluthochdruck: schwer</b></p>	Lärm
Schlaganfall [ICD10 I64]	<p>WHO (Murray &amp; Lopez, 1996): 0,262-0,301 1, Schlaganfall, nach Altersgruppe und behandelt/unbehandelt</p> <p><b>Niederlande (Stouthard et al., 1997):</b> <b>0,92 zerebrovaskuläre Krankheit: 1, Schlaganfall</b> <b>0,27 zerebrovaskuläre Krankheit: Langzeitüberlebender</b></p> <p>GBD2010 (Salomon et al., 2012): 0,021 Schlaganfall: Langzeitkonsequenzen, mild 0,076 Schlaganfall: Langzeitkonsequenzen, moderat 0,312 Schlaganfall: Langzeitkonsequenzen, moderat + kognitive Probleme 0,539 Schlaganfall: Langzeitkonsequenzen, schwer 0,567 Schlaganfall: Langzeitkonsequenzen, schwer + kognitive Probleme</p> <p>WHO EUR A: 0,92 zerebrovaskuläre Krankheit: 1, Schlaganfall 0,259 zerebrovaskuläre Krankheit: Langzeitüberlebender</p> <p>Estland (Lai et al, 2009) [ICD10 G45-46, I60-69]: 0,547 Schlaganfall und andere Krankheiten des Gehirns</p>	Feinstaub (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>0,1</sub> ), NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
	<p>European Disability Weight Project (Schwarzinger et al, 2003):</p> <p>0,68 Schlaganfall: moderate permanente Beeinträchtigungen (VAS)</p> <p>0,171 Schlaganfall: moderate permanent Beeinträchtigungen (PTO)</p> <p>0,42 Schlaganfall: moderate permanent Beeinträchtigungen (TTO)</p> <p><b>Niederlande (Stouthard et al., 1997):</b></p> <p><b>0,36 Schlaganfall: milde Beeinträchtigungen</b></p> <p><b>0,63 Schlaganfall: moderate Beeinträchtigungen</b></p> <p><b>0,92 Schlaganfall: schwere Beeinträchtigungen</b></p> <p>Schwarzinger et al, (2003): Alle Länder=0,68; UK=0,69, FR=0,61, NL=0,68, ES=0,75, SW=0,64, Gesundheitsexperten=0,66, Nichtexperten=0,79</p>	
Akute ischämische Herzkrankheit [ICD10 I24.9]	<p><b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b></p> <p><b>0,29 akute ischämische Herzkrankheit</b></p>	PM <sub>2,5</sub> , Ruß, Lärm
Chronische ischämische Herzkrankheit [ICD10 I25.9]	<p><b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b></p> <p><b>0,29 chronische ischämische Herzkrankheit</b></p>	PM <sub>2,5</sub> , Ruß, Lärm, Passivrauchen
Zerebrovaskuläre Krankheiten	<p><b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b></p> <p><b>0,61 Zerebrovaskuläre Krankheiten</b></p>	PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , Ruß, bodennahes Ozon, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
Chronische, nicht-spezifizierte Lungenkrankheit (einschließlich chronischer Bronchitis, Emphysem, Asthma) [ICD10 I60-I69]	<p><b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b></p> <p><b>0,23 Chronische, nicht-spezifizierte Lungenkrankheit (einschließlich chronischer Bronchitis, Emphysem, Asthma)</b></p>	PM <sub>0,1</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , Ruß, bodennahes Ozon, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Nickel, Passivrauchen, Schimmel und Feuchtigkeit in Innenräumen
Schweres Asthma	<p>Schwarzinger et al, (2003):</p> <p>Alle Länder=0,46; UK=0,53, Fr=0,43, NL=0,43, ES=0,43, SW=0,48, Gesundheitsexperten=0,49, Nichtexperten=0,43</p>	
Gehörschäden [ICD10 H90-H94]	<p><b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b></p> <p><b>0,07 Gehörschäden (altersbedingt oder verursacht durch Lärm)</b></p> <p>Schwarzinger et al, (2003):</p> <p>Krankheitsfrei ohne Folgekrankheiten</p> <p>Alle Länder=0,32; UK=0,37, Fr=0,29, NL=0,27, ES=0,39, SW=0,26, Gesundheitsexperten =0,33, Nichtexperten =0,3</p>	Lärm

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Darmkrebs [ICD10 C18,C20]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	4,4'-Diamino Diphenyl Methan (MDA)
	<b>0,22 Darmkrebs (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
	Schwarzinger et al, (2003): Diagnose und primäre Therapie: Alle Länder=0,51; UK=0,53, Fr=0,43, NL=0,48, ES=0,64, SW=0,42, Gesundheitsexperten =0,49, Nichtexperten =0,53	
Geistige Behinderung [ICD10 F70-F79]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	Blei, Innenraumstressoren (bleihaltige Farben), PM <sub>2,5</sub> , Quecksilber
	<b>0,45 geistige Behinderung (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Magenkrebs [ICD10 C16]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	Arsen
	<b>0,33 Magenkrebs (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Prostatakrebs [ICD10 C61]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	Phthalate, Trichlorethen, Cadmium
	<b>0,34 Prostatakrebs (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Non-Hodgkins Lymphoma [ICD10 C82,C83, C85]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	Dioxine/Furane
	<b>0,31 Non-Hodgkins Lymphoma (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Angeborene Anomalien des ZNS [ICD10 Q00-Q07]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	Trichlorethen
	<b>0,5 Angeborene Anomalien des ZNS (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Infektionen der oberen Atemwege [ICD10 J00-J06, J30-J39]	<b>Niederlande (Melse et al., 2000):</b>	PM <sub>0,1</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , Ruß, bodennahes Ozon, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , Nickel, Passivrauchen, Schimmel und Feuchtigkeit in Innenräumen
	<b>0,003 Infektionen der oberen Atemwege (Schweregrad nicht spezifiziert)</b>	
Hautkrebs [ICD10 C43-C44]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>	Arsen
	0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie	
	0,484 Krebs: Metastasen	
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	<b>Melse et al. (2000):</b> 0,06 Hautkrebs	
	<b>Stouthard et al. (1997):</b> 0,01-0,05 Basalzellhautkrebs 0,05-0,10 adenosquamöses Karzinom 0,30-0,40 adenosquamöses Karzinom mit Lymphknotenbefall 0,80-1,00 malignes Melanom (3. Stadium)	

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Blasenkrebs [ICD10 C67, C67.9]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>	Arsen
	0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie	
	0,484 Krebs: Metastasen	
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
Hodenkrebs [ICD10 C62]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>	Cadmium
	0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie	
	0,484 Krebs: Metastasen	
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
Lymphdrüsenkrebs [ICD10 C81-C96] (siehe auch Non-Hodgkins Lymphom)	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>	MDA
	0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie	
	0,484 Krebs: Metastasen	
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
Leukämie [ICD10 C90-C94]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>	Benzol
	0,294 Krebs: Diagnose und primäre Therapie	
	0,484 Krebs: Metastasen	
	0,508 Endstadium: mit Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	
	0,519 Endstadium: ohne Medikamentenbehandlung (auch für Endstadium Nieren- und Leberkrankheit)	

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Diabetes [ICD10 E10-E14]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  0,023 Diabetikerfuß  0,099 Diabetes bedingte Nervenleiden</p> <p><b>Melse et al. (2000):</b>  0,20 Diabetes Mellitus</p> <p><b>Schwarzinger et al. (2003):</b>  Unkomplizierter Diabetes  Alle Länder=0,34; UK=0,40, FR=0,30, NL=0,31, ES=0,31, SW=0,37, Gesundheitsexperten=0,36, Nichtexperten=0,31</p> <p><b>Stouthard et al. (1997):</b>  0,05-0,10 unkomplizierter Diabetes  0,15-0,20 Diabetes mit Nervenleiden  0,20-0,30 Diabetes mit Nierenleiden</p>	PM <sub>2,5</sub>
Arteriosklerose [ICD10 I70, I25]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  0,037 Angina Pectoris: milde Beeinträchtigungen  0,066 Angina Pectoris: moderate Beeinträchtigungen  0,167 Angina Pectoris: schwere Beeinträchtigungen  0,145 Erregungsleitungsstörungen und Herzrhythmusstörungen</p> <p><b>Schwarzinger et al. (2003):</b>  Schwere, stabile Angina  Alle Länder=0,59; UK=0,65, FR=0,58, NL=0,54, ES=0,59, SW=0,56, Gesundheitsexperten=0,56, Nichtexperten=0,56</p> <p><b>Stouthard et al. (1997):</b>  0,11 Milde, stabile Angina  0,50-0,65 Schwere Angina</p>	PM <sub>2,5</sub>
Fortpflanzungsstörungen [ICD10 N46, N97]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  0,019 Impotenz  0,011 Unfruchtbarkeit: primäre  0,006 Unfruchtbarkeit: sekundäre</p>	NO <sub>x</sub> , Phthalate

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Alzheimers [ICD10 G30]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  0,082 Demenz: milde Beeinträchtigungen  0,346 Demenz: moderate Beeinträchtigungen  0,438 Demenz: schwere Beeinträchtigungen</p> <p><b>Stouthard et al. (1997):</b>  <b>0,20-0,30 Milde Demenz</b>  <b>0,50-0,65 Mittelschwere Demenz</b>  <b>0,94 Schwere Demenz</b></p> <p><b>Melse et al. (2000):</b>  0,71 Demenz</p> <p><b>Schwarzinger et al, (2003):</b>  Milde Demenz  Alle Länder=0,46; UK=0,50, FR=0,46, NL=0,46, ES=0,47, SW=0,41, Gesundheitsexperten=0,47, Nichtexperten=0,45</p>	Aluminium
Angstgefühle Verhaltensstörungen [ICD10 F41, F91]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  <b>0,030 Angstgefühle: milde Beeinträchtigungen</b>  <b>0,149 Angstgefühle: moderate Beeinträchtigungen</b>  <b>0,523 Angstgefühle: schwere Beeinträchtigungen</b>  <b>0,236 Verhaltensstörungen</b></p> <p><b>Melse et al. (2000):</b>  0,17 Angststörungen</p> <p><b>Stouthard et al. (1997):</b>  <b>0,15-0,20 Milde bis mittelschwere Angstzustände</b>  <b>0,50-0,65 Schwere Angstzustände</b></p>	Quecksilber
Akute Mittelohrentzündung [ICD10 H65-H67]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012)</b>  <b>0,018 Ohrenscherzen</b></p>	Passivrauchen (SHS)
Augenirritationen [nicht genau genug spezifiziert um ICD10 Klassifikation zu nennen]	<p><b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b>  <b>0,079 Augenverletzungen: kurzfristig</b></p> <p><b>Melse et al. (2000):</b>  0,10 Beeinträchtigung der Sehfähigkeit</p> <p><b>Schwarzinger et al, (2003):</b>  Beeinträchtigung der Sehfähigkeit  Alle Länder=0,17; UK=0,17, FR=0,29, NL=0,13, ES=0,15, SW=0,14, Gesundheitsexperten=0,22, Nichtexperten=0,13</p> <p><b>Stouthard et al. (1997):</b>  <b>0.01-0.05 Milde Sehstörungen</b>  <b>0,43 Schwere Sehstörungen</b></p>	Alkane

Gesundheitsendpunkt	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlicher Einschränkung	Umweltstressor
Hautirritationen [nicht genau genug spezifiziert um ICD10 Klassifikation zu nennen]	<b>Melse et al. (2000):</b> <b>0,07 Atopisches Ekzem / Kontakallergien</b>	Alkane, Nickel
Vergiftung	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b> <b>0,171 Vergiftung: kurzzeitige, mit und ohne Behandlung</b>	Innenraumluftstressoren (Schimmel)
Ertrinken [ICD10 W65]	<b>GBD2010 (Salomon et al., 2012):</b> <b>0,288 Nichtfatales Ertrinken: kurz oder längere Zeit, mit und ohne Behandlung</b>	Klimawandel

## 7. Konzept zur Ermittlung noch fehlender DWs für Deutschland

Die DWs spielen eine kritische Rolle in der Berechnung der Krankheitslast einer Bevölkerung. Sie erlauben die Berücksichtigung nichtfataler Gesundheitszustände proportional zu ihrem Schweregrad. Die Schwierigkeit liegt in der Definition von Schweregrad. Somit hat das Konzept der Gewichtung des Schweregrads einer gesundheitlichen Einschränkung (oder Behinderung) je nach Kontext viele verschiedene Bedeutungen. In der GBD-Literatur, und somit in den folgenden Betrachtungen, wird mit Beeinträchtigung jedoch jeder kurz- oder langfristige Verlust an Gesundheit definiert (Salomon J A, 2010). Es wird hierbei noch einmal darauf hingewiesen, dass mit dieser Definition der **Verlust an Gesundheit** und nicht Wohlbefinden gemeint ist. Für eine ausführlichere Diskussion zu diesem Spannungsfeld wird beispielsweise auf Hausmann (2012) und Harvey und Taylor (2013) verwiesen. Die hier gemessenen DWs werden auf einer kontinuierlichen Skala von 0 bis 1 abgebildet, wobei 0 dem Zustand vollkommener Gesundheit entspricht und 1 den Gesundheitszuständen verliehen wird, die dem Tod äquivalent sind.

### 7.1 Methodische Ansätze:

#### 7.1.1 Time Trade-Off Methode (TTO)

Die TTO-Methode wird in der Gesundheitsökonomie verwendet, um die Lebensqualität bzw. die relative Gewichtung bestimmter Gesundheitszustände zu messen. Die Methode resultiert in einer relativen Ordnung von Gesundheitszuständen, weil der jeweilige Gesundheitszustand im Vergleich zu einem Referenzzustand bewertet wird. Um den relative Gewichtungsfaktor zu bestimmen, wird dem Individuum bei dieser Art der TTO folgende Art von Vergleichen vorgelegt:

*Stellen Sie sich vor, Sie haben noch 10 Jahre zu leben. Sie haben die Wahl, diese 10 Jahre in Ihrem derzeitigen Gesundheitszustand gegen eine geringere Anzahl an Jahren im vollkommener Gesundheit zu verleben. Markieren Sie bitte auf der Linie zwischen 0 und 10 die Anzahl von Jahren in voller Gesundheit, die Sie den 10 Jahren im derzeitigen Gesundheitszustand gleichsetzen.*

Die Zahl an Jahren, die der/die Befragte markiert wird dann durch die 10 Jahre der Referenzkategorie geteilt und von 1 subtrahiert. Das Ergebnis ist das DW. Wenn die markierte



Jahresanzahl zum Beispiel 4 Jahre ist, dann ist der Gewichtungsfaktor  $1-4/10=0.6$ . Wie aus dem Beispiel ersichtlich wird, ist der resultierende Gewichtungsfaktor umso größer, je mehr Jahre der/die Befragte bereit ist aufzugeben, um eine geringere Anzahl von Jahren in voller Gesundheit zu leben.

#### Vorteile der Methode:

- Nicht schwer verständlich, auch für Nichtexpert/-inn/en zugänglich und anwendbar
- Umfrage relativ leicht und kostengünstig zu erstellen
- Antworten repräsentieren individuelle Präferenzen
- Misst kardinale Präferenzen

#### Nachteile der Methode:

- Mögliche Verzerrung aufgrund individueller Zeitpräferenzen
- Mögliche Verwirrung der Befragten von Dauer und Schweregrad der gesundheitlichen Beeinträchtigung

#### Robustheit und Validität der Methode:

Badia et al. (1999) verglichen die TTO-Methode mit der visuellen Analogmethode (VAS, siehe unten) in einer Stichprobe spanischer Probanden (n=294) und unter Verwendung von 43 Gesundheitszuständen anhand der europäischen Umfrage zur Lebensqualität mit 5 Dimensionen (EQ-5D). Das Experiment bietet empirische Unterstützung für die Validität und Verlässlichkeit beider Methoden, wobei die VAS Methode praktikabler und etwas verlässlicher war. Im Gegensatz dazu zeigte die TTO-Methode eine bessere Differenzierung der Gesundheitszustände und größere Validität, wenn diese Differenzierung durch größere Stichproben bestätigt werden sollte.

Eine relativ große bevölkerungsbasierte Studie von Dolan et al. (1996) (n=3395) zeigte eine sehr hohe Konsistenz und damit Verwendbarkeit der Methode in der allgemeinen Bevölkerung. Extreme Gesundheitszustände wurden jedoch nach Alter und Geschlecht unterschiedlich bewertet. Befragte Personen im Alter von 18-59 Jahren und Männer gaben im Schnitt höhere Werte für schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigungen an, als Frauen und Personen älter als 60 Jahre.

Tijhaus et al. (2000) bestätigen die Anwendbarkeit der TTO-Methode in der Bewertung von Gesundheitszuständen von Patient/-inn/en mit Gelenkrheumatismus. Allerdings korrelierten die ermittelten TTO-Werte nur mäßig mit Messwerten zur Lebensqualität, funktionaler Tauglichkeit und Krankheitsstadium, was darauf schließen lässt, dass die TTO-Werte noch weitere Attribute des Gesundheitsstatus messen. Dies könnte Auswirkungen auf die Verwendung der TTO-Methode in klinischen Kontexten und von Patienten mit Gelenkrheuma haben.

Burström et al. (2006) vergleichen individuelle TTO-Werte (von Betroffenen) mit denen, die vom britischen EQ-5D-Fragebogen für eine Stichprobe in Schweden abgeleitet werden können und gesellschaftliche Durchschnittswerte darstellen. Der EQ-5D (European Quality of Life Survey, 5 Dimensions) ist ein standardisiertes Messinstrument für eine große Anzahl an Gesundheitsendpunkten. Er ist leicht auszufüllen und wird in der Regel per Post verschickt. In der Studie wurde herausgefunden, dass die individuelle TTO systematisch von den EQ-5D-Werten abweicht. Die Abweichungen waren am größten für die sehr schwerwiegenden Gesundheitszustände. Darüber hinaus bietet die Studie aber einen An-

satz und erste empirische Schätzungen für die funktionale Form, die es erlaubt, TTO-Werte in EQ-5D-Werte zu konvertieren.

Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass die TTO-Methode in der Praxis, insbesondere für Bevölkerungsbefragungen, anwendbar ist. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Stichprobenanzahl hoch genug ist, um eventuelle Differenzen nach Altersgruppe und Geschlecht zu erkennen.

### 7.1.2 Person Trade-Off Methode (PTO)

Die PTO-Methode wurde entwickelt, um den gesellschaftlichen Wert verschiedener Gesundheitszustände und -maßnahmen zu ermitteln. Ähnlich der TTO-Methode werden dem/der Befragten zwei verschiedene Alternativen vorgelegt, deren Äquivalenz durch eine Variable gesteuert wird. Im Unterschied zum TTO-Ansatz handelt es sich aber einerseits nicht um ein Individuum, das zwei unterschiedlichen Gesundheitszuständen gegenübersteht und deren Äquivalenz über die verbleibende Lebenszeit ausdrückt, sondern um eine gesellschaftliche Gewichtung zweier Personengruppen, die jeweils von einer Gesundheitsbeeinträchtigung betroffen sind. Hier ist der steuerbare Parameter die Anzahl der betroffenen Personen in einer Gruppe relativ zur fixen Anzahl in der anderen.

Die Umfrageteilnehmer/-innen werden aufgefordert die Anzahl an Personen anzugeben, die mit dem Gesundheitszustand leben und deren gesellschaftlicher Wert äquivalent ist zu dem der zweiten Gruppe Betroffener. In einer dänischen Studie<sup>50</sup> wurden die Teilnehmer beispielsweise gefragt, die Variable X so zu wählen, dass sie die beiden beschriebenen Szenarien als gleichwertig betrachten:

Bei einer Variante der PTO stehen zwei Behandlungen A und B zur Auswahl aber nur eine von beiden kann implementiert werden. Behandlung B würde auf 10 Patien/-inn/en angewandt werden, welche an einer lebensbedrohlichen Krankheit leiden, die, wenn nicht behandelt, zum unmittelbaren Tod aller 10 Patien/-inn/en führen würde. Wenn sie behandelt werden, würden sie vollkommen gesund werden. Die Behandlung A könnte auf X Personen mit einer nicht lebensbedrohlichen Krankheit angewandt werden. Wenn diese nicht behandelt würden, würden sie wahrscheinlich den Rest ihres Lebens mit der Krankheit verbringen. Wenn sie behandelt werden würden, dann würden sie wieder vollkommen gesund werden. Wie groß ist die Anzahl der Personen, X, damit die Behandlungen A und B als gleichwertig eingestuft werden.

Die Methode wurde erstmalig von Patrick, Bush und Chen in 1973 verwendet. Der Name ‚Person Trade-Off‘ wurde ihr von Nord (1992) gegeben.

#### Vorteile der Methode:

- Relativ leicht verständlich, auch für Nichtexpert/-inn/en zugänglich.
- Antworten repräsentieren gesellschaftliche Präferenzen.
- Misst grundlegende Präferenzen.

#### Nachteile der Methode:

---

<sup>50</sup> Wittrup-Jensen K.U., Pedersen K.M. (2008). An Empirical Assessment of the Person Trade-Off: Valuation of Health, Framing Effects, and Estimation of Weights for Fairness. Health Economics Papers 2008:9, University of Southern Denmark.

- Mögliche Verzerrung aufgrund individueller Zeitpräferenzen.
- Umfrage verlangt relativ große Stichproben.

#### Robustheit und Validität der Methode:

Wenn es darum geht, gesellschaftliche Präferenzen für Gesundheitszustände zu ermitteln, wird oftmals die PTO-Methode verwendet. Durch ihren Ansatz bietet sie implizite Vorteile gegenüber individuellen Wertungsansätzen wie der TTO und der Standard Gamble (SG) Methoden. Dolan et al. (1998) vergleichen die PTO-Methode für individuelle (Proband/-inn/en bewertet Gesundheitszustände für sich selbst) und gesellschaftliche (Proband/-in bewertet Gesundheitszustände für andere Personen) Bewertungen von Gesundheitszuständen und finden empirische Beweise für systematische Differenzen, die sich insbesondere in der qualitativen Bewertung des hypothetischen „Gewinns“ an Gesundheit bemerkbar machen.

Nord (1994) analysiert die Ergebnisse einer Reihe von PTO-Studien und schlussfolgert, dass die PTO-Methode zwar theoretisch interessant für die Allokation von Ressourcen im Gesundheitswesen ist, ihre rigorose Anwendung in der Praxis aber sehr aufwendig ist. Um ungewollte Schwankungen in den Messwerten auszuschließen, muss die Stichprobe vergleichsweise groß sein. Vorsicht ist ebenfalls in der Spezifizierung der Auswahl der Vergleichszustände sowie den numerischen Startpunkten für die Ermittlung der Ambivalenzen geboten. Um Verzerrungen zu vermeiden, sollten die Befragten durch eine mehrstufige Bewertungsprozedur geführt werden, in der sie sorgfältig an die zu tätigen Vergleiche herangeführt und ihrer Folgen bewusst gemacht werden. In der Kommunikation der Ergebnisse ist es darüber hinaus wichtig, den Entscheidungskontext klar darzulegen.

In einer kleinen Pilotstudie, die 30 Studierende der Wirtschaftswissenschaften umfasst, ermittelte Pinto Prades (1997) dass die PTO-Methode größere Validität hat als die VAS- und SG-Methoden in Bezug auf die Ableitung direkter Präferenzen unter den bewerteten Gesundheitszuständen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die PTO-Methode ihre Befürworter/-innen als auch ihre Kritiker/-innen in der Ermittlung sozialer Präferenzen für Allokationsentscheidungen im Gesundheitswesen hat. Die Hauptkritik liegt hierbei in dem Infragestellen der Rechtsgrundlage für die Verwendung subjektiver Bewertungen der Befragten in einem so wichtigen Punkt wie der Allokation von Gesundheitsmitteln für andere (die Betroffenen). Darüber hinaus erweist sich die praktische Anwendung der PTO-Methode als komplizierter und aufwendiger als es der Fall für die TTO- und VAS-Methode ist. Die PTO-Methode sollte daher nur in begründeten Fällen verwendet werden.

### **7.1.3 Standard Gamble Methode (SG)**

Die SG-Methode trägt dem Umstand Rechnung, dass Gesundheitsbewertungen nicht frei von Unsicherheiten sind. Gesundheitszustände können sich im Lauf der Zeit ändern und volle Gesundheit über einen bestimmten Zeitabschnitt hinweg - wie in der TTO-Methode - kann in der Regel nicht garantiert werden.

Daher wird in der SG-Methode dem/der Befragten eine Alternative zwischen einer festgarantierten und einer unsicheren Gesundheitsprognose gegeben:

A: eine garantierte Anzahl an Lebensjahren mit chronischer Krankheit A

B: mit Wahrscheinlichkeit  $p$  der unmittelbare Tod und mit Wahrscheinlichkeit  $(1-p)$  die vollkommene Heilung

Die relative Gewichtung wird über den Wahrscheinlichkeitsparameter  $p$  gemessen.

#### Vorteile der Methode:

- Misst kardinale Präferenzen.
- Widerspiegelt Unsicherheit in der Entscheidung darüber, welche Gesundheitszustände in der Zukunft erlebt werden.

#### Nachteile der Methode:

- Ist insbesondere Nichtexpert/-inn/en schwerer zu erklären als TTO und PTO.
- Setzt Kenntnisse zum und Erfahrung im Umgang mit dem Konzept der Wahrscheinlichkeit voraus.
- Teilnehmer/-innen sind unterschiedlich risikoadvers, was zu unterschiedlichen Ausgangswerten für den Parameter ‚ $p$ ‘ führen kann.

#### Robustheit und Validität der Methode:

Ökonom/-inn/en bevorzugen in der Bewertung von Gesundheitszuständen oftmals auswahlbasierte Verfahren, das heißt Methoden, in denen die Probanden/Teilnehmer/-innen mehrere Alternativen miteinander vergleichen können. Das trifft zu für die SG-, TTO- und PTO-Methoden und nicht für die auswahllosen Verfahren wie der VAS (Bleichrodt, 2002) zu. Dies ist daher als ein Vorteil der SG-Methode zu werten. Die Besonderheit der SG-Methode liegt in der konzeptionellen Ausrichtung als Messinstrument zur Risikobewertung, während TTO-, PTO- und VAS-Bewertungsverfahren keine Risikobetrachtung beinhalten. Empirische Studien belegen, dass SG- systematisch von TTO-Ergebnissen abweichen (Read et al., 1984; Hornberger et al., 1992; Stiggelbout et al., 1994; Bleichrodt et al., 1997). Bleichrodt (2002) beschreibt als Gründe dafür unterschiedliche Verzerrungsmuster in den SG- und TTO-Methoden, welche die SG-Gewichte generell nach unten verschieben.

Stiggelbout et al. (1994) zeigen, dass die systematisch angelegte SG-Methode statistisch signifikant zu höheren Werten bei asymptomatischen Krebspatienten/-inn/en führt als die TTO-Methode. Dies wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass die Risikoverversion von Krebspatienten/-inn/en tendenziell höher ist als bei Personen, die keine schwerwiegenden Behandlungen wie Strahlen- oder Chemotherapie erdulden mussten. Dies hat jedoch Auswirkungen auf die Verwendung der SG-Methode.

Gafni (1994) diskutiert die Probleme, die aus der fehlerhaften Interpretation der SG-Werte resultieren. Diese betreffen einerseits die fehlende Berücksichtigung der Zeitdimension, welche untrennbar mit der Entscheidungsfindung des/der Befragten verbunden ist sowie andererseits die additive Bewertung von Gesundheitsbeeinträchtigungen, wenn eine solche Additivität in der Realität nicht vorliegt. Die SG-Methode eignet sich daher besser für die Messung von Äquivalenten für gesunde Lebensjahre (healthy years equivalents, HYE). Dadurch lässt sich schlussfolgern, dass die SG-Methode aufgrund ihrer Anforderungen an das Wissen der Befragten in Bezug auf Wahrscheinlichkeitskonzepte und die mögliche Fehlinterpretation der Ergebnisse nur begrenzt einsetzbar ist.

## 7.1.4 Rating Scale / Visual Analog Scale Methode (VAS)

Die VAS-Methode wurde in der Psychometrie entwickelt und wird oft in psychometrischen Fragebögen als Messinstrument für subjektive Charakteristiken bzw. Meinungshaltungen, die nicht leicht auf andere Art und Weise gemessen werden können, verwendet. Für die Bestimmung von DWs mit Hilfe der VAS-Methode, werden die Teilnehmer gefragt, ihre persönliche Rangordnung verschiedener Gesundheitszustände zu benennen und auf dem Zahlenstrahl zwischen 0 (geringste Beeinträchtigung) und 1 (stärkste Beeinträchtigung) abzubilden. Aufgrund der kontinuierlichen Abbildung unterscheidet sich die VAS-Methode dadurch von diskreten Skalen wie der 5- oder 7-stufigen Likert Skala.

### Vorteile der Methode:

- Leicht zu erklären und durchzuführen.

### Nachteile der Methode:

- Die ordinale Rangordnung, die daraus resultiert, kann für Gesundheitszustände problematisch werden, die als nahezu gleich eingestuft wurden.
- Die Befragten tendieren dazu, die gesamte Breite der Skala auszunutzen, auch wenn die Extremzustände „vollständige Gesundheit“ und „Tod“ nicht zur Auswahl stehen sollten. Dadurch ist es notwendig, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Referenzpunkte (Anker) zu geben, die zu ihrer Orientierung dienen sollen.

### Robustheit und Validität der Methode:

Allgemein kann der vorhandenen Literatur entnommen werden, dass die VAS als eine akzeptierte und robuste Methode zur Bestimmung der Rangordnung (und kardinalen Gewichte) von Gesundheitszuständen gilt. Sie ist darüber hinaus leicht zu erklären und vergleichsweise leicht zu implementieren - z. B. in direkten Befragungen oder Internetumfragen. Im Vergleich zur TTO- und PTO-Methode benötigt die Durchführung einer VAS-Befragung weniger Zeit pro Proband/-inn/en. De Boer et al. (2004) bewerten die VAS-Methode als Instrument mit hoher Validität und exzellenter Verlässlichkeit im Vergleich zu komplizierteren Fragebögen mit multiplen Vergleichen. Sie empfehlen daher die Verwendung der Methode in der Messung von Lebensqualität.

Ebenfalls gute Charakteristiken werden der VAS Methode von Bijur et al. (2001) bescheinigt. Sie testeten die VAS-Methode für die Messung akuter Schmerzen in zwei Notaufnahmen und finden hohe Intra-Klassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) von 0,97. Über 90% der Messungen lagen innerhalb von 9 mm oder geringerer Intervalllänge. Die Übereinstimmung war größer für extrem hohe und sehr geringe Schmerzen als für moderate Schmerzen. Ebenfalls im Kontext der Schmerzmessung verglichen Boonstra et al. (2008) die Verlässlichkeit und Validität der VAS-Methode. Die Stichprobengrößen waren klein bis moderat (in der Studie zur Verlässlichkeit 53 bzw. zur Validität 344 Proband/-inn/en) und die resultierenden Korrelationskoeffizienten waren moderat bis gut (Verlässlichkeit: 0,60-0,77 und für Validität: 0,16-0,51). Die Autoren schlussfolgern, dass die VAS-Methode zwar verlässlich aber weniger vergleichbar mit anderen Bewertungsmethoden ist. Williamson et al. (2005) verglichen die VAS-Methode mit zwei weiteren Ratingskalen für die Schmerzmessung - der Numerical Rating Scale (NRS) und der Verbal Rating Scale (VRS) - und bestätigen ebenfalls die Tauglichkeit der Methode in der klinischen Schmerzmessung. Alle drei Skalen wurden als valide, verlässlich und angemessen eingestuft aber die NRS und VRS sind leichter in der Praxis einzusetzen als die VAS.

Badia et al. (1999) verglichen VAS mit TTO in einer Stichprobe spanischer Probanden und beurteilten die VAS-Methode als geringfügig praktikabler und verlässlicher als die TTO-Methode. Im Gegensatz dazu, hat die TTO-Methode die Gesundheitszustände besser differenziert als die VAS-Methode.

### 7.1.5 Weitere Methoden / Pairwise Comparison

Die vorgenannten Methoden repräsentieren die am häufigsten verwendeten Ansätze, um Gesundheitszustände bzw. Beeinträchtigungen hinsichtlich ihres Gewichtungsfaktors für den Schweregrad der gesundheitlichen Einschränkung zu bewerten. Es gibt darüber hinaus aber noch weiteren Verfahren, einschließlich spezifischer Weiterentwicklungen dieser vier Kernvarianten aber auch neue, statistische Methoden für die Bestimmung dieses Gewichtungsfaktors bzw. für die Transformation ordinaler Rangordnungen in kontinuierliche Wertassoziationen. So verwenden Salomon et al. in der GBD2010 beispielsweise eine Kombination von paarweisen Vergleichen und bevölkerungsbezogenen Äquivalenzfragen. In den paarweisen Vergleichen wurden den Befragten eine Serie von Vergleichen von jeweils zwei Personen mit zufällig ausgewählten, hypothetischen Gesundheitszuständen vorgelegt, in denen die Befragten wählen mussten, welche der zwei Personen sie als gesünder einschätzten. In den Äquivalenzfragen ging es darum, den Wert verschiedener lebensrettender bzw. präventionsorientierter Gesundheitsprogramme zu bewerten. Diese Fragen wurden nur in der Internetumfrage verwendet und dienten unter anderem dazu, die aus den paarweisen Vergleichen stammenden Antwortverteilungen mit Hilfe von probit<sup>51</sup> und linearen Regressionsmethoden auf der Intervallskala von 0 bis 1 zu verankern (Salomon J A, (2010).

Dieser Ansatz erlaubte es den Autoren der GBD2010, Haushaltumfragen sowie eine Internetumfrage in mehreren Ländern zu kombinieren mit entsprechend erhöhter Stichprobenzahl. Die dadurch gesammelten Datenmengen erlaubten die Messung der Vergleichbarkeit und Validität der erhobenen DWs im weltweit bisher größten Ausmaß.

### 7.1.6 Rechtliche Aspekte

Die Verwendung der PTO-Methode ist aus rechtlicher Sicht bedenklich, da hier methodisch eine Befragungsmethode zugrundegelegt wird, die die Befragten zum Teil in eine ethische Dilemma-Situation zur Entscheidung über Menschenleben versetzt. Der Gesetzgeber erhält dadurch ethisch vorbelastete Gewichtungsfaktoren, die seiner eigenen "Wert"-Entscheidung zugrundegelegt werden, ohne dass er sich darüber im Klaren ist. Aber selbst wenn der Gesetzgeber über diese Werthaltigkeit der Gewichtungsfaktoren informiert würde, stellt sich die Frage, wie er mit der subjektiven Bewertung umgehen soll und inwiefern sie in die gesetzliche Entscheidungsfindung einfließen können. Das maßgebliche rechtliche Problem ist die Vorbestimmung der Wichtigkeit bestimmter Krankheitszustände oder Krankheiten durch die Wahl der Methode. Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der gesundheitlichen Einschränkung können je nach Erhebungsmethode gravierend unterschiedlich ausfallen. D.h. je nachdem welche Methode gewählt wird, wird eventuell schon kraft der Überzeugungskraft von Zahlen im methodischen

---

<sup>51</sup> Das probit Modell ist ähnlich dem logistischen (logit) Modell ein statistisches Regressionsverfahren für generalisierte lineare Modelle. Anstelle der logistischen Funktion wird jedoch die Normalverteilung verwendet.

Vorfeld die eigentliche politische Entscheidung gefällt. Es darf nicht zu einer Wegverlagerung der Entscheidung vom Gesetzgeber auf die Sachverständigen durch die Wahl der Methode der Datenerhebung kommen. Die Daten sollen die Entscheidung erst ermöglichen, sie aber nicht vorwegnehmen.

Ob zudem der Ansatz über die Indifferenz zwischen zwei Wertzuständen zu entscheiden, tatsächlich tragfähig ist, um eine Bewertung zu stützen, die erhebliche Konsequenzen für bestimmte Bevölkerungsgruppen haben kann, ist sehr zweifelhaft. Rein juristisch betrachtet, ist diese Grundlage der PTO-Methode bedenklich, da der demokratische Entscheider Wertentscheidungen als "rational erhobene" Wertentscheidungen erhält, die nicht wertneutral sind. Die Bewertung von Gesundheitszuständen ist noch nicht abschließend untersucht worden, inwiefern sie (un-)abhängig von sozioökonomischen und - kulturellen Charakteristiken der jeweiligen Gesellschaft ist. Die Bewertung von Gesundheitszuständen ist damit eine komplexere Angelegenheit, die mit der „ökonomischen Rationalität“, auf der die PTO-Methode ideenhistorisch basiert, nicht unangemessen reduziert werden sollte. Es ist auch keine Irrationalität, sondern vielmehr eine um Aspekte der Kultur und Gesellschaft komplexere Rationalität. Gerade deshalb ist die Übertragung von DWs anderer Länder auf Deutschland nicht nur eine Frage der Vergleichbarkeit des Krankengutes bzw. der Gesundheitsstrukturen in diesen Ländern. Unbedenklicher wäre daher die Erhebung von DWs, die lediglich eine Bewertung des Gesundheitszustandes in Form offenkundig subjektiver Bewertung durchführen, wie z.B. im Fall der VAS.

### **7.1.7 Auswahl des Umfragepanels**

In Zusammenhang mit der Methodenwahl zur Bestimmung der DWs muss auch eine Entscheidung getroffen werden, wer befragt werden soll. Generell wird zwischen vier Personengruppen unterschieden:

- Gesundheitsexpertinnen und -experten, Mediziner/-innen, z.B. medizinisches und pflegerisches Personal, Gesundheitsökonominnen und -ökonominnen, Gesundheitsethiker/-innen,
- Betroffene, also Patien/-inn/en (u.U. auch Minderjährige),
- Pflegende Familienangehörige und Pflegepersonal,
- Öffentlichkeit, d.h., eine Auswahl von Personen im Alter von mindestens 18 Jahren.

Die Argumente für und wider diese Gruppen beziehen sich sowohl auf wissenschaftliche Forschungsergebnisse hinsichtlich der Validität und Genauigkeit der resultierenden Gewichtungsfaktoren als auch auf pragmatische Aspekte wie Zugang und Kosten. In vergangenen GBD-Berechnungen wurden in der Regel Vertreter der ersten Gruppe befragt, da vorausgesetzt werden konnte, dass sie mit allen beschriebenen Gesundheitszuständen vertraut waren und angemessene, vergleichbare Bewertungsurteile fällen konnten.

Die Befragung von Patien/-inn/en (Betroffenen) hat demgegenüber den Vorteil, dass sie sich in ihrer Einschätzung auf ihre direkten Erfahrungen im täglichen Leben und Umgang mit der Gesundheitsbeeinträchtigung berufen können. Allerdings fehlt ihnen in den meisten Fällen das Wissen darüber, welche Einschränkungen aus anderen Gesundheitszuständen resultieren. Somit liegt in diesem Fall eine asymmetrische Informationsbasis vor, welche die Bewertungsmethode berücksichtigen muss. Einige in der Forschung tätige Personen haben darüber hinaus empirische Studien durchgeführt, die zeigen, dass Pati-

ent/-inn/en mit chronischen Gesundheitsproblemen über die Zeit hinweg Anpassungsmechanismen entwickeln, die es ihnen erlauben, ihren Funktionsverlust zu akzeptieren und zu kompensieren. Dieser Prozess führt dann zu einer relativen Unterschätzung des Gewichtungsfaktors für diese chronischen Gesundheitszustände. Die Einbeziehung des unmittelbaren Familien- und Freundeskreises führt zu den gleichen Problemen, während die Befragung von Kindern und Patient/-inn/en mit geistigen Beeinträchtigungen darüber hinaus besondere Anforderungen an die Verständlichkeit der Methodik stellt.

Zuspruch für die Befragung breiter Bevölkerungsgruppen beruht auf dem Argument, dass in einer demokratischen Gesellschaft die Meinungen aller Beteiligten in wichtigen gesundheitspolitischen Entscheidungen berücksichtigt werden sollten.

Unabhängig davon, welche Personengruppen zur Ermittlung der DWs involviert werden, sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden, um die allgemeine Akzeptanz und Validität der Ergebnisse zu stärken:

- Verringerung von Zugangsbarrieren, welche sich insbesondere auf die Befragung von Patient/-inn/en (einschließlich ihrer Angehörigen) und der allgemeinen Öffentlichkeit beziehen aber auch für die Auswahl von Gesundheitsexpert/-inn/en wichtig sind (z. B. Mischung von Akademiker/-innen, Praxisärzten und -ärztinnen, medizinischen Personal in ländlichen Räumen).
- Berücksichtigung des Technisierungsgrads im Sprachgebrauch als auch der fehlenden Wertneutralität einiger technischer Begriffe. Ersteres ist von großer Bedeutung, wenn Patient/-inn/en und die allgemeine Öffentlichkeit befragt werden. Letzteres trifft insbesondere auf die Befragung von Patient/-inn/en zu. So sollte beispielsweise der Begriff Behinderungsgewicht durch den Begriff Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkung ersetzt werden sowie andere nicht wertneutrale Termini vermieden werden.
- Förderung von Transparenz, Verständnis und Informationsvermittlung zur EBD-Methode allgemein und zur Berechnung der DWs im Besonderen, z.B. durch Einbeziehung von Verbänden und Interessensgruppen.

### **7.1.8 Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit von DWs**

Wie bereits im vorhergehenden Kapitel (und Arbeitspaket) diskutiert, ist bei der Berechnung der DWs zu berücksichtigen, inwiefern die Methode, die Auswahl der Befragten, die Stichprobenanzahl, die Entwicklung des Befragungsinstruments und die statistischen Analysetechniken die Repräsentativität der Ergebnisse beeinflussen. Die Universalität und Übertragbarkeit der Gewichtungsfaktoren ist Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten, einschließlich der GBD2010. Genereller Kritikpunkt ist die Rolle kontextueller und umweltspezifischer Faktoren. Soziale, kulturelle und ökonomische Umstände können zu beträchtlicher Variabilität in den Gewichtungsfaktoren führen, was ihre Universalität und Übertragbarkeit in Frage stellt. Die Problematik beginnt bereits mit der Formulierung der Beschreibungen der Gesundheitszustände. Bestimmte Worte tragen unterschiedliche kulturelle Bedeutungen, Stigmata und Konsequenzen in sich. Wenn Befragungsinstrumente in verschiedene Sprachen übersetzt werden, sollten hier besonders intensive Tests durchgeführt werden, um ihre Validität zu überprüfen.

Die Rolle kontextueller Faktoren ist einer der Hauptgründe dafür, dass die GDB den Verlust von Gesundheit misst anstatt des Verlusts von Wohlbefinden. Letzteres ist stärker durch sozioökonomische Faktoren modifizierbar (z.B. Einkommen, Gesundheitssystem,



Unterstützung im Familien- und Freundeskreis, kulturelles Stigma) als der Gesundheitszustand per se. Trotzdem verbleiben hier eine Reihe von offenen Fragen und weiterer Forschungsbedarf.

### **7.1.9 Konzept für die Ermittlung fehlender DWs in Deutschland**

Die in den Kapiteln 7.1.1 bis 7.1.8 zusammengetragenen Informationen erlauben nun die Entwicklung eines Ansatzes für die Ermittlung von DWs für Deutschland. Im Rahmen dieses Projektes können nur generelle Richtungsweisungen gegeben werden. Genaue Abschätzungen zu Kosten, Stichprobenanzahl, etc. liegen außerhalb des Projektrahmens, können aber in weiterer Arbeit an den entsprechenden Schnittstellen hinzugefügt werden. Dazu wird noch einmal festgehalten, dass ein solches Konzept mindestens die folgenden Charakteristiken haben sollte:

- Vollständige Transparenz und leichte Kommunizierbarkeit der Methode, Analyse und Ergebnisse im Rahmen existierender Gesetze zum Datenschutz und der Anwendung bester Praktiken in der wissenschaftlichen Forschung.
- Einbeziehung möglichst breiter Kreise der deutschen Bevölkerung im Sinne der demokratischen Entscheidungsfindung aber im Einklang mit der Zweckhaftigkeit der Befragung, nämlich der Bestimmung verlässlicher und valider DWs.
- Bewiesene Robustheit und Validität der angewandten Methode im Vergleich zu alternativen Methoden.
- Rechtliche und ethische Akzeptanz.
- Kosteneffizienz und Einfachheit der Umsetzung.
- Möglichkeit der wiederholten und erweiterten Durchführung, d.h. das Konzept sollte nicht nur beschränkt auf eine Gruppe von Gesundheitsbeeinträchtigungen oder Bevölkerungsgruppen anwendbar sein.
- Mögliche Vergleichbarkeit des Konzepts und seiner Ergebnisse mit anderen BoD- bzw. EBD-Studien, insbesondere in Europe.

Die genannten Charakteristiken sind nicht alle voneinander unabhängig, beispielsweise engt der Vergleichbarkeitsanspruch die zur Auswahl stehenden Methoden ebenso ein, wie der Anspruch auf Kosteneffizienz und der Wunsch ein breites Spektrum der deutschen Bevölkerung in das Projekt einzubeziehen.

In der folgenden Tabelle in Matrixform (Tabelle 7-I) werden die Charakteristiken der in Kapiteln 7.1.1 bis 7.1.4 diskutierten Methoden gegenübergestellt. Sie können als Entscheidungskriterien dienen. Mit einem bis zu drei Häkchen ist das Ausmaß markiert, mit dem die Charakteristiken durch die Methode erfüllt werden, wobei mehr Häkchen eine stärkere Erfüllung des Kriteriums signalisieren. Am Ende der Tabelle befinden sich zwei zusätzliche Zeilen. Die erste erfasst, ob es sich bei der Methode um die Bestimmung sozialer oder individueller Gewichtungen handelt und die zweite repräsentiert die Summe aller Häkchen, welches zu einer Rangordnung der jeweiligen Methoden führt.

Tabelle 7-1: Übersicht der Kriterien zur Auswahl der Methodik für die Berechnung von DWs

Kriterien	PTO	TTO	SG	VAS
Transparenz und Kommunizierbarkeit	✓ (oft nur unter Gesundheitsexpert/-inn/en)	✓✓	✓	✓✓✓
Breite Repräsentanz der Bevölkerung	✓✓ (oft nur Gesundheitsexperten)	✓✓ (oft unter Betroffenen durchgeführt)	✓ (Wahrscheinlichkeitskonzept Umfrageteilnehmern schwer zu vermitteln, siehe 7.1.3)	✓✓✓
Validität	✓✓	✓✓	✓	✓✓
Verlässlichkeit	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
Rechtliche und ethische Unbedenklichkeit	✓	✓✓	✓	✓✓
Kosteneffizienz Implementierbarkeit	✓ ✓✓ (direkte Personenbefragungen, Internetumfragen, nur begrenzt in Telefonumfragen)	✓ ✓✓ (direkte Personenbefragungen, Internetumfragen, nur begrenzt in Telefonumfragen)	✓ ✓✓ (direkte Personenbefragungen, Internetumfragen, nur begrenzt in Telefonumfragen)	✓✓✓ ✓ (direkte Personenbefragungen, Internetumfragen)
Wiederholbarkeit und Ausdehnung auf andere Gesundheitszustände	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Vergleichbarkeit mit europäischen Studien	✓✓ (Niederländische BoD-Studie, ältere GBD-Studien)	✓ (die meisten Studien verwenden GBD-Gewichtungsfaktoren oder Variationen davon)	✓ (die meisten Studien verwenden GBD-Gewichtungsfaktoren oder Variationen davon)	✓ (die meisten Studien verwenden GBD-Gewichtungsfaktoren oder Variationen davon)
Soziale versus individuelle Bewertung	soziale	individuelle	individuelle	individuelle
Punkte	17 <sup>52</sup>	18	13	21

Anhand der Tabelle läßt sich ableiten, dass die VAS-Methode gefolgt von der TTO- und der PTO- Methode anhand der hier exemplarisch aufgeführten Kriterien wahrscheinlich am besten für eine Anwendung in Deutschland geeignet sind. Diese Rangordnung ist allerdings nur eine erste Hilfe in der Entscheidungsfindung und weitere Überlegungen und Informationen werden benötigt, wie beispielsweise:

- Kosten- und Zeitbudget für die Entwicklung des Frageinstruments und der Datensammlung und -analyse.

<sup>52</sup> 17 von 27 möglichen Punkten.

- Relative Gewichtung der einzelnen Kriterien in der Entscheidungsfindung. Zum Beispiel kann die Entscheidung für Validität und Verlässlichkeit mehr Gewicht erhalten als das Kriterium der Vergleichbarkeit mit anderen europäischen Studien.
- Gesetzliche Aspekte, welche die Verwendung der Methoden einschränken können.
- Ziel der Miteinbeziehung besonderer Bevölkerungsgruppen (z.B. Familienangehörige von Patien/-inn/en, Kinder, Senior/-inn/en, sozialschwache Gruppen, Migrant/-inn/en).

Nach der Auswahl einer Methode, können dann die nächsten Schritte der Implementierung umgesetzt werden. Auch wenn im Detail Abweichungen möglich sind, schließt dies die folgenden wesentlichen Schritte ein:

- Bestimmung des Stichprobenrahmes (Adressdatenbanken, Melderegister, Expertenkreise, etc.)
- Bestimmung der Stichprobengröße für die statistische Analyse
  - Powerüberlegungen, Schätzung der Rücklaufquote
  - Welche Stratifizierungen sollen möglich sein und mit welcher statistischen Power
  - Budgetkalkulation
- Auswahl der Firma/Instituts zur Entwicklung des Befragung und ihrer Durchführung
  - Budgetkalkulation
  - Expertise
  - Zeitrahmen und Personalkapazitäten
  - Datenschutz und Datenübertragung
- Entwicklung des Instruments/der Instrumente für die Sammlung der Daten
  - Medium: direkte Personenbefragung, Internetumfrage, Telefonumfrage, etc.
  - Pilottest Befragungsinstrument
    - Testen des Befragungsinstruments
    - Überarbeitung des Pilotbefragungsinstruments und erneutes Testen (bis endgültige Version existiert)
  - Übersetzen des Instruments in relevante Sprachen, falls notwendig
    - Testen desselben (bis endgültige Version existiert)
- Durchführung der Befragung
  - Laufende Analyse um eventuelle schwerwiegende Probleme zu diagnostizieren
  - Maximierung der Rücklaufquote
- Analyse der Ergebnisse
  - Interne Analyse

- Veröffentlichung
- Nutzung der Ergebnisse für die EBD

Erfahrungen mit globalen, regionalen und nationalen Studien zeigen, dass die Bestimmung der DWs ein wesentlicher Teil der BoD- und EBD-Studien ist, sowohl in Bezug auf die Kosten als auch die Zeitintensität. Es sollten daher entsprechende Planungshorizonte und auch Raum für Korrekturen in der Vorgehensweise geschaffen werden.

## **8. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse**

Der hier vorliegende Abschlußbericht befaßt sich mit einem aktuellen Thema der angewandten Gesundheitsforschung: der Identifikation relevanter, umweltbedingter Stressoren im Rahmen der quantitativen Messung des Gesundheitszustandes einer Bevölkerung. Er beschreibt die methodische Vorgehensweise sowie die in jedem Arbeitsschritt erzielten Ergebnisse, einschließlich der ausführlichen Literaturrecherche zur WHO EBD-Methode, der Erstellung einer Rangliste relevanter Umweltstressoren und ihrer Gesundheitsendpunkte und der Entwicklung eines ersten konzeptionellen Ansatzes zur Berechnung fehlender DWs.

### **8.1 Methodische Erkenntnisse und Fortschritte**

Die Projektarbeit erzielte eine Reihe methodischer Erkenntnisse, die insbesondere von einer systematischen Zusammenstellung der wissenschaftlichen, rechtlichen und ethischen Stärken und Schwächen der WHO EBD-Methode profitierten. Die Literaturrecherche, die zu diesem Zweck durchgeführt wurde, umfasste mehrere Hundert wissenschaftliche Artikel, hauptsächlich wissenschaftlichen Veröffentlichungen aber in Einzelfällen auch graue Literatur. Während die methodische Herangehensweise zur Berechnung der EBD in der Literatur klar beschrieben ist und ihre Stärken und Schwächen breitgefächert diskutiert wurden, besteht zu diesem Zeitpunkt noch deutlicher Mangel in der Bewertung der rechtlichen Annahmen und Implikationen der EBD-Methode. Nur ein Bruchteil der identifizierten und untersuchten Literatur beschäftigt sich explizit mit Schnittstellen wie beispielsweise dem rechtlichen Schutz körperlich und geistig beeinträchtigter Personen, dem Datenschutz sowie Fragen der rechtlichen Fairness und Transparenz in der Nutzung von EBD-Berechnungen in der Gesundheitspolitik und Ressourcenallokation. Ethische Spannungsfelder wurden in etwas stärkerem Maße in der Literatur aufgegriffen, wenn auch weniger im länderspezifischen Kontext als durch Ableitung der ethischen Implikationen einzelner EBD-Berechnungsschritte. Beispielhaft sei hier die Verwendung unterschiedlicher Diskontierungsraten, Altersgewichtungen und Standardlebenserwartungen genannt. Die GBD2010 antwortete auf diese Kritiken generell mit dem Verzicht auf diese vorher aus ökonomischer Sicht gerechtfertigten, Berechnungsschritte bzw. Parameter. Dennoch kann die tabellarische Zusammenfassung der wissenschaftlichen, rechtlichen und ethischen Stärken und Grenzen der WHO EBD-Methode als ein wichtiger Beitrag des Projekts zur Debatte um die Nutzung aggregierter Gesundheitskennzahlen in der Gesundheitspolitik und Ressourcenallokation angesehen werden.

Das Kernthema des Projekts befasste sich mit der Erstellung einer Rangliste wichtiger Umweltstressoren und den assoziierten Gesundheitsendpunkte. Eine umfangreiche Tabelle (siehe Appendix 4) wurde entwickelt, welche die wichtigsten medizinischen Erkenntnisse zu mehr als 25 Stressoren und mehr als 40 Gesundheitsendpunkten effektiv zusam-

menträgt. Die hierzu durchgeführten Forschungsarbeiten verdeutlichten darüberhinaus wie wichtig eine multidimensionale Perspektive in der Priorisierung umweltbedingter Krankheiten und Stressoren ist. Neben den wichtigen Aspekten Inzidenz, Prävalenz und Schweregrad der gesundheitlichen Beeinträchtigung brachte das Projekt auch Dimensionen wie das Vorhandensein einer klaren empirischen Beweislast zwischen Stressor und Gesundheitseffekt, die derzeit mit medizinischen Mitteln erreichbaren Heilungschancen, das aus der Eliminierung des Stressors resultierende Reduktionspotenzial sowie die allgemeine Wahrnehmung des mit dem Stressor assoziierten Gesundheitsrisikos zum Tragen. Die darauf aufbauende Rangordnung der identifizierten Stressoren hängt dann von der relativen Gewichtung aller Dimensionen ab und kann durch Spinnendiagramme visualisiert werden.

Die im Rahmen der Literaturrecherche zu den Stärken und Grenzen der EBD-Methodik identifizierte, nahezu vollständige Liste existierender EBD- und GBD-Studien diente der Zusammenführung bereits vorhandener DWs für die Gesundheitsendpunkte der ausgewählten Umweltstressoren. Dieses für planerische Zwecke sehr nützliche Ergebnis zeigt, das zwar schon DWs für die Mehrheit der Gesundheitsendpunkte existieren aber dennoch wichtige Lücken vorhanden sind, darunter eine Reihe an durch Lärm und Quecksilber verursachter Gesundheitseffekte. Insgesamt weisen die Projektarbeiten darauf hin, dass die möglichen Gesundheitseffekte vieler Chemikalien noch unzureichend bekannt sind und die verstärkte Erforschung derselben mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Identifikation neuer, relevanter Umweltstressoren als auch neuer Gesundheitsendpunkten für bekannte Stressoren führen würde.

Zur Bestimmung quantitativer Werte für die DWs in der EBD-Berechnung stehen bereits eine Reihe an Methoden zur Verfügung, einschließlich der Person Trade-Off- und der Time Trade-Off-Ansätze (und ihrer Variationen). Alle Ansätze beruhen auf Umfragen verschiedener Bevölkerungsgruppen und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Verständlichkeit (für die Befragten), Validität und Vergleichbarkeit. Der Beitrag des Projekts zur Berechnung fehlender DWs liegt daher hauptsächlich in der vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Ansätze sowie der Hervorhebung von Transparenz, Fairness und Inklusivität in der Methodenauswahl und Durchführung der Umfrage (z.B. Auswahl der Stichprobe).

## **8.2 Limitationen**

Die im Projekt durchgeführten Arbeiten sind als Beitrag zu einer tieferen und breiter angelegten Diskussion zur Umsetzung einer EBD-Berechnung in Deutschland zu verstehen. Die vergleichsweise kurze Projektdauer und ein eng bemessenes Budget führten im Projekt zu einer klaren Eingrenzung des umsetzbaren Arbeitsumfangs. So wurden beispielsweise Infektionskrankheiten und ihre Übertragungsvektoren von der Betrachtung ausgeschlossen, obwohl davon ausgegangen werden kann, dass der weltweit weiter voranschreitende Klimawandel die Ausbreitungsgebiete von Parasiten, Viren und anderen ansteckenden Pathogenen auch in außertropische Breitengrade verschieben wird.

Aus den vorgenannten Gründen erfolgte auch eine Eingrenzung der Anzahl der näher untersuchten Umweltstressoren. Hier besteht nach wie vor ein substanzieller Forschungsbedarf, sowohl in der Erfassung aller relevanter Stressoren als auch der Bestimmung ihrer relativen Bedeutsamkeit.

So war auch die praktische Implementierung einer Studie bzw. Umfrage zur Berechnung wichtiger aber noch nicht vorhandener DWs für eine deutsche EBD-Analyse nicht mög-

lich. Dennoch bieten die Ergebnisse des Projekts wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Nutzung von DWs aus anderen EBD-Studien sowie zu den Vorteilen verschiedener Methodiken zur Berechnung speziell auf den deutschen Kontext angepasster Gewichtungsfaktoren.

### **8.3 Schlußfolgerungen und Vernetzung mit anderen Forschungsprojekten**

Die im EBDreview-Projekt gesammelten und aufbereiteten Erkenntnisse ermöglichen eine Reihe an generellen Schlußfolgerungen als auch Hinweise darauf, in welche Richtungen sich weitere Forschungsarbeiten orientieren sollten.

Die methodische Weiterentwicklung der DALY-Methode und ihre Anwendung in neuen GBD- und EBD-Berechnungen adressiert bereits eine Reihe der häufig geäußerten wissenschaftlichen, rechtlichen und ethischen Kritikpunkte und eröffnet daher potenzielle Chancen für ihre Nutzung in einer deutschen EBD-Berechnung, deren Ergebnisse damit gleichzeitig zu einem höheren Grad mit international verwendeten Methodiken vergleichbar sein werden.

Die Suche nach relevanten Umweltstressoren sollte nicht allein auf der Grundlage eines einzelnen Entscheidungskriteriums beruhen (z.B. Prävalenz oder Kostenfaktoren für das Gesundheitssystem), sondern auf einem mehrdimensionalen Betrachtungsansatz, der es ermöglicht, Umweltstressoren umfassender hinsichtlich ihrer gesundheitlichen, sozioökonomischen und ökologischen Charakteristiken zu beschreiben.

Es existieren bereits mehrere Studien zur Berechnung von DWs, die unter Umständen im deutschen Kontext verwendbar wären. Die Vor- und Nachteile ihrer Verwendung sollten jedoch noch eingängiger untersucht werden, auch in Bezug auf in der Zukunft liegende Aspekte, wie beispielsweise der Wiederholung von EBD-Berechnungen in regelmäßigen Abständen (mögliche Zeitabhängigkeit der DWs) und des Auftretens neuer Umweltstressoren, beispielsweise des Klimawandels (Infektionskrankheiten, Hitze- und Kältewellen, Flutkatastrophen) oder der exponentiell wachsenden Verwendung von Chemikalien in Verbraucherprodukten.

Die Methodiken zur Berechnung von DWs, die im Projektrahmen begutachtet wurden, erfordern weitere Recherchen hinsichtlich ihrer praktischen Umsetzung, Kosten, Validität und Vereinbarkeit mit sozialen und rechtlichen Normen bezüglich ihrer Transparenz und der fairen Einbeziehung aller relevanten Bevölkerungsgruppen.

In Bezug auf die optimale Nutzung der Ergebnisse des EBDreview-Projekts wird auch auf die Vernetzung mit assoziierten und teilweise parallel laufenden Forschungsarbeiten unter der Leitung des Umweltbundesamtes verwiesen. Insbesondere seien hier das VegAS-Projekt (Verteilungsbasierte Analyse Gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren) und das GENiUS-Projekt (Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umwelt-Schutz) genannt. Eine umfassende Synthese und Ausnutzung der in diesen drei Projekten insgesamt erzielten Forschungsergebnisse in der näheren Zukunft stellt einen Meilenstein dar und würde die Diskussion zur einer zeitnahen Umsetzung einer deutschen EBD-Studie maßgeblich befördern.

## 9. Bibliografie

### In alphabetischer Reihenfolge

- Allen, Ryan W., Enkhjargal Gombojav, Baldorj Barkhasragchaa, Tsogtbaatar Byambaa, Oyuntogos Lkhasuren, Ofer Amram, Tim K. Takaro, and Craig R. Janes. 2013. "An Assessment of Air Pollution and Its Attributable Mortality in Ulaanbaatar, Mongolia". *Air Quality, Atmosphere & Health* 6 (1): 137–50. doi:10.1007/s11869-011-0154-3.
- Amann, M. 2008. *Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution*. WHO Regional Office Europe.
- Anand, Sudhir, and Kara Hanson. 1997. "Disability-Adjusted Life Years: A Critical Review". *Journal of Health Economics* 16 (6): 685–702. doi:10.1016/S0167-6296(97)00005-2.
- Andersson, E., A. Knutsson, S. Hagberg, T. Nilsson, B. Karlsson, L. Alfredsson, and K. Torén. 2006. "Incidence of Asthma among Workers Exposed to Sulphur Dioxide and Other Irritant Gases". *European Respiratory Journal* 27 (4): 720–25. doi:10.1183/09031936.06.00034305.
- Anenberg, Susan C., Larry W. Horowitz, Daniel Q. Tong, and J. Jason West. 2010. "An Estimate of the Global Burden of Anthropogenic Ozone and Fine Particulate Matter on Premature Human Mortality Using Atmospheric Modeling". *Environmental Health Perspectives* 118 (9): 1189–95. doi:10.1289/ehp.0901220.
- Anenberg, Susan Casper, J. Jason West, Arlene M. Fiore, Daniel A. Jaffe, Michael J. Prather, Daniel Bergmann, Kees Cuvelier, et al. 2009. "Intercontinental Impacts of Ozone Pollution on Human Mortality". *Environmental Science & Technology* 43 (17): 6482–87. doi:10.1021/es900518z.
- Arnesen, Trude, and Erik Nord. 1999. "The Value of DALY Life: Problems with Ethics and Validity of Disability Adjusted Life Years". *BMJ : British Medical Journal* 319 (7222): 1423–25.
- Babisch, Wolfgang. 2011. "Cardiovascular Effects of Noise". *Noise and Health* 13 (52): 201. doi:10.4103/1463-1741.80148.
- Badia, X., S. Monserrat, M. Roset, and M. Herdman. 1999. "Feasibility, Validity and Test-retest Reliability of Scaling Methods for Health States: The Visual Analogue Scale and the Time Trade-Off". *Quality of Life Research* 8 (4): 303–10. doi:10.1023/A:1008952423122.
- Ballester, F., P. Rodríguez, C. Iñíguez, M. Saez, A. Daponte, I. Galán, M. Taracido, et al. 2006. "Air Pollution and Cardiovascular Admissions Association in Spain: Results within the EMECAS Project". *Journal of Epidemiology and Community Health* 60 (4): 328–36. doi:10.1136/jech.2005.037978.
- Barendregt, J. J., L. Bonneux, and P. J. Van der Maas. 1996. "DALYs: The Age-Weights on Balance". *Bulletin of the World Health Organization* 74 (4): 439–43.
- Bateson, Thomas F., and Joel Schwartz. 2004. "Who Is Sensitive to the Effects of Particulate Air Pollution on Mortality?: A Case-Crossover Analysis of Effect Modifiers". *Epidemiology* 15 (2): 143–49. doi:10.1097/01.ede.0000112210.68754.fa.

- BAUA. 2014. "Erkrankungen Durch Blei Oder Seine Verbindungen". BAUA. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Berufskrankheiten/Dokumente/Merkblaetter.html>.
- Becher, H, and D Flesch-Janys. 1998. "Dioxins and Furans: Epidemiologic Assessment of Cancer Risks and Other Human Health Effects". *Environmental Health Perspectives* 106 (Suppl 2): 623–24.
- Begg, S., T. Vos, B. Barker, C. Stevenson, L. Stanley, and A. Lopez. 2007. "Burden of Disease and Injury in Australia, 2003", May. <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:113814>.
- Belleudi, Valeria, Annunziata Faustini, Massimo Stafoggia, Giorgio Cattani, Achille Marconi, Carlo A. Perucci, and Francesco Forastiere. 2010. "Impact of Fine and Ultrafine Particles on Emergency Hospital Admissions for Cardiac and Respiratory Diseases." *Epidemiology* 21 (3): 414–23. doi:10.1097/EDE.0b013e3181d5c021.
- Belzer, Richard B. 2000. "Discounting Across Generations: Necessary, Not Suspect". *Risk Analysis* 20 (6): 779–92. doi:10.1111/0272-4332.206072.
- Bergdahl, I. A., K. Torén, K. Eriksson, U. Hedlund, T. Nilsson, R. Flodin, and B. Järholm. 2004. "Increased Mortality in COPD among Construction Workers Exposed to Inorganic Dust". *European Respiratory Journal* 23 (3): 402–6. doi:10.1183/09031936.04.00034304.
- Bickenbach, Jerome. 2008. "Measuring Health: The Disability Critique Revisited". Draft manuscript. Philosophy and Law, Queen's University, Canada. [peh.harvard.edu/events/2008/global\\_burden\\_disease/day\\_1/Bickenbach\\_paper.pdf](http://peh.harvard.edu/events/2008/global_burden_disease/day_1/Bickenbach_paper.pdf).
- Bijur, Polly E., Wendy Silver, and E. John Gallagher. 2001. "Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain". *Academic Emergency Medicine* 8 (12): 1153–57. doi:10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x.
- Blanc, Isabelle, Damien Friot, Manuele Margni, and Olivier Jolliet. 2008. "Towards a New Index for Environmental Sustainability Based on a DALY Weighting Approach". *Sustainable Development* 16 (4): 251–60. doi:10.1002/sd.376.
- Bleichrodt, Han. 2002. "A New Explanation for the Difference between Time Trade-off Utilities and Standard Gamble Utilities". *Health Economics* 11 (5): 447–56. doi:10.1002/hec.688.
- Bleichrodt, Han, and Magnus Johannesson. 1997. "Standard Gamble, Time Trade-off and Rating Scale: Experimental Results on the Ranking Properties of QALYs". *Journal of Health Economics* 16 (2): 155–75. doi:10.1016/S0167-6296(96)00509-7.
- Boegli, Hans, Christoph Lieb, Marcel Buffat, and Heini Sommer. 2013. "Ecoplan Auswirkungen Des Verkehrs Der Luft Auf Die Gesundheit: Berechnung von DALYs Für Die Schweiz. Bundesamt Für Umwelt (BAFU)". Schweiz: Bundesamt fuer Umwelt (BAFU).
- Boer, A. G. E. M. de, J. J. B. van Lanschot, P. F. M. Stalmeier, J. W. van Sandick, J. B. F. Hulscher, J. C. J. M. de Haes, and M. a. G. Sprangers. 2004. "Is a Single-Item Visual Analogue Scale as Valid, Reliable and Responsive as Multi-Item Scales in Measuring Quality of Life?" *Quality of Life Research* 13 (2): 311–20. doi:10.1023/B:QURE.0000018499.64574.1f.
- Boffetta, Paolo, Steven D. Stellman, and Lawrence Garfinkel. 1988. "Diesel Exhaust Exposure and Mortality among Males in the American Cancer Society Prospective Study". *American Journal of Industrial Medicine* 14 (4): 403–15. doi:10.1002/ajim.4700140405.



- Boonstra, Anne M., Henrica R. Schiphorst Preuper, Michiel F. Reneman, Jitze B. Posthumus, and Roy E. Stewart. 2008. "Reliability and Validity of the Visual Analogue Scale for Disability in Patients with Chronic Musculoskeletal Pain": *International Journal of Rehabilitation Research* 31 (2): 165–69. doi:10.1097/MRR.0b013e3282fc0f93.
- Bowie, Cameron, Sarah Beck, Andrew Stevan, Gwyn Bevan, James Raftery, Franscesca Silvertson, and Andrew Stevens. 1997. "Estimating the Burden of Disease in an English Region". *Journal of Public Health* 19 (1): 87–92.
- Bradshaw, D., P. Groenewald, R. Laubscher, N. Nannan, B. Nojilana, R. Norman, D. Pieterse, et al. 2003. "Initial Burden of Disease Estimates for South Africa, 2000". *South African Medical Journal* 93 (9): 682–88.
- Braubach, M., D.E. Jacobs, and D. Ormandy. 2011. "Environmental Burden of Disease Associated with Inadequate Housing. Summary Report". Copenhagen, Denmark: World Health Organization, Regional Office.
- Briggs, David. 2003. "Environmental Pollution and the Global Burden of Disease". *British Medical Bulletin* 68 (1): 1–24. doi:10.1093/bmb/ldg019.
- Brook, R.D. 2011. "Is Air Pollution a Cause of Cardiovascular Disease? Updated Review and Controversies". *Reviews on Environmental Health* 22 (2): 115–38. doi:10.1515/REVEH.2007.22.2.115.
- Brook, Robert D., Barry Franklin, Wayne Cascio, Yuling Hong, George Howard, Michael Lipsett, Russell Luepker, et al. 2004. "Air Pollution and Cardiovascular Disease A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association". *Circulation* 109 (21): 2655–71. doi:10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
- Brunekreef, B., R. Beelen, G. Hoek, L. Schouten, S. Bausch-Goldbohm, P. Fischer, B. Armstrong, E. Hughes, M. Jerrett, and P. van den Brandt. 2009. "Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution on Respiratory and Cardiovascular Mortality in the Netherlands: The NLCs-AIR Study". *Research Report (Health Effects Institute)*, no. 139 (March): 5–71; discussion 73–89.
- Brunekreef, Bert, and Stephen T Holgate. 2002. "Air Pollution and Health". *The Lancet* 360 (9341): 1233–42. doi:10.1016/S0140-6736(02)11274-8.
- BUND. 2011. "Chemikalien Im Haus: Ein Elternratgeber Mit Messtabelle". BUND. [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/chemie/20110117\\_chemie\\_elternratgeber\\_messtabelle.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/chemie/20110117_chemie_elternratgeber_messtabelle.pdf).
- Bundhamchareon, K., Y. Teerawattananon, T. Vos, and S. Begg. 2002. "Burden of Disease and Injuries in Thailand". Nonthaburi: Ministry of Health.
- Burnett, Richard T., C. Arden Pope III, Majid Ezzati, Casey Olives, Stephen S. Lim, Sumi Mehta, Hwashin H. Shin, et al. 2014. "An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure". *Environmental Health Perspectives*, February. doi:10.1289/ehp.1307049. <http://ehp.niehs.nih.gov/1307049/>.
- Cater Jr., James C. 1993. "Environmental Externalities and the Social Rate of Discount". *The Electricity Journal* 6 (10): 66–72. doi:10.1016/1040-6190(93)90097-5.

Centre for Health Care Development, West Pennine Health Authority and Living Media Ltd. 1998. "West Pennine Burden of Disease Report". West Pennine, UK: Centre for Health Care Development, West Pennine Health Authority.

Chan, Chang-Chuan, Kai-Jen Chuang, Lung-Chang Chien, Wen-Jone Chen, and Wei-Tien Chang. 2006. "Urban Air Pollution and Emergency Admissions for Cerebrovascular Diseases in Taipei, Taiwan". *European Heart Journal* 27 (10): 1238–44. doi:10.1093/eurheartj/ehi835.

Chandran, Aruna, Adnan A. Hyder, and Corinne Peek-Asa. 2010. "The Global Burden of Unintentional Injuries and an Agenda for Progress". *Epidemiologic Reviews* 32 (1): 110–20. doi:10.1093/epirev/mxq009.

Chapman, Glyn, Kristian S. Hansen, Jennifer Jelsma, Chiratidzo Ndhlovu, Bruno Piotti, Jens Byskov, and Theo Vos. 2006. "The Burden of Disease in Zimbabwe in 1997 as Measured by Disability-Adjusted Life Years Lost". *Tropical Medicine & International Health* 11 (5): 660–71. doi:10.1111/j.1365-3156.2006.01601.x.

Chen, Jiu-Chiuan, and Joel Schwartz. 2009. "Neurobehavioral Effects of Ambient Air Pollution on Cognitive Performance in US Adults". *NeuroToxicology* 30 (2): 231–39. doi:10.1016/j.neuro.2008.12.011.

Chiu, Weihsueh A., Jane C. Caldwell, Nagalakshmi Keshava, and Cheryl Siegel Scott. 2006. "Key Scientific Issues in the Health Risk Assessment of Trichloroethylene". *Environmental Health Perspectives* 114 (9): 1445–49. doi:10.1289/ehp.8690.

Clougherty, J. E., E. A. Houseman, and J. I. Levy. 2011. "Source Apportionment of Indoor Residential Fine Particulate Matter Using Land Use Regression and Constrained Factor Analysis". *Indoor Air* 21 (1): 53–66. doi:10.1111/j.1600-0668.2010.00682.x.

Cohen, Aaron, and et al. 2004. "Urban Air Pollution". *Comparative Quantification of Health Risks* 2: 1353–1433.

Cohen, Aaron J., H. Ross Anderson, Bart Ostro, Kiran Dev Pandey, Michal Krzyzanowski, Nino Künzli, Kersten Gutschmidt, et al. 2005a. "The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 68 (13-14): 1301–7. doi:10.1080/15287390590936166.

— — — . 2005b. "The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 68 (13-14): 1301–7. doi:10.1080/15287390590936166.

Cohen, J. 2000. "The Global Burden of Disease Study: A Useful Projection of Future Global Health?" *Journal of Public Health* 22 (4): 518–24. doi:10.1093/pubmed/22.4.518.

Concha-Barrientos, M., D.I. Nelson, T. Driscoll, N.K. Steenland, L. Punnett, M. Fingerhut, and S. Tak. 2004. "Selected Occupational Risk Factors. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Diseases Attributable to Selected Major Risk Factors". *Comparative Quantification of Health Risks*, World Health Organization.

Daniels, Michael J., Francesca Dominici, Jonathan M. Samet, and Scott L. Zeger. 2000. "Estimating Particulate Matter-Mortality Dose-Response Curves and Threshold Levels: An Analysis of Daily Time-Series for the 20 Largest US Cities". *American Journal of Epidemiology* 152 (5): 397–406. doi:10.1093/aje/152.5.397.

Department of Health. 2004. "Western Australian Burden of Disease Study: Disability-Adjusted Life Years: Technical Overview". Perth: Department of Health.

- Detels, R, D P Tashkin, J W Sayre, S N Rokaw, F J Massey, A H Coulson, and D H Wegman. 1991. "The UCLA Population Studies of CORD: X. A Cohort Study of Changes in Respiratory Function Associated with Chronic Exposure to SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and Hydrocarbons". *American Journal of Public Health* 81 (3): 350–59. doi:10.2105/AJPH.81.3.350.
- Deutscher Bundestag. 2014. Das Grundgesetz. Rechtliche Grundlagen. Deutscher Bundestag. <http://www.bundestag.de/bundestag/aufgaben/rechtsgrundlagen/grundgesetz/>.
- Dockery, D W. 2001. "Epidemiologic Evidence of Cardiovascular Effects of Particulate Air Pollution". *Environmental Health Perspectives* 109 (Suppl 4): 483–86.
- Dockery, D. W., and C. A. Pope. 1994. "Acute Respiratory Effects of Particulate Air Pollution". *Annual Review of Public Health* 15 (1): 107–32. doi:10.1146/annurev.pu.15.050194.000543.
- Dockery, Douglas W., James H. Ware, Benjamin G. Ferris, Frank E. Speizer, Nancy R. Cook, and Stanislaw M. Herman. 1982. "Change in Pulmonary Function in Children Associated with Air Pollution Episodes". *Journal of the Air Pollution Control Association* 32 (9): 937–42. doi:10.1080/00022470.1982.10465494.
- Dodhia, H., and K. Phillips. 2008. "Measuring Burden of Disease in Two Inner London Boroughs Using Disability Adjusted Life Years". *Journal of Public Health* 30 (3): 313–21. doi:10.1093/pubmed/fdn015.
- Dolan, P., and C. Green. 1998. "Using the Person Trade-off Approach to Examine Differences between Individual and Social Values". *Health Economics* 7 (4): 307–12.
- Dolan, Paul, Claire Gudex, Paul Kind, and Alan Williams. 1996. "The Time Trade-off Method: Results from a General Population Study". *Health Economics* 5 (2): 141–54. doi:10.1002/(SICI)1099-1050(199603)5:2<141::AID-HEC189>3.0.CO;2-N.
- Doll, Richard. 1958. "Cancer of the Lung and Nose in Nickel Workers". *British Journal of Industrial Medicine* 15 (4): 217.
- Driscoll, Timothy, Deborah Imel Nelson, Kyle Steenland, James Leigh, Marisol Concha-Barrientos, Marilyn Fingerhut, and Annette Prüss-Ustün. 2005. "The Global Burden of Disease due to Occupational Carcinogens". *American Journal of Industrial Medicine* 48 (6): 419–31. doi:10.1002/ajim.20209.
- Drummond, M., B. O'Brien, G.L. Stoddart, and G.W. Torrance. 1997. *Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes*. Oxford: Oxford Medical Publications.
- EarthShift. 2014. "Building Pathways to Sustainability: Eco-Indicator 99". EarthShift. <http://www.earthshift.com/software/simapro/eco99>.
- ECHA. 2013. "ECHA Candidate List". ECHA. <http://echa.europa.eu/candidate-list-table>.
- Eijkemans, Gerry J.M., and Jukka Takala. 2005. "Moving Knowledge of Global Burden into Preventive Action". *American Journal of Industrial Medicine* 48 (6): 395–99. doi:10.1002/ajim.20227.
- Elder, Alison, Robert Gelein, Vanessa Silva, Tessa Feikert, Lisa Opanashuk, Janet Carter, Russell Potter, et al. 2006. "Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System". *Environmental Health Perspectives* 114 (8): 1172–78. doi:10.1289/ehp.9030.

- Englert, Norbert. 2004. "Fine Particles and Human Health —a Review of Epidemiological Studies". *Toxicology Letters* 149 (1–3). Proceedings of EUROTOX 2003. The XLI European Congress of Toxicology. Science for Safety: 235–42. doi:10.1016/j.toxlet.2003.12.035.
- Essink-Bot, M.L., and G.J. Bonsel. 2002. "How to Derive Disability Weights". In *Summary Measures of Population Health: Concepts, Ethics, Measurement and Applications*, Edrs. CJL Murray and JA Salomon. Geneva: World Health Organization.
- Essink-Bot, Marie-Louise, Joaquin Pereira, Claire Packer, Michael Schwarzingler, and Kristina Burström. 2002. "Cross-National Comparability of Burden of Disease Estimates: The European Disability Weights Project". *Bulletin of the World Health Organization* 80 (8): 644–52. doi:10.1590/S0042-96862002000800009.
- EU Kommission. 2000. "Charta Der Grundrechte Der Europaischen Union". 2000/C/364/01. EU Kommission.
- Ezzati, Majid, Alan D Lopez, Anthony Rodgers, Stephen Vander Hoorn, and Christopher JL Murray. 2002. "Selected Major Risk Factors and Global and Regional Burden of Disease". *The Lancet* 360 (9343): 1347–60. doi:10.1016/S0140-6736(02)11403-6.
- Fann, Neal, Amy D. Lamson, Susan C. Anenberg, Karen Wesson, David Risley, and Bryan J. Hubbell. 2012. "Estimating the National Public Health Burden Associated with Exposure to Ambient PM<sub>2.5</sub> and Ozone". *Risk Analysis* 32 (1): 81–95. doi:10.1111/j.1539-6924.2011.01630.x.
- Farber, D.A., and P.A. Hemmersbaugh. 1993. "Shadow of the Future: Discount Rates, Later Generations, and the Environment". *Vand. L. Rev.* 46: 267.
- Fewtrell, L. J, A Prüss-Ustün, P Landrigan, and J. L Ayuso-Mateos. 2004. "Estimating the Global Burden of Disease of Mild Mental Retardation and Cardiovascular Diseases from Environmental Lead Exposure". *Environmental Research* 94 (2): 120–33. doi:10.1016/S0013-9351(03)00132-4.
- Fewtrell, Lorna. 2004. "Drinking-Water Nitrate, Methemoglobinemia, and Global Burden of Disease: A Discussion". *Environmental Health Perspectives* 112 (14): 1371–74. doi:10.1289/ehp.7216.
- Franklin, Meredith, Ariana Zeka, and Joel Schwartz. 2006. "Association between PM<sub>2.5</sub> and All-Cause and Specific-Cause Mortality in 27 US Communities". *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17 (3): 279–87. doi:10.1038/sj.jes.7500530.
- Friends of the Earth. 2013. "Glyphosate Briefing". <http://www.foeeurope.org/glyphosate-reasons-for-concern-briefing-130613>.
- Gafni, A. 1994. "The Standard Gamble Method: What Is Being Measured and How It Is Interpreted". *Health Services Research* 29 (2): 207–24.
- Gènova-Maleras, Ricard, Elena Álvarez-Martín, Ferrán Catalá-López, Nerea Fernández de Larrea-Baz, and Consuelo Morant-Ginestar. 2011. "Aproximación a la carga de enfermedad de las personas mayores en España". *Gaceta Sanitaria* 25 (December): 47–50. doi:10.1016/j.gaceta.2011.09.018.
- Gibb, Herman Jones. 2008. "Biomarkers of Mercury Exposure at a Mercury Recycling Facility in Ukraine". *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 5 (8): 483–89.
- Gilbert, Nicolas L., Denis Gauvin, Mireille Guay, Marie-Ève Héroux, Geneviève Dupuis, Michel Legris, Cecilia C. Chan, Russell N. Dietz, and Benoît Lévesque. 2006. "Housing Cha-

racteristics and Indoor Concentrations of Nitrogen Dioxide and Formaldehyde in Quebec City, Canada". *Environmental Research* 102 (1): 1–8. doi:10.1016/j.envres.2006.02.007.

Gladstein, Neandross and Associates. 2013. "Ultrafine Particulate Matter and the Benefits of Reducing Particle Numbers in the United States". A report to the manufacturers of Emissions Controls Association (MECA).

Goldberg, M.S., JC Bailar 3rd, R.T. Burnett, J.R. Brook, R. Tamblyn, Y. Bonvalot, P. Ernst, K.M. Flegel, R.K. Singh, and M.F. Valois. 2000. "Identifying Subgroups of the General Population That May Be Susceptible to Short-Term Increases in Particulate Air Pollution: A Time-Series Study in Montreal, Quebec". Research Report (Health Effects Institute), no. 97 (October): 7–113; discussion 115–20.

Gómez Dantés, H., Mv Castro, F. Franco-Marina, P. Bedregal, J. Rodríguez García, A. Espinoza, W. Valdez Huarcaya, and R. Lozano. 2010. "[Burden of disease in Latin America]". *Salud publica de Mexico* 53 Suppl 2 (December): s72–7.

Gong, Henry, Richard Wong, Radha J. Sarma, William S. Linn, Emmett D. Sullivan, Deborah Shamoo, Karen R. Anderson, and Shankar B. Prasad. 1998. "Cardiovascular Effects of Ozone Exposure in Human Volunteers". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 158 (2): 538–46. doi:10.1164/ajrccm.158.2.9709034.

Goodman, Patrick G, Douglas W Dockery, and Luke Clancy. 2004. "Cause-Specific Mortality and the Extended Effects of Particulate Pollution and Temperature Exposure". *Environmental Health Perspectives* 112 (2): 179–85.

Gouda, H.N., and J.W. Powles. 2011. "Why My Disease Is Important: Metrics of Disease Occurrence Used in the Introductory Sections of Papers in Three Leading General Medical Journals in 1993 and 2003". *Population Health Metrics* 9 (14).

Grande, Simone W., Anderson JM Andrade, Chris E. Talsness, Konstanze Grote, Andrea Golombiewski, Anja Sterner-Kock, and Ibrahim Chahoud. "A dose–response study following *in utero* and lactational exposure to di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP): Reproductive effects on adult female offspring rats". *Toxicology* 229, no. 1 (2007): 114–122.

Gray, L. Earl, Joseph Ostby, Johnathan Furr, Matthew Price, D. N. Rao Veeramachaneni, and Louise Parks. 2000. "Perinatal Exposure to the Phthalates DEHP, BBP, and DINP, but Not DEP, DMP, or DOTP, Alters Sexual Differentiation of the Male Rat". *Toxicological Sciences* 58 (2): 350–65. doi:10.1093/toxsci/58.2.350.

Greenwire. 2014. "Short-Term Exposure to Particulates Linked to Irregular Heartbeat". Greenwire, June 5. <http://www.eenews.net/greenwire/2014/06/05/stories/1060000774>.

Gustavsson, Per, Robert Jakobsson, Fredrik Nyberg, Göran Pershagen, Lars Järup, and Patrik Schéele. 2000. "Occupational Exposure and Lung Cancer Risk: A Population-Based Case-Referent Study in Sweden". *American Journal of Epidemiology* 152 (1): 32–40. doi:10.1093/aje/152.1.32.

Haagsma, J. A., E.F. van Beeck, S. Polinder, H. Toet, M. Panneman, and G.J. Bonsel. 2011. "The Effect of Comorbidity on Health-Related Quality of Life for Injury Patients in the First Year Following Injury: Comparison of Three Comorbidity Adjustment Approaches". *Population Health Metrics* 9 (1): 10.

Hänninen, O., and Anne B Knol. 2011. "European Perspectives in Environmental Burden of Disease: Estimates for Nine Stressors in Six European Countries". Technical Report.

- Hänninen, Otto, Anne Knol, M. Jantunen, V. Kollanus, O. Leino, E. Happonen, and T.A. Lim. 2011. "European Perspectives on Environmental Burden of Disease: Estimates for Nine Stressors in Six Countries". Helsinki, Finland.
- Harvey, J., and V. Taylor. 2013. *Measuring Health and Wellbeing*. Sage Publications.
- Hausman, Daniel M. 2012. "Health, Well-Being, and Measuring the Burden of Disease". *Population Health Metrics* 10 (1): 13. doi:10.1186/1478-7954-10-13.
- Havelaar, A H, A E De Hollander, P F Teunis, E G Evers, H J Van Kranen, J F Versteegh, J E Van Koten, and W Slob. 2000. "Balancing the Risks and Benefits of Drinking Water Disinfection: Disability Adjusted Life-Years on the Scale". *Environmental Health Perspectives* 108 (4): 315–21.
- Health Effects Institute. 2012. "Assessment of Health Effects of Particulate Matter". Boston, MA: Health Effects Institute (HEI).
- — — . 2013. "Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles". Boston, MA: Health Effects Institute (HEI).
- Hellweg, Stefanie, Thomas B. Hofstetter, and Konrad Hungerbühler. 2003. "Discounting and the Environment Should Current Impacts Be Weighted Differently than Impacts Harming Future Generations?" *The International Journal of Life Cycle Assessment* 8 (1): 8–18. doi:10.1007/BF02978744.
- Herzog, Peter L., Ludwig Bürgler, Ernst Winklhofer, Paul Zelenka, and Wolfgang Cartellieri. 1992. "NO<sub>x</sub> Reduction Strategies for DI Diesel Engines". SAE Technical Paper 920470. Warrendale, PA: SAE International. <http://papers.sae.org/920470/>.
- Heudorf, Ursel, Volker Mersch-Sundermann, and Jürgen Angerer. 2007. "Phthalates: Toxicology and Exposure". *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 210 (5). *Children's Environment in Central Europe - Threats and Chances Results of an International Workshop Held on November 21-24, 2006 in Osnabrück*: 623–34. doi:10.1016/j.ijheh.2007.07.011.
- Hoek, Gerard, Hanna Boogaard, Anne Knol, Jeroen de Hartog, Pauline Slottje, Jon G. Ayres, Paul Borm, et al. 2010. "Concentration Response Functions for Ultrafine Particles and All-Cause Mortality and Hospital Admissions: Results of a European Expert Panel Elicitation". *Environmental Science & Technology* 44 (1): 476–82. doi:10.1021/es9021393.
- Hofstetter, Patrick, and James K. Hammitt. 2002a. "Selecting Human Health Metrics for Environmental Decision-Support Tools". *Risk Analysis* 22 (5): 965–83. doi:10.1111/1539-6924.00264.
- — — . 2002b. "Selecting Human Health Metrics for Environmental Decision-Support Tools". *Risk Analysis* 22 (5): 965–83. doi:10.1111/1539-6924.00264.
- Hollander de, Augustinus E.M. 1999. "An Aggregate Public Health Indicator to Represent the Impact of Multiple Environmental Exposures". *Epidemiology* 10 (5): 606–17.
- Hoppin, Jane A, Ross Ulmer, and Stephanie J London. 2004. "Phthalate Exposure and Pulmonary Function". *Environmental Health Perspectives* 112 (5): 571–74.
- Hornberger, John C., Donald A. Redelmeier, and Jeffrey Petersen. 1992. "Variability among Methods to Assess Patients' Well-Being and Consequent Effect on a Cost-Effectiveness Analysis". *Journal of Clinical Epidemiology* 45 (5): 505–12. doi:10.1016/0895-4356(92)90099-9.

Hyder, A A, and R H Morrow. 2000. "Applying Burden of Disease Methods in Developing Countries: A Case Study from Pakistan". *American Journal of Public Health* 90 (8): 1235–40.

IFA. 2014. "GESTIS Stoffdatenbank". IFA.

<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index-2.jsp>.

Innovate Solutions & West Pennine Health Authority (1998). *West Pennine Burden of Disease Report 1998. Final Report*.

[http://www.innovatesolutions.co.uk/Assets/File/west\\_pennine\\_bod\\_1998.pdf](http://www.innovatesolutions.co.uk/Assets/File/west_pennine_bod_1998.pdf)

Jankovič, Slavenka, Hristina Vlajinac, Vesna Bjegovič, Jelena Marinkovič, Sandra Čipetič-Grujičić, Ljiljana Markovič-Denič, Nikola Kocev, et al. 2007. "The burden of disease and injury in Serbia". *The European Journal of Public Health* 17 (1): 80–85.

doi:10.1093/eurpub/ckl072.

Jedrychowski, Wieslaw, Elzbieta Flak, and Elzbieta Mroz. 1999. "The Adverse Effect of Low Levels of Ambient Air Pollutants on Lung Function Growth in Preadolescent Children". *Environmental Health Perspectives* 107 (8): 669.

Johannesson, M., and P.O. Johannsson. 1997. "Is the Valuation of QALY's Gained Independent of Age? Some Empirical Evidence". *Journal of Health Economics* 16: 589–99.

Jonsson, Bo A.G., Jonas Richthoff, Lars Rylander, Aleksander Giwercman, and Lars Hagmar. 2005. "Urinary Phthalate Metabolites and Biomarkers of Reproductive Function in Young Men." *Epidemiology* 16 (4): 487–93. doi:10.1097/01.ede.0000164555.19041.01.

Katsouyanni, K., G. Touloumi, C. Spix, J. Schwartz, F. Balducci, S. Medina, G. Rossi, et al. 1997. "Short-Term Effects of Ambient Sulphur Dioxide and Particulate Matter on Mortality in 12 European Cities: Results from Time Series Data from the APHEA Project. *Air Pollution and Health: A European Approach*". *BMJ: British Medical Journal* 314 (7095): 1658–63.

Kay, D., A. Pruess, and C. Corvalan. 2000. "Methodology for Assessment of Environmental Burden of Disease: Report on the ISEE Session on Environmental Burden of Disease, Buffalo, 22 August 2000". WHO/SDE/WSH/00.7. Geneva: World Health Organization.

Kay, David, Annette Prüss-Ustün, and Carlos Corvalan. 2000. "Methodology for Assessment of Environmental Burden of Disease". presented at the ISEE session on environmental burden of disease, Buffalo, New York, August 22.

[http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/methodology/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/methodology/).

Kegl, Breda. 2011. "Influence of Biodiesel on Engine Combustion and Emission Characteristics". *Applied Energy* 88 (5): 1803–12. doi:10.1016/j.apenergy.2010.12.007.

Kennedy, Ian M. 2007. "The Health Effects of Combustion-Generated Aerosols". *Proceedings of the Combustion Institute* 31 (2): 2757–70. doi:10.1016/j.proci.2006.08.116.

King, Charles H., and Anne-Marie Bertino. 2008. "Asymmetries of Poverty: Why Global Burden of Disease Valuations Underestimate the Burden of Neglected Tropical Diseases". *PLoS Negl Trop Dis* 2 (3): e209. doi:10.1371/journal.pntd.0000209.

Klimont, Z., J. Cofala, I. Bertok, M. Amann, C. Heyes, and F. Gyarfas. 2002. "Modeling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs". IIASA Interim Report IR-02-076. IIASA.

- Knol, A.B., and B.A.M. Staatsen. 2005. "Trends in the Environmental Burden of Disease in the Netherlands, 1980 - 2020". August 8.  
<http://rivm.openrepository.com/rivm/handle/10029/7365>.
- Knol, A.B., and B.A.M. Staatsen. 2005. "Trends in the Environmental Burden of Disease in the Netherlands, 1980 - 2020". August 8.  
<http://rivm.openrepository.com/rivm/handle/10029/7365>.
- Knol, Anne B, Arthur C Petersen, Jeroen P van der Sluijs, and Erik Lebret. 2009. "Dealing with Uncertainties in Environmental Burden of Disease Assessment". *Environmental Health* 8 (1): 21. doi:10.1186/1476-069X-8-21.
- Kohn, Michael C., and et al. 2000. "Human Exposure Estimates for Phthalates". *Environmental Health Perspectives* 108 (10): A440.
- Kolonel, Laurence N. 1976. "Association of Cadmium with Renal Cancer". *Cancer* 37 (4): 1782–87. doi:10.1002/1097-0142(197604)37:4<1782::AID-CNCR2820370424>3.0.CO;2-F.
- Kominski, Gerald F., Paul A. Simon, Alex Ho, Jeffrey Luck, Yee-Wei Lim, and Jonathan E. Fielding. 2002. "Assessing the Burden of Disease and Injury in Los Angeles County Using Disability-Adjusted Life Years". *Public Health Reports* 117 (2): 185–91.
- Kula, Erhun, and David Evans. 2011. "Dual Discounting in Cost-Benefit Analysis for Environmental Impacts". *Environmental Impact Assessment Review* 31 (3): 180–86.  
 doi:10.1016/j.eiar.2010.06.001.
- Künzli, N, R Kaiser, S Medina, M Studnicka, O Chanel, P Filliger, M Herry, et al. 2000. "Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution: A European Assessment". *The Lancet* 356 (9232): 795–801. doi:10.1016/S0140-6736(00)02653-2.
- Lai, T., J. Habicht, and R.-A. Kiivet. 2009. "Measuring Burden of Disease in Estonia to Support Public Health Policy". *The European Journal of Public Health* 19 (5): 541–47.  
 doi:10.1093/eurpub/ckp038.
- Landrigan, Philip J., Clyde B. Schechter, Jeffrey M. Lipton, Marianne C. Fahs, and Joel Schwartz. 2002. "Environmental Pollutants and Disease in American Children: Estimates of Morbidity, Mortality and Costs for Lead Poisoning, Asthma, Cancer, and Developmental Disabilities". *Environmental Health Perspectives* 110: 721–28.
- Laaser U. 2007: "The Burden of Diseases and Injury in Syria". Damascus: Ministry of Health; 2007.
- Lee, Won Jin, Kay Teschke, Timo Kauppinen, Aage Andersen, Paavo Jappinen, Irena Szadkowska-Stanczyk, Neil Pearce, et al. 2002. "Mortality from Lung Cancer in Workers Exposed to Sulfur Dioxide in the Pulp and Paper Industry". *Environmental Health Perspectives* 110 (10): 991–95.
- Liao, Chung-Min, Chia-Pin Chio, Wei-Yu Chen, Yun-Ru Ju, Wen-Hsuan Li, Yi-Hsien Cheng, Vivian Hsiu-Chuan Liao, Szu-Chieh Chen, and Min-Pei Ling. 2011. "Lung Cancer Risk in Relation to Traffic-Related Nano/ultrafine Particle-Bound PAHs Exposure: A Preliminary Probabilistic Assessment". *Journal of Hazardous Materials* 190 (1–3): 150–58.  
 doi:10.1016/j.jhazmat.2011.03.017.
- Lipsett, M, and S Campleman. 1999. "Occupational Exposure to Diesel Exhaust and Lung Cancer: A Meta-Analysis". *American Journal of Public Health* 89 (7): 1009–17.  
 doi:10.2105/AJPH.89.7.1009.



- Logue, Jennifer M. 2012a. "Why We Ventilate". 2011 AIVC and TightVent Conference, Brussels, Belgium, 12-13 October 2011, September. <http://escholarship.org/uc/item/7dg4k6z6>.
- — — . 2012b. "Health Hazards in Indoor Air". 2010 31st AIVC Conference, Low Energy and Sustainable Ventilation Technologies for Green Buildings, Seoul, Korea, October 26-28, 2010, November. <http://escholarship.org/uc/item/90w3x7jk>.
- Logue, Jennifer M., and et al. 2012. "A Method to Estimate the Chronic Health Impact of Air Pollutants in US Residents". *Environmental Health Perspectives* 120 (2): 216.
- Lokuge, K.M., W. Smith, B. Caldwell, K. Dear, and A.H. Milton. "The Effect of Arsenic Mitigation Interventions on Disease Burden in Bangladesh". *Environmental Health Perspectives* 112 (11): 1172.
- Lopez, Alan D, Colin D Mathers, Majid Ezzati, Dean T Jamison, and Christopher JL Murray. 2006. "Global and Regional Burden of Disease and Risk Factors, 2001: Systematic Analysis of Population Health Data". *The Lancet* 367 (9524): 1747–57. doi:10.1016/S0140-6736(06)68770-9.
- Lozano, Rafael, and Joshua Salomon. 2011. "Disability Weights". Power point presentation, Institute for Health Metrics and Evaluation, University of Washington, Seattle.
- Maheswaran, Ravi, Robert P. Haining, Tim Pearson, Jane Law, Paul Brindley, and Nicola G. Best. 2006. "Outdoor NO<sub>x</sub> and Stroke Mortality: Adjusting for Small Area Level Smoking Prevalence Using a Bayesian Approach". *Statistical Methods in Medical Research* 15 (5): 499–516. doi:10.1177/0962280206071644.
- Markandya, A., and R.A. Ortiz. 2011. "General Introduction to Valuation of Human Health". In *Encyclopedia of Environmental Health*, 871–78. Burlington: Elsevier.
- Mathers, C.D. 2005. "Uncertainty and Data Availability for the Global Burden of Disease Estimates 2000–2002". Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/healthinfo/publications/boduncertaintypaper2002.pdf>.
- Mathers, C.D., T. Vos, A.D. Lopez, J. Salomon, and M. Ezzati. 2001. "National Burden of Disease Studies: A Practical Guide". Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/tools\\_national/](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_national/).
- Mathers, Colin D., Majid Ezzati, and Alan D. Lopez. 2007. "Measuring the Burden of Neglected Tropical Diseases: The Global Burden of Disease Framework". *PLoS Negl Trop Dis* 1 (2): e114. doi:10.1371/journal.pntd.0000114.
- Mathers, Colin, Theo Vos, and Chris Stevenson. 1999. "The Burden of Disease and Injury in Australia", January. <http://dro.deakin.edu.au/view/DU:30046704>.
- Matteis, S. De, D. Consonni, and P. A. Bertazzi. 2008. "Exposure to Occupational Carcinogens and Lung Cancer Risk: Evolution of Epidemiological Estimates of Attributable Fraction". *Acta Bio-Medica de l'Ateneo Parmense* 79 (suppl. 1): 34-42.
- McKenna, Matthew T., Catherine M. Michaud, Christopher J. L. Murray, and James S. Marks. 2005. "Assessing the Burden of Disease in the United States Using Disability-Adjusted Life Years". *American Journal of Preventive Medicine* 28 (5): 415–23. doi:10.1016/j.amepre.2005.02.009.
- Mcmichael, Anthony J., Diarmid Campbell-lendrum, Sari Kovats, Sally Edwards, Paul Wilkinson, Theresa Wilson, Robert Nicholls, et al. Chapter 20 *Global Climate Change*.

- Melse, J M, M L Essink-Bot, P G Kramers, and N Hoeymans. 2000. "A National Burden of Disease Calculation: Dutch Disability-Adjusted Life-Years. Dutch Burden of Disease Group". *American Journal of Public Health* 90 (8): 1241–47.
- Meltzer, M. I., J. G. Rigau-Pérez, G. G. Clark, P. Reiter, and D. J. Gubler. 1998. "Using Disability-Adjusted Life Years to Assess the Economic Impact of Dengue in Puerto Rico: 1984-1994". *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 59 (2): 265–71.
- Michaud, C.M., M.T. McKenna, S. Begg, N. Tomijima, M. Majmudar, M.T. Bulzacchelli, S. Ebrahim, et al. 2006. "The Burden of Disease and Injury in the United States in 1996". *Population Health Metrics* 4: 11.
- Michaud CM, Murray CL, and Bloom BR. 2001. "BURden of Disease –implications for Future Research". *JAMA* 285 (5): 535–39. doi:10.1001/jama.285.5.535.
- Milovantseva, N., and O.A. Ogunsaitan. 2011. "Composite Measures of the Environmental Burden of Disease at the Global Level". In *Encyclopedia of Environmental Health*, 813–21. Burlington: Elsevier.
- Ministry of Health. 2001. "The Burden of Disease and Injury in New Zealand". Wellington: Ministry of Health.
- — —. 2007. "The Burden of Disease and Injury in Syria". Damascus: Ministry of Health.
- Moolgavkar, S H. 2000. "Air Pollution and Daily Mortality in Three U.S. Counties". *Environmental Health Perspectives* 108 (8): 777–84.
- Mueller, W., V. Klotz, P. Preiss, M. Havranek, and M. Scasny. 2008. "A New Environmental Accounting Framework Using Externality Data and Input-Output Tools for Policy Analysis. EXIOPOL Project". Project funded under the EU's 6th Framework Programme for Research and Development Project Number 037033.
- Müller-Wenk, R. 2002. „Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Strassenverkehr“. No. 339. Bezugsquelle: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Dokumentation, 2002.
- Murray, C. J. 1994. "Quantifying the Burden of Disease: The Technical Basis for Disability-Adjusted Life Years". *Bulletin of the World Health Organization* 72 (3): 429–45.
- Murray, C. J., A. D. Lopez, and D. T. Jamison. 1994. "The Global Burden of Disease in 1990: Summary Results, Sensitivity Analysis and Future Directions". *Bulletin of the World Health Organization* 72 (3): 495–509.
- Murray, Christopher J. L. 1996. *The Global Burden of Disease: A Comprehensive Assessment of Mortality and Disability from Diseases, Injuries and Risk Factors in 1990 and Projected to 2000*. Global Burden of Disease and Injury Series. Geneva: World Health Organization and the World Bank.
- Murray, Christopher J. L., and Arnab K. Acharya. 1997. "Understanding DALYs". *Journal of Health Economics* 16 (6): 703–30. doi:10.1016/S0167-6296(97)00004-0.
- Murray, Christopher J. L., and Alan D. Lopez. 1996a. "Evidence-Based Health Policy—Lessons from the Global Burden of Disease Study". *Science* 274 (5288): 740–43. doi:10.1126/science.274.5288.740.
- Murray, Christopher JL, and A.D. Lopez. 1996b. "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, MA: Harvard University Press.

- Murray, Christopher JL, and Alan D Lopez. 1997a. "Regional Patterns of Disability-Free Life Expectancy and Disability-Adjusted Life Expectancy: Global Burden of Disease Study". *The Lancet* 349 (9062): 1347–52. doi:10.1016/S0140-6736(96)07494-6.
- — — . 1997b. "Alternative Projections of Mortality and Disability by Cause 1990–2020: Global Burden of Disease Study". *The Lancet* 349 (9064): 1498–1504. doi:10.1016/S0140-6736(96)07492-2.
- Mutius, E. von, D. L. Sherrill, C. Fritzsche, F. D. Martinez, and M. D. Lebowitz. 1995. "Air Pollution and Upper Respiratory Symptoms in Children from East Germany". *European Respiratory Journal* 8 (5): 723–28.
- Naddafi, Kazem, and et al. 2012. "Health Impact Assessment of Air Pollution in Megacity of Teheran, Iran". *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 9 (1): 1–7.
- Nafstad, Per, Lise Lund Håheim, Torbjørn Wisløff, Frederick Gram, Bente Oftedal, Ingar Holme, Ingvar Hjermann, and Paul Leren. 2004. "Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of Norwegian Men." *Environmental Health Perspectives* 112 (5): 610–15.
- Naghavi, Mohsen, Farid Abolhassani, Farshad Pourmalek, Maziar Moradi Lakeh, Nahid Jafari, Sanaz Vaseghi, Niloufar Mahdavi Hezaveh, and Hossein Kazemeini. 2009. "The Burden of Disease and Injury in Iran 2003". *Population Health Metrics* 7 (1): 9. doi:10.1186/1478-7954-7-9.
- Nawrot, Tim, Michelle Plusquin, Janneke Hogervorst, Harry A Roels, Hilde Celis, Lutgarde Thijs, Jaco Vangronsveld, Etienne Van Hecke, and Jan A Staessen. 2006. "Environmental Exposure to Cadmium and Risk of Cancer: A Prospective Population-Based Study". *The Lancet Oncology* 7 (2): 119–26. doi:10.1016/S1470-2045(06)70545-9.
- Nelson, Deborah Imel, Robert Y. Nelson, Marisol Concha-Barrientos, and Marilyn Fingerhut. 2005. "The Global Burden of Occupational Noise-Induced Hearing Loss". *American Journal of Industrial Medicine* 48 (6): 446–58. doi:10.1002/ajim.20223.
- Nieuwenhuijsen, M. J., J. E. Gómez-Perales, and R. N. Colvile. 2007. "Levels of Particulate Air Pollution, Its Elemental Composition, Determinants and Health Effects in Metro Systems". *Atmospheric Environment* 41 (37): 7995–8006. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.08.002.
- Nord, Erik. 1995. "The Person-Trade-off Approach to Valuing Health Care Programs". *Medical Decision Making* 15 (3): 201–8. doi:10.1177/0272989X9501500302.
- Norman, R., B. Barnes, A. Mathee, and D. Bradshaw. 2007. "Estimating the Burden of Disease Attributable to Indoor Air Pollution from Household Use of Solid Fuels in South Africa". *South African Medical Journal* 97: 764–71.
- O'Connell, E., and F. Hurley. 2009. "A Review of the Strengths and Weaknesses of Quantitative Methods Used in Health Impact Assessment". *Public Health* 123 (4): 306–10. doi:10.1016/j.puhe.2009.02.008.
- Öberg, Mattias, Maritta S Jaakkola, Alistair Woodward, Armando Peruga, and Annette Prüss-Ustün. 2011. "Worldwide Burden of Disease from Exposure to Second-Hand Smoke: A Retrospective Analysis of Data from 192 Countries". *The Lancet* 377 (9760): 139–46. doi:10.1016/S0140-6736(10)61388-8.

- Orehek, J, J P Massari, P Gayraud, C Grimaud, and J Charpin. 1976. "Effect of Short-Term, Low-Level Nitrogen Dioxide Exposure on Bronchial Sensitivity of Asthmatic Patients". *Journal of Clinical Investigation* 57 (2): 301–7.
- Ostro, Bart. 2004. "Outdoor Air Pollution". 5. WHO Environmental Burden of Disease Series. Geneva: World Health Organization.
- Patankar, A. M., and P. L. Trivedi. 2011. "Monetary Burden of Health Impacts of Air Pollution in Mumbai, India: Implications for Public Health Policy". *Public Health* 125 (3): 157–64. doi:10.1016/j.puhe.2010.11.009.
- Pedersen, Einar, Arne Chr. Høgetveit, and Aage Andersen. 1973. "Cancer of Respiratory Organs among Workers at a Nickel Refinery in Norway". *International Journal of Cancer* 12 (1): 32–41. doi:10.1002/ijc.2910120104.
- Perez, L., M. Medina-Ramón, N. Künzli, A. Alastuey, J. Pey, N. Pérez, R. Garcia, A. Tobias, X. Querol, and J. Sunyer. 2009. "Size Fractionate Particulate Matter, Vehicle Traffic, and Case-Specific Daily Mortality in Barcelona, Spain". *Environmental Science & Technology* 43 (13): 4707–14. doi:10.1021/es8031488.
- Pérez, Laura, Jordi Sunyer, and Nino Künzli. 2009. "Estimating the Health and Economic Benefits Associated with Reducing Air Pollution in the Barcelona Metropolitan Area (Spain)". *Gaceta Sanitaria* 23 (4): 287–94. doi:10.1016/j.gaceta.2008.07.002.
- Perrier, Frederic, and et al. 2012. "Radon, Health and Natural Hazards II". *Natural Hazards and Earth Systems Science* 12: 799–803.
- Peters, A, H E Wichmann, T Tuch, J Heinrich, and J Heyder. 1997. "Respiratory Effects Are Associated with the Number of Ultrafine Particles". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 155 (4): 1376–83. doi:10.1164/ajrccm.155.4.9105082.
- Pétron, Gabrielle. "A New Look at Methane and Non-Methane Hydrocarbon Emissions from Oil and Natural Gas Operations in the Colorado Denver-Julesburg Basin".
- Phua, H.P., A.V. Chua, S. Ma, D. Heng, and S.K. Chew. 2009. "Singapore's Burden of Disease and Injury 2004". *Singapore Medical Journal* 50 (5): 468–78.
- Pike A, Baade P, Harper C, Muller S, Kennedy B. 2002: "Quantifying the burden of disease and injury in Queensland 1996–1998. Brisbane, Australia: Queensland Government.
- Polinder, Suzanne, Juanita A. Haagsma, Ronan A. Lyons, Belinda J. Gabbe, Shanthi Ameratunga, Colin Cryer, Sarah Derrett, James E. Harrison, Maria Segui-Gomez, and Ed F. van Beeck. 2012. "Measuring the Population Burden of Fatal and Nonfatal Injury". *Epidemiologic Reviews* 34 (1): 17–31. doi:10.1093/epirev/mxr022.
- Pope, C. Arden, Richard T. Burnett, George D. Thurston, Michael J. Thun, Eugenia E. Calle, Daniel Krewski, and John J. Godleski. 2004. "Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease". *Circulation* 109 (1): 71–77. doi:10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F.
- Pope, C. Arden, and Douglas W. Dockery. 1992. "Acute Health Effects of PM<sub>10</sub> Pollution on Symptomatic and Asymptomatic Children". *American Review of Respiratory Disease* 145 (5): 1123–28. doi:10.1164/ajrccm/145.5.1123.
- Portney, Paul R., and John Peter Weyant. 1999. *Discounting and Intergenerational Equity. Resources for the Future.*

- Power, Melinda C., Marc G. Weisskopf, Stacey E. Alexeeff, Brent A. Coull, Avron Spiro, and Joel Schwartz. 2011. "Traffic-Related Air Pollution and Cognitive Function in a Cohort of Older Men". *Environmental Health Perspectives* 119 (5): 682–87. doi:10.1289/ehp.1002767.
- Price, Colin. 2010. "Low Discount Rates and Insignificant Environmental Values". *Ecological Economics* 69 (10): 1895–1903. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.04.024.
- Prochazka, Allan V. 2000. "New Developments in Smoking Cessation". *CHEST Journal* 117 (4\_suppl\_1): 169S–175S. doi:10.1378/chest.117.4\_suppl\_1.169S.
- Prüss-Ustün, Annette, and Carlos Corvalan. 2006. *Preventing Disease through Healthy Environments*. Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts?publications/preventingdisease/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts?publications/preventingdisease/).
- Prüss-Ustün, Annette, David Kay, Lorna Fewtrell, and Jamie Bartram. 2002. "Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, and Hygiene at a Global Level". *Environmental Health Perspectives* 110: 537–42.
- Queensland Government. 2002. "Quantifying the Burden of Disease and Injury in Queensland". Brisbane: Queensland Government.
- Rabl, Ari. 1996. "Discounting of Long-Term Costs: What Would Future Generations Prefer Us to Do?" *Ecological Economics* 17 (3): 137–45.
- Read, J. Leighton, Robert J. Quinn, Donald M. Berwick, Harvey V. Fineberg, and Milton C. Weinstein. 1984. "Preferences for Health Outcomes Comparison of Assessment Methods". *Medical Decision Making* 4 (3): 315–29. doi:10.1177/0272989X8400400307.
- ReCiPe Project. 2014. "ReCiPe Project Website". <http://www.lcia-recipe.net/>.
- Reidpath, D. D. 2003. "Measuring Health in a Vacuum: Examining the Disability Weight of the DALY". *Health Policy and Planning* 18 (4): 351–56. doi:10.1093/heapol/czg043.
- Robyn, L, McMichael, T, Smith L, and Armstrong, B. 2006. "Solar ultraviolet radiation." *Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series* 13.
- Rushby, JA Fox, and K. Hanson. 2001. "Calculating and Presenting Disability Adjusted Life Years (DALYs) in Cost-Effectiveness Analysis". *Health Policy and Planning* 16 (3): 326–31. doi:10.1093/heapol/16.3.326.
- Salomon, Joshua A. 2010. "New Disability Weights for the Global Burden of Disease". *Bulletin of the World Health Organization* 88 (12): 879–879. doi:10.1590/S0042-96862010001200003.
- Salomon, Joshua A., Theo Vos, Daniel R. Hogan, Michael Gagnon, Mohsen Naghavi, Ali Mokdad, Nazma Begum et al. 2012. "Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010." *The Lancet* 380, no. 9859 (2012): 2129-2143.
- Schopper, D., J. Pereira, A. Torres, N. Cuende, M. Alonso, A. Baylin, C. Ammon, and A. Rougemont. 2000. "Estimating the Burden of Disease in One Swiss Canton: What Do Disability Adjusted Life Years (DALY) Tell Us?" *International Journal of Epidemiology* 29 (5): 871–77. doi:10.1093/ije/29.5.871.

- Schwartz, Joel, Douglas W. Dockery, and Lucas M. Neas. 1996. "Is Daily Mortality Associated Specifically with Fine Particles?" *Journal of the Air & Waste Management Association* 46 (10): 927–39. doi:10.1080/10473289.1996.10467528.
- Schwarzinger, M, Stouthard MEA, Burström, K, Nord E. 2003. "Cross-national agreement on disability weights: the European Disability Weights Project". *Population Health Metrics* 1, no. 1 (2003): 9.
- SE Department of Health (DoH). 2005. "Population health in South Australia: burden of disease and injury Estimates, 1999-2001". Adelaide: Department of Health.
- Shen, H M, and Q F Zhang. 1994. "Risk Assessment of Nickel Carcinogenicity and Occupational Lung Cancer". *Environmental Health Perspectives* 102 (Suppl 1): 275–82.
- Sherwood, Steven. 2007. "Discounting and Uncertainty: A Non-Economist's View". *Climatic Change* 80 (3-4): 205–12. doi:10.1007/s10584-006-9164-9.
- Simons, Elinor, Teresa To, and Sharon Dell. 2010. "The Population Attributable Fraction of Asthma Among Canadian Children". *Can J Public Health* 102 (1): 35–41.
- Smith, K.R., S. Mehta, and M. Maeusezahl-Feuz. 2004. "Indoor Air Pollution from Household Use of Solid Fuels: Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors".
- Smith, Kirk R. 2000. "National Burden of Disease in India from Indoor Air Pollution". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97 (24): 13286–93. doi:10.1073/pnas.97.24.13286.
- Smith, Kirk R., and Sumi Mehta. 2003. "The Burden of Disease from Indoor Air Pollution in Developing Countries: Comparison of Estimates". *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 206 (4–5): 279–89. doi:10.1078/1438-4639-00224.
- Somerford, P, Katzenellenbogen, J, 2004: "Western Australian Burden of Disease Study: Disability-. Adjusted Life Years: Technical overview". Perth: Department of Health.
- Stafoggia, Massimo, Francesco Forastiere, Annunziata Faustini, Annibale Biggeri, Luigi Bisanti, Ennio Cadum, Achille Cernigliaro, et al. 2010. "Susceptibility Factors to Ozone-Related Mortality". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 182 (3): 376–84. doi:10.1164/rccm.200908-1269OC.
- Steenland, Kyle, Andrea Mannetje, Paolo Boffetta, Leslie Stayner, Michael Attfield, Jingqiong Chen, Mustafa Dosemeci, et al. 2001. "Pooled Exposure–response Analyses and Risk Assessment for Lung Cancer in 10 Cohorts of Silica-Exposed Workers: An IARC Multicentre Study". *Cancer Causes & Control* 12 (9): 773–84. doi:10.1023/A:1012214102061.
- Stein, C. 2011. "Global Burden of Disease (GBD) Approach and the Use of Disability-Adjusted Life Years (DALY) at the World Health Organization (WHO)". In *Encyclopedia of Environmental Health*, 955–64. Burlington: Elsevier.
- Stein, Claudia, Tanja Kuchenmüller, Saskia Hendrickx, Annette Prüss-Üstün, Lara Wolfson, Dirk Engels, and Jørgen Schlundt. 2007. "The Global Burden of Disease Assessments – WHO Is Responsible?" *PLoS Negl Trop Dis* 1 (3): e161. doi:10.1371/journal.pntd.0000161.
- Stevens, Gretchen, Rodrigo H Dias, Kevin J. A Thomas, Juan A Rivera, Natalie Carvalho, Simón Barquera, Kenneth Hill, and Majid Ezzati. 2008. "Characterizing the Epidemiological Transition in Mexico: National and Subnational Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors". *PLoS Med* 5 (6): e125. doi:10.1371/journal.pmed.0050125.

- Stiggelbout, A. M., G. M. Kiebert, J. Kievit, J. W. H. Leer, G. Stoter, and J. C. J. M. De Haes. 1994. "Utility Assessment in Cancer Patients Adjustment of Time Tradeoff Scores for the Utility of Life Years and Comparison with Standard Gamble Scores". *Medical Decision Making* 14 (1): 82–90. doi:10.1177/0272989X9401400110.
- Stouthard, Marlies EA, Essink-Bot ML, Bonsel GJ., Barendregt JJM, Kramers PGN, Van de Water HPA, Gunning-Schepers LJ, and Van der Maas PJ 1997. "*Disability weights for diseases in the Netherlands*". Inst. Sociale Geneeskunde,
- Stouthard, Marlies E. A., Marie-Louise Essink-Bot, and Gouke J. Bonsel. 2000a. "Disability Weights for Diseases A Modified Protocol and Results for a Western European Region". *The European Journal of Public Health* 10 (1): 24–30. doi:10.1093/eurpub/10.1.24.
- — —. 2000b. "Disability Weights for Diseases A Modified Protocol and Results for a Western European Region". *The European Journal of Public Health* 10 (1): 24–30. doi:10.1093/eurpub/10.1.24.
- Sugianto, Paulus, Aris Widodo, and Moh Machfoed. 2013. "Neurotoxic Effect of Mercury". *Journal of Applied Sciences Research* 9 (5): 3391–95.
- Sullivan, Daniel F. 1971. "A Single Index of Mortality and Morbidity". *HSMHA Health Reports* 86.
- Swan, Shanna H., Katharina M. Main, Fan Liu, Sara L. Stewart, Robin L. Kruse, Antonia M. Calafat, Catherine S. Mao, et al. 2005. "Decrease in Anogenital Distance among Male Infants with Prenatal Phthalate Exposure". *Environmental Health Perspectives* 113 (8): 1056–61. doi:10.1289/ehp.8100.
- The World Bank. 1993. "World Development Report 1993: Investing in Health". Washington, D.C.: New York: Oxford University Press.
- Tijhuis, G. J., S. J. T. Jansen, A. M. Stiggelbout, A. H. Zwinderman, J. M. W. Hazes, and T. P. M. Vliet Vlieland. 2000. "Value of the Time Trade off Method for Measuring Utilities in Patients with Rheumatoid Arthritis". *Annals of the Rheumatic Diseases* 59 (11): 892–97. doi:10.1136/ard.59.11.892.
- Tobias, M. 2001: "The Burden of Disease and Injury in New Zealand". Wellington: Ministry of Health.
- Triebig, G, E Werle, O Papke, G Heim, C Broding, and H Ludwig. 1998. "Effects of Dioxins and Furans on Liver Enzymes, Lipid Parameters, and Thyroid Hormones in Former Thermal Metal Recycling Workers". *Environmental Health Perspectives* 106 (Suppl 2): 697–700.
- Ünüwar, N., S. Mollahaliloglu, and N. Yardim. 2004. "Turkey Burden of Disease Study". Ankara: Ministry of Health.
- Urch, Bruce, Jeffrey R. Brook, David Wasserstein, Robert D. Brook, Sanjay Rajagopalan, Paul Corey, and Frances Silverman. 2004. "Relative Contributions of PM<sub>2.5</sub> Chemical Constituents to Acute Arterial Vasoconstriction in Humans". *Inhalation Toxicology* 16 (6-7): 345–52. doi:10.1080/08958370490439489.
- Valent, Francesca, D'Anna Little, Roberto Bertollini, Leda E Nemer, Fabio Barbone, and Giorgio Tamburlini. 2004. "Burden of Disease Attributable to Selected Environmental Factors and Injury among Children and Adolescents in Europe". *The Lancet* 363 (9426): 2032–39. doi:10.1016/S0140-6736(04)16452-0.

- van Baal, P. H., Hoogenveen, R. T., de Wit, G. A., & Boshuizen, H. C. 2006. "Estimating health-adjusted life expectancy conditional on risk factors: results for smoking and obesity". *Population Health Metrics*, 4(1), 14.
- van Harmelen et al. 2002. "Potentials and Costs to Reduce PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Emissions from Industrial Sources in the Netherlands". TNO Report R 2002/411. TNO. [www.infomil.nl/publish/pages/58459/tnopm-industrie2002.pdf](http://www.infomil.nl/publish/pages/58459/tnopm-industrie2002.pdf).
- Victorian Government. 2005. "Victorian Burden of Disease Study: Mortality and Morbidity in 2001". Melbourne: Government of Victoria, Department of Human Services.
- Weitzman, Martin L. 1998. "Why the Far-Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate". *Journal of Environmental Economics and Management* 36 (3): 201–8. doi:10.1006/jeem.1998.1052.
- Wichmann, H., C. Spix, T. Tuch, G. Wölke, A. Peters, J. Heinrich, W. Kreyling, and J. Heyder. 2000. "Daily Mortality and Fine and Ultrafine Particles in Erfurt, Germany Part I: Role of Particle Number and Particle Mass". Research Report (Health Effects Institute), no. 98 (November): 5–86; discussion 87–94.
- Wichmann, H.-Erich, and Annette Peters. 2000. "Epidemiological Evidence of the Effects of Ultrafine Particle Exposure". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 358 (1775): 2751–69. doi:10.1098/rsta.2000.0682.
- Wichmann, Janine, and Kuku Voyi. 2012. "Ambient Air Pollution Exposure and Respiratory, Cardiovascular, and Cerebrovascular Mortality in Cape Town, South Africa: 2001-2006". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 (11): 3978–4016.
- Wielders, C. C. H., E. A. van Lier, T. M. van't Klooster, A. B. van Gageldonk-Lafeber, C. C. van den Wijngaard, J. A. Haagsma, G. A. Donker, et al. 2012. "The Burden of 2009 Pandemic Influenza A(H1N1) in the Netherlands". *The European Journal of Public Health* 22 (1): 150–57. doi:10.1093/eurpub/ckq187.
- World Health Organization. 2002. "World Health Report 2002". Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/whr/2002/en/>.
- — — . 2008. "The Global Burden of Disease: 2004 Update". Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/2004\\_report\\_update/en/](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/).
- — — . 2009. "Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks". Geneva: World Health Organization.
- WHO Regional Office for Europe, JRC. (2011). Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. ISBN: 978 92 890 0229 5. [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1)
- World Health Organization. 2013. "Global Health Estimates". WHO/HIS/HSI/GHE/2013.4. Geneva: World Health Organization.
- — — . 2013. "Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP:Project", Final Technical Report, Copenhagen: World Health Organisation Regional Office for Europe. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf).



— — — . 2014. *Methods for Estimating the Environmental Burden of Disease*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization, Regional Office for Europe. 2003. "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide: Report on a WHO Working Group". Copenhagen, Denmark: World Health Organization, Regional Office for Europe.

Yoon, Seok-Jun, Sang-Cheol Bae, Sang-Il Lee, Hyejung Chang, Heui Sug Jo, Joo-Hun Sung, Jae-Hyun Park, Jin-Yong Lee, and Youngsoo Shin. 2007. "Measuring the Burden of Disease in Korea". *Journal of Korean Medical Science* 22 (3): 518. doi:10.3346/jkms.2007.22.3.518.

Yusoff, A.F., A.N. Mustafa, G.K. Kaur, M.A. Omar, T. Vos, V.P.C. Rao, and S. Begg. 2005. "Malaysian Burden of Disease and Injury Study". In *Forum* 9. Mumbai.

Zeeb, H., and F. Shannoun. 2009. "WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective". Geneva: World Health Organization.

Zhao, Yuejen, Steve Guthridge, Anne Magnus, and Theo Vos. 2004. "Burden of Disease and Injury in Aboriginal and Non-Aboriginal Populations in the Northern Territory". *Medical Journal of Australia* 180 (10). <https://www.mja.com.au/journal/2004/180/10/burden-disease-and-injury-aboriginal-and-non-aboriginal-populations-northern>.

Zhou, Shang-Cheng, Le Cai, Jing Wang, Shao-guo Cui, Yun Chai, Bing Liu, and Chong-Hua Wan. 2011. "Measuring the Burden of Disease Using Disability-Adjusted Life Years in Shilin County of Yunnan Province, China". *Environmental Health and Preventive Medicine* 16 (3): 148–54. doi:10.1007/s12199-010-0176-8.

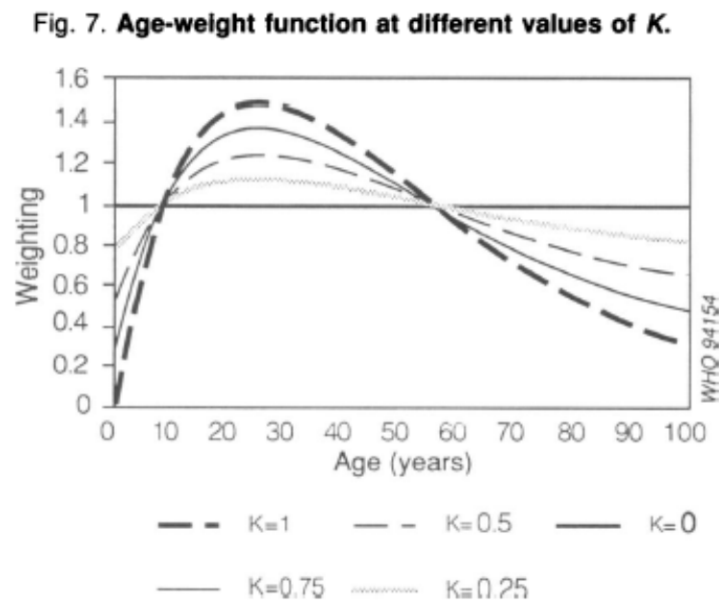
## 10. Appendix I - Glossar

### Altersgewichtung (Age weighting):

In der ursprünglichen GBD von 1990 wurde eine nicht-gleichgewichtete Altersverteilung benutzt, um die Gesamtanzahl von DALYs zu berechnen. Diese Altersgewichtung führte dazu, dass die Kindheitsjahre sowie die Lebensjahre von Senioren weniger stark gewichtet wurden als die Lebensjahre von Erwachsenen im produktiven Alter. Diese sozialen Präferenzen werden in der GBD modelliert auf der Grundlage empirisch erfasster Präferenzen verschiedener Bevölkerungsgruppen.

Die 2001-2002er GBD benutzt keine Altersgewichtung (d.h. alle Altersgruppen sind gleichgewichtet). Die letzte GDB2004 benutzte wiederum eine ungleichmäßige Altersgewichtung, deren Verlauf funktional dargestellt werden kann (siehe Abbildung 10-I).

Abbildung 10-I: Altersgewichtung als Funktion verschiedener Werte für K.



Anmerkung: K=1 entspricht der GBD-Methode, K=0 keine Altersgewichtung. (Quelle: Murray CJL, Lopez AD, Jamison DT, 1994)

### Gewichtungsfaktor für den Schweregrad der gesundheitlichen Einschränkung (Disability Weight - DW)

Ein DW ist ein Faktor, welcher den Schweregrad einer Krankheit von perfektem Gesundheitszustand (Gewicht=0) bis hin zum Tod (Gewicht=1) reflektiert. Diese Gewichtung fließt dann in die Berechnung der Years Lost due to Disability (YLD, verlorene Lebensjahre durch gesundheitliche Beeinträchtigung) ein. Die YLD für eine bestimmte Krankheit er rechnen sich als das Produkt von Inzidenz, Dauer der Krankheit und dem DW.

### Diskontierung (Discounting)

Zur Berechnung des Netto-Kapitalwerts (auch „aktualisierter Wert“ genannt) benutzt die GBD eine Diskontierungsrate für in der Zukunft verlorene Lebensjahre. Die WHO sagt zu

diesem Ansatz folgendes: „To estimate the net present value of years of life lost, the GBD study applied a 3% time discount rate to years of life lost in the future. With this discount rate, a year of healthy life gained 10 years from now is worth 24% less than a year gained now“. Die Verwendung von Diskontierungsraten bedeutet daher, dass ein heute gelebtes Lebensjahr höher gewichtet ist als ein in der Zukunft gelebtes. Die ebenfalls in der DALY-Berechnung verwendete Produktivitätsannahme widerspricht diesem Konzept nur scheinbar: auch wenn die Produktivität weiter steigen sollte, wie sie es in der Vergangenheit getan hat, so generiert ein in der Zukunft gesund gelebtes Lebensjahr Opportunitätskosten in der Gegenwart, die laut GBD in Betracht gezogen werden sollten. Die 1990er, 2001-2002er und 2004er GBDs verwendeten daher eine 3% Diskontierungsrate.

#### Folgekrankheiten (Sequelae)

Folgekrankheiten sind pathologische Befunde, die als Folge einer Krankheit, von Verletzungen oder Wunden auftreten. Folgekrankheiten sind demnach Komplikationen einer Ersterkrankung und damit von einem verzögerten Krankheitseffekt zu unterscheiden.

#### Globale Krankheitslast (Global Burden of Disease)

Die Globale Krankheitslast beruht auf einer Studie (Global Burden of Disease - GBD), die ein neues Maß für „Lebensqualität“ entwickelte. Das krankheitsgewichtete Lebensjahr (Disability-Adjusted Life Year, DALY) ist ein aggregiertes Maß, welches bei hohen Werten eine niedrige Lebensqualität beschreibt. Ein besonderer Vorteil des DALY ist der mögliche länder- und kulturübergreifende Einsatz. Es misst die Differenz zwischen dem aggregierten Gesundheitszustand einer Bevölkerung und einer idealen Situation, in der jede Person bei voller Gesundheit bis zu dem Alter lebt, das den verwendeten Standardwerten der Lebenserwartung entspricht.

#### ICD

ICD ist das Akronym für die International Classification of Diseases and Related Health Problems. Die ICD wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) veröffentlicht und in Abständen revidiert. Sie ist ein medizinisches Klassifikationssystem, welches in kodierter Form eine breite Anzahl von Symptomen, Krankheiten und Verletzungen beschreibt. Die ICD ist die Grundlage für die ausgewählten Krankheitsbilder in der GBD. Die aktuell gültige Version der internationalen statistischen Krankheitsklassifikation ist die ICD-10.

#### Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, von Behinderung und Gesundheit (International Classification of Functioning, Disability and Health)

Die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, von Behinderung und Gesundheit (ICF) ist eine Klassifikation von Gesundheit und verwandten Domänen. Diese Domänen werden aus der Perspektive des Körpers, des Individuums und der gesellschaftlichen Perspektive definiert mit Hilfe von zwei Listen: eine Liste von Körperfunktionen und -struktur und einer Liste von Aktivitäten und Teilnahmefähigkeit. Da die Funktionsfähigkeit einer Person und ihre Behinderung vom jeweiligen Umfeld beeinflusst werden, enthält die ICF auch eine Liste von Umweltfaktoren.

#### Kosten-Nutzenanalyse (Cost-Benefit Analysis)

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist ein Überbegriff für verschiedene Analysen, die Nutzen und Kosten vergleichen. Kosten-Nutzen-Analysen werden in zahlreichen Bereichen der öffentlichen Daseinsvorsorge zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt.

## 11. Appendix 2 – Langform der Tabelle der Vor- und Nachteile der WHO EBD-Methode

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
1	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALYs bieten die Möglichkeit wissenschaftlich fundierter, transparenter und nachvollziehbarer Quantifizierung, welche nicht leicht von Politikern und Gesundheitsplanern ignoriert werden kann. Die Messstrategie bleibt ausserdem weitgehend urteilsfrei, was die Verteilung begrenzter (finanzieller) Ressourcen anbelangt.	Bickenbach (2008)	+	Quantitative Messungen des Gesundheitszustandes erleichtern die Ressourcenplanung. Der Gesundheitsstatus sollte aber objektiv gemessen werden.	Nein
2	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Berücksichtigung externer Faktoren, wie z.B. des sozio-ökonomischen Status, beeinflusst das tatsächliche Erleben von Krankheit und Behinderung und sollte dementsprechend für vergleichbare Messungen mit einbezogen werden. Die GBD und ihre DALY-Methode versuchte mehrmals (vergeblich) Kontext in Betracht zu ziehen: unter Verwendung der WHO Differenzierung zwischen Behinderung und Handicap, dann durch die Verwen-	Bickenbach (2008)	-	Auch in Deutschland spielen kontextuelle Faktoren eine Rolle im Leben mit Krankheit und Behinderung. Auch wenn es Argumente gibt, diese Faktoren zu ignorieren ("veil of ignorance" / dt. "Schleier der Unkenntnis"), so sind sie doch von Bedeutung in der effektiven Ressourcenverteilung als auch aus rechtlicher Sicht.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			dung eines durchschnittlichen Handicaps bzw. durchschnittlichen sozialen Milieus und der nur kurz angedachten Verwendung des 'veil of ignorance' (dt. 'Schleier der Unkenntnis).				
3	DALY Methode	Wissenschaftlich	DALYs erlauben die vergleichende Analyse der größten/kleinsten Krankheitslasten und dadurch auch die Korrektur bestehender Wahrnehmungsverzerrungen (z.B. das Drogen und Alkohol einen großen Anteil der Belastung für Kinder in den USA ausmacht). Es gibt dazu bisher keine ökonomische Bewertung.	Michaud et al. (2001)	+	Durch die vereinheitlichte Berechnung der krankheitsspezifischen DALYs können die Größenordnung vernachlässigter, unter- bzw. überschätzter Krankheitsbilder erkannt und korrigiert werden.	Nein
4	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode wurde u.a. zu dem Zweck entwickelt, die Kosten-Nutzen optimierte Verteilung von Ressourcen zu verbessern, auch wenn Fragen/Kritiken hinsichtlich der Fairness berücksichtigt werden sollten.	Michaud et al. (2001)	+	DALYs bieten eine einheitliche - wenn auch nicht kritikfreie - Grundlage zur Monetarisierung und anschließenden Kosten-Nutzen optimierten Ressourcenverteilung im Gesundheitssystem.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
5	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode erlaubt der GBD (inkl. EBD) die weltweit umfangreichste, vergleichbare Analyse existierender Daten zur gesundheitlichen Belastung der Bevölkerung nach Region, Geschlecht, Alter und Krankheit und ihren Risikofaktoren zu sein.	Murray et al. 1996	+	Die einheitliche Berechnungsmethodik fördert die Vergleichbarkeit der Resultate (a) zwischen Krankheiten/Behinderungen, (b) im Zeitverlauf und (c) über verschiedene geografische bzw. politische Einheiten hinweg.	Nein
6	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALY-Methode erlaubt einheitliche Betrachtung der Krankheitslast und eine konsistente Tabulierung der Todesfälle nach Krankheit, Geschlecht, Alter und Region, die mit den totalen Sterbezahlen übereinstimmt	Murray et al. 1994	+	Die interne Konsistenz der Sterbefälle mit der All-Cause-Mortality (von den Vitalstatistiken) ist ein wichtiger Vorteil.	Nein
7	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Kombiniert erstmalig Schätzungen von Mortalität und Morbidität und gibt damit den chronischen und überwiegend nicht-tödlichen Krankheiten einen höheren Stellenwert.	Murray et al. 1994	+	Dies ist von Vorteil, wenn die vollständige Erfassung der Krankheitslast im Blickpunkt steht.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
8	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Der DALY-Ansatz basiert auf der Inzidenzrate, welche die tatsächliche Rate an Neuerkrankungen bzw. neuen Todesfällen erfaßt. Dies ist angemessenen, da für Todesfälle keine Prävalenzrate existiert. Die Inzidenzrate ist außerdem angemessener, wenn man den epidemiologischen Trend in vielen Krankheitsbildern berücksichtigt und reflektiert den Erfolg von Gesundheitsinterventionen schneller als ein Prävalenz-basierter Ansatz.	WHO Bulletin OMS. Vol 72 1994	+	Verwendung von Inzidenzzahlen erhält die interne Konsistenz der DALY-Berechnung und ist auch vorteilhaft für epidemiologische Trendanalysen und damit die vorausschauende Planung im Gesundheitssystem.	Nein
9	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALY-Ansatz verfolgt 4 Hauptverwendungszwecke: (1) Information für die Priorisierung von Gesundheitsdiensten für das Heilen und Vermeiden von Krankheiten, (2) Identifizierung von Lücken in der Gesundheitsforschung, (3) Identifizierung von benachteiligten Patiengruppen und geeigneten Interventionen und (4) Entwicklung eines vergleichbaren Maßes zur Messung der Resultate von Gesund-	Murray (1994)	+	Diese Zwecke sind vorteilhaft im Sinne einer evidenzbasierten, vorausschauenden und dem Fairnessprinzip verbundenen Gesundheitspolitik.	Ja

Num- mer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurtei- lungsperspek- tive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), nega- tiv (-) oder wert- neutral (⚡) zu bewerten aus Sicht ihrer An- wendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomi- sche Bewertung bzw. Monetarisierung?
			heitsinvestitionen, Programmen und Sektorevaluierungen sowie für die allgemeine Gesundheitsplanung.				



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
10	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALYs sind nicht aus der Luft gegriffen: sie bauen auf vorherigen Methoden und Theorien auf, z.B. dem Vorschlag von Sullivan zur Entwicklung eines zusammengesetzten Index zur Mortalität und Morbidität.	Murray (1994)	+	DALYs beruhen auf einer breiten theoretischen Forschungsbasis in der Gesundheitsökonomie evidenzbasierte Metriken zur Entscheidungsfindung heranzuziehen. Es handelt sich also nicht um eine marginale Theorie und Anwendung. Vorteilhaft auch insbesondere dann, wenn ein aggregiertes Maß gewünscht ist.	Nein
11	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode macht die subjektiven Entscheidungen und Annahmen explizit und transparent, die in die sonst implizit stattfindende vergleichende Gewichtung verschiedener Gesundheitsresultate seitens der Versicherungen und des staatlichen Gesundheitssystems hineinfließen. Sie regt damit auch zur öffentlichen Debatte über diese Annahmen und Entscheidungen an und macht sie vielleicht sogar erst	Murray (1994)	+	Dies ist wichtig für die Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Legitimität der Methode und Ergebnisse.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			möglich.				
12	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALY klärt die des Öfteren durch Unklarheit charakterisierte Begriffsbildung zur Messung der durch vorzeitigen Tod verlorenen Lebensjahre: mindestens vier methodische Ansätze existieren, (i) potential years of life lost, (ii) period expected years of life lost, (iii) cohort expected years of life lost und (iv) standard expected years of life lost.	Murray (1994)	+	Steigert die theoretische Legitimation, die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Methode und ihrer Ergebnisse.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
13	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die DALY-Methode hat das Potenzial, die Art und Weise, wie wir die Krankheitslast und Mortalität messen, Interventionen auswählen und Erfolg oder Mißerfolg bewerten, zu revolutionieren.	Foege (1994)	+	Die DALY-Methode hat sich zu einer der am häufigsten verwendeten Methoden zur Messung der Krankheitslast entwickelt, auch wenn die an anderer Stelle genannten Kritikpunkte in Betracht gezogen werden müssen.	Ja
14	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALYs sind ein Zeitmaß, das den vorzeitigen Verlust an Lebenszeit in Jahren angibt. Sie sind die Summe aus YLL und YLD.	Murray (1994)	+	Durch die Wahl eines Zeitmaßes kann neben der Mortalität auch (i) zwischen dem Verlust eines Lebens in jungen vs. älteren Jahren als auch (ii) die Dauer von Gesundheitsbeeinträchtigungen gemessen werden. Insgesamt wird dadurch die gesamte Krankheitslast einer Bevölkerung vollständiger erfasst.	Nein
15	DALY-Methode	Ethisch	die DALY-Methode beruht nicht auf einem einheitlichen, auf Konsens basierendem ethischen Fundament	Murray (1994)	-	Diese Kritik kann die Akzeptanz der Methode reduzieren.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
16	DALY-Methode	Ethisch	Alle Gesundheitsstadien, die zu einer Minderung des sozialen Wohlbefindens führen, sollte in den DALYs enthalten sein.	Murray (1994)	±	Für die Berechnung der EBD in Deutschland, würden nicht alle Gesundheitszustände in Betracht gezogen werden. Dieser Kritikpunkt bezieht sich also vorrangig auf die gesamte Krankheitslast.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
17	DALY-Methode	Ethisch	DALYs sind nicht das beste Maß für die Gesundheitskomponente sozialen Wohlbefindens und die Entwickler stellen auch keine derartigen Ansprüche. Das heißt, Maximierung der DALYs unter Berücksichtigung eines finiten Ressourcenbudgets ist nicht gleichzusetzen mit der Maximierung der Gesundheitskomponente sozialen Wohlbefindens.	Murray (1994)	±	Hier steht der Verwendungszweck der DALYs im Mittelpunkt: nachteilig wäre ihre Verwendung zur Optimierung des auf die Gesundheit zurückzuführenden Wohlbefindens, vorteilhaft ist dagegen ihrer Verwendung in internationalen Vergleichen und der Ermittlung der Lücke zwischen voller Gesundheit und unvollständiger Gesundheit einer Bevölkerung nach Krankheit, Stressor, Alter, Geschlecht, etc.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
18	DALY-Methode	Ethisch	Die Charakteristiken eines Individuums, welches von einer Krankheit, Verletzung oder Tod betroffen ist, soll nur Alter und Geschlecht beinhalten.	Murray (1994)	±	Dies reflektiert den Anspruch der Gleichwertigkeit von Menschenleben, auch wenn unter ökonomischen Überlegungen dagegen argumentiert werden kann	Nein
19	DALY-Methode	Ethisch	DALY-Methode ist superior zu alternativen Maßen, wie beispielsweise den Potential Life Years Lost (PYLL), weil DALYs auch die Jahre, die mit einer Gesundheitsbeeinträchtigung gelebt werden mit berücksichtigt und daher fairer und vollständiger ist.	Murray (1994)	±	Das trifft zu, muß aber auch im Zusammenhang mit den dadurch notwendigen Annahmen gesehen werden.	Nein
20	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Design und Nutzung der DALYs führt zu systematischer Unterschätzung von vernachlässigten tropischen Krankheiten (NTD)	King & Bertino (2008)	±	Tropische Krankheiten sind in Deutschland von geringer Bedeutung.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
21	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Viele der häufigsten Krankheitsbilder von vernachlässigten tropischen Krankheiten (NTD) werden von der Berechnung bewusst ausgeschlossen, weil sie schwer auf die verursachende Krankheit zurückzuführen sind (attributable fraction ist schwer zu berechnen)	King & Bertino (2008)	±	Tropische Krankheiten sind in Deutschland von geringer Bedeutung.	Nein
22	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die kumulative Auswirkung von Krankheiten mit geringfügiger chronischer Beeinträchtigung ist nicht vollständig erfasst	Mathers, Ezzati M & Lopez AD (2007), Cohen (2000)	-	Da chronische Krankheiten in Deutschland einen signifikanten Anteil an der gesamten Krankheitslast darstellen, ist dies ein ernstzunehmender Kritikpunkt.	Nein
23	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Ein Kernproblem in der DALY-Methode ist die Verwendung von Krankheitskategorien, welche etiologische und undifferenzierte Syndrome als separate Krankheitskategorien klassifiziert.	King & Bertino (2008)	-	Dies ist auch im deutschen Kontext von Bedeutung.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (◊) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
24	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD) ist nicht geeignet, vermeidbare Ursachen von Krankheiten zu definieren und klassifizieren.	King & Bertino (2008)	-	Dies ist auch im deutschen Kontext relevant.	Nein
25	DALY-Methode	Wissenschaftlich	DALY ist als nutzenbasierte Metrik nicht wirksam, da das Maß lineare Veränderung im Kosten-Nutzen-Verhältnis annimmt, welche generell nicht realistisch sind (z.B. sind die Nutzenwerte für Geringverdienende oft höher als für andere Einkommensgruppen).	King & Bertino (2008), Cohen (2000)	-	Die Annahme einer linearen Kosten-Nutzen-Funktion ist auch im deutschen Kontext kritisch zu sehen und im Einzelfall zu prüfen.	Ja
26	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die Schätzung der Lebensjahre, die durchschnittlich mit einer bestimmten Behinderung gelebt werden, ist komplex und mit Unsicherheiten behaftet.	Mathers (2005)	-	Dies ist auch im deutschen Kontext von Bedeutung.	Nein



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
27	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Die DALYs stützen sich nicht auf die sehr breitangelegte Definition von Gesundheit seitens der WHO als "Zustand kompletten Wohlbefindens, einschließlich körperlicher, geistiger, sozialer und ökonomischer Faktoren".	Bickenbach (2008)	±	Dieser Kritikpunkt betrifft die fundamentale Basis der DALY-Berechnung und muß daher auch im Zusammenhang mit dem beabsichtigten Verwendungszweck gesehen werden.	Nein
28	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Überbevölkerung als ein Risikofaktor zur Überschreitung ökologischer Schwellenwerte, wird aber nicht als solcher in der GBD und der DALY-Berechnung berücksichtigt.	Cohen (2000)	±	Spielt im deutschen Kontext eine eher untergeordnete Rolle.	Nein
29	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Anwendung der DALY-Methode zur vorausschauenden Berechnung der Krankheitslast hängt stark von den Annahmen ab, die zur Modellierung verwendet werden, viele davon sind mit großen Unsicherheiten belastet und ignorieren beispielsweise die ökologische Tragfähigkeit der Erde.	Cohen (2000)	-	Dies ist im deutschen Kontext von Bedeutung, da davon ausgegangen wird, dass vorausschauende, akkurate Modellierung mittels der DALYs ein Anliegen effektiver Gesundheitspolitik in Deutschland ist und daher verlässlicher, robuster und akkurater Modelle bedarf.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
30	DALY-Methode	Wissenschaftlich	Nationale und auch regionale Schätzungen der DALYs mittels der GBD können lokale Variationen überschatten.	Cohen (2000)	±	Auch für den deutschen Kontext bedarf es genauer nationaler und sub-nationaler Daten, auf deren Grundlage, die DALYs für Deutschland berechnet werden können. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Datenbasis und -qualität sich in der Zukunft weiter verbessern werden.	Nein
31	DALY-Methode	Ethisch	DALY-Entwicklung war nie gedacht, neutral oder objektiv zu sein, sondern diente von Anfang an dem Zweck der Ressourcenallokation und Bestimmung der Kosten-Effizienz.	King & Bertino (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt und muss auch im deutschen Kontext beachtet werden (siehe z.B. die Verwendung von Diskontierungsraten, geschlechtsabhängigen Lebenserwartungen und Altersgewichtung)	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
32	DALY-Methode	Ethisch	Es war von vornherein nicht vorgesehen, dass das DALY neutral oder objektiv ist. Es war immer auf die Ressourcenallokation und Bestimmung der Kosten-Effizienz ausgerichtet.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt, wenn er zu einer verzerrten Berechnung der Krankheitslast und darauf aufbauend der Missallokation von Ressourcen führt.	Ja
33	DALY-Methode	Ethisch	DALY-Berechnung im Interesse der Ressourcenallokation hat es einfach gemacht, diese wissenschaftliche Begründung als allokative Fairness zu betiteln.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt, wenn er zu einer verzerrten Berechnung der Krankheitslast und darauf aufbauend der Missallokation von Ressourcen führt.	Ja
34	DALY-Methode	Ethisch	Die Gleichsetzung von Behinderung mit einer qualitativen bzw. funktionalen Minderung der Lebensqualität durch (a) die geringere Wertschätzung eines Lebensjahres, das mit Behinderung gelebt wird (dignity objection - Einwände bzgl. der Würde) und (b) die ex-ante Reduzierung des Wertes von Personen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen (justice objection - rechtliche Ein-	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt, hängt aber auch vom geplanten Verwendungszweck ab.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (◊) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			wände) ist problematisch.				
35	DALY-Methode	Ethisch	Die potenzielle Verzerrung der Einschätzung von Gesundheitsbeeinträchtigungen aufgrund temporaler oder räumlicher Kontexte ist problematisch in der DALY-Methode: ein froher Sklave ist immer noch ein Sklave (de Toqueville)	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt, hängt aber auch vom geplanten Verwendungszweck ab.	Nein
36	DALY-Methode	Ethisch	DALYs sind auf Kosteneffizienz orientiert und nicht auf Fairness, ein Aspekt, der von der WHO anerkannt wird und die Nutzung von DALYs zur Gesundheitsplanung beeinflusst (DALYs wurden nicht im Weltgesundheitsbericht 1997 der WHO benutzt).	Cohen (2000)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt, hängt aber auch vom geplanten Verwendungszweck ab.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (⚡) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
37	DALY-Methode	Ethisch	In einer Studie zeigte sich, dass die Anwendung der für den US-Bundesstaat Oregon berechneten Rangliste von Gesundheitsinterventionen anhand von DALYs von der Bevölkerung abgelehnt wurde. Anscheinend gewichtete die Bevölkerung die Rettung eines Lebens höher als die Verteilung der äquivalenten Behinderungen über mehrere Personen.	Cohen (2000)	-	Dies ist ein relevanter Kritikpunkt, der darauf hindeutet, dass die auf DALYs beruhenden Ranglisten von Interventionen nicht zwingend die Prioritäten der Bevölkerung widerspiegeln.	Ja
38	DALY-Methode	Ethisch	Die DALYs sollen die Gesundheitsmaximierung, d.h., die wirtschaftliche Investition basierend auf höchstem Kosten-Nutzen-Profil, ermöglichen.	Cohen (2000)	⚡	Obwohl dieses Ziel in vielen Fällen erwünscht ist, ergeben sich durch die Annahmen und Entscheidungen, die in der DALY-Berechnung getroffen werden Unsicherheiten im Kosten-Nutzen-Profil.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
39	DALY-Methode	Ethisch	Die Allokation von Ressourcen zur Minderung oder Vermeidung eines umweltbedingten oder gesundheitlichen Risikofaktors ist nur dann möglich, wenn er Teil der DALY-Berechnung ist.	Cohen (2000)	-	Dies ist insofern relevant für den deutschen Kontext, als das (a) seltene oder nicht vorhandene Krankheiten ausgeschlossen werden können und (b) eine Liste der relevanten Umweltstressoren für die EBD-Berechnung erstellt werden kann. Wenn die entsprechende Kategorie in der ICD jedoch nicht vorhanden ist, dann führt dies zum ungewollten Ausschluß aus der Berechnung.	Ja
40	DALY-Methode	Ethisch	Die DALY-Methode kann keine rationale Basis zur Bekämpfung von Armut liefern, da Armut nur indirekt durch daraus resultierende Risikofaktoren (Unterernährung, mangelnder Zugang zu sauberem Trinkwasser und Hygiene, etc.) berücksichtigt wurde.	Cohen (2000)	±	Dieser Kritikpunkt ist berechtigt aber für Deutschland von untergeordneter Bedeutung.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (⚡) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
41	DALY-Methode	Ethisch	Die DALY-Methode beruht nicht auf einem einheitlichen, auf Konsensus basierenden ethischen Fundament.	Murray (1994)	-	Die Relevanz dieses Kritikpunktes hängt von der in Deutschland vorherrschenden Meinungspluralität bzw. -konsensus ab.	Nein
42	DALY-Methode	Ethisch	Die Allokation von Ressourcen mit dem alleinigen Ziel der aggregierten DALY-Minimierung ethisch und moralisch angreifbar.	Anand & Hanson (1996)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt.	Ja
43	DALY-Methode	Ethisch	Die von den Entwicklern der DALY zugrunde gelegten Annahmen für die Entwicklung des Konzepts sehen DALYs auch als leitende Metrik für die Allokation von Ressourcen für die Forschung vor. Diese Grundlage hat eine implizite ethische Dimension und widerspricht zum Teil der Forschungsfreiheit sowie dem Mangel an Information, welche Krankheiten in der Zukunft eine bedeutende Rolle spielen werden.	Anand & Hanson (1996)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
44	DALY-Methode	Ethisch	Trotz anfänglich weniger konkret formulierter Zielsetzung sind die DALYs de facto ein Mittel zur normativen Planung und Evaluierung von gesundheitlichen Interventionen geworden (z.B. ob es eine Notwendigkeit oder ein Luxus ist Gelder und Investitionen für eine bestimmte Krankheit bereitzustellen)	King & Bertino (2008)	±	Wenn die DALYs zu diesem Zweck verwendet werden, ist der Kritikpunkt relevant und gerechtfertigt. Somit hängt seine Relevanz vom geplanten Verwendungszweck ab.	Ja
45	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Die internationale statistische Klassifikation der Krankheiten (ICD), die die GBD zur Auswahl der Krankheiten/Gesundheitszustände und assoziierter DWs verwendet, ist ein Klassifikationsinstrument, das dem Zweck dient, Daten und Informationen einheitlich auf allen Ebenen einschließlich von Umweltfaktoren zu sammeln, zu kodifizieren und zu analysieren.	Bickenbach (2008)	±	Die Harmonisierung, die durch die Verwendung der ICD erreicht wird, ist wünschenswert, muss aber auch als potenzieller Nachteil gesehen werden, da sie monokausal ist und damit problematisch für die Berechnung der EBD ist.	Nein



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
46	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	2008 GBD Revision erkennt den Unterschied zwischen Kapazität (Gesundheitsstatus) und Leistungsfähigkeit (kontextspezifisch) an und sagt: "The GBD Study conceptualizes "loss of health" as decrements in capacity in health domains". Dadurch ist es möglich, DWs als kardinale (0 bis 1) Gewichte für gesundheitliche Dekremente zu bestimmen, d.h., als kontextunabhängige Komponenten von Behinderung.	Bickenbach (2008)	-	Diese Rechtfertigung der Berechnung der DWs stellt sich in näherer Betrachtung aber immer noch als potenzieller Kritikpunkt (Nachteil) dar, denn für weitere gesundheitsökonomische Analysen ist auch die Betrachtung der Leistungsfähigkeit relevant.	Nein
47	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Der Fachbegriff Behinderung wurde im Rahmen der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) ausgewählt, da Handicap zu sehr im sozio-ökonomischen und kulturellen Kontext zu sehen ist und dadurch vorhandene Ungleichheiten (inequalities) weiter verstärken würde.	Cohen (2000)	±	Dies reduziert zwar die Kritik an der zur inhaltlichen Berücksichtigung von Kontext, resultiert aber dennoch nicht in völlig kontextfreien Urteilen über die tatsächliche Krankheitslast (z.B. in der weiteren begrifflichen Unterscheidung zwischen Behinderung (disability) und Beeinträchtigung (impairment)).	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
48	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Die neuerliche Unterscheidung zwischen Beeinträchtigung (impairment), welches medizinischen Versorgungsbedarf misst, und Behinderung (disability), welche auch durch soziale, gesellschaftlich verursachte Barrieren beeinflusst wird und damit die DWs beeinflusst.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt.	Nein
49	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	DALY's erleichtern es Personen mit gesundheitlichen Behinderungen, ein Recht auf medizinische Versorgung zu formulieren/argumentieren.	Bickenbach (2008)	+	Die vergleichbare Stärke/Schwäche der Behinderung hängt aber auch von der Methodik ab, die zur Bestimmung der DWs verwendet wird.	Nein
50	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Das DALY-Konzept unterstützt das neue und akzeptierte Modell der WHO der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), welches Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnehmerrestriktionen (participation restrictions) verwendet.	Bickenbach (2008)	+	Somit bleiben die DALYs international anerkannten Konventionen getreu, welches ihre Akzeptanz steigert.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
51	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Kennzeichnend für die ICF ist die Anerkennung, dass Gesundheitszustand und Behinderung nicht das Gleiche sind und Letztere auch vom jeweilig erlebten Kontext abhängt (z.B. sozio-ökonomischer Status, Ort, Zeitpunkt, Infrastruktur, gesellschaftliche Normen und Werte)	Bickenbach (2008)	±	Dies reduziert zwar die Kritik zur mangelnden Berücksichtigung kontextueller Aspekte, resultiert aber dennoch nicht in völlig kontextfreien Urteilen über die tatsächliche Krankheitslast (z.B. in der weiteren begrifflichen Unterscheidung zwischen Behinderung (disability) und Beeinträchtigung (impairment)).	Nein
52	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Durch die erzwungene Vermeidung der mehrfachen Zählung verlorener Lebensjahre werden Komorbiditäten übersehen, obwohl sie beispielsweise bei vernachlässigten tropischen Krankheiten (NTD) sehr häufig sind.	King & Bertino (2008)	-	Das zitierte Beispiel bezieht sich auf NTDs, der Kritikpunkt trifft aber auch auf andere Krankheiten zu, insbesondere im Bereich der EBD.	Nein
53	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Die Berechnung der DWs führt zu Verzerrungen (Untergewichtung) chronischer aber nicht lebensbedrohlicher Einschränkungen.	King & Bertino (2008)	-	Dieser Kritikpunkt ist auch im deutschen EBD-Kontext sehr relevant.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
54	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Verwendung von Expertenwissen im Gegensatz zum Wissen der Betroffenen unterschätzt die tatsächliche gesundheitliche Behinderung durch vernachlässigte tropische Krankheiten (NTD).	King & Bertino (2008)	±	Dieser berechnete Kritikpunkt trifft im deutschen Kontext auf relativ geringe Relevanz aufgrund der geringen Inzidenz von NTDs.	Nein
55	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Überarbeitung der ICF führte zur gemeinsamen Betrachtung von gesundheitlichen Einschränkungen (impairments), Aktivitätsbegrenzungen (activity limitations) und Teilnahmenrestriktionen (participation restrictions) als Behinderung	Bickenbach (2008)	+	Durch ihre Nutzung der ICF bleibt die DALY-Methode damit weiterhin international anerkannten Konventionen getreu, welches ihre Akzeptanz steigert.	Nein
56	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Wissenschaftlich	Global einheitliche Bewertung ("like as like" Ansatz) maskiert stark variierende lokale Kontexte wie Armut und Gesundheitsinfrastruktur in der Bestimmung der DWs.	King & Bertino (2008), Cohen (2000)		Auch wenn die DALYs sich auf Behinderung und nicht den stärker kontextabhängigen Begriff Handicap beziehen, spielen externe Faktoren dennoch eine Rolle, auch im deutschen Kontext.	Nein
57	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Es herrscht noch Unklarheit darüber was das D in DALYs bedeutet, d.h., wie es definiert ist.	Bickenbach (2008)		Dieser Kritikpunkt ist gerechtfertigt.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
58	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Behinderung beinhaltet in keinster Weise gesundheitliche Einschränkung, somit ist die Messung von Gesundheit irrelevant oder sogar beladen mit Vorurteilen für Personen mit Behinderungen. Daraus folgt außerdem, dass eine Gesundheitseinschränkung als Teil einer Behinderung nur im Lichte der Nachteile, die aus physischen, sozialen und umweltbedingten Barrieren entstehen, gesehen werden kann.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein
59	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Behinderung ist ein sozialgeschaffener Nachteil (eine Kritik, die auch in der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen/United Nations Convention for the Rights and Freedoms of Persons with Disabilities diskutiert wird).	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
60	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Rechtlich	Die Person Trade-Off (PTO) Methode zur Berechnung der Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung ist nicht vertretbar, da lokaler Kontext vernachlässigt wird.	King & Bertino (2008)	-	Der Kritikpunkt ist gerechtfertigt und hier kann sowohl methodisch also auch moralisch argumentiert werden. Kontextfragen werden zumindest durch die begriffliche Wahl reduziert, jedoch nicht ganz ausgeschlossen.	Nein
61	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Die Kosten-Nutzen-Rechnung wird durch die Anwendung von DWs verzerrt.	Bickenbach (2008)	±	Dieser Kritikpunkt ist nicht unmittelbar relevant, wenn es in erster Linie um die reine Berechnung der DALYs (für die EBD oder GBD) geht. Kosten-Nutzen-Rechnungen bauen dann erst im 2. Schritt darauf auf.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
62	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Behinderung beinhaltet in keinster Weise gesundheitliche Einschränkung, somit ist die Messung von Gesundheit irrelevant oder sogar beladen mit Vorurteilen für Personen mit Behinderungen. Daraus folgt außerdem, dass eine Gesundheitseinschränkung als Teil einer Behinderung nur im Lichte der Nachteile, die aus physischen, sozialen und umweltbedingten Barrieren resultieren, gesehen werden kann.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein
63	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	DALY-Entwickler definieren Behinderung als eine Einschränkung der gesundheitlichen Funktionalität, d.h., jede Abweichung vom optimalen Gesundheitszustand. Dies führt unbeabsichtigterweise dazu, dass alle menschlichen Aspekte einschließlich der Teilnahme am sozialen Miteinander anhand von Abweichungen vom optimalen Zustand bewertet werden.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (◊) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
64	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Das Vorhandensein einer gesundheitlichen Komponente in körperlichen/geistigen Wohlbefinden bestimmt nicht das gesamte Empfinden von Behinderung für den/die Betroffene(n).	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein
65	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Die DALY-Methode vertritt das medizinische Modell von Behinderung, welches dem sozialen Modell von Behinderung (Michael Oliver '[d]isability has nothing to do with health', Disability is socially-created disadvantage) widerspricht.	Bickenbach (2008)	-	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
66	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Die einer Behinderung zugrunde liegenden gesundheitlichen Faktoren/Krankheiten/Verletzungen sind verlässliche Prognosefaktoren für den von der Person empfunden/erlebten Grad von Behinderung.	Bickenbach (2008)	+	Dieser Kritikpunkt muss im Zusammenhang mit der Debatte zur Definition von Gesundheitszustand und Behinderung gesehen werden. Diese begriffliche und auch moralische bzw. normative Auseinandersetzung ist auch im deutschen Kontext wichtig.	Nein
67	Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad der Beeinträchtigung (DW)	Ethisch	Kontext ist bedeutsam in der Bestimmung für die DWs: Blindheit in einem Land wie Grossbritannien ist nicht so belastend wie Blindheit in Niger.	Reidpath, D. Allotey, P., Kouame A, Cummins RA (2001)	-	Die Einschränkung der DALYs auf die Abweichung vom optimalen Gesundheitszustand (Grad der Behinderung) reduziert den Einfluß von Kontext, eliminiert ihn aber noch nicht.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
68	Diskontierungsrate	Wissenschaftlich	Die Methode der Diskontierung wird häufig von Ökonomen verwendet, um den Kapitalwert zu bestimmen und ist theoretisch fundiert.	Murray et al. (1994)	±	Wenn es in erster Linie um die Berechnung der DALYs geht, ist dieser Kritikpunkt weniger relevant. Allerdings sind ökonomische Betrachtungen von Gesundheit, einschließlich Diskontierung, jedoch umstritten.	Ja
69	Diskontierungsrate	Wissenschaftlich	Verschiedene Diskontierungsraten können theoretisch in der DALY-Berechnung verwendet werden. Sensibilitätsanalysen haben verschiedene Diskontierungsraten zwischen 0-10% (0, 2.5, 5, 7.5, 10) getestet mit dem Ergebnis, dass höhere Raten die DALYs in Richtung höherer YLD verschieben und niedrigere Raten die DALYs mehr in Richtung YLL verschieben. Höhere Diskontierungsraten verschieben auch die DALY-Verteilung von Gruppe 1 (Infektionskrankheiten) hin zu Gruppe 2 (nicht-ansteckende Krankheiten),	Murray et al. (1994)	±	Wenn es in erster Linie um die Berechnung der DALYs geht, ist dieser Kritikpunkt weniger relevant. Allerdings sind ökonomische Betrachtungen von Gesundheit, einschließlich Diskontierung, jedoch umstritten.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (⚡) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			während Gruppe 3 (Unfälle) alle Altersgruppen betrifft und daher vergleichsweise stabil bleibt.				
70	Diskontierungsrate	Rechtlich	Diskontierung ist ein Konzept, welches im juristischen Sinne vertretbar ist. Die Diskontierungsrate kann auch an die jeweiligen Umstände und Präferenzen angepaßt werden (z.B. auf Null gesetzt werden)	Murray (1994)	⚡	Wenn es in erster Linie um die Berechnung der DALYs geht, ist dieser Kritikpunkt weniger relevant. Allerdings sind ökonomische Betrachtungen von Gesundheit, einschließlich Diskontierung, jedoch umstritten.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (↔) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
71	Diskontierungsrate	Wissenschaftlich	GBD Wissenschaftler bescheinigen in der DALY-Berechnung verwendeten DWs Robustheit gegenüber den getesteten Regressionsanalysen. Es scheint trotzdem, dass zumindest regionale Unterschiede in der kulturell verankerten Diskontierungsrate bestehen.	Cohen (2000)	-	Dieser Kritikpunkt muß im deutschen Kontext getestet werden.	Ja
72	Diskontierungsrate	Ethisch	Die aus der Verwendung von Diskontierungsraten entstehenden Implikationen sind unakzeptierbar.	Anand & Hanson (1996)	↔	Wenn es in erster Linie um die Berechnung der DALYs geht, ist dieser Kritikpunkt weniger relevant. Allerdings sind ökonomische Betrachtungen von Gesundheit, einschließlich Diskontierung, jedoch umstritten.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
73	Diskontierungsrate	Ethisch	Die Diskontierungsrate reflektiert die ökonomische Betrachtungsweise von Leben.	Cohen (2000)	±	Wenn es in erster Linie um die Berechnung der DALYs geht, ist dieser Kritikpunkt weniger relevant. Allerdings sind ökonomische Betrachtungen von Gesundheit, einschließlich Diskontierung, jedoch umstritten.	Ja
74	Diskontierungsrate	Ethisch	Die Bestimmung und Diskontierung des Wertes eines Lebensjahres mit Behinderung durch die Person Trade-Off Methode ist umstritten.	King & Bertino (2008)	-	Hier kann sowohl methodisch also auch moralisch argumentiert werden. Kontextfragen werden zumindest durch die begriffliche Wahl reduziert, jedoch nicht ganz ausgeschlossen.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
75	Altersgewichte	Wissenschaftlich	Altersgewichte reflektieren die Annahme, dass die Lebensphasen einer Person unterschiedlich produktiv sind, in diesem Fall, dass Personen zwischen 10 und 45 Jahren produktiver sind als Kinder und ältere Personen. Sensibilitätsanalysen haben verschiedene Gewichtungen mittels einer eingeführten Konstante K (K=1 entspricht der konventionellen DALY-Altersgewichtung, K=0 entspricht einer Gleichgewichtung der Altersgruppen). Ergebnis: Gesamt-DALYs von Männern und Frauen variieren wenig für verschiedene K-Werte, verschieben aber die Altersverteilung der DALYs. Verschiebung von K=0 zu K=1 vergrößert den Beitrag von Gruppe 1 Krankheiten in den DALYs und verringert den der Gruppe 2 Krankheiten.	Murray et al. (1994)	±	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja
76	Altersgewichte	Ethisch	Altersgewichte sind prinzipiell normativer Natur, werden aber explizit und implizit in vielen Ländern und	Murray (1994)	±	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			Kulturen angewendet.				
77	Altersgewichte	Ethisch	Der egalitäre 'Like as Like' Ansatz ist nicht auf verschiedene Länderkontexte anwendbar: beispielsweise sind die Altersgewichte für die 20-40jährigen in entwickelten Ländern am höchsten aufgrund der hohen Produktivität und des Gemeinschaftsnutzens für diese Bevölkerungsgruppe. Dies trifft nicht unbedingt auf andere Kulturen und Entwicklungsstufen zu.	King & Bertino (2008)	±	Dieser Kritikpunkt ist berechtigt, ist aber hauptsächlich dann relevant, wenn Berechnungen für Deutschland mit denen für andere Länder vergleichbar sein sollen.	Ja
78	Altersgewichte	Ethisch	Die Altersgewichtung reflektiert die Kosten, die bisher in eine Person investiert worden sind gegenüber dem durch die Person verbleibenden Nutzen für die Gesellschaft.	Cohen (2000)	±	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja
79	Altersgewichte	Ethisch	Die aus der Altersgewichtung resultierenden Implikationen sind unakzeptierbar.	Anand & Hanson (1996)	-	Diese Kritik ist berechtigt, muss aber im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
81	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Wissenschaftlich	Die Verwendung von geschlechtsspezifischen Standardlebenserwartungen reflektiert die Tatsache, dass Frauen in der Regel eine höhere statistische Lebenserwartung haben als Männer.	Murray (1994)	±	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Nein
82	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Wissenschaftlich	Orientierung an Japans Lebenserwartung (der höchsten in der Welt) dient lediglich dem Zweck, die DALYs für alle potenziell möglichen Lebensjahre zu berechnen, sowohl für YLL als auch für YLD. Falls ein anderes Land in seiner Lebenserwartung Japan überholen sollte, so würde dies in den DALY-Rechnungen beachtet werden. Gleichmaßen könnte eine theoretische, realistische Lebenserwartung angesetzt werden anstatt der empirisch belegten für Japan.	Murray (1994)	+	Dadurch können für Deutschland akzeptierbare Werte bestimmt werden.	Nein



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
83	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Ethisch	Die Wahl der Lebenserwartungen ist recht subjektiv und von statistischen Überlegungen getrieben. Dempsey forderte, dass die für eine jeweilige Kohorte übliche Durchschnittslebenserwartung bei der Geburt verwendet werden sollte. Romeder & McWhinnie schließen das erste Lebensjahr aus, um eine zu starke Beeinflussung der YPLL (potenziell verlorene Lebensjahre) durch die Säuglingssterblichkeit zu verringern.	Murray (1994)	±	Dieser Parameter muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Nein
84	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Ethisch	Die egalitäre Behandlung von Todesfällen zu einem bestimmten Alter im YPLL Ansatz ist leicht anzuwenden und sichert den gleichwertigen Beitrag zu den Gesamt-DALYs. Wenn darüberhinaus die potenzielle Lebenserwartung nahe an der erwarteten Lebenserwartung gewählt wird, dann sind die Resultate für jüngere Altersgruppen nicht weit entfernt von jenen, die aus der Anwendung der erwarteten Lebens-	Murray (1994)	±	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			erwartung hervorgehen.				
85	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Ethisch	In der DALY-Berechnung ist die Standardlebenserwartung von einer auf den produktiven Nutzen fokussierten Perspektive (utility perspective) getrieben.	King & Bertino (2008)	±	Dieser Kritikpunkt muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja
86	Geschlechtsabhängigen Standardlebenserwartung	Ethisch	Verwendung unterschiedlicher Lebenserwartungen für Männer und Frauen entspricht zwar der Realität in den meisten Staaten, ist aber ethisch problematisch durch den sich dadurch ergebenden reduzierten Wert eines Lebensjahres für Frauen.	King & Bertino (2008)	-	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
87	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Die DALY erlauben der GBD die weltweit größte Datensammlung und vergleichbare Analyse zum Gesundheitszustand von Bevölkerungen zu sein. Mehr als 10,000 individuelle Datensätze und Studien wurden für die GBD ausgewertet.	Murray (1994)	+	Die herangezogene Datenbasis ist, wenn auch nicht homogen, so doch so umfassend, dass sie der GBD (EBD) zu Glaubwürdigkeit verhelfen. Im deutschen Kontext ist es jedoch wichtig, die für Deutschland relevanten Daten zu erfassen.	Nein
88	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Die verwendeten Methoden haben einen hohen Grad an Einheitlichkeit sowie wissenschaftlichem Niveau.	Murray (1994)	±	Dies ist ein Vorteil. Die Methodik verliert dadurch aber unter Umständen an Aussagekraft für lokal spezifische Kontexte.	Nein
89	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Die Methoden werden beständig weiter entwickelt.	Murray (1994)	±	Sichert hohe wissenschaftliche Glaubwürdigkeit, führt aber auch dazu, dass vorherige Berechnungen nicht unmittelbar vergleichbar sind.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
90	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Die Ergebnisse der DALY-Berechnung in der GBD durchlaufen extensive Gutachterprozesse und wurden mehrfach nachgebessert.	Murray (1994)	+	Unabhängige Gutachterprozesse bieten eine unabhängige Qualitätskontrolle für die GBD (EBD) Berechnungen.	Nein
91	Datenqualität und -vollständigkeit	Rechtlich	Das Risiko der Identifikation einzelner Personen bzw. des nicht-sachgemäßen Umgangs mit epidemiologischen und medizinischen Daten ist sehr gering. Die Datenbanken der GBD beruhen i.d.R. nicht auf personen level Daten, sondern aggregierten Daten.	Murray (1994)	+	Dies ist auch im deutschen Datenschutz von Vorteil. Es müssen besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden, wenn personen-spezifische Datensätze verwendet werden (z.B. Krebsregister, Patientendaten).	Nein
92	Datenqualität und -vollständigkeit	Ethisch	Die GBD erlaubt eine ansonsten unmögliche vergleichende Betrachtung der Krankheitslast der Bevölkerung. Wenn auch nicht perfekt, so ist sie dennoch ethisch gerechtfertigt, wenn dadurch auf sehr hohem Niveau und auf objektive Art und Weise Mittel bereitgestellt und verteilt werden können, um den Betroffenen zu helfen. Die Ent-	Murray (1994)	+	Objektivität und Vergleichbarkeit sind wichtige Ziele einer EBD-Berechnung in Deutschland.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			scheidungskriterien sollten jedoch von der GBD unabhängig sein und müssen daher getrennt beurteilt werden.				
93	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Bevölkerungsstudien zu Krankheiten mit geringen gesundheitlichen Einschränkungen leiden unter zu kleinen Stichproben, um Effekte statistisch akkurat zu erfassen.	King & Bertino (2008)	-	Der Kritikpunkt ist gerechtfertigt. Seine Relevanz hängt von der Liste der ausgewählten Krankheiten ab, für die die DALYs berechnet werden sollen.	Nein
94	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Für vernachlässigte tropische Krankheiten (NTDs) ist es schwierig, das relative Risiko einzelner Krankheitsverursacher zu identifizieren, da oftmals multiple pathogene Infektionen vorliegen und die epidemiologischen Studien nicht gross bzw. detailliert genug sind. Es ist auch wichtig und in der DALY-Be-	King & Bertino (2008)	±	Obwohl berechtigt, trifft zumindest der Hinweis auf NTDs nur begrenzt auf Deutschland zu. Die Relevanz des Problems muss je nach Krankheit aber geprüft werden.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
			rechnung nicht berücksichtigt, additive und synergistische Effekte multipler NTDs zu messen.				
95	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Daten zur Ursache von Mortalität sind unvollständig und nicht von Land zu Land vergleichbar und führen insbesondere zu einer Unterschätzung der Krankheitslast in Entwicklungsländern.	King & Bertino (2008)	±	Im deutschen Kontext von untergeordneter Bedeutung.	Nein
96	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Mehrzahl der Datensätze sind für Krankheiten der Gruppe I (ansteckende Krankheiten, ernährungsbedingte Krankheiten, Kinderkrankheiten sowie Komplikationen während und nach der Schwangerschaft) und nicht für Gruppe II (nicht-ansteckende Krankheiten) und Gruppe III (Verletzungen und sonstiges)	Mathers (2005)	±	Die Datenlage muss im Einzelfall geprüft werden.	Nein

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
97	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Es besteht das Problem der Nutzung regionaler Daten bzw. Durchschnitte oder Quotienten für YLD und YLL für Länder mit unzureichenden oder gänzlich fehlenden Daten.	Mathers (2005)	±	Dies trifft weniger auf den deutschen Kontext zu.	Nein
98	Datenqualität und -vollständigkeit	Wissenschaftlich	Es herrscht ein Mangel an qualitativ hochwertigen Datensätzen zu den Krankheiten in Gruppe II (nicht-ansteckende Krankheiten) auch in Industrienationen (z.B. zu Erkrankungen der Atemwege, des Herzkreislaufsystems und des muskuloskeletalen Systems).	Mathers (2005)	-	Die Datenlage muss im Einzelfall geprüft werden.	Nein
99	Datenqualität und -vollständigkeit	Ethisch	Entwickler der DALY-Methode unterscheiden nicht zwischen Berechnung der Krankheitslast einer Bevölkerung und der Allokation von Ressourcen. Die Informationsbedürfnisse für beide Aspekte sind sehr unterschiedlich.	Anand & Hanson (1996)	-	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja

Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (↔) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
100	Nutzung der DALYs zur Ressourcenallokation oder als Politikinstrument	Rechtlich	Die Nutzung von DALYs zur Bestimmung von Ressourcenallokation ist intrinsisch normativ und kann daher nur in Einklang mit der jeweiligen Rechtssituation (z.B. hinsichtlich der unterschiedlichen Bewertung von Alter und Geschlecht), des bestehenden sozialen Weltbildes und moralischer Normen entschieden werden.	Anand & Hanson (1996)	-	Diese Annahme muss im deutschen Kontext diskutiert werden.	Ja
101	Nutzung der DALYs zur Ressourcenallokation oder als Politikinstrument	Ethisch	GBD kann keine rationale Basis zur Bekämpfung von Armut liefern, da Armut nur indirekt durch daraus resultierende Risikofaktoren (Unterernährung, mangelnder Zugang zu sauberem Trinkwasser und Hygiene, etc.) berücksichtigt wurde.	Cohen (2000)	↔	Dieser Kritikpunkt ist berechtigt aber für Deutschland von untergeordneter Bedeutung.	Ja



Nummer	Berechnung bzw. Beurteilung der ...	Beurteilungsperspektive	Identifizierte Kritikpunkte aus Sicht der Autoren	Quelle der Kritik	Ist diese Kritik positiv (+), negativ (-) oder wertneutral (±) zu bewerten aus Sicht ihrer Anwendung in Deutschland?	Warum ist es positiv, negativ oder wertneutral?	Kritik relevant für die ökonomische Bewertung bzw. Monetarisierung?
102	Nutzung der DALYs zur Ressourcenallokation oder als Politikinstrument	Ethisch	Die Allokation von Ressourcen zur Bekämpfung eines Risikofaktors nur dann, wenn er Teil der GBD ist.	Cohen (2000)	-	Dies ist insofern relevant für den deutschen Kontext, als das (a) seltene oder nicht vorhandene Krankheiten ausgeschlossen werden können und (b) eine Liste der relevanten Umweltstressoren für die EBD-Berechnung erstellt werden kann. Wenn die entsprechende Kategorie in der ICD jedoch nicht vorhanden ist, dann führt dies zum ungewollten Ausschluß aus der Berechnung.	Ja

## 12. Appendix 3 – Weitere Statistische Daten und Effektschätzungen

Todesursachen in Deutschland (Destatis):

Anzahl der Gestorbenen nach Kapiteln der ICD10				
Kapitel	Insgesamt	2011	2010	2009
		Anzahl		
Alle Kapitel	Insgesamt	852.328	858.768	854.544
I	Bestimmte infektiöse und parasitäre Krankheiten	16.683	15.396	15.496
II	Neubildungen	228.22	225.141	222.153
III	Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe sowie bestimmte Störungen mit Beteiligung des Immunsystems	2.683	2.588	2.442
IV	Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten	29.822	29.233	28.137
V	Psychische und Verhaltensstörungen	27.113	25.079	22.592
VI	Krankheiten des Nervensystems	22.706	21.85	20.825
VII	Krankheiten des Auges und der Augenanhangsgebilde	3	4	2
VIII	Krankheiten des Ohres und des Warzenfortsatzes	22	14	8
IX	Krankheiten des Kreislaufsystems	342.233	352.689	356.462
X	Krankheiten des Atmungssystems	60.019	60.515	63.304
XI	Krankheiten des Verdauungssystems	40.507	42.684	42.288
XII	Krankheiten der Haut und der Unterhaut	1.161	1.141	1.03
XIII	Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes	3.056	2.937	2.662
XIV	Krankheiten des Urogenitalsystems	19.667	19.768	18.834
XV	Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett	32	37	35
XVI	Bestimmte Zustände, die ihren Ursprung in der Perinatalperiode haben	1.244	1.192	1.175
XVII	Angeborene Fehlbildungen, Deformitäten und Chromosomenanomalien	1.619	1.572	1.563
XVIII	Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind	22.55	23.616	23.704
XIX	Verletzungen, Vergiftungen und bestimmte andere Folgen äußerer Ursachen	32.988	33.312	31.832

Quelle: Statistisches Bundesamt, online unter

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/GestorbeneAnzahl.html> (letzter Zugang 8.6.2014).

## Liste wichtiger statistischer Datenquellen (VegAS Projekt):

Tabelle 2: Überblick über verschiedene Gesundheitsdatenquellen

Gesundheitsendpunkt	Epidemiologische Kenngröße	Quelle
Todesursachen (ICD-10-Klassifikation)	Mortalität	Todesursachenstatistik Deutschland, 2007 bis 2009. Statistisches Bundesamt (Statistisches Bundesamt 2008; 2009b; 2010a).
Verschiedene Krebslokalisationen	Mortalität, Inzidenz	Robert Koch-Institut, (RKI 2010a) Datenbank: Krebsinzidenz und -mortalität in Deutschland.
	5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeiten	Robert Koch-Institut, (RKI 2010a), Bericht: Verbreitung von Krebserkrankungen in Deutschland.
	Mortalität, Inzidenz	Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GEKID). <sup>15</sup>
	Mortalität, Inzidenz, Überlebenswahrscheinlichkeit, etc.	Deutsches Kinderkrebsregister an der Universität Mainz (Deutsches Kinderkrebsregister 2009), Jahresbericht.
	Mortalität, Inzidenz, 5-Jahres-Prävalenz	GLOBOCAN (Global Cancer Statistics)-Project, IARC. <sup>16</sup>
Herzinfarkt	Anzahl Herzinfarktereignisse, Infarktrate, Letalität	Herzinfarktregister der Kooperativen Gesundheitsforschung in der Region Augsburg, KORA (Helmholtz Zentrum München 2012).
Atemwegserkrankungen / akute Infektionen / Allergien bei Kindern	Prävalenz von Asthma bronchiale, Heuschnupfen, Mittelohrentzündungen	Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) der Robert Koch-Instituts. <sup>17</sup>
Schlaganfall	Anzahl der Schlaganfallereignisse, Ereignisrate, Sterblichkeit	Erlanger Schlaganfall Register, Forschungsunit Public Health, Interdisziplinäres Zentrum für <i>Public Health</i> (IZPH) der Universität Erlangen-Nürnberg (Erlanger Schlaganfall Register 2009).
Chronische Erkrankungen bei Erwachsenen	Prävalenzen (z. B. Asthma bronchiale)	Gesundheit in Deutschland aktuell (GEDA), Survey des Robert Koch-Instituts (RKI 2011).
Neonatale Gesundheit	Geringes Geburtsgewicht (Fallzahl Neugeborener mit niedrigem Geburtsgewicht)	Diagnosestatistik der Krankenhäuser in Deutschland (Gesundheitsberichterstattung des Bundes). <sup>18</sup>

Effektschätzungen zu den wichtigsten Gesundheitsendpunkten resultierend aus der Exposition zu Luftschadstoffen im Straßenverkehr (REVIHAAP):

Table 7. Cohort studies with multipollutant models for NO<sub>2</sub> and a particle measure and mortality risk

Author(s), publication (year) and location	Study design, population size and age, and study year	Pollutants and mean exposure for NO <sub>2</sub> (averaging time is for date range given)	Outcome measure(s)	Effect estimates (95% CI)	Remarks
Cesaroni et al. (2013) Italy	Registry cohort study 1 265 058 adults 30 years and older Follow-up: 2001–2010	Annual averages at address, for NO <sub>2</sub> estimated with LUR model, for PM <sub>2.5</sub> with dispersion model; distance to traffic, traffic intensity Mean NO <sub>2</sub> exposure at address: 43.6 µg/m <sup>3</sup> IQR: 38.5–49.2 µg/m <sup>3</sup> Mean PM <sub>2.5</sub> exposure: 23.0 µg/m <sup>3</sup> IQR: 20.3–26.0 µg/m <sup>3</sup>	Nonaccidental mortality, mortality from CVD, cerebrovascular disease, respiratory disease and lung cancer Overall: 144 441 deaths	Single-pollutant models: For nonaccidental mortality: HR: 1.03 (95% CI: 1.02–1.04) per IQR of NO <sub>2</sub> HR: 1.02 (95% CI: 1.02–1.03) per IQR of PM <sub>2.5</sub> For CVD mortality: HR: 1.03 (95% CI: 1.02–1.04) per IQR of NO <sub>2</sub> HR: 1.04 (95% CI: 1.03–1.05) per IQR of PM <sub>2.5</sub> For respiratory mortality: HR: 1.03 (95% CI: 1.00–1.06) per IQR of NO <sub>2</sub> HR: 1.01 (95% CI: 0.99–1.05) per IQR of PM <sub>2.5</sub> For lung cancer mortality: HR: 1.04 (95% CI: 1.02–1.07) per IQR of NO <sub>2</sub> HR: 1.03 (95% CI: 1.01–1.06) per IQR of PM <sub>2.5</sub>	High correlation between NO <sub>2</sub> and PM <sub>2.5</sub> exposures (0.79). In two-pollutant models NO <sub>2</sub> with PM <sub>2.5</sub> , per 10 µg NO <sub>2</sub> /µm <sup>3</sup> : HR: 1.02 (95% CI: 1.01–1.03), per 10 µg/m <sup>3</sup> of PM <sub>2.5</sub> HR = 1.01 (95% CI: 0.99–1.02) No data for smoking, but authors assume no impact because of information from a subset of the cohort. Estimated associations with NO <sub>2</sub> and PM <sub>2.5</sub> were similar or slightly stronger for all outcomes when adjusted for pre-existent diabetes, hypertension and COPD (no adjusting for COPD in analyses of respiratory mortality).
Jerrett et al. (2011) United States	Cohort study 76 343 adults 30 years and older, and who were members of households with at least one individual 45 years of age or more. Follow-up: 1982–2000	Individual ozone, NO <sub>2</sub> (years 1988–2002), PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> (years 1998–2002) at address estimated with IDW interpolation, LUR and BME interpolation of LUR residuals. Mean individual NO <sub>2</sub> -exposure modelled with LUR: 23.1 SD: 16 µg/m <sup>3</sup> , 95th% percentile: 32.1 µg/m <sup>3</sup> , Max.: 41.2 µg/m <sup>3</sup> .	Total mortality, mortality from CVD, IHD, respiratory disease and lung cancer Overall: 20 432 deaths	Per IQR of PM <sub>2.5</sub> (5.35 µg /m <sup>3</sup> ): HR for all-cause mortality: 1.04 HR for CVD mortality: 1.08 HR for IHD mortality: 1.14 Per IQR of NO <sub>2</sub> (7.7 µg /m <sup>3</sup> ): HR for all-cause mortality: 1.03–1.05 (range of different models estimates) HR for CVD mortality: 1.07–1.08 HR for IHD mortality: 1.12–1.13 HR for lung cancer: 1.10–1.17 (in Jerrett et al. (2011):74 (Table 36), 94, 116, 117).	In two-pollutant models of NO <sub>2</sub> with PM <sub>2.5</sub> , both pollutants had significantly elevated effects on mortality from CVD and IHD, additionally NO <sub>2</sub> effects on all cause and lung cancer mortality remained significantly elevated. Effect estimates for multipollutant results not given. Correlation of NO <sub>2</sub> LUR and PM <sub>2.5</sub> was between 0.35 and 0.55.



Author(s), publication (year) and location	Study design, population size and age, and study year	Pollutants and mean exposure for NO <sub>2</sub> (averaging time is for date range given)	Outcome measure(s)	Effect estimates (95% CI)	Remarks
Gan et al. (2011) Canada	Cohort study 418 826 adults 45–85 years old free of CVD at study start, living in Vancouver Exposure period: 1994–1998	LUR for zip code address for black carbon, PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> , NO Exposure period: 1994–1998 Median exposure: 30.6 µg/m <sup>3</sup> IQR: 8.4 µg/m <sup>3</sup> .	Risk of hospitalization and death from CHD in follow-up period 1999–2002	Single-pollutant model: RR: 1.04 (95% CI: 1.01–1.08) for CHD mortality per IQR (8.4 µg/m <sup>3</sup> ) of NO <sub>2</sub> Three-pollutant model after adjusting for black carbon and PM <sub>2.5</sub> : RR 1.03 (95% CI: 0.99–1.07) of NO <sub>2</sub>	Best predictor for CHD mortality was black carbon (per IQR, RR: 1.06 (95% CI: 1.03–1.09)). No effect of PM <sub>2.5</sub> . NO <sub>2</sub> correlated with black carbon with 0.39; NO <sub>2</sub> correlated with PM <sub>2.5</sub> with 0.47.
Hart et al. (2011) United States	Cohort study 53 814 men from trucking industry, 42 years old at baseline 1985	Annual average of PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> for 1985–2000, from a model using spatial smoothing and GIS-based covariates, PM <sub>2.5</sub> levels only for 2000 Mean exposure: 26.7 SD: 13.3 µg /m <sup>3</sup> IQR: 15 µg/m <sup>3</sup> .	All-cause mortality, death from lung cancer, CVD, IHD, respiratory system disease, COPD	Single pollutant model per IQR (8 ppb) of NO <sub>2</sub> increase in: All-cause mortality: 8.2% (95% CI: 4.5–12.1%) CVD mortality: 6.9% (95% CI: 0.6–13.6%) Respiratory deaths: 5.9% (95% CI: -7.4–21.1%) Lung cancer: 5.5% (95% CI: -3.4–15.3%) Multipollutant models per IQR of NO <sub>2</sub> increase in: All-cause mortality: 7.4% (95% CI: 2.4–12.5%) CVD mortality: 6.8% (95% CI: -1.4–15.7%) Respiratory deaths: 5.6% (95% CI: -12.0–26.6%)	All pollutants associated more or less significantly with outcome. Highest effect estimator per IQR shown for NO <sub>2</sub> . Effects diminished in multipollutant models most for PM <sub>10</sub> , least for NO <sub>2</sub> . Smoking was assessed in a smaller parallel survey and weakened the estimates for other pollutants.

BME: Bayesian maximum entropy; CHD: coronary heart disease; COPD: chronic obstructive pulmonary disease; CVD: cardiovascular disease; HR: hazard ratio; IHD: ischaemic heart disease; IQR: interquartile range; IDW: inverse distance weighting; LUR: land use regression; NO: nitric oxide; SD: standard deviation.

Table 8. Cohort studies from Europe on long-term mortality risk and NO<sub>2</sub> and PM without multipollutant models

Author (publication year) and location	Study design, population size and age, and study year	Pollutants (averaging time is for date range given)	Outcome measure	Effect estimates (95% CI)	Remarks
Heinrich et al. (2013) Germany	Cohort study 4752 women 55 years at study start 1985–1994.	One-year average of NO <sub>2</sub> and PM <sub>10</sub> (from TSP) until first examination at address at that time Proximity to traffic Mean NO <sub>2</sub> exposure: 39 µg/m <sup>3</sup> Median: 41 µg /m <sup>3</sup> 75 <sup>th</sup> percentile: 45 µg/m <sup>3</sup> ; Range: 20–80 µg/m <sup>3</sup> .	Total mortality, cardiopulmonary mortality, lung cancer deaths until 2008	Per IQR of NO <sub>2</sub> (16 µg /m <sup>3</sup> ) HR for total mortality: 1.18 (95% CI: 1.07–1.30) HR for cardiopulmonary mortality: 1.55 (95% CI: 1.30–1.84) HR for respiratory mortality: 1.13 (95% CI: 0.71–1.80) HR for lung cancer: 1.46 (95% CI: 0.92–2.33) Per 7 µg PM <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> HR for total mortality: 1.15 (95% CI: 1.04–1.27) HR for cardiopulmonary mortality: 1.39 (95% CI: 1.17–1.64) HR for respiratory mortality: 0.96 (95% CI: 0.60–1.53) HR for lung cancer mortality: 1.84 (95% CI: 1.23–2.74)	Proximity to traffic also associated with all-cause mortality. NO <sub>2</sub> and PM <sub>10</sub> were correlated (r = 0.5).
Beelen et al. (2008a) Netherlands	Cohort study 120 852 individuals aged 55–89 years in 1986	NO <sub>2</sub> , BS, SO <sub>2</sub> and traffic indices for 1976–1985 and 1987–1996; PM <sub>2.5</sub> from PM <sub>10</sub> 1992–1996 at address individually estimated. Mean NO <sub>2</sub> exposure: 36.9 SD: 8.2 µg /m <sup>3</sup>	Cardiopulmonary mortality, lung cancer deaths 1987–1996	Per 30 µg NO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> RR for total mortality: 1.08 (95% CI: 1.00–1.16) RR for CVD mortality: 1.07 (95% CI: 0.94–1.21) RR for respiratory mortality: 1.37 (95% CI: 1.00–1.87) RR for lung cancer: 0.91 (95% CI: 0.72–1.15). Per 10 µg BS/m <sup>3</sup> RR for total mortality: 1.05 (95% CI: 1.00–1.11) RR for CVD mortality: 1.04 (95% CI: 0.95–1.13) RR for respiratory mortality: 1.22 (95% CI: 0.99–1.50) RR for lung cancer mortality: 1.03 (95% CI: 0.88–1.20)	Traffic density was also associated with total and CVD mortality with lower effect estimates. No significant association with PM <sub>2.5</sub> or SO <sub>2</sub> No individual risk factors No significant RR in case control study with individual risk factors for any pollutant

Author (publication year) and location	Study design, population size and age, and study year	Pollutants (averaging time is for date range given)	Outcome measure	Effect estimates (95% CI)	Remarks
Schikowski et al. (2007) Germany	Cohort study 4750 women, 55 years at study start 1985–1994	Five-year average of NO <sub>2</sub> and PM <sub>10</sub> (from TSP) until first examination at address at that time. Proximity to traffic Mean NO <sub>2</sub> -exposure: 39 µg/m <sup>3</sup> Median: 46 µg/m <sup>3</sup> 75 <sup>th</sup> percentile: 49 µg/m <sup>3</sup> Max.: 55 µg /m <sup>3</sup>	CVD mortality until 2002/2003	Per 16 µg NO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> RR for CVD mortality: 1.72 (95% CI: 1.24–2.39) RR in sample with lung function measurements: 1.91 (95% CI: 1.22–2.98) RR for CVD mortality per 7 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> : 1.64 (95% CI: 1.15–2.33) RR in sample with lung function measurements: 1.26 (95% CI: 0.75–2.14 ) All results independent of respiratory disease at baseline, which showed to be a higher mortality risk.	Publication with original analysis of cardiopulmonary mortality in Gehring et al. (2006) Correlation of pollutants not given
Naess et al. (2007) Norway	Cohort study , 143 842 adults in Oslo, 51–90 years at cut-off date: 1 Jan. 1992	Dispersion model for NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> as average 1992–1995 for 470 administrative areas Mean NO <sub>2</sub> exposure: 39 µg/m <sup>3</sup> Range: 2–73 µg/m <sup>3</sup>	All cause mortality, CVD mortality, mortality from lung cancer and from COPD 1992–1998.	All-cause mortality risk, all ages, increased over quartiles with most evidence above 42 µg NO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> , above 19 µg PM <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> or above 14 µg PM <sub>2.5</sub> /m <sup>3</sup> . Non-parametric analysis found a threshold for the younger age group above 40 µg/m <sup>3</sup> , but for the older age group there was an almost linear increase between 20 µg/m <sup>3</sup> and 60 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> . Cause-specific mortality was associated with all pollutants, somewhat differently between age groups and sexes. Threshold seen for CVD death and lung cancer deaths, but not for COPD.	All pollutants correlated No information for smoking, but authors assume no impact, because of information from parallel studies Authors of the present section: The effects were particularly strong for COPD, which appeared to have linear effects, whereas cardiovascular causes and lung cancer seemed to have threshold effects.



Author (publication year) and location	Study design, population size and age, and study year	Pollutants (averaging time is for date range given)	Outcome measure	Effect estimates (95% CI)	Remarks
Filleul et al. (2005) France	Cohort study 14 284 adults from 24 areas in 7 cities 25–59 years old at study start 1974	Average (1974–1976) of SO <sub>2</sub> , TSP, BS, NO <sub>2</sub> and NO at monitors in study areas NO <sub>2</sub> -average span in areas with monitors representative of residents: 12–32 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> in the six areas excluded from analyses: 34–61 µg/m <sup>3</sup>	Follow up of total natural mortality, deaths from cardiopulmonary diseases, and lung cancer until June 2001. Multivariate analysis was conducted for each pollutant, using the mean concentrations for the period 1974–1976.	After excluding six areas with a high ratio of NO/NO <sub>2</sub> (monitors next to high traffic): RR per 10 µg NO <sub>2</sub> for nonaccidental mortality: 1.14 (95% CI: 1.03–1.25) RR for lung cancer 1.48 (95% CI: 1.05–2.06) RR for cardiopulmonary mortality: 1.27 (95% CI: 1.04–1.56) RR per 10 µg BS/m <sup>3</sup> for non-accidental mortality: 1.07 (95% CI: 1.03–1.10) RR for cardiopulmonary diseases: 1.05 (95% CI: 0.98–1.12)	No association of mortality with pollutants over all areas NO <sub>2</sub> and TSP were correlated at 0.84; NO <sub>2</sub> and BS were correlated at 0.85. TSP and BS showed weaker associations with total mortality and non-significant associations with the risk of cardiopulmonary mortality and lung cancer.

BS: black smoke; COPD: chronic obstructive pulmonary disease; CVD: cardiovascular disease; NO: nitric oxide; SD: standard deviation; TSP: total suspended particles.



### 13. Appendix 4 – Vollständige Tabelle der Kandidatenliste der Umweltstressoren

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
PM <sub>0,1</sub> (ultrafine particles)	Gesamtmortalität	Ja, Mensch	Konzentrations-Wirkungs-Funktionen für ultrafeinen Feinstaub für Gesamtmortalität und Krankenhauseinweisungen	Hoek (2010), Englert (2004), HEI (2013)	Ja	Wichmann et al. (2011)	Studien zeigen an, dass kein risikofreier Schwellenwert für die PM <sub>0,1</sub> Konzentration existiert: a) kurzzeitige Exposition bei geringer Konzentration: selten bleibende Gesundheitsbeeinträchtigungen aber vulnerable Gruppen i.d.R. stärker gefährdet (Asthmatiker/-innen, Kinder, ältere Personen, Personen mit bestehenden Atemwegserkrankungen; b) kurzzeitige Exposition bei hohen Konzentrationen: mögliche permanente Gesundheitsschäden	Signifikante Expositionsreduktion möglich (Reduktionen an der Emissionsquelle, z.B. Fabrikschornstein, Auspuffgase von Dieselmotoren; individuelle Verhaltensanpassung, z.B. Vermeiden von Sport und anderen Aktivitäten im Freien, Tragen von Atemschutzmasken) siehe Studie von Gladstone, Neandross & Associates (2013) für die	Hoch für Individuum (insbesondere vulnerable Gruppen wie Asthmatiker/-innen) und Gesellschaft aufgrund der Breite und des Schweregrades der möglichen Gesundheitsbeeinträchtigungen sowie der weiten Verbreitung von PM <sub>0,1</sub> Exposition
	Kardiopulmonare Morbidität	Ja, Mensch	für kardiovaskuläre Beeinträchtigungen (Gefäßveränderungen, Herzschlagrate, Arteriosklerose)	Englert (2004), HEI (2013)	Ja	Wichmann et al. (2011)			
	Beeinträchtigung der Atmungsorgane	Ja, Mensch	Entzündungsprozesse im Atmungssystem, reduzierte Lungenfunktion	Englert (2004), HEI (2013)	Ja	Liao et al. (2011) für Lungenkrebs; Peters et al.			
PM <sub>0,1</sub> (ultra-									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
fine particles) (fortgesetzt)			tion			(1997) für Asthma, Wichmann et al. (2011)	und frühzeitiger Tod; c) langfristige Exposition bei geringer Konzentration: mögliche permanente Gesundheitsschäden; d) langfristige Exposition bei hoher Konzentration: frühzeitiger Tod	USA. Die Kosten zur Reduktion von PM <sub>0,1</sub> sind höher als die von PM <sub>10</sub> weil die entsprechenden Filter teurer sind.	
	Beeinträchtigung des zentralen Nervensystems	Ja, Tierversuche in Affen und Ratten	noch unsichere Ergebnisse für Entzündungsprozesse des Gehirns/ZNS	Elder et al. (2006)	--				
	Krankenhauseinweisungen	Ja, Mensch	für Herzversagen und andere akute Herz-Kreislaufbeschwerden	Belleudi et al. (2010)	Ja	Belleudi et al. (2010)			
PM <sub>2,5</sub>	Gesamtmortalität	Ja, Mensch		HEI (2012), Schwartz et al. (2002), Katsouyanni et al. (1997), Daniels et al. (2000), Dockery (2001), Goodman et	Ja	HEI (2012), Schwartz et al. (2002), Katsouyanni et al. (1997), Daniels et al. (2000), Dockery (2001), Goodman et	siehe PM <sub>0,1</sub>	hohes Reduktionspotenzial, siehe z.B. Klimont et al. (2002), Perez et al. (2009), van Harmelen et al. (2002)	siehe PM <sub>0,1</sub>
PM <sub>2,5</sub> (fortgesetzt)									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandensein in des Stressors reduziert oder eliminiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
PM <sub>2,5</sub> (fortgesetzt)				al. (2004), REVIHAAP, HRAPIE; Simon et al. (2010), Franklin et al. (2007)		al. (2004), Bateson et al. (2004), Pope et al. (1992), REVIHAAP, HRAPIE; Simons et al. (2010), Fann et al. (2012), Cohen et al. (2004)			
	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	Lungenkrebs, Schlaganfall, Mortalität durch Atemwegserkrankungen	Goodman et al. (2004), Franklin et al. (2007), REVIHAAP, HRAPIE, Dockery (2001)	Ja	Franklin et al. (2007), REVIHAAP, HRAPIE, Cohen et al. (2004)			
	kardiovaskuläre Morbidität (einschl. ischämische Herzkrank-	Ja, Mensch	Herzinfarkt, ventricular fibrillation, erhöhte Herz-	Dockery (2001)	Ja	Urch et al. (2004), Cohen et al. (2004)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
PM <sub>2,5</sub> (fortgesetzt)	heit, COPD)		schlagfrequenz, verringerte Herzschlagvariabilität, Herzrhythmusstörungen						
	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Moolgavkar (2000)	Ja	Brook (2007)			
	Zerebrovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Dockery (2001)	Ja	Brook (2007)			
	Arteriosklerose	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Künzli et al. (2005), Pope et al. (2004)	Verdacht	Brook (2007)			
	Diabetes	Ja, Mensch	Sensibilitätsbeurteilungen und modifizierte EWFs für Diabetiker	Goldberg et al. (2000)	--				
	Atemwegserkrankungen in Kindern	Ja, Mensch	Sensibilitätsbeurteilungen und modifizierte EWFs für	Simons et al. (2011)	Ja, Asthma und Krebs	Landrigan et al. (2002), Simons et			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
PM <sub>2,5</sub> (fortgesetzt)			Kinder			al. (2011)			
	Verdacht auf kognitive und neurologische Effekte bei Kindern	Ja, Mensch	Sensibilitätsbeurteilungen und modifizierte EWFs für Kinder	Simons et al. (2011)	Ja, neurologische Verhaltensstörungen	Landrigan et al. (2002)			
	Atemwegserkrankungen	Ja, Mensch	Kinder, Erwachsene	Dockery (1994)	Ja	REVIHAAP; HRAPIE; Brunekreef et al. (2002), WHO (2004); Simon et al. (2010), Cohen et al. (2004)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
PM <sub>10</sub>	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	Herzinfarkt	REVIHAAP; HRAPIE; Brunekreef et al. (2002), WHO (2004); Simon et al. (2010), Bateson et al. (2004), Pope et al. (1992), Dockery (2001), Brook et al. (2004)	Ja	Kennedy (2007). Gustavsson et al. (1999), Bergdahl et al. (2994), Cohen et al. (2004)	a) kurzzeitige Exposition bei geringer Konzentration: selten bleibende Gesundheitsbeeinträchtigungen aber vulnerable Gruppen i.d.R. stärker gefährdet (Asthmatiker/-innen, Kinder, ältere Personen, Personen mit bestehenden Atemwegserkrankungen; b) kurzzeitige Exposition bei hohen Konzentrationen: mögliche permanente Gesundheitsschäden und frühzeitiger Tod; c) langfristige Exposition bei geringer Konzentration: mögliche	siehe PM <sub>2,5</sub>	siehe PM <sub>0,1</sub>
PM <sub>10</sub> (fortgesetzt)	Kardiovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Dockery (2001), Brook et al. (2004),	Ja	De Matteis et al. (2008), Cohen et al.			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
				Lipsett et al. (1999)		(2004)	permanente Gesundheitsschäden; d) langfristige Exposition bei hoher Konzentration: frühzeitiger Tod		
	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	Schlaganfall	Brook et al. (2004)	Ja	Wichmann et al. (2012)			
	Zerebrovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Brook et al. (2004)	--				
	Erkrankungen der Atmungsorgane	Ja, Mensch	Nawrot et al. (2011), REVIHAAP, HRAPIE	Pope et al. (1991)	Ja	Nawrot et al. (2011), REVIHAAP; HRAPIE			
<b>Ruß (Dieselkraftstoff)</b>	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	Herzversagen, Herzinfarkt, Lungenkrebs	Kennedy (2007). Nieuwenhuisen et al. (2007), Pope et al. (2004), Boffetta et al. (1988)	Ja	Fann et al. (2012), Anenberg (2010), REVIHAAP, HRAPIE, Hänninen & Knol (2011), de Hollander et al. (1999); Havelaar et al. (2000),	siehe PM <sub>10</sub>	Hohes Reduktionspotenzial durch Verwendung von Diesel Retrofit Technologien und Diesel Particulate Filters (DPFs), siehe z.B. Studie von Gladstone, Neandross & Associates (2013) und US EPA (2007) für	PM <sub>0,1</sub>

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Ruß (Dieselkraftstoff) (fortgesetzt)						Anenberg (2009), Naddafi et al. (2012)		die USA. Die notwendige Technologie ist bereits erprobt und schon im Massenmarkteinsatz.	
	Kardiovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	ischämische Herzkrankheit, Herzrhythmusstörungen, Entzündungen des Lungengewebes, Lungenkrebs	Pope et al. (2004), Boffetta et al. (1988)	Noch unsicher: für Lungenkrebs, Entzündungen der Atemwege	Anenberg et al. (2010), REVIHAAP, HRAPIE, Künzli et al. (2000), Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999); Havelaar et al. (2000), Anenberg (2009), Naddafi et al. (2012)			



Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Ruß (Dieselkraftstoff) (fortgesetzt)	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Pope et al. (2004), Boffetta et al. (1988)	noch unsicher	Anenberg et al. (2010), REVIHAAP, HRAPIE, Künzli et al. (2000), Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999); Havelaar et al. (2000), Naddafi et al. (2012)			
	Zerebrovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Pope et al. (2004), Boffetta et al. (1988)	noch unsicher	Anenberg et al. (2010), REVIHAAP, HRAPIE, Künzli et al. (2000), Hänninen & Knol (2011); de			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
						Hollander et al. (1999); Havelaar et al. (2000), Naddafi et al. (2012)			
<b>Bodennahes Ozon</b>	Gesamtmortalität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Stafoggia et al. (2010), Power et al. (2011), Fann et al. (2012), Anenberg et al. (2009)	Ja	Anenberg et al. (2010), REVIHAAP, HRAPIE, Künzli et al. (2000), Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999); Havelaar et al. (2000), Naddafi et al. (2012)	Studien zeigen an, dass kein risikofreier Schwellenwert für die O <sub>3</sub> Konzentration existiert: a) kurzzeitige Exposition bei geringer Konzentration: selten bleibende Gesundheitsbeeinträchtigungen aber vulnerable Gruppen i.d.R. stärker gefährdet (Asthmatiker/-innen, Kinder, ältere Personen, Personen mit bestehenden Atemwegserkrankun-	WHO Europe (2008) Bericht schätzt 21.000 vorzeitige Sterbefälle pro Jahr in EU25 durch Überschreiten des Richtwertes von 70 ug/m <sup>3</sup> 8-Stunden Mittelwertes; derzeitige Gesetze und Massnahmen zum Klimaschutz werden die Krankheitslast	Hoch für Individuum (insbesondere vulnerable Gruppen wie Asthmatiker/-innen) und Gesellschaft aufgrund der Breite und des Schweregrades der möglichen Gesundheitsbeeinträchtigungen sowie der weiten Verbreitung von Ozonbelastungen in städtischen Gebieten und damit grossen Anzahl von Be-

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Bodennahes Ozon (fortgesetzt)	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch		Anenberg et al. (2010). REVIHAAP; HRAPIE; Künzli et al. (2000), REVIHAAP, HRAPIE; Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999)	Ja	Anenberg et al. (2009)	gen; b) kurzzeitige Exposition bei hohen Konzentrationen: mögliche permanente Gesundheitsschäden und frühzeitiger Tod; c) langfristige Exposition bei geringer Konzentration: mögliche permanente Gesundheitsschäden; d) langfristige Exposition bei hoher Konzentration: frühzeitiger Tod	um ca. 600 Fälle/Jahr zwischen 2000-2020 reduzieren. Eine weitere 40% Reduktion kann durch Umsetzen der maximum technically feasible reduction (MTR) erreicht werden. Morbidität kann um 8%-40% reduziert werden. Dies sind konservative Schätzungen.	troffenen
	Kardiovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch		Anenberg et al. (2010). REVIHAAP; HRAPIE; Künzli et al. (2000), REVIHAAP, HRAPIE; Hänninen & Knol (2011); de Hollander	Ja	Gong et al. (1998)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Bodennahe Ozon (fortgesetzt)				et al. (1999)					
	Atemwegserkrankungen	Ja, Mensch	Atemwegserkrankungen (Asthma, COPD, chronische Bronchitis)	Anenberg et al. (2010). REVIHAAP; HRAPIE; Künzli et al. (2000), REVIHAAP, HRAPIE; Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999)	Ja	Hänninen & Knol (2011), REVIHAAP, HRAPIE			
	Zerebrovasculäre Mortalität	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Stafoggia et al. (2010)	Ja	HRAPIE (APHENA Studie)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Bodennahes Ozon (fortgesetzt)	zerebrovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	ICD9 430-437	Chang et al. (2006)	Ja	HRAPIE (APHENA Studie)			
	Kognitive Funktionseinschränkungen	Ja, Mensch	reduzierte ZNS Funktion	Chen et al. (2009), Power et al. (2011)	--				
NO <sub>x</sub>	Gesamtmortalität	Ja, Mensch		Maheswaran (2006), Nafstad et al. (2004), REVIHAAP, HRAPIE	Ja	Künzli et al. (2000), Naddafi et al. (2012), REVIHAAP, HRAPIE	Kurzzeitexposition (30min-24h) kann zu Entzündungen der Atemwege führen und gesteigerten Atemwegsproblemen in vulnerablen Gruppen (z.B. Asthmatiker/-innen), ausserdem	Technologische Möglichkeiten bieten mittlere Reduktionspotenziale für Verbrennungsmotoren, Kostenaspekte sind zu berücksichtigen,	NO <sub>x</sub> Emissionen sind im Rahmen der Ozonphotolyse als Gesundheitsproblem anerkannt und können als mittleres Risiko charakterisiert werden
	Erkrankungen der Atemwege	Ja, Mensch	Asthma, COPD, Lungenkrebs, Emphysema,	Detels et al. (1991), von Mutius et	Ja	Naddafi et al. (2012), REVIHAAP,			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
NO <sub>x</sub> (fortgesetzt)			Bronchitis	al. (1995), McConnell et al. (2010), Nafstad et al. (2004), REVIHAAP, HRAPIE, Brunekreef et al. (2009)		HRAPIE	erhöhter Anzahl an Krankenhausaufenthalten für Atemwegsbeschwerden (insbesondere Asthma). Langzeitexposition: Herzkrankheit, chronische Bronchitis, verringerte Lungenfunktion, frühzeitiger Tod	siehe Studien von US EPA (2007), WHO Europe (2008), Klimont et al. (2002), Breda (2011), Herzog et al. (1992)	
	Herz-Kreislaufkrankheiten	Ja, Mensch	Schlaganfall	Nafstad et al. (2004), Brunekreef et al. (2004)	Ja	Naddafi et al. (2012), REVIHAAP, HRAPIE			
	Reproduktionsfähigkeit	Ja, Mensch	nicht näher spezifiziert	Xu et al. (2011)	Ja	Naddafi et al. (2012)			
	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	NO <sub>2</sub>	Wichman et al. (2012)	Ja	Wichman et al. (2012)			
NO <sub>2</sub>	Gesamt mortalität	Ja, Mensch		REVIHAAP, HRAPIE, Kim et al. (2011);	Ja	REVIHAAP, HRAPIE	siehe NO <sub>x</sub>	siehe NO <sub>x</sub>	siehe NO <sub>x</sub>

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
NO <sub>2</sub> (fortgesetzt)				Forastiere et al. (2011), Wichmann et al. (2999)					
	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch		REVIHAAP, HRAPIE	Ja	REVIHAAP, HRAPIE			
	Kardiovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch		REVIHAAP, HRAPIE	Ja	REVIHAAP, HRAPIE			
	Erkrankungen der Atemwege	Ja, Mensch	Asthma, COPD, Lungenkrebs, Emphysema, Bronchitis	REVIHAAP, HRAPIE, Orehek et al. (1976)	Ja	REVIHAAP, HRAPIE			
	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch		Wichman et al. (2012)	Ja	Wichman et al. (2012)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
	reduzierte Lungenfunktionsbildung in Kindern	Ja, Mensch		Simons et al. (2011)	Ja	Simons et al. (2011)			
SO <sub>2</sub>  SO <sub>2</sub> (fortgesetzt)	Gesamtmortalität	Ja, Mensch	Studie bezieht sich auf berufsbedingte Exposition	Lee et al. (2002)	Ja	Kim et al. (2011); Forastiere et al. (2011); Simons et al. (2010), Allen et al. (2013)	a) Kurzzeitexposition zu geringen Konzentrationen: reduzierte Lungenfunktion, Irritationen von Hals und Nase, b) Kurzzeitexposition zu hohen Konzentrationen kann lebensbedrohlich sein, c) Langzeitexposition zu geringen Konzentrationen: Atemwegsbeschwerden, reduzierte Lungenfunktion, chronische Bronchitis, Asthma d) Langzeitexposition zu hohen Konzentrationen: Tod. Besonders betroffen: Kinder	Beispiele für das realisierbare Reduktionspotenzial sind (i) der Rückgang in SO <sub>2</sub> Emissionen in den USA aufgrund des Cap-and-Trade Programms im Rahmen des Clean Air Acts, (ii) Emissionsrückgänge durch LRTAP Konvention; Siehe auch Studie von Klimont et al. (2002)	SO <sub>2</sub> Emissionen wurden zunächst als Ursache für den sauren Regen wahrgenommen, dann auch als Gesundheitsproblem, und können somit als mittleres Risiko charakterisiert werden
	Kardiovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch	Niederlande	Brunekreef et al. (2009)	Ja	Kim et al. (2011); Forastiere et al. (2011); Simons et al. (2010)			
	Kardiovaskuläre Morbidität	Ja, Mensch	Spanien	Ballester et al. (2006)	Ja				
	Erkrankungen der Atemwege	Ja, Mensch	Asthma, Lungenkrebs (berufsbedingt), non-Hodgkins Lymphom	Andersson et al. (2006), Lee et al. (2002),	Ja				



Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
				Brunekreef et al. (2009)					
	Reduzierte Lungenentwicklung in Kindern	Ja, Mensch	Kinder (Ohio, USA und Krakau, Polen)	Dockery et al. (1982), Jedrychowski et al. (1999)	noch unsicher	WHO Fact-sheet No. 313, Simons et al. (2010)			
	Zerebrovaskuläre Mortalität	Ja, Mensch		Wichman et al. (2012)	Ja	Wichmann et al. (2012)			
<b>Blei</b>	Kognitive und neurologische Entwicklungsstörungen bei Kindern	Ja, Mensch	WHO Analyse in Bearbeitung	WHO (2003), Neuauflage in Bearbeitung; Norman et al. (2007); Valent et al. (2004); Fewtrell et al. (2004); Hänninen & Knol (2011)	Ja, WHO Analyse in Bearbeitung	Fewtrell et al. (2004), WHO (2003), Neuauflage in Bearbeitung; Valent et al. (2004); Hänninen & Knol (2011); Jacobs (2011)	Es wurde bisher kein gesundheitlich unbedenklicher Schwellenwert für Blei gefunden. Insbesondere für Kinder (einschließlich ungeborene Kinder) können kurz- und langzeitexpositionen zu geringen Konzentrationen von Blei permanente, schwerwiegende Gesundheitsfolgen	Das Reduktionspotenzial ist hoch durch Ausschaltung bzw. der Reduktion der direkten Emissionsquellen wie das Verbot Blei als Zusatzstoff in Kraftstoffen oder Farben zu verwenden.	Blei ist als gesundheitsgefährdendes Element anerkannt und Schutzmassnahmen wurden in DE und der EU eingeleitet. Das individuelle und gesellschaftliche Risiko kann damit als mittleren Grades beschrieben werden. Jedoch ist seit Ein-

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Blei (fortgesetzt)	Kardiovaskuläre Effekte bei Erwachsenen (Bluthochdruck)	Ja, Mensch	WHO Analyse in Bearbeitung	WHO (2003), Neuauflage in Bearbeitung; Norman et al. (2007); Valent et al. (2004); Fewtrell et al. (2004); Hänninen & Knol (2011)	Ja, WHO Analyse in Bearbeitung	Fewtrell et al. (2004), WHO (2003), Neuauflage in Bearbeitung; Valent et al. (2004); Hänninen & Knol (2011); Jacobs (2011)	haben (IQ Verlust, andere neurologische Befunde); a) kurzzeitige Exposition zu geringen Bleikonzentrationen: Appetitlosigkeit, Bauchschmerzen, Erbrechen, Gewichtsverlust, Anämie, Lernschwierigkeiten, Verhaltensänderungen; b) kurzzeitige Exposition zu hohen Bleikonzentrationen (akute Bleivergiftung): gastrointestinale, neuromuskuläre und neurologische Schäden (oft permanent) bzw. Tod; c) langzeitige Exposition zu niedrigen Bleikonzentrationen (chronische Bleivergiftung): chronische/permanente gastrointestinale,	Langzeitbelastung aufgrund kontaminierter Böden ist weiterhin möglich (insbesondere von Kindern). In Bezug auf Kosten schätzen Grandjean und Landrigan (2014) die Anzahl der jährlich verlorenen IQ Punkte durch Exposition zu Blei in Kindern 0-5 Jahre in den USA auf 22.947.450. Jeder verlorene IQ Punkt kostet geschätzte €12.000 (2008 €) in Lebenszeitgehaltspotenzial (lifetime earning	führung der Maßnahmen in den 80ern und 90ern (Treibstoff) das Thema Blei politisch nicht mehr sehr relevant.

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
							neuromuskuläre und neurologische Schäden und frühzeitiger Tod; d) langzeitige Exposition zu hohen Bleikonzentrationen: Tod	potential), die Kosten für Bleivergiftungen in Kindern in den USA werden auf jährlich \$50 Milliarden geschätzt, in Frankreich auf €20 Milliarden.	
<b>Arsen</b>	Krebs (Haut, Lunge, Blase, Niere)	Ja, Mensch	WHO Analyse in Bearbeitung	WHO Studie zur EBD von Arsen im Trinkwasser ist in Bearbeitung; Howard et al. (2006); Howard et al. (2007); Lokuge et al. (2004); Fewtrell et al. (2005); Molla et al.	Ja, WHO Analyse in Bearbeitung	WHO Studie zur EBD von Arsen im Trinkwasser ist in Bearbeitung; Howard et al. (2006); Howard et al. (2007); Lokuge et al. (2004); Fewtrell et al. (2005); Molla et al.	a) kurzzeitige Exposition bei geringer Konzentration: eingeschränkte Nieren-Leber und Magendarmfunktionien i.d.R. nicht permanent; b) kurzzeitige Exposition zu hohen Konzentrationen (akute Arsenvergiftung): diffuses Bluten des Kapillarsystems mit möglichem Schock/Herzstillstand,	Arsen ist ein natürlich vorkommendes Metalloid, Exposition erfolgt durch Einatmen, Trinken und Nahrungsaufnahme. Die Krankheitslast kann effektiv durch die Kontrolle von Wasserqualität und Nahrungsmitteln (z.B. Reis) redu-	Die möglichen Gesundheitsfolgen für das Individuum reichen von gering bis schwerwiegend, gesellschaftlich gesehen ist das Risiko eher gering aufgrund der Kontrolle von Trinkwasser und Nahrungskette, d.h., Exposition vieler Menschen ist unwahrscheinlich.

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWF (ja/nein; Mensch/Tier)	EWF Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Arsen (fortgesetzt)				(2004); Adamson (2007); Concha-Barrientos et al. (2004)		(2004); Adamson (2007)	permanente Schäden der peripheralen Blutgefäße, Arteriosklerose, Entzündungen von Magen, Darm und Leber, akute Leberentzündung, Nierenversagen und Nierenschäden; c) langzeitige Exposition zu geringen Konzentrationen: Bluthochdruck, frühzeitiger Tod durch Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems (insbesondere Herzgefäß- und Herzmuskelveränderungen), Gangrän (Wundbrand); d) Langzeitexposition zu hohen Konzentrationen: Tod	ziert werden. Exposition durch Arsen in der Luft ist vergleichsweise gering.	

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Aluminium  Aluminium (fortgesetzt)	Verdacht auf Alzheimers	--	Toxikologische Studien	Kawahara et al. (2013), ATSDR (2008)	--		a) kurzfristige Exposition zu geringen Konzentrationen: zeitweilige b) kurzfristige Exposition zu hohen Konzentrationen: Muskelschwäche, Verwirrung, Gelenkschmerzen; c) langfristige Exposition zu hohen Konzentrationen: Muskelschwäche, Verwirrung und Anfälle (seizures), Knochen deformation und Frakturen, Sprachprobleme, in Kindern: reduziertes Wachstum, weitere Komplikationen möglich (Lungenfunktion, Nervensystem, Knochen, Gehirnschäden, Anämie durch verringerte Absorption von Eisen);	Aluminium ist das meistverwendete Nichteisenmetall. Die mögliche Exposition ist gross und diffus. Die hier berücksichtigte Exposition betrifft Kosmetika und kann durch Regulierungen bzw. Verbote gut gesteuert werden.	Individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung sind als gering einzustufen, aufgrund der geringen Expositionskonzentrationen und noch nicht abschließend geklärter toxikologischer Beweislast

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
							Langzeitexposition zu hohen Dosen: Tod		

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Nickel	Krebs (Lunge, Nasennebenhöhlen), allergische Reaktion (Kontaktallergie)	Ja, Mensch	Kombiniertes relatives Risiko für Lungenkrebs und Nasenkrebs	Pedersen (2006), Doll (1958), Shen et al. (1994), Steenland et al. (2001), Concha-Barrientos et al. (2004)	--		Kurzzeitexposition zu Nickel: häufigste Gesundheitsbeeinträchtigung aufgrund von Nickerexposition sind allergische Reaktionen, ca. 10-20% der Bevölkerung reagieren sensibel auf Hautkontakt mit Nickel (Kontaktallergien -> Hautausschlag und Ekzema) durch Schmuck. Nickelallergien sind i.d.R. permanent, können aber i.d.R. gut kontrolliert werden. Inhaliertes Nickel kann zu Asthmaanfällen führen. Mehr Frauen leiden unter Nickelallergien als Männer. Exposition zu hohen Konzentrationen von Nickel durch kontaminiertes Trink-	Reduktionspotenzial für Kontaktallergien ist mittelmäßig und hauptsächlich durch Änderung in der Herstellung von Schmuck (nickelfrei) möglich; Inhalation von Nickel findet hauptsächlich in berufsbedingten Kontexten statt (Nickelminen und andere Industriezweige, die Nickel verwenden) und kann dort durch entsprechende Vorsorge- und Schutzmassnahmen verringert	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als gering eingestuft
Nickel									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
(fortgesetzt)							wasser (100.000 mal die normale Konzentration) in nicht-sensibilisierten Personen führt zu Beschwerden wie Bauchschmerzen, einem Anstieg der Anzahl roter Blutzellen sowie Nierenbeschwerden. In extremer Exposition durch Nickel in der Luft kommt es zu chronischer Bronchitis, reduzierter Lungenfunktion, Lungen- und Nasennebenhöhlenkrebs.	werden	



Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
<b>Cadmium</b>	Kurzzeitexposition: Lungenirritation, Nierenkrankheiten; Langzeitexposition: Nierenkrebs, Verdacht auf Lungenkrebs; Hodenkrebs; Prostatakrebs	Ja, Mensch	Combined relative risk für Lungenkrebs; Nierenkrebs	VegAS-Konsortium (2012); Concha-Barrientos et al. (2004); Laurence (2006), Nawrot et al. (2006)	Ja (berufsbedingte Exposition)	VegAS Konsortium (2012), Steenland (Präsentation "Attributable fraction: example, cancers due to occupation in the US", kein Datum)	a) kurzzeitige Exposition zu geringen Konzentrationen: temporäre, erkältungsähnliche Symptome; b) kurzzeitige Exposition zu hohen Konzentrationen (Cadmiumvergiftung): erkältungsähnliche Symptome wie Schüttelfrost, Fieber, Muskelschmerzen. Diese vergehen nach ca. 1 Woche, wenn Konzentration reduziert wird und es keine Beeinträchtigungen der Atemwege gab. Sonst auch Bronchitis, Beeinträchtigungen der Lunge und pulmonare Ödema. Entzündungssymptome wie Husten, Hals- und Nasenirritationen,	Hauptquellen von Cadmium sind die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle), phosphathaltige Düngemittel, Eisen- und Stahlproduktion, Zementherstellung sowie Müllverbrennungsanlagen. Geringere Exposition besteht durch die Nahrungsmittelkette. Die größte Reduktion der Krankheitslast ist durch technologische Filterung (scrubbing) von Verbrennungsgasen in Kohlekraftwerken	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als hoch eingestuft aufgrund der möglichen Belastungen großer Bevölkerungsteile durch Cadmium von Kohlekraftwerken
Cadmium									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
(fortgesetzt)							Fieber, Schüttelfrost, Schmerzen des Brustkorbs. Im schlimmsten Fall Tod. c) langfristige Exposition zu geringen Konzentrationen (chronische Vergiftung): Verlust an Knochendichte, Gelenk- und Rückenschmerzen, erhöhtes Risiko für Knochenfrakturen (im Extremfall schon vom Tragen des eigenen Körpergewichts). Nierenschäden irreversibel. Koma. d) Langzeitexposition zu hohen Konzentrationen: Tod	möglich. Ein Vorteil hier ist die Verbindung mit Klimazielen. Eine Reduktion oder sogar Abschaffung von Kohlekraftwerken führt automatisch zu einer Reduktion dieser Emissionen.	

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Quecksilber (Methylquecksilber)	Kurzzeitexposition: Husten, Halbschmerzen, Kurzatmigkeit, Schwindelgefühl, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, erhöhter Blutdruck und Puls, Irritation der Augen, Kopfschmerzen, Sehstörungen, Langzeitexposition: Angstgefühle, Anorexia, Schlafstörungen, Appetitverlust, Irritierbarkeit, Müdigkeit, Vergesslichkeit, Veränderungen im Sehvermögen und Hörvermögen, Tremor, Tod	Ja, Mensch, hauptsächlich für neurologische Befunde (prenatale Exposition, berufsbedingte Exposition, Exposition von Schwangeren); Dose-Response-Funktionen aus Tierversuchen	für Methylquecksilber (methylmercury) bedingten milden IQ Verlust (mild mental retardation)	WHO (2008); Poulin & Gibb (2008), Gibb et al. (2008), Sugianto et al. (2013)	für Methylquecksilber (methylmercury) bedingten IQ Verlust (mild mental retardation)	WHO (2008); Poulin & Gibb (2012)	a) Kurzzeitexposition zu geringen Konzentrationen: Juckreiz, Schmerzen in den peripheren Extremitäten, Hautverfärbungen (rosa Wangen, Fingerspitzen und Zehen), Hautschwellungen, b) Kurzzeitexposition zu hohen Konzentrationen: Zeichen von Zyanidvergiftung, Nieren-, Leber-, und Gehirnschäden ; c) Langzeitexposition zu geringen Konzentrationen: Quecksilberanreicherung im Gewebe und dadurch Nierenschäden und irreversible Hemmung der Selenenzyme und dadurch Gehirnschäden	Viele der gängigsten Expositionspfade (Amalgam, Quecksilberthermometer, Kosmetika, Vaccine) sind in den vergangenen Jahren stark reduziert worden. Quecksilberemissionen in der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle) stellen die größte Quelle von Quecksilber dar und ihr Reduktionspotenzial ist signifikant. Grandjean und Landrigan (2014) schätzen den jährlichen Ver-	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als hoch eingestuft aufgrund der möglichen Belastungen großer Bevölkerungsteile durch Quecksilberemissionen von Kohlekraftwerken.
Quecksilber									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
(Methylquecksilber) (fortgesetzt)							und möglicherweise Tod; d) Langzeitexposition zu hohen Konzentrationen: Tod	lust an IQ Punkten in Kindern 0-5 Jahren in den USA auf 1.590.000 und die jährlichen Kosten auf \$5 Milliarden. Für die EU wird der Verlust an IQ Punkten aufgrund von Exposition zu Methylquecksilber (in Kindern) auf 600.000 Punkte geschätzt, was einem wirtschaftlichen Verlust von ca. €10 Milliarden entspricht. Ein Vorteil hier ist außerdem die Verbindung mit Klimazielen. Eine	
Quecksilber (Methyl-									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
quecksilber) (fortgesetzt)								Reduktion oder sogar Abschaffung von Kohlekraftwerken führt automatisch zu einer Reduktion dieser Emissionen.	
<b>Klimawandel</b>	Kardiovaskuläre Mortalität (durch Hitze- und Kälte- wellen)	Ja, Mensch		WHO (2007), Neuauflage in Bearbeitung	Ja	WHO (2007), Neuauflage in Bearbeitung	Hitzschlag, Erfrieren, Ertrinken	Eliminierung des Stressors in absehbarer Zeit unwahrscheinlich. Die Krankheitslast könnte aber theoretisch stark reduziert werden.	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als hoch eingestuft aufgrund der möglichen Belastungen großer Bevölkerungsteile durch den Klimawandel.
	Tod durch Ertrinken (Überflutungen)			WHO (2007), Neuauflage in Bearbeitung	Ja	WHO (2007), Neuauflage in Bearbeitung			
<b>Lärm</b>	kardiovaskuläre Krankheiten (Herzinfarkt, Bluthochdruck, ischämische	Ja, Mensch	-	WHO EURO, JRC (2011), ECOPLAN (2013); Hänninen &	Ja, Expositions-karten und -schätzungen	WHO EURO, JRC (2011)	abhängig von Intensität, Häufigkeit und Dauer der Lärmbelastung: kognitive Beeinträchtigungen und	Anhand der WHO/JRC Studie (2011): 61.000 DALYs in EUR-A für kardiovasku-	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als hoch eingestuft aufgrund der

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
	Herzkrankheit)			Knol (2011); Babisch (2011); Eijkemans & Takala (2005); Nelson et al. (2005); Knol & Staatsen (2005)			Schlafstörungen sind behandelbar, kardiovaskuläre Schäden und Tinnitus sind i.d.R. dauerhaft	läre Krankheiten; 45.000 DALYs Kinder (7-19 Jahre) in EUR-A Ländern für kognitive Beeinträchtigungen; 903.000 DALYs für Schlafstörungen in EU Städten mit >50000 Einwohnern (EW); 22.000 DALYs in EUR-A Ländern für Tinnitus; 587.000 DALYs für allgemeine Lärmbelastigung in EU Städten mit >50000 EW.	möglichen Belastungen großer Bevölkerungsteile, insbesondere in städtischen Ballungsräumen.
	kognitive Beeinträchtigungen	Ja, Mensch	WHO: in Kindern 7-19 Jahre		Ja, Kinder 7-19 Jahre	WHO EURO, JRC (2011)			
	Schlafstörungen	Ja, Mensch	-		Ja	WHO EURO, JRC (2011)			
	Tinnitus	Ja, Mensch	-		Ja	WHO EURO, JRC (2011)			
	allgemeine Lärmbelastigung (annoyance)	Ja, Mensch	-		Ja	WHO EURO, JRC (2011)			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Radon	Lungenkrebs	Ja, Mensch		Hänninen & Knol (2011); Logue et al. (2012); de Hollander et al. (1999); Knol & Staatsen (2005), Perrier et al. (2012)	Ja	Hänninen & Knol (2011); de Hollander et al. (1999); Knol & Staatsen (2005))	Die Hauptbelastung durch Radon erfolgt durch Konzentration von Radongas in Häusern (Kellern und Fundamente). Ohne Radontestung bleibt die Exposition daher oft unerkannt und u.U. über Jahre hinweg, so dass die Gesundheitsfolgen (z.B. Krebs) erst spät erkannt werden und die Heilungschancen dementsprechend gering sind.	Effektive Schutzmassnahmen vor Radonexposition existieren, müssen aber gezielt angewendet werden und sind teuer. Daher ist das reale Reduktionspotenzial geringer als das theoretisch mögliche.	Die individuelle und gesellschaftliche Risikowahrnehmung wird als regional variierend eingestuft (siehe geografische Verteilung der Radonexposition in Deutschland). Sie ist am höchsten in Thüringen, Sachsen, Bayern, Baden-Württemberg, dem Saarland, Rheinland Pfalz und Hessen

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Alkane, C10-13 (kurzkettige Chlorparaffine - SCCPs)	Augen- und Hautirritationen	Risikobewertung	Risikobewertung	ECHA (2008)	--		Gute Heilungschancen nach kurzer Exposition allerdings sind SCCPs bioakkumulativ und giftig, was die Heilungschancen verringert.	ECHA hat die Verwendung von SCCPs restringiert (2008). Sie werden hauptsächlich als Schmierstoffe und Kühlmittel in der metallverarbeitenden Industrie verwendet sowie als plastizierende Komponente und als Brandschutzmittel in PVC. Dadurch ergibt sich als Hauptroute zur Reduktion der Krankheitslast die verstärkte Kontrolle und Eliminierung von SCCPs in diesen	Das individuelle und gesellschaftliche Risiko wird als gering eingestuft, obwohl es für Arbeiter in den genannten Industriesektoren sowie bestimmte vulnerable Gruppen (z.B. stillende Mütter und Kinder) höher ist.
Alkane,									



Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWF (ja/nein; Mensch/Tier)	EWF Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
C10-13 (kurzkettige Chlorparaffine - SCCPs) (fortgesetzt)								industriellen Sektoren und Prozessen. SCCPs reichern sich in Geweben an und haben einen weiten Dispersionsradius (von der Emissionsquelle), so dass das Erreichen weiterer Reduktionspotenziale schwierig und kostenintensiv sind.	
<b>4,4'-Diamino Diphenyl Methan (MDA)</b>	berufsbedingte Exposition: krebserregend (Blasenkrebs, Dickdarmkrebs, Lymphdrüsenkrebs),	Ja, Mensch	Humantoxikologische Daten, Tierversuche, Risikobewertung für berufsbedingte (hohe) Expositionen	CDC (2014), OCHA (1992)	--		kurzzeitige Exposition: vorübergehende Haut- und Augenirritationen aber auch Verbrennungen, Langzeitexposition: krebserregend und frühzeitiger Tod	Exposition erfolgt hauptsächlich in berufsbedingtem Umgang mit MDA. Reduktionspotenzial ist unbekannt (Vorhandensein al-	Das individuelle und gesellschaftliche Risiko wird als gering eingestuft, obwohl es für Arbeiter in den genannten Industriesektoren höher ist.

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
4,4'-Diamino Diphenyl Methan (MDA) (fortgesetzt)	Leberschäden	Ja, Mensch	für berufsbedingte Expositionen (hohe Dosen)	CDC (2014), OCHA (1992)	--			alternativer Stoffe in der Polyurethanproduktion).	
	Haut- und Augenverbrennungen und Irritationen	Ja, Mensch	für berufsbedingte Expositionen (hohe Dosen)	CDC (2014), OCHA (1992)	--				
<b>Phthalate</b>	Verdacht auf Fortpflanzungsschädlichkeit	Risikobewertung, Expositionsschätzung	Humantoxikologische Daten, epidemiologische Daten (z.B. Urinproben von Kindern), Tierversuche	CDC (2014), Swan et al. (2005), Jonsson et al. (2005), Gray et al. (2000), Hoppin et al. (2004), Heudorf et al. (2007), Kohn et al. (2000)	--		Die Gesundheitsfolgen können signifikant (endokrine Effekte) und permanent sein bzw. zu vorzeitigem Tod führen (Brustkrebs).	Phthalate und metabolisierte Formen wurden in der Mehrzahl der Probanden gemessen und die Aufnahme erfolgt sowohl durch Inhalation als auch die Nahrung (Plastikcontainer, Plastikmilchflaschen, etc.) sowie Kosmetika und Plastikspielzeuge.	Das individuelle und gesellschaftliche Risiko sind hoch durch die weite Verbreitung von Produkten, die Phthalate enthalten sowie die Breite an Gesundheitsendpunkten, die für diese Chemikalien nachgewiesen wurden.
<b>Phthalate</b>									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
(fortgesetzt)								Das Reduktionspotenzial ist erwiesenermassen hoch, wenn Phthalate verboten werden. Da sie nicht lange in der Umwelt verbleiben, gibt es keinen signifikanten kumulativen und lag Effekt.	
<b>Trichlorethen</b>	Wachstumsschädlich (Keimzellmutagen)	Ja, Mensch		Chiu et al. (2013)	--		a) kurzzeitige Exposition zu geringen Konzentrationen: Schwindelgefühl, Müdigkeit, Hautausschlag durch Kontakt b) kurzzeitige Exposition zu hohen Konzentrationen: Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Bewusstlosigkeit, Leber- und Nierenschäden, c)	Trichlorethen ist ein industrielles Lösungsmittel, so dass Reduktionen in der Krankheitslast in den Sektoren ansetzen sollten, die Trichlorethen verwenden (z.B. metallverarbeitende Industrie).	Mittleres Risiko
Trichlorethen (fortgesetzt)	Schäden des zentralen Nervensystems	Ja, Mensch		Chiu et al. (2013)	--				
	Verdacht auf krebserregende Wirkung (Nierenkrebs)	Ja, Mensch	Nierenkrebs; Verdacht auf weitere Krebsarten, hierzu wurden Expositionsrisikobew	Chiu et al. (2013)	--				

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
			ertungen durchgeführt				Langzeitexposition zu geringen Konzentrationen: Nervenschäden, Krebs, Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit, Herzdefekte in Kindern, möglicherweise Leukämie in Kindern; d) Langzeitexposition zu hohen Konzentrationen: erhöhtes Krebsrisiko, Tod	Insbesondere Trinkwasserverunreinigung sollten vermieden werden. In den letzten Jahren ist die Produktion von Trichlorethen deutlich zurückgegangen aufgrund der Entwicklung alternativer Substanzen. Allerdings besteht weiterhin Expositionsgefahr in verseuchten Böden und Grundwasser	
	Hirnschäden (bei akuter Vergiftung)	Ja, Mensch		Chiu et al. (2013)	--				
<b>Benzol</b>	Leukämie	Ja, Mensch	Leukämie	Hänninen & Knol (2011); VegAS-Konsortium (2012); Ragas et al.	Ja	Hänninen & Knol (2011); VegAS-Konsortium (2012); Ragas et al.	Krebserregend schon in geringen Konzentrationen, tödlich in hohen Konzentrationen. Keine unbedenkliche Konzentration.	Benzol wird einer Vielzahl industrieller Prozesse verwendet und ist ein Beiprodukt der	Hohe Risikowahrnehmung durch die weite Verbreitung von Benzol, die Exposition großer Bevölkerungsgruppen

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
				(2011); Gower et al. (2008); de Hollander et al. (1999); Driscoll (2005)		(2011); Gower et al. (2008); de Hollander et al. (1999); Driscoll (2005)		Öl- und Gasförderung. Dadurch ist das Erreichen des theoretischen Reduktionspotenzials erschwert.	pen und die Vielzahl von Gesundheitsbeschwerden
<b>Passivrauchen (SHS)</b>	Lungenkrebs	Ja, Mensch		WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)	Ja	WHO (2004), WHO (2011); Simons et al. (2010), Clougherty et al. (2011)	Kurzzeitexposition: Husten, Schwindelgefühl, Beeinträchtigung der Atemorgane. Langzeitexposition: erhöhtes Risiko für Lungenkrebs, COPD, chronische Bronchitis, reduzierte Lungenfunktion	Das Reduktionspotenzial ist hoch und es wurden bereits eine Reihe an Gesetzen erlassen, die die Exposition zu Passivrauch reduzieren (Restaurants, öffentliche Einrichtungen, etc.)	Hohe Risikowahrnehmung durch die weite Verbreitung von SHS, die Exposition großer Bevölkerungsgruppen und die Vielzahl von Gesundheitsbeschwerden
	ischämische Herzkrankheit	Ja, Mensch		WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)	Ja				
	Asthma	Ja, Mensch		WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)	Ja				
	Atemwegserkrankungen	Ja, Mensch		WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)	Ja	WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)			
Passivrauchen (SHS) (fortgesetzt)									

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
	akute Mittelohrentzündung	Ja, Mensch		WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)	Ja	WHO (2010), Hänninen & Knol (2011)			
<b>Innenraumstressoren (Luftqualität)</b>	Erkrankungen der Atemwege (Asthma, COPD)	Ja, Mensch	-	WHO (2004), WHO (2011); Simons et al. (2010), Clougherty et al. (2011), Logue et al. (2012), Logue (2012a), Logue (2012b)	Ja	WHO (2004), WHO (2011); Simons et al. (2010), Clougherty et al. (2011)	Kurzzeitexposition: Husten, Beeinträchtigung/Entzündungen der Atemwegsorgane. Langzeitexposition: erhöhtes Risiko für Lungenkrebs, COPD, chronische Bronchitis, reduzierte Lungenfunktion, Schäden des ZNS, frühzeitiger Tod	Das Reduktionspotenzial ist hoch, allerdings ist die Umsetzung bzw. Kontrolle schwierig. Schwierig ist hier auch die Verbindung mit der Klimapolitik. Die bessere Isolierung von Gebäuden kann auch zu höherer Belastung der Innenraumluft führen.	Hohe Risikowahrnehmung durch Aufklärungsmassnahmen und die besonderen Risiken für Kinder
Innenraumstressoren (Luftqualität) (fortgesetzt)	Lungenkrebs (Radon)	Ja, Mensch	-	WHO (2004), WHO (2011); Simons et al. (2010), Clougherty et al. (2011), Logue et al.	Ja	WHO (2004), WHO (2011); Simons et al. (2010), Clougherty et al. (2011)			
	neurologische Krankheiten (durch Verwendung bleihaltiger Farben)	Ja, Mensch	-		Ja				

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
	Ersticken (durch CO Exposition)	Ja, Mensch	-	(2012), Logue (2012a), Logue (2012b)	Ja				
<b>speziell: Schimmel/Feuchtigkeit in Innenräumen</b>	Allergische Reaktionen		-						
<b>speziell: Schimmel/Feuchtigkeit in Innenräumen</b>	Erkrankungen der Atemwege (Asthma, COPD)	Ja, Mensch	Asthma, COPD	WHO (2011); Jaakkola et al. (2011); de Hollander et al. (1999); Knol et al. (2005); Wilkinson et al. (2009);	Ja (Asthma, COPD)	WHO (2011); Jaakkola et al. (2011); de Hollander et al. (1999); Knol et al. (2005); Wilkinson et al. (2009); Simons et al. (2010). Estimation of the environmental attributable			

Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EWf (ja/nein; Mensch/Tier)	EWf Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
						fraction of asthma among Canadian children: a systematic review.			
<b>Furan</b>	alle Krebsarten	Ja, Mensch	Risikobewertung	Triebig et al. (1998), Hänninen & Knol (2011)	Ja	Hänninen & Knol (2011)	Bereits hochgiftig in niedrigen Konzentrationen und in Kurzzeitexposition (keine unbedenkliche Konzentration): Veränderungen der Haut (Chlorakne und dunkle Flecken), veränderte Leberfunktion. Reichern sich in der Nahrungskette und im Fettgewebe an, dadurch mindestens geringe und chroni-	Hoch, allerdings mit lag Effekt aufgrund der Tatsache, dass Dioxine und Furane sich in der Umwelt und im Gewebe anreichern (Bioakkumulation). Industriellen Prozesse, in denen sie entstehen (Chlorbleiche in der Papierher-	Hohe Risikowahrnehmung in Individuen und der Gesellschaft



Stressor	Relevante Gesundheitsendpunkte	EFW (ja/nein; Mensch/Tier)	EFW Details	Quelle	AF	Quelle	Heilungschancen	Potenzielle Reduktion der Krankheitslast wenn Emission/Vorhandense in des Stressors reduziert oder elimiert ist	individuelle vs. gesellschaftliche Wahrnehmung des Risikos
Dioxin  Dioxin (fortgesetzt)	alle Krebsarten	Ja, Mensch	Gesamtmortalität, Gesamtmortalität für alle Karzinome, Hodgkins und Non-Hodgkins Lymphome, Lungenkrebs	Becher et al. (1998), Bertazzi et al. (2001), Hänninen & Knol (2011)	Ja	Hänninen & Knol (2011)	sche Exposition der gesamten Bevölkerung. In hohen Konzentrationen bzw. Langzeitexposition krebserregend, entwicklungsschädigend in Kindern, Beeinträchtigung des Immunsystems, endokrine Effekte. Vulnerable Gruppen: Fötus, Neugeborene, Kinder, Personen mit hohem Fischanteil in der Nahrungsaufnahme, Arbeiter in Fabriken, in denen Dioxine/Furane auftreten wie in der Papierindustrie, Müllverbrennungsanlagen, Giftmülldeponien.	stellung, Schmelzhütten, sowie Müllverbrennung und Herstellung von Bioziden und Pestiziden) haben begonnen, Technologien einzusetzen, die die Freisetzung dieser hochgiftigen Stoffe in die Umwelt verhindern bzw. verringern sollen.	

## 14. Appendix 5 - Spinnendiagramme

Abbildung 14-I: Spinnendiagramm für PM<sub>0,1</sub>

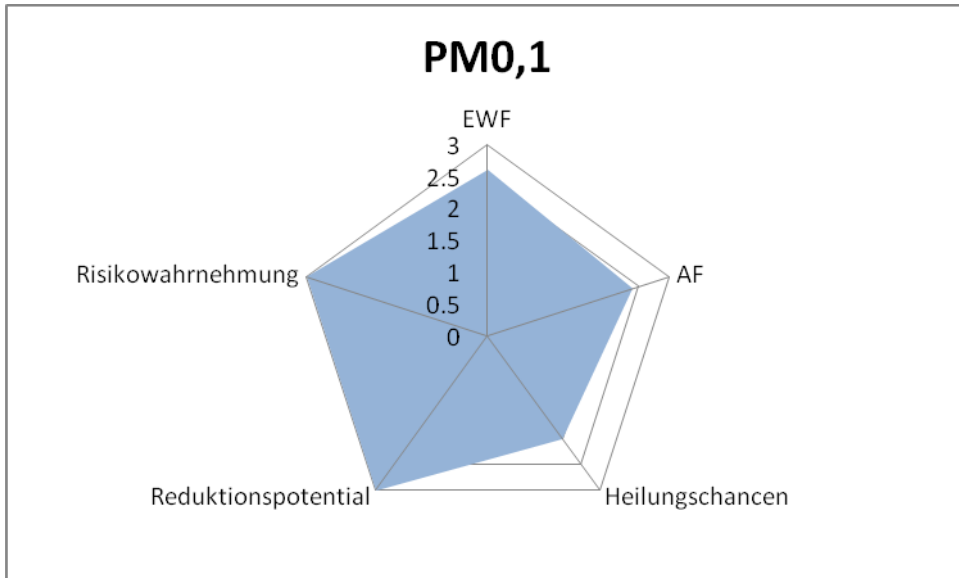


Abbildung 14-II: Spinnendiagramm für PM<sub>2,5</sub>

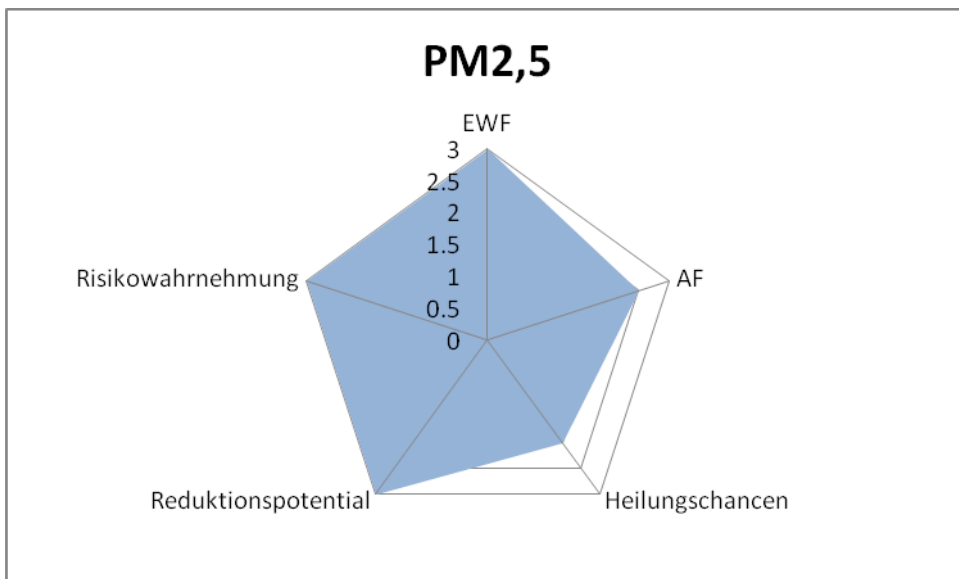


Abbildung 14-III: Spinnendiagramm für PM<sub>10</sub>

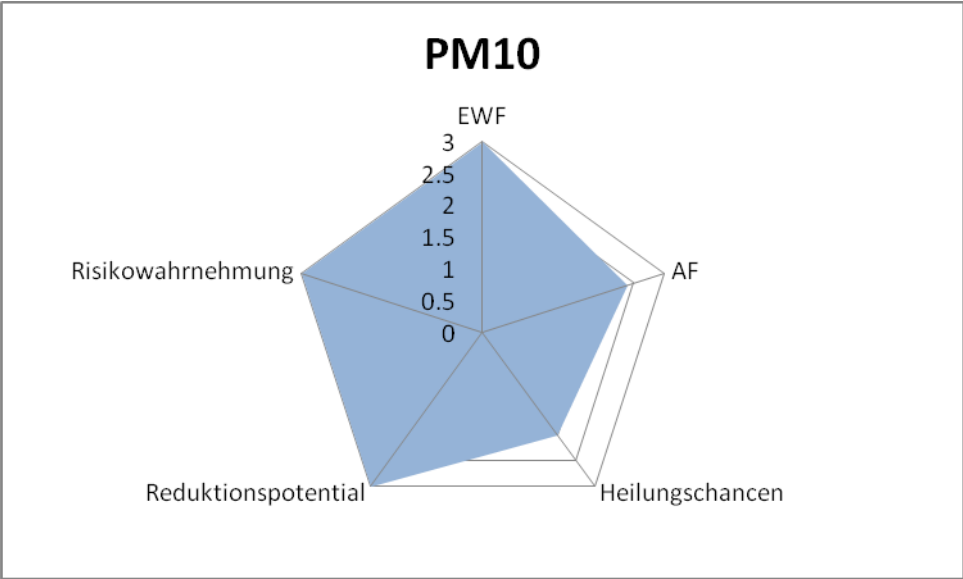


Abbildung 14-IV: Spinnendiagramm für Ruß (Diesel)

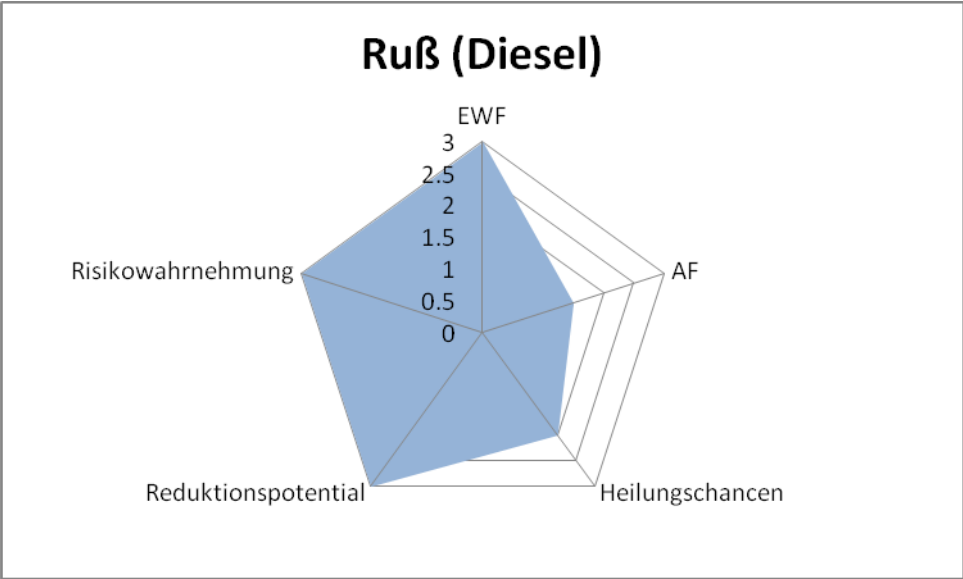


Abbildung 14-V: Spinnendiagramm für bodennahes Ozon

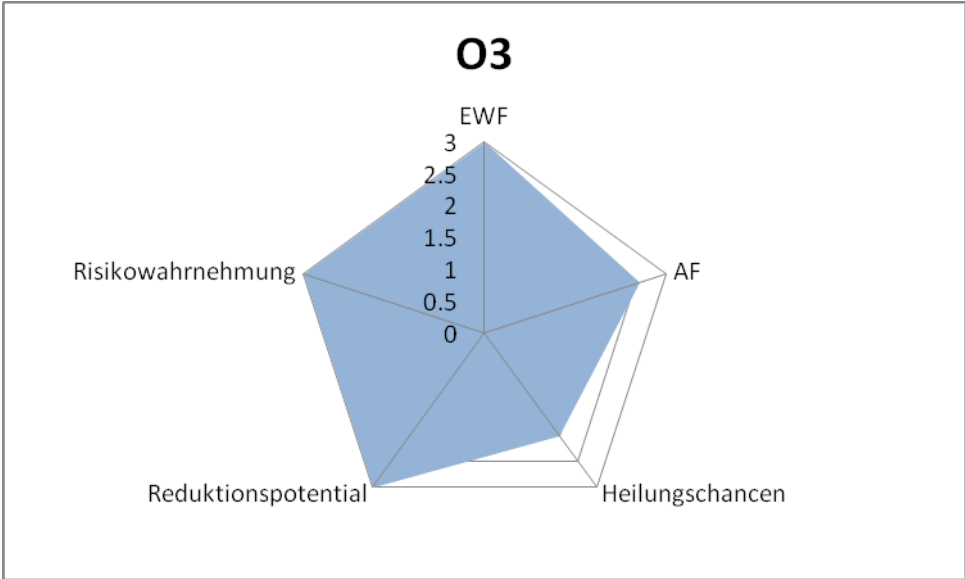


Abbildung 14-VI: Spinnendiagramm für NOx

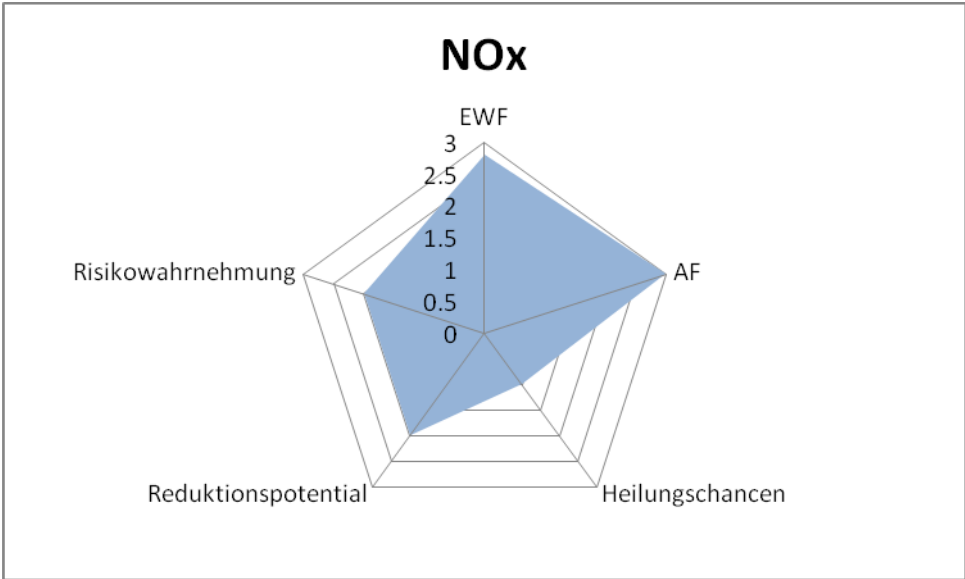


Abbildung 14-VII: Spinnendiagramm für NO<sub>2</sub>

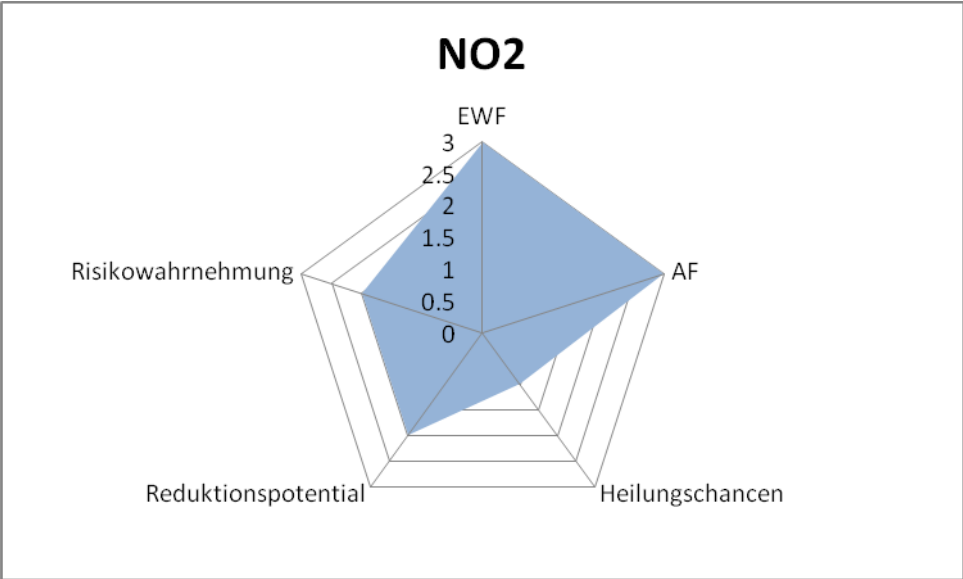


Abbildung 14-VIII: Spinnendiagramm für SO<sub>2</sub>

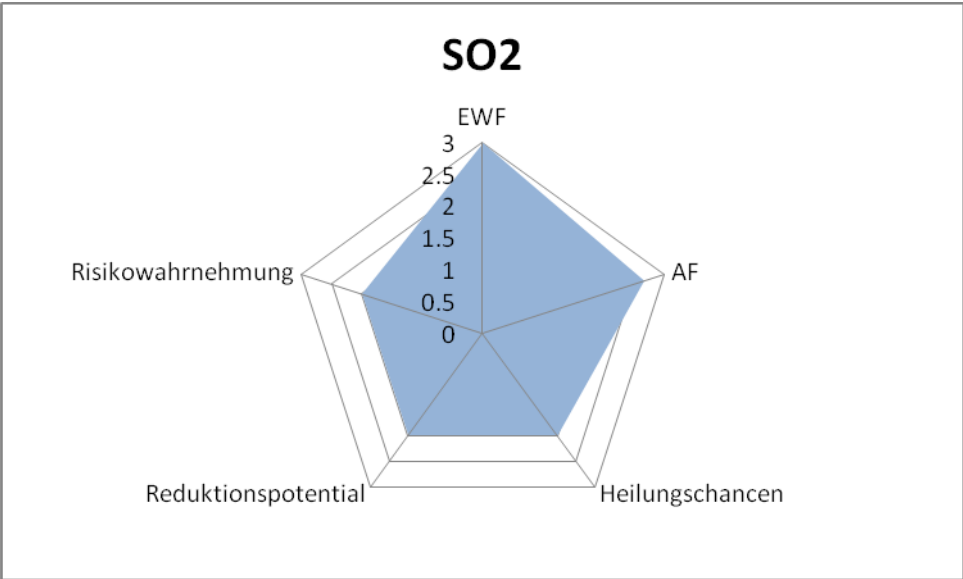


Abbildung 14-IX: Spinnendiagramm für Blei

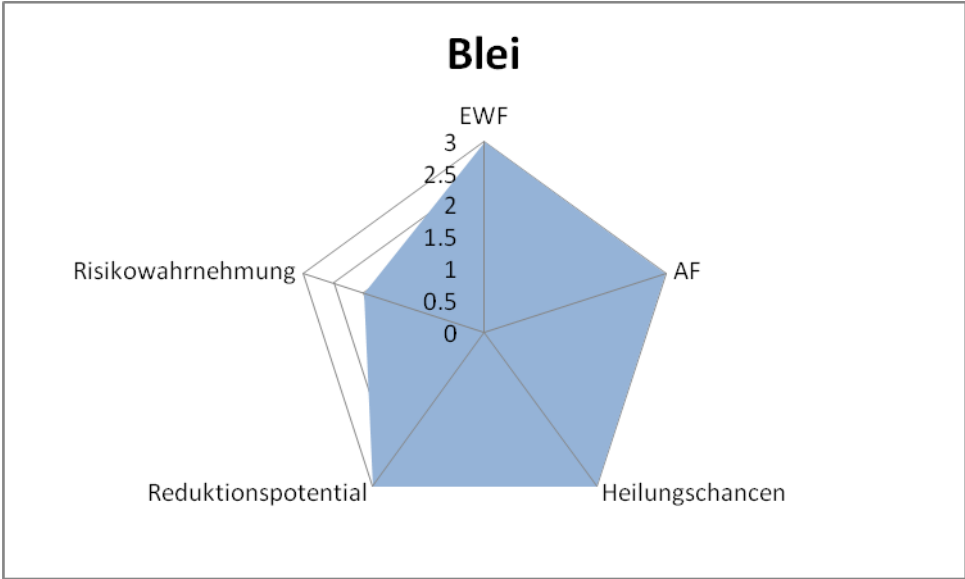


Abbildung 14-X: Spinnendiagramm für Arsen

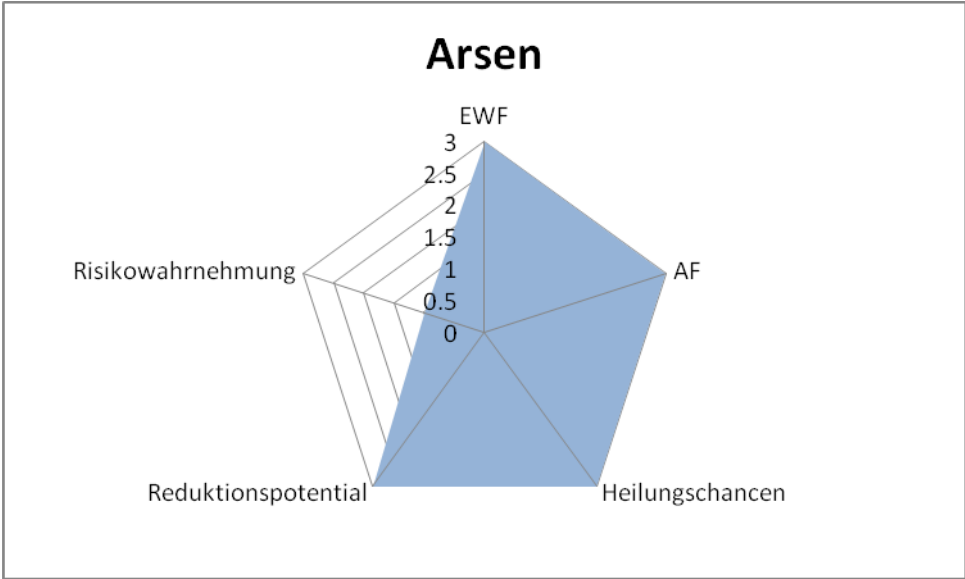


Abbildung 14-XI: Spinnendiagramm für Aluminium

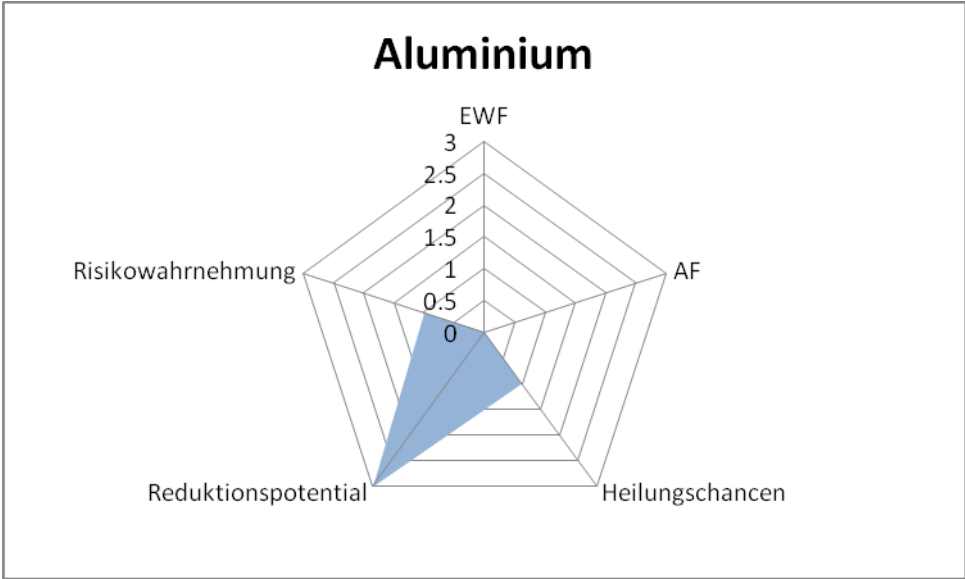


Abbildung 14-XII: Spinnendiagramm für Nickel

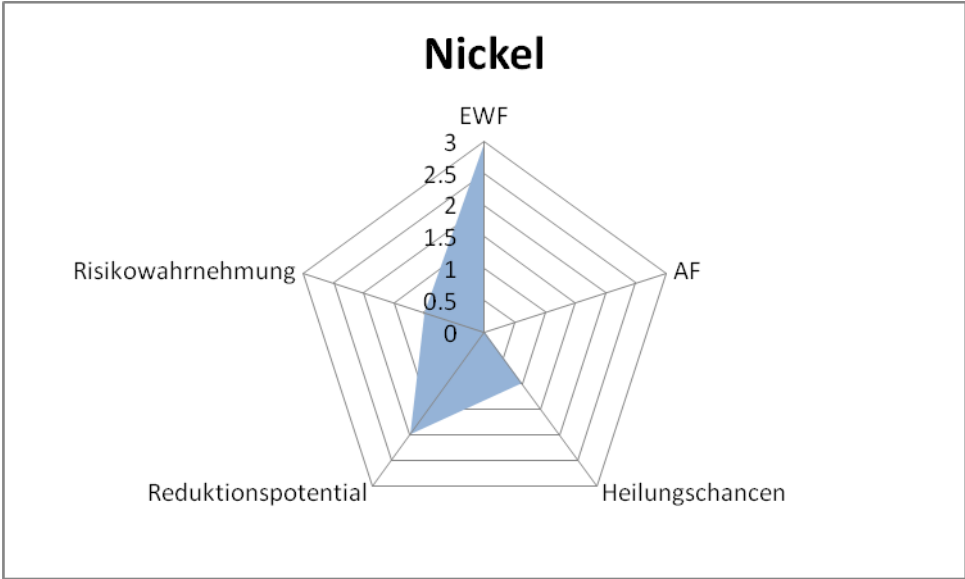


Abbildung 14-XIII: Spinnendiagramm für Cadmium

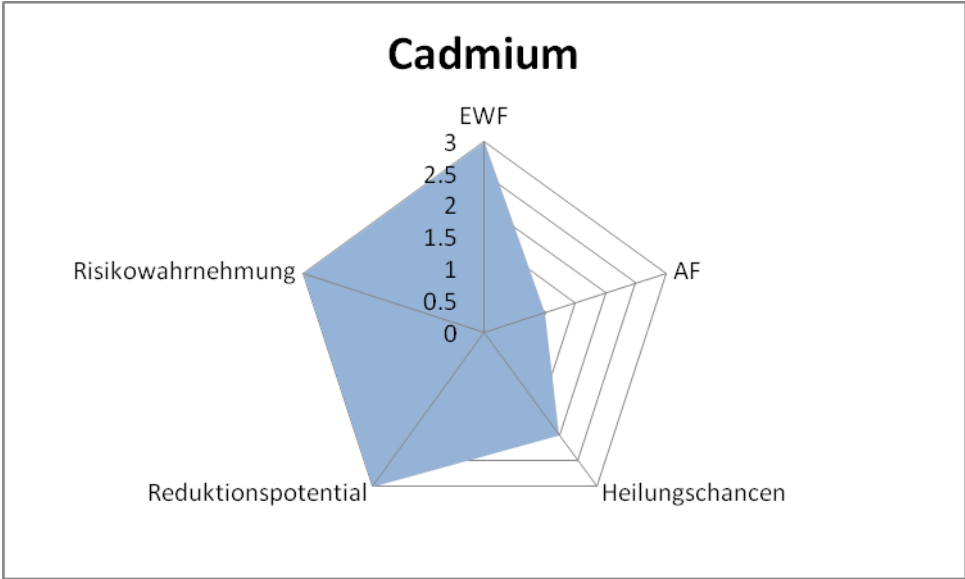


Abbildung 14-XIV: Spinnendiagramm für Quecksilber

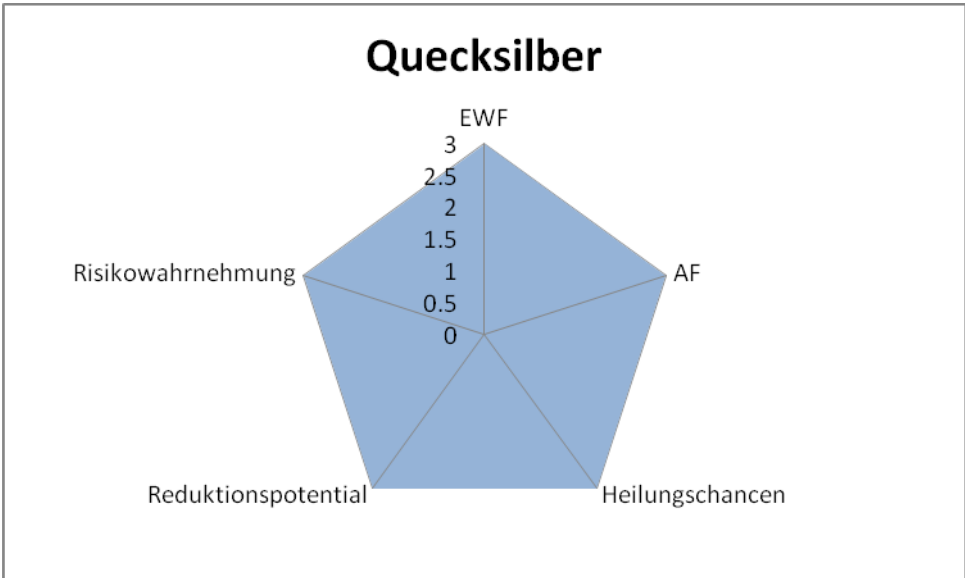




Abbildung 14-XV: Spinnendiagramm für Klimawandel

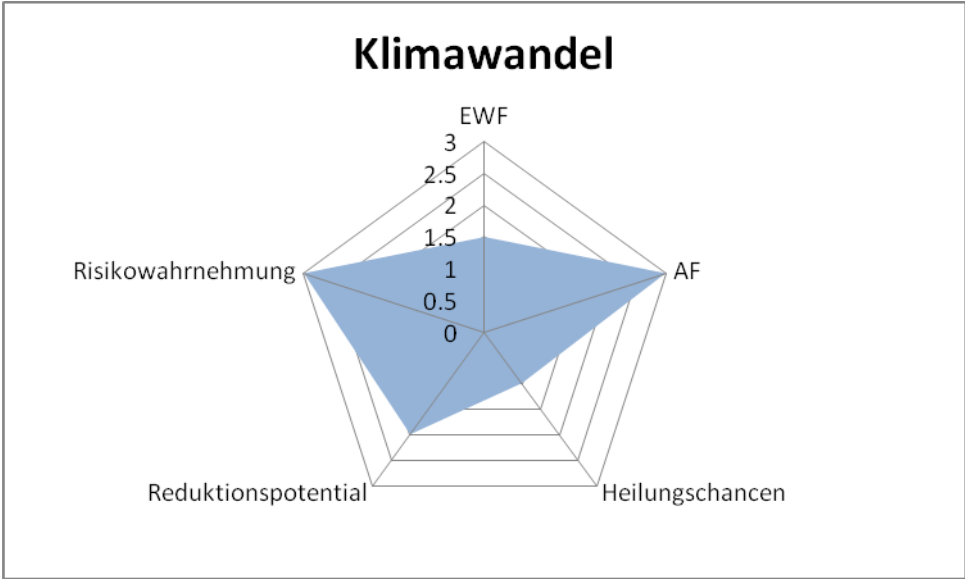


Abbildung 14-XVI: Spinnendiagramm für Lärm

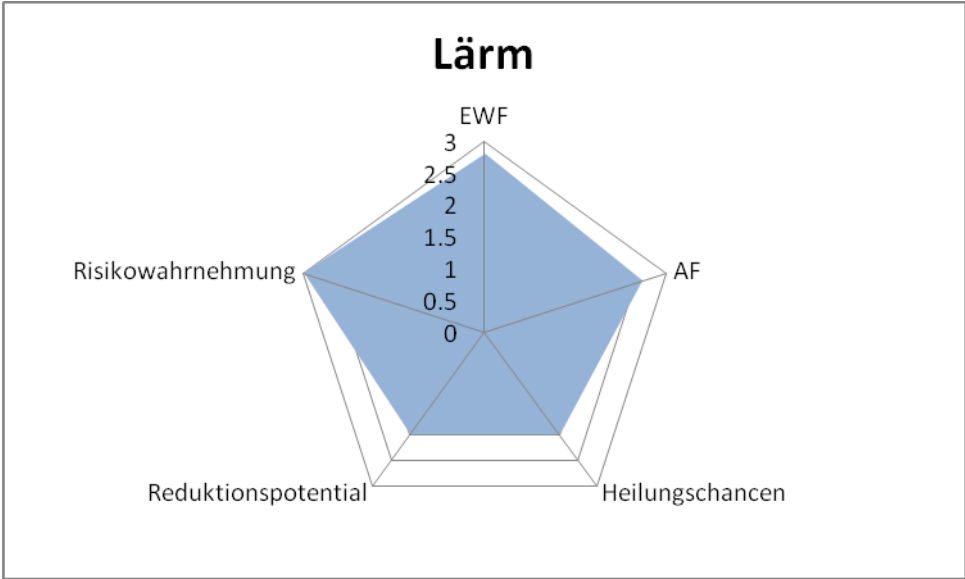


Abbildung 14-XVII: Spinnendiagramm für Radon

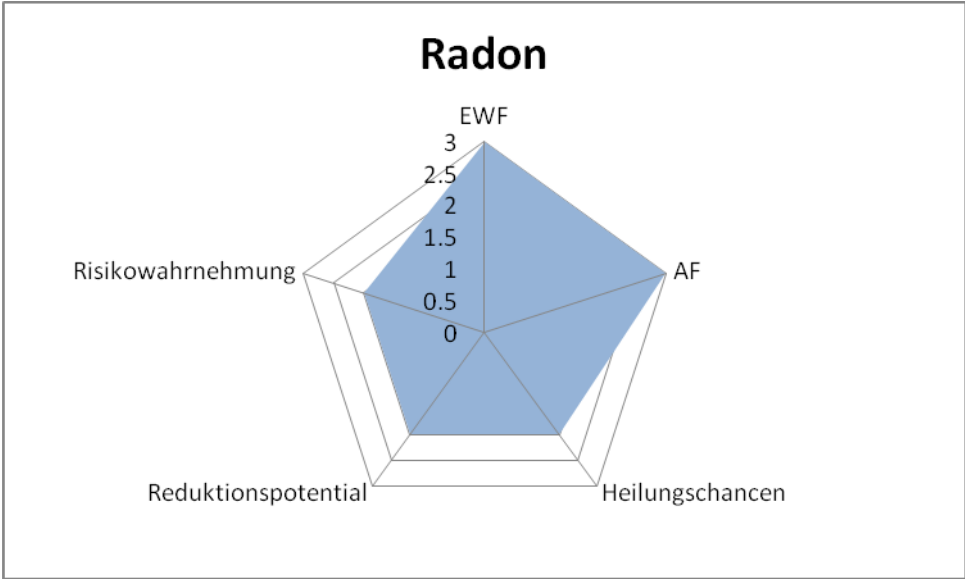


Abbildung 14-XVIII: Spinnendiagramm für SCCPs

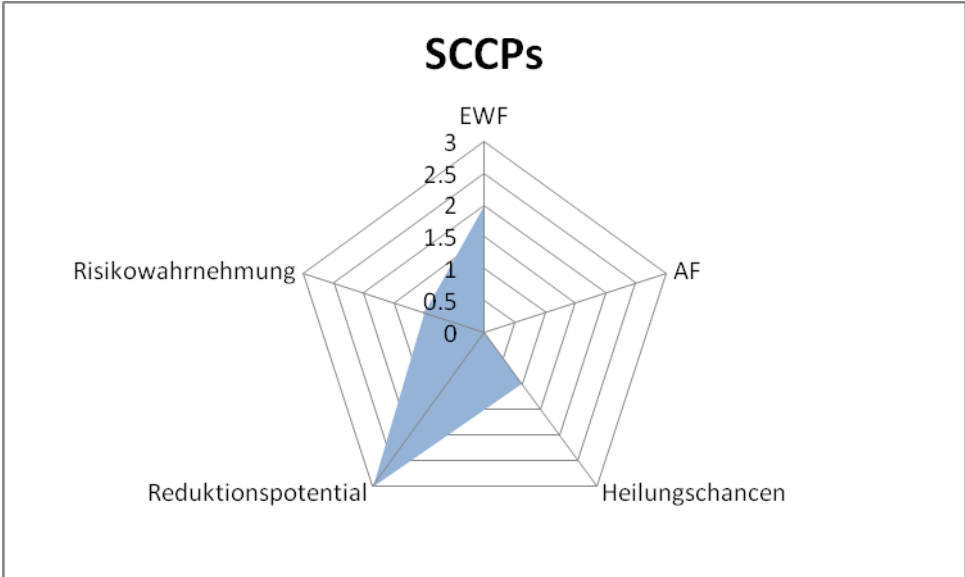


Abbildung 14-XIX Spinnendiagramm für MDA

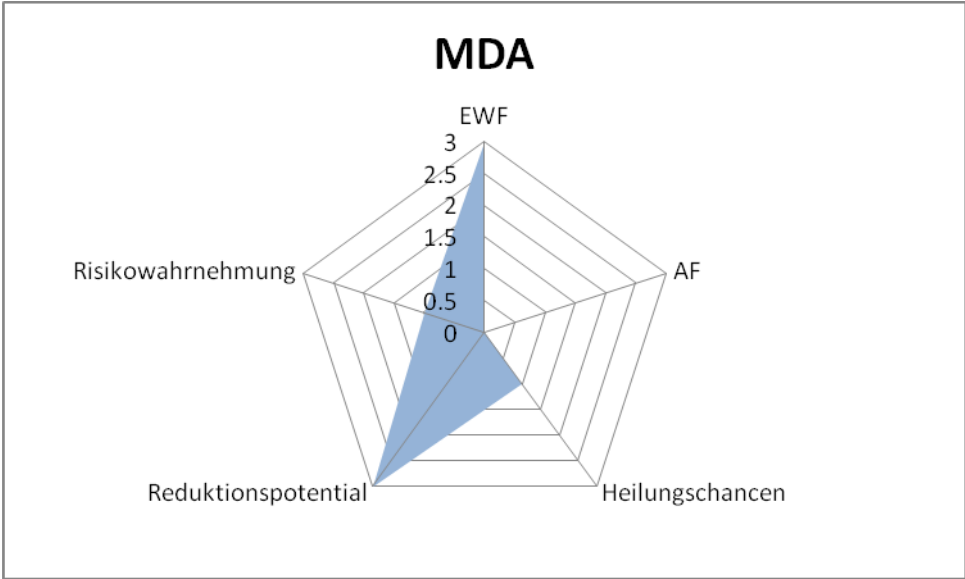


Abbildung 14-XX: Spinnendiagramm für Phthalate

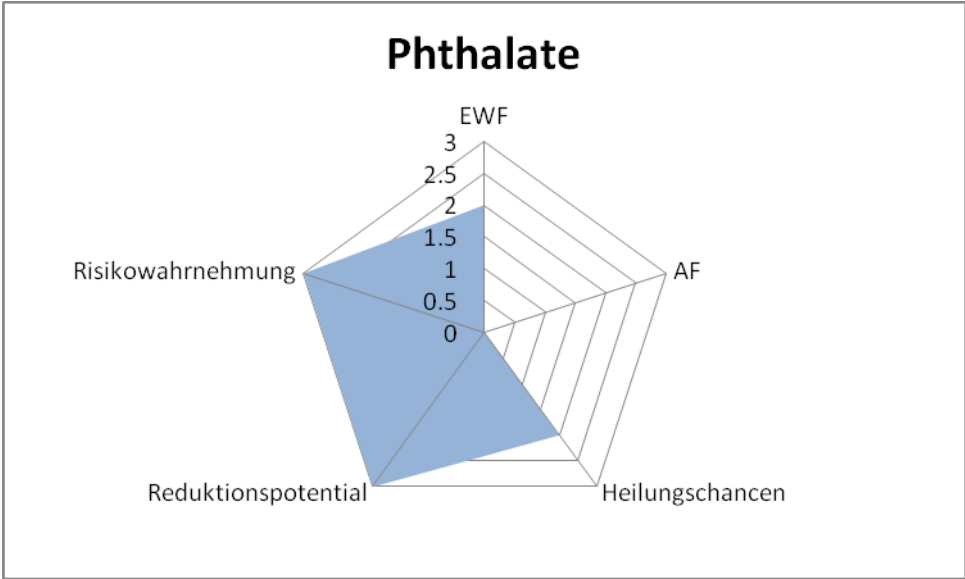


Abbildung 144-XXI: Spinnendiagramm für Trichlorethen

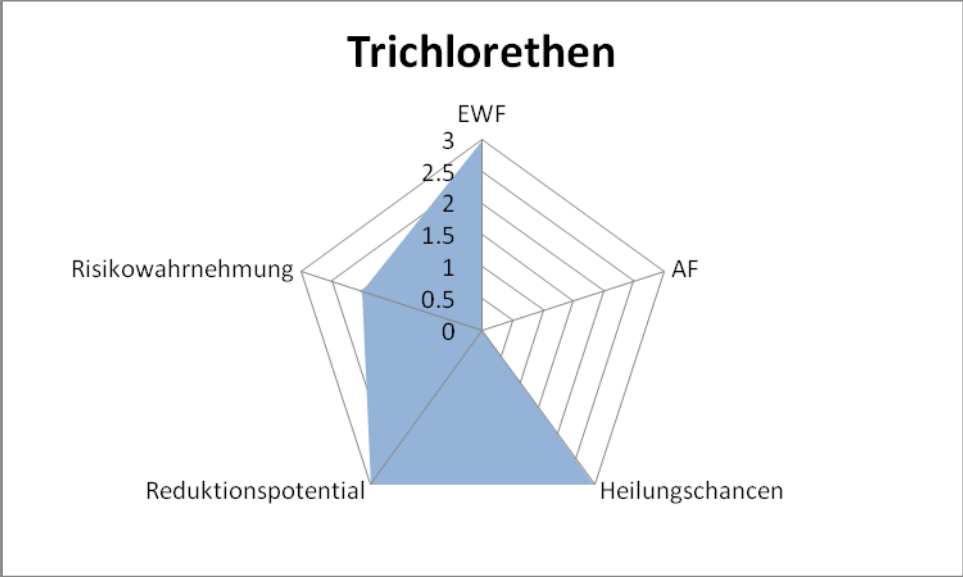


Abbildung 14-XXII: Spinnendiagramm für Benzol

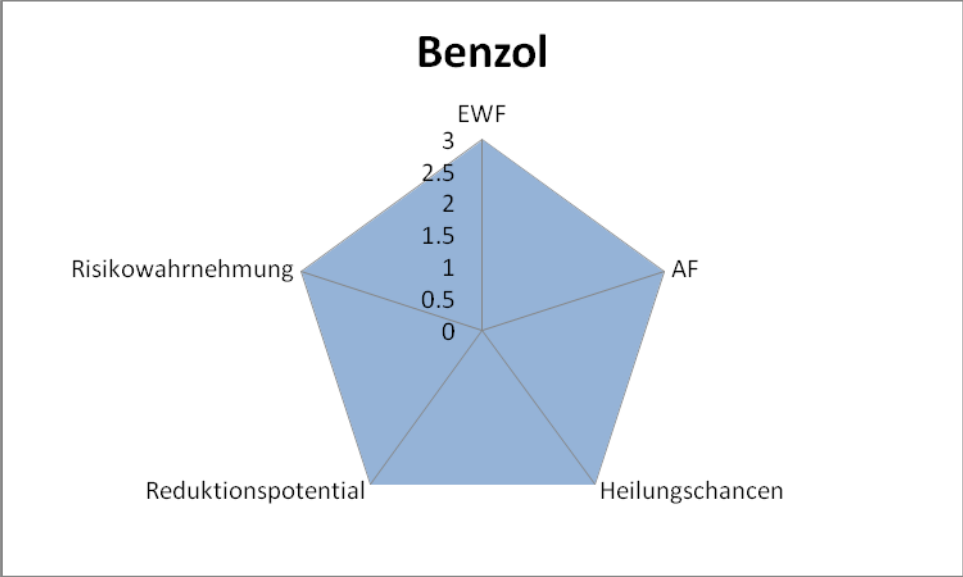


Abbildung 14-XXIII: Spinnendiagramm für SHS

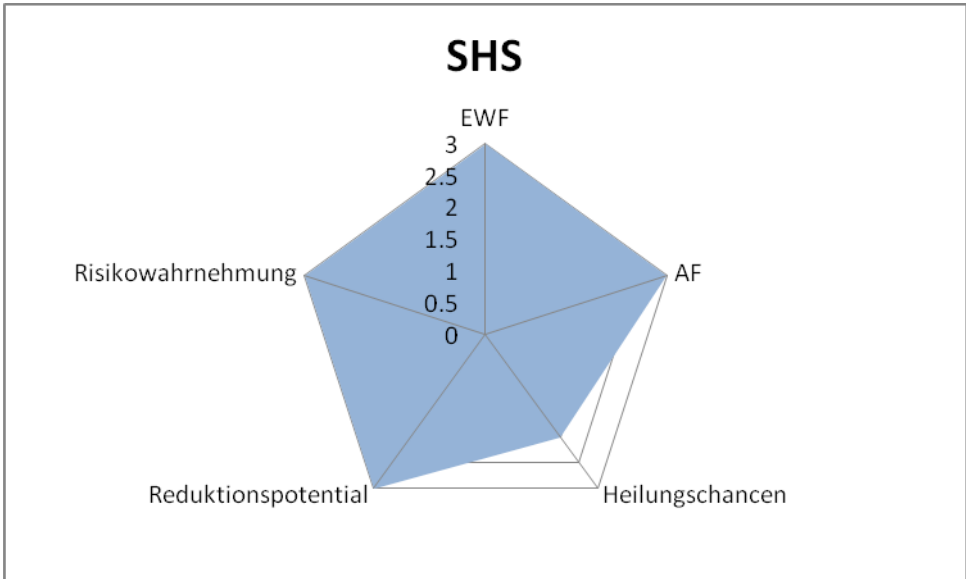


Abbildung 14-XXIV: Spinnendiagramm für Innenraumstressoren

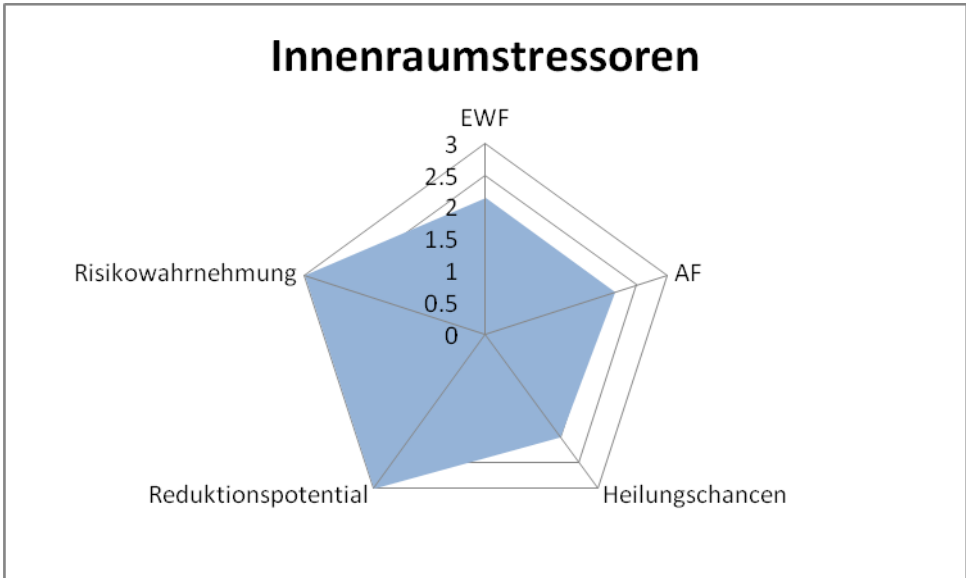
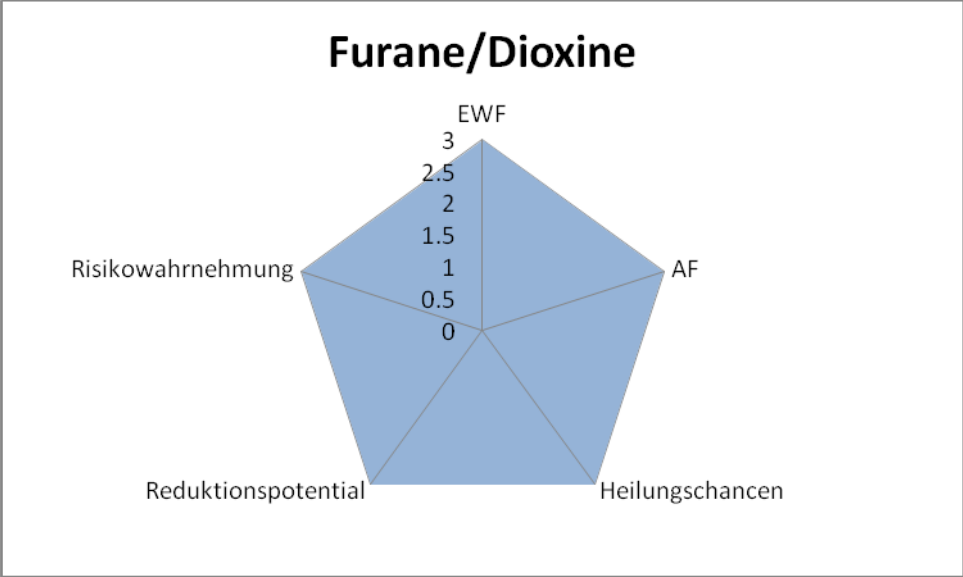


Abbildung 14-XXV: Spinnendiagramm für Furane und Dioxine



## 15. Appendix 6 – Protokoll des Fachgesprächs vom 20. September 2013

Tabelle 15-I: Teilnehmerliste des Fachgesprächs

Name	Vorname	Institution
Bachmann	Till	Europäisches Institut für Energieforschung (EIFER), Universität Karlsruhe
Bunge	Christiane	Umweltbundesamt (UBA), Berlin
Fantke	Peter	Technische Universität Dänemark, Abteilung für quantitative nachhaltige Bewertung [Quantitative Sustainability Assessment (QSA)]
Conrad	Andrè	Umweltbundesamt (UBA)
Friedrich	Rainer	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart
Gies	Andreas	Umweltbundesamt (UBA), Berlin
Henck	Susanne	CDU Fraktion Brandenburg
Hornberg	Claudia	Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld
Kallweit	Dagmar	Umweltbundesamt (UBA), Berlin
Klonschinski	Andrea	Institut für Philosophie, Universität Regensburg
Mekel	Odile	Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen (LZG.NRW) [Centre for Health for the State of North Rhine-Westphalia]
Peters	Annette	Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
Plaß	Dietrich	Bielefeld University
Porsch	Lucas	Ecologic Institut, Berlin
Prüss-Ustün	Annette	Weltgesundheitsorganisation (WHO), Geneva
Rappolder	Marianne	Umweltbundesamt (UBA), Berlin
Srebotnjak	Tanja	Ecologic Institut, Berlin
Straff	Wolfgang	Umweltbundesamt (UBA), Berlin
Vidaurre	Rodrigo	Ecologic Institut, Berlin
Wintermeyer	Dirk	Umweltbundesamt (UBA), Berlin

## **1. Begrüßung:**

Die Teilnehmer/-innen wurden durch Herrn Dr. Gies, Abteilungsleiter II 1 - Umwelthygiene, im UBA, begrüßt.

## **2. Fachliche Einleitung:**

Frau Dr. Kallweit, UBA, gab eine Präsentation zur Einführung der Teilnehmer in die Projekthintergründe und -ziele.

### **2.1. Fachbezogene Präsentationen**

Der weitere Verlauf des Fachgesprächs orientierte sich an den einzelnen Arbeitspaketen des Projekts und beinhaltete vier separate Blöcke mit insgesamt zehn Präsentationen. Im Anschluss an die Präsentationen in jedem Block wurde eine freie oder moderierte Diskussionsrunde durchgeführt, welche unter anderem dazu genutzt wurden, konkrete Arbeitsschritte, Informationsquellen bzw. Denkansätze für den weiteren Verlauf der Projektarbeit zu identifizieren. Die Ergebnisse der vier Arbeitsblöcke sind im Folgenden zusammengefasst.

#### **2.1.1 Block 1: Stärken und Schwächen der EBD-Methodik der WHO aus wissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Sicht**

In diesem Block wurden drei Präsentationen gegeben:

Frau Kloschinski (Universität Regensburg) präsentierte eine Betrachtung der DALY-Methode aus philosophischer und ethischer Perspektive

Frau Dr. Henck gab eine Übersicht zu den Bedingungen für die Anwendung von komplexen Kennzahlen, mit besonderem Bezug auf die DALY-Methode, durch den Gesetzgeber und Gesetzesanwender in Deutschland

Frau Dr. Srebotnjak referierte zu den bereits erarbeiteten Projektergebnissen hinsichtlich der Gegenüberstellung der Chancen, Risiken und Grenzen der EBD-Methode aus wissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Sicht

Ergebnisse und in der weiteren Projektarbeit zu berücksichtigende Diskussionspunkte:

- DALY hat die Charakteristiken
- Es ist eine implizite Wertentscheidung
- Es ist eine aggregierte Größe
- Es diskontiert Nutzen/Schaden (zumindest in früheren Versionen)
- Die Verwendung der DALYs aus rechtlicher und ethischer Sicht bleibt unzureichend analysiert und debattiert. Andere Metriken, wie beispielsweise das QALY, sind hier bereits weiter fortgeschritten. Allerdings hat die 2010er GBD-Version der DALY-Berechnung auf einige der Kritiken geantwortet und auf die Altersgewichtung, Diskontierung und die Verwendung unterschiedlicher Standardlebenserwartungen für Männern und Frauen verzichtet.
- DALY zur Bewertung des Gesundheitsdefizits des Individuums und als Input zur Ressourcenallokation stehen in Widerspruch zueinander. Ersteres reflektiert den persönlichen Wert von Gesundheit während der zweite den Verwendungsweg den Gesellschaftswert von Gesundheit widerspiegelt. Trotzdem bieten die DALYs einen



grundsätzlich vertretbaren Ansatz zur Messung und Evaluierung des Gesundheitszustandes einer Gesellschaft oder Bevölkerungsgruppe.

- DALY-Ansatz impliziert Wertmaximierung, d.h. jede Verteilung von Gesundheit, die die Gesamt-Anzahl minimiert ist demnach a-priori akzeptabel; daher müssen insbesondere diskriminierende Nutzungen der DALYs vermieden werden. Entsprechende Diskriminierungsentscheidungen darf nur ein demokratisch gewählter, legitimer Entscheidungsträger treffen.
- Die Vergleichbarkeit von Gesundheitszuständen steht im Vordergrund und dazu ist die DALY-Methodik gut geeignet
- Inter- und intra-individuelle Vergleiche
- Wichtig bei der Durchführung von EBD-Studien ist die Verringerung von Zugangsbarrieren (z.B. bei Befragungen von Bürgern aus allen sozialen Schichten, Patien/-inn/en, Familienangehörigen, etc.). Ebenfalls zu berücksichtigen ist der Sprachgebrauch, so z.B. in Bezug auf das Beeinträchtigungsgewicht, welches besser Gewichtungsfaktor für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkung genannt werden sollte, und u.U. zu größerer Akzeptanz unter Menschen mit körperlichen/geistigen Beeinträchtigungen führen kann.
- Für die Weiterentwicklung der EBD Methode werden benötigt:
  - Mehr (Expositions-)Daten
  - Bessere Expositions-Wirkungs-Funktionen (EWFs)
  - Verstärkte Einbeziehung der Betroffenen sowie von Kindern, Jugendlichen und Senioren in Befragungen zur Ermittlung der Gewichtungsfaktor für den Schweregrad gesundheitlicher Einschränkungen
  - Förderung von Transparenz, Verständnis und Informationsvermittlung zur EBD-Methode, z.B. durch Einbeziehung von Verbänden und Interessensgruppen
  - Stärkere Einbindung von EBD in Umwelt-Medizin-Kommissionen in Deutschland (geleitet vom RKI)

### **2.1.2 Block 2: Auswahl der für Deutschland wichtigen Umweltstressoren und der assoziierten Gesundheitsendpunkte**

In diesem Block wurden drei Präsentationen gehalten. Herr Porsch (Ecologic Institut) hat die anschließende Diskussion moderiert.

Herr Prof. Friedrich (IER Stuttgart): Anmerkungen zur Umsetzung der EBD-Methode der WHO

Herr Dr. Fantke (TU Dänemark): Übersicht zu bestehenden EBD-Studien (1999 – 2011)

Frau Dr. Srebotnjak (Ecologic Institut): Auswahl bedeutender Umweltstressoren und ihre gesundheitlichen Einschränkungen

Ergebnisse und in der weiteren Projektarbeit zu berücksichtigende Diskussionspunkte:

- Die Probleme der DALY-Methode sind bekannt, können aber von der EBD-Methode getrennt betrachtet werden. Die EBD hat ebenfalls Probleme, welche die folgenden Schritte zu ihrer Verbesserung einschließt:

- Messung von Exposition anstatt Hintergrundkonzentrationen
- Ermittlung des Exposoms, d.h. der Exposition während der gesamten Lebenszeit
- Differenzierung der Expositions-Wirkungskurve nach Inhaltsstoff und physikochemischen Parametern (z.B. die verschiedenen Komponenten, die in PM enthalten sind)
- Bessere Messung der simultanen Belastung durch mehrere Schadstoffe
- Exposition als Funktion des Exposoms modellieren
- Die Übersicht zu existierenden EBD-Studien lieferte konkrete Hinweise für die Erstellung der Liste der wichtigsten Umweltstressoren und assoziierter Gesundheitsendpunkte sowie für die Übersicht zu existierenden Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (Disability Weight, DW).
- Kriterien für die Rangordnungsbildung:
  - Dem Umweltstressor zurechenbare Fraktion (AF)
  - Vorhandensein und Stärke der EWFs
  - Stärke der Beweislage für Stressor-Endpunkt Beziehung (Kausalität)
  - Heilungschancen
  - Potenzielle Reduktion der Krankheitslast, wenn der Stressor reduziert oder eliminiert ist
  - Wahrgenommenes Risiko versus individuelle Perspektive

### **2.1.3. Block 3: Datenlage und Wissensstand zu den ausgewählten Umweltstressoren und Gesundheitsendpunkten**

In diesem Block wurden drei Präsentationen vorgestellt:

Frau Dr. Hornberg (Universität Bielefeld): Datennotwendigkeit und -verfügbarkeit für EBD-Berechnungen in Deutschland (Environmental Burden of Disease)

Herr Vidaurre (Ecologic Institut): Chemikalien und EBD - ein Überblick des REACH-Ansatzes

Frau Dr. Srebotnjak (Ecologic Institut): konzeptionelle Gedanken zur Bestimmung Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung

Ergebnisse und in der weiteren Projektarbeit zu berücksichtigende Diskussionspunkte:

- EBD geht nicht ohne BoD.
- Wir benötigen mehr:
  - kleinräumige Daten,
  - Daten zur Multimorbidität,
  - Gesundheitsdaten (ICD's, Populationsdaten, deutsche Lebenserwartung);
  - Datenbanken wie KORA (Herzinfarktregister des Helmholtz Zentrum München); GEDA (Gesundheitsmonitoring RKI);
  - Expositionsdaten,

- Fachleute die für jeweilige spezifische Fragen (Datengüte) aussagefähig sind;
- EWFs stratifiziert nach Alter, Geschlecht
- Für Deutschland müssen andere Gewichtungsfaktoren verwendet werden als für die globale Berechnung der GBD.
- Für PM<sub>0,1</sub> ist es aufgrund mangelnder Messdaten noch schwierig EWFs zu ermitteln (niederländische Studie), außerdem sollten Ruß und HBCDD (Flammschutzmittel) nicht in die geplante Prioritätenliste (Umweltstressoren einschließlich Gesundheitsendpunkte) aufgenommen werden, da die Datenlage (EWFs) bisher noch unzureichend ist.
- Weitere Kandidaten für die Auswahlliste sind: Benzol, Passivrauchen, Innenraumschadstoffe, Dioxine, Furane, Badewasser, NO<sub>2</sub> statt NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> (als gutes Beispiel für eine Erfolgsgeschichte).
- REACH ist von begrenztem Nutzen für die Bestimmung von wichtigen Gesundheitsendpunkten, da humantoxikologische und öko-toxikologische Studien keine epidemiologischen Methoden sind. Sie können aber dennoch wichtige Hinweise auf das durch den Stressor ausgeübte Risiko für die menschliche Gesundheit geben.
- REACH ist eher als ein Instrument für die Risikobewertung im umweltbezogenen Gesundheitsschutz zu sehen.

#### **2.1.4. Block 4 - Konzepte für die Bestimmung fehlender Gewichtungsfaktoren für den Schweregrad einer gesundheitlichen Einschränkung (DWs)**

In diesem Block wurde eine Präsentation gezeigt:

Frau Dr. Srebotnjak (Ecologic Institut): Vorläufige Liste existierender DWs.

Ergebnisse und in der weiteren Projektarbeit zu berücksichtigende Diskussionspunkte:

- Für den konzeptionellen Teil sind gezielt Datenforderungen zu formulieren, die eine deutsche Umfrage zur Bestimmung von DWs erfüllen sollte.
- Die Faktorenanalyse ist geeigneter Ansatz, ansonsten besteht die Gefahr für Verzerrungen in der Aussage

### **3. Zusammenfassung**

Am Ende des Fachgesprächs hat Frau Dr. Kallweit nochmal die wichtigen Kritikpunkte der DALY- und EBD-Methoden zusammengefasst:

- Wenn Gesundheit nur anhand der DALYs maximiert wird, besteht die Gefahr der Diskriminierung von Bevölkerungsgruppen
- Es besteht der Konflikt der Kollektiv- vs. Individualgüterbetrachtung von Gesundheit
- Mehr Transparenz ist zur Maxime für die Methodenentwicklung und -anwendung zu machen.
- EBD-Methode hängt von guten BoD-Daten ab (z.B. Gesamtmortalität und ursachenbezogene Mortalität, ebenso für die Morbidität).
- EBD und DALY können auch getrennt betrachtet werden

- Liste der Umweltstressoren, welche durch Kriterien wie beeinflussbare Exposition (ja/nein), Transparenz, Stärke der wissenschaftlichen Evidenzbasis und mittels eines Entscheidungsbaum-Ansatzes bestimmt werden können
- Es sind mehr Diskussionen mit politischen Entscheidungsträgern zur EBD und deren Ergebnisse notwendig und sinnvoll, um die Akzeptanz der EBD zu erhöhen.

Frau Kallweit dankte darüber hinaus den am Fachgespräch beteiligten Fachleuten für ihre konstruktiven Kommentare in Bezug auf weitere Arbeiten im laufenden Projekt zur Auswahl der Umweltstressoren und Gesundheitsendpunkte sowie zur geeigneten Auswahl verfügbarer DWs bzw. der Konzepte zu deren Ableitung.