

UMWELT & GESUNDHEIT ##/2019

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3716 62 2100

# **Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung**

Abschlussbericht

von

Aaron Best, Marta Chelminska, Michael Schock, Tanja  
Srebotnjak, Jan-Erik Thie

Ecologic Institut, Berlin

Alexander Greßmann, Yasmina Beltran Mondragon  
Ramboll Deutschland GmbH, München

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

### Durchführung der Studie:

Ecologic Institut  
Pfalzburger Straße 43/44  
10717 Berlin

Ramboll Deutschland GmbH  
Werinherstraße 79  
81541 München

### Abschlussdatum:

Dezember 2019

### Redaktion:

Fachgebiet II 1.6 Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren  
Tristan Fischer, Dietrich Plaß

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1868-4340

Dessau-Roßlau, Dezember 2019

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Kurzbeschreibung: Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung**

Für die monetäre Bewertung der Auswirkungen umweltbedingter Erkrankungen sowie der daraus resultierenden Todesfälle liegen verschiedene ökonomische Methoden vor. In diesem Bericht wird eine Prüfung der Eignung dieser Methoden zur monetären Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von Umweltbelastungen in Deutschland vorgenommen. Der Bericht identifiziert die jeweiligen Merkmale der Methoden, fasst ihre Hauptstärken und -schwächen zusammen und bewertet ihre Eignung für die kombinierte Verwendung der Methoden innerhalb ökonomischer Analysen. Schließlich enthält der Bericht Empfehlungen für die praktische Anwendung der Methoden. Dieser Bericht dient auch als Basis für die Erarbeitung konkreter monetärer Bewertungen von umweltbedingten Krankheitslasten, was anhand der Berechnung von drei Fallstudien zu Umweltrisikofaktoren exemplarisch veranschaulicht wird.

**Abstract: Methods for the Economic Valuation of the Environmental Burden of Disease (EBD)**

Several monetisation methods are available for estimating the economic costs of disease and premature death resulting from adverse environmental burdens. This report evaluates the suitability of these methods for attaching a monetary value to the health impacts of environmental pollution in Germany. The report identifies the respective characteristics of the methods, summarizes their key strengths and weaknesses, and assesses their suitability for combined use within economic valuations. Lastly, the report provides recommendations for the practical application of the methods. This report also serves as a basis for the development of three case studies, in which the disease burden related to environmental risk factors is monetized.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	11
Tabellenverzeichnis .....	12
Abkürzungsverzeichnis .....	15
Zusammenfassung.....	18
Summary.....	27
1 Einführung .....	36
2 Systematische Literaturrecherche.....	38
2.1 Ziele der systematischen Literaturrecherche.....	38
2.2 Vorgehen.....	39
2.2.1 Grundlagen der systematischen Literaturrecherche .....	39
2.2.2 Vorbereitung der Literaturrecherche .....	39
2.3 Schritte der Durchführung der systematischen Literaturrecherche.....	40
2.3.1 Definition der Fragestellung sowie der Einschluss- und Ausschlusskriterien .....	40
2.3.2 Suchstrings für die Datenbankrecherche.....	41
2.3.3 Datenbanksuchergebnisse sowie Ein- und Ausschlussprozeduren .....	43
3 Volltextrecherche und Bewertung der identifizierten Literatur .....	52
3.1 Ziele der Volltextrecherche und Literaturbewertung.....	52
3.2 Vorgehen.....	52
3.2.1 Volltextrecherche der Literaturartikel .....	52
3.2.2 Beurteilung von Krankheitsrisiken auf ihre Relevanz für Deutschland.....	53
3.3 Schritte der Durchführung von Volltextrecherche und Bewertung.....	53
3.3.1 Schritte der Volltextrecherche.....	53
3.3.2 Schritte der Beurteilung von Krankheitsrisiken auf ihre Relevanz für Deutschland.....	55
3.3.2.1 Rangordnung des IHME von Gesundheitsrisiken für Deutschland .....	55
3.3.2.2 Anpassung der Gesundheitsrisiken hinsichtlich ihrer Relevanz für die vorliegende Studie	56
3.3.2.3 Ergänzung der Gesundheitsrisiken durch weitere Quellen .....	57
3.4 Output der Volltextrecherche und Literaturbewertung .....	58
3.4.1 Allgemeine Statistik zur Übersicht über die Volltextrecherche .....	58
3.4.2 Relevanz-Ranking: Ausgewählte Studien.....	60
3.4.3 Allgemeine Schlussfolgerungen aus der Volltextrecherche.....	60
4 Kriterien und Vorgehensweise bei der Bewertung der ökonomischen Ansätze.....	63
5 Einordnung und theoretische Grundlagen der ökonomischen Ansätze .....	65
5.1 Einordnung der Ansätze .....	65

5.2	Theoretische Grundlagen der ökonomischen Ansätze .....	67
5.2.1	Kostenarten.....	67
5.2.2	Das Konzept der Zahlungsbereitschaft (WTP) .....	70
5.2.3	Konzepte und ihre Kostenabdeckung .....	70
6	Übersicht und Bewertung der einzelnen ökonomischen Methoden .....	72
6.1	Aufsummierung der tatsächlichen Ausgaben (basierend auf Marktpreisen).....	72
6.1.1	Beschreibung des Ansatzes.....	72
6.1.2	Stärken und Schwächen.....	73
6.1.3	Beispielstudien .....	74
6.2	Produktionsausfall.....	75
6.2.1	Humankapitalansatz.....	75
6.2.1.1	Beschreibung des Ansatzes.....	75
6.2.1.2	Stärken und Schwächen.....	76
6.2.1.3	Beispielstudien.....	78
6.2.2	Friktionskostenansatz .....	80
6.2.2.1	Beschreibung des Ansatzes.....	80
6.2.2.2	Stärken und Schwächen.....	80
6.2.2.3	Beispielstudien.....	82
6.3	Hedonische Bewertungsmethode.....	84
6.3.1	Hedonische Lohnmethode .....	84
6.3.1.1	Beschreibung des Ansatzes.....	84
6.3.1.2	Stärken und Schwächen.....	85
6.3.1.3	Beispielstudien.....	86
6.4	Kontingenten-Bewertungsmethode .....	87
6.4.1	Beschreibung des Ansatzes.....	87
6.4.2	Stärken und Schwächen.....	88
6.4.3	Beispielstudien .....	89
6.5	Choice-Modelling-Ansätze .....	91
6.5.1	Beschreibung des Ansatzes.....	91
6.5.2	Stärken und Schwächen.....	91
6.5.3	Beispielstudien .....	93
7	Übersicht und Analyse der gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren .....	94
7.1	Cost of Illness, inklusive Produktionsausfall .....	94
7.1.1	Beschreibung des Ansatzes.....	94
7.1.2	Bewertung des Ansatzes .....	96

7.1.3	Beispielstudien .....	99
7.2	WTP-basierte Monetarisierung (Morbidität) .....	100
7.2.1	Beschreibung des Ansatzes .....	100
7.2.2	Bewertung des Ansatzes .....	102
7.2.3	Beispielstudien .....	104
7.3	WTP-basierte Monetarisierung (Mortalität) .....	104
7.3.1	Wert eines statistischen Lebens .....	105
7.3.1.1	Beschreibung des Ansatzes .....	105
7.3.1.2	Bewertung des Ansatzes .....	106
7.3.1.3	Beispielstudien .....	108
7.3.2	Value of a Life Year .....	109
7.3.2.1	Beschreibung des Ansatzes .....	109
7.3.2.2	Bewertung des Ansatzes .....	110
7.3.2.3	Beispielstudien .....	112
7.4	Zusammenfassung der Erkenntnisse der Analyse .....	113
8	Fallstudien zur Monetarisierung ausgewählter Krankheitslasten .....	115
8.1	Einführung .....	115
8.2	Risikofaktor Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ): Vergleich WTP-Ansatz und Monetarisierung der DALY-Werte	115
8.2.1	Feinstaub – Quellen und Gesundheitseffekte .....	115
8.2.1.1	Feinstaub – was er ist und wo er herkommt .....	115
8.2.1.2	Gesundheitseffekte durch Feinstaub .....	116
8.2.2	Vergleich von Monetarisierungsmethoden .....	118
8.2.3	Beschreibung von Gesundheitsdaten .....	119
8.2.3.1	IHME Daten der GBD-Studie 2017 .....	120
8.2.4	Beschreibung von Monetarisierungsparametern .....	123
8.2.4.1	Auswahl der Monetarisierungsparameter .....	123
8.2.4.2	Auswahl der Einheitswerte .....	124
8.2.4.3	Anpassung der bei der Monetarisierung verwendeten Werte .....	126
8.2.5	Darstellung der Monetarisierungsergebnisse .....	131
8.2.5.1	Bewertungsergebnisse basierend auf den VegAS-Gesundheitsdaten .....	131
8.2.5.2	Bewertungsergebnisse basierend auf den IHME-Gesundheitsdaten .....	133
8.2.5.3	Vergleich der Bewertungsergebnisse .....	136
8.3	Risikofaktor Ozon: Vergleich VSL und VOLY .....	138
8.3.1	Ozon: Quellen und Gesundheitseffekte .....	138
8.3.1.1	Ozon: was es ist und wo es herkommt .....	138

8.3.1.2	Gesundheitseffekte durch Ozonexposition .....	139
8.3.2	Vergleich von Monetarisierungsmethoden .....	140
8.3.3	Beschreibung der Gesundheitsdaten (IHME).....	141
8.3.4	Beschreibung der Monetarisierungsparameter.....	143
8.3.4.1	Wahl der VSL- und VOLY-Werte.....	143
8.3.4.2	Anpassung der VSL- und VOLY-Werte.....	145
8.3.5	Darstellung der Monetarisierungsergebnisse.....	148
8.3.5.1	VSL-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten) .....	148
8.3.5.2	Ergebnisse der VOLY-basierten Analysen .....	149
8.3.5.3	Vergleich der VSL- und VOLY-basierten Schätzungen.....	151
8.4	Risikofaktor Blei: Vergleich VSL, DALY, COI und Bewertung von Produktivitätsverlusten durch IQ-Reduktion .....	153
8.4.1	Blei – Quellen und Gesundheitseffekte .....	153
8.4.1.1	Blei – Eigenschaften, Vorkommen und Verwendung .....	153
8.4.1.2	Gesundheitseffekte durch Blei.....	153
8.4.1.3	Grenzwerte für Blei – Status Quo .....	154
8.4.2	Methoden der Monetarisierung im Vergleich .....	156
8.4.3	Beschreibung von Gesundheitsdaten (IHME-Daten zum Burden of Disease).....	157
8.4.4	IQ-Verlust durch Bleibelastung im Kindesalter – Alternative Bewertungsansätze.....	159
8.4.5	Weitere Schäden durch Bleiexposition.....	159
8.4.6	Beschreibung von Monetarisierungsparametern.....	163
8.4.7	Darstellung der Monetarisierungsergebnisse.....	164
8.4.7.1	VSL- und VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Bleibelastung (Mortalitätskosten bzw. Morbidität) .....	164
8.4.7.2	Alternativansatz: Schäden pro emittierter Tonne Blei .....	171
8.5	Fallstudie: Erkenntnisse und Forschungsbedarf .....	172
8.5.1	Erkenntnisse aus der Fallstudie.....	172
8.5.2	Forschungsbedarf.....	178
9	Empfehlungen .....	181
9.1	Empfehlungen an Ökonomen und Umweltwissenschaftler .....	181
9.2	Empfehlungen an Kommunikatoren .....	184
10	Quellenverzeichnis .....	186
	Annex A: Suchalgorithmen in der Codierung der verwendeten Datenbanken.....	197
	Annex B: Übersicht der identifizierten Risikofaktoren, Gesundheitsendpunkte und Literaturquellen	205



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Einteilung von Krankheitskosten .....	20
Abbildung 2:	Prozedur des Einschlusses/Ausschlusses während der Screeningphase.....	47
Abbildung 3:	Statistik der Phasen der Literatursuche und Analyse nach Ein- und Ausschluss.....	59
Abbildung 4:	Kostenarten in der Gesundheitsökonomie.....	69
Abbildung 5:	Mögliche Kostenabdeckung in COI- und WTP-Studien und ein Beispiel einer Doppelzählung.....	71
Abbildung 6:	Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer COI-Studie (Beispiel).....	95
Abbildung 7:	Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer WTP-Studie .....	101
Abbildung 8:	Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer WTP-basierten Monetarisierung (Mortalität) .....	105
Abbildung 9:	Jährliche PM <sub>2,5</sub> -Emissionen in Deutschland.....	116
Abbildung 10:	Auf PM <sub>2,5</sub> zurückzuführende Gesundheitsbelastungen in Deutschland in 2016 .....	121
Abbildung 11:	PM <sub>2,5</sub> : attributable Todesfälle in Deutschland in 2016.....	122
Abbildung 12:	Vergleich der Ergebnisse von zwei in der Fallstudie verwendeten Bewertungsansätzen (Mrd. €) .....	137
Abbildung 13:	Stickstoffdioxid (NO <sub>x</sub> , gerechnet als NO <sub>2</sub> )-Emissionen nach Quellkategorien .....	138
Abbildung 14:	Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC) nach Quellkategorien .....	139
Abbildung 15:	Anzahl der attributablen Todesfälle aufgrund von COPD im Zusammenhang mit Ozonbelastung in Deutschland in 2016.....	142
Abbildung 16:	Todesraten (Anzahl von Todesfällen pro 100 000 Individuen) aufgrund von COPD in Zusammenhang mit der Ozonbelastung in Deutschland in 2016 .....	143
Abbildung 17:	Krankheitskosten nach Altersgruppen (Vergleich der mittleren VSL- Schätzer) .....	149
Abbildung 18:	Monetarisierter Krankheitslast nach Altersgruppen (Vergleich der mittleren VOLY-Schätzer) .....	150
Abbildung 19:	Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitskosten in Deutschland in 2016 aufgrund von Ozonbelastung (in Mrd. €) .....	152
Abbildung 20:	Monetarisierter Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Todesfälle in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland.....	165
Abbildung 21:	Monetarisierter Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende verlorene Lebensjahre (YLL) in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland .....	166
Abbildung 22:	Monetarisierter Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Jahre mit Krankheit bzw. Behinderung (YLD) in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland.....	167

Abbildung 23: Monetarisierter Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Jahre mit Krankheit bzw. Behinderung (YLD) in Mrd. € nach Krankheitsarten und Altersgruppen in Deutschland..... 168

Abbildung 24: Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitslast in Deutschland in 2016 aufgrund von Bleibelastung – Mortalität (Mrd. €) ..... 170

Abbildung 25: Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitslast in Deutschland in 2016 aufgrund von Bleibelastung – Morbidität (Millionen €) ..... 171

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ökonomische Bewertungsmethoden ..... 21

Tabelle 2: Zusammenfassung der im Bericht beschriebenen Bewertungsverfahren ..... 23

Tabelle 3: Zusammenfassung der identifizierten Referenzen und Elimination der Duplikate..... 44

Tabelle 4: Farbliche Hervorhebung von Schlüsselwörtern in den Themenbereichen des Screenings zur Unterstützung der Bewertung..... 45

Tabelle 5: Ergebnisse der ersten Screening-Phase mit „DistillerSR“ sowie eines zweiten Schrittes mit Konfliktlösung sowie Screening der Zweifelsfälle..... 47

Tabelle 6: Rangordnung der umwelt- und arbeitsplatzbedingten Gesundheitsrisiken für Deutschland im Jahr 2015 (basierend auf den Anteilen attributabler DALYs aller Altersstufen beider Geschlechter ohne Altersstandardisierung ) ..... 55

Tabelle 7: Kriterien für die Bewertung der ökonomischen Ansätze ..... 64

Tabelle 8: Gesundheitsökonomische Bewertungsverfahren ..... 65

Tabelle 9: Ökonomische Bewertungsmethoden ..... 66

Tabelle 10: Beispiele für direkte, indirekte und intangible Krankheitskosten ..... 67

Tabelle 11: Stärken und Schwächen der Aufsummierung von getragenen Ausgaben ..... 74

Tabelle 12: Exemplarische Studien, die auf den bezahlten Kosten basieren..... 74

Tabelle 13: Stärken und Schwächen des Humankapitalansatzes ..... 78

Tabelle 14: Exemplarische Studien, die den Humankapitalansatz verwenden ..... 79

Tabelle 15: Stärken und Schwächen des Friktionskostenansatzes ..... 82

Tabelle 16: Exemplarische Studien, die den Friktionskostenansatz verwenden ..... 83

Tabelle 17: Stärken und Schwächen der hedonischen Bewertungsmethode..... 86

Tabelle 18: Exemplarische Studien, die die hedonische Lohnmethode verwenden ..... 86

Tabelle 19: Stärken und Schwächen der Kontingenten-Bewertungsmethode ..... 89

Tabelle 20: Exemplarische Studien, die den Kontingenten-Bewertungsansatz verwenden ..... 89

Tabelle 21: Stärken und Schwächen der Choice-Modelling-Ansätze ..... 93

Tabelle 22: Exemplarische Studien, die Choice Modelling verwenden ..... 93

Tabelle 23: Exemplarische COI-Studien..... 99

Tabelle 24: Exemplarische Studien mit WTP-basierter Monetarisierung (Morbidität) ..... 104

Tabelle 25:	Exemplarische Studien zu VSL .....	109
Tabelle 26:	Exemplarische Studien zur Verwendung des VOLY .....	112
Tabelle 27:	Zusammenfassung der im Bericht beschriebenen Bewertungsverfahren .....	114
Tabelle 28:	Vom HRAPIE-Projekt behandelte Gesundheitsendpunkte in Zusammenhang mit PM.....	117
Tabelle 29:	In dieser Fallstudie verglichene Monetarisierungsmethoden.....	118
Tabelle 30:	Schätzer der ausgewählten Mortalitäts- und Morbiditätsdaten vor und nach der Umwandlung .....	120
Tabelle 31:	Verteilung der Krankheitslast (Anzahl Todesfälle) auf die Altersgruppen .....	123
Tabelle 32:	Verteilung der Krankheitslast (DALYs) auf die Altersgruppen.....	123
Tabelle 33:	Gewählte Einheitswerte für die Monetarisierung der VegAS- Gesundheitsdaten.....	125
Tabelle 34:	Gewählte Werte pro Einheit für die Monetarisierung der IHME- Gesundheitsdaten.....	125
Tabelle 35:	Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung der Mortalitätseffekte.....	128
Tabelle 36:	Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung der Mortalitätseffekte.....	129
Tabelle 37:	Herleitung der Einheitswerte für die Monetarisierung der Morbiditätseffekte.....	130
Tabelle 38:	Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung der YLD .....	131
Tabelle 39:	WTP-basierte Bewertung der aufgrund von PM <sub>2,5</sub> verursachten Krankheitslast in 2016 (Mortalitäts- und Morbiditätskosten) .....	132
Tabelle 40:	Auf VOLY basierende Bewertung der Krankheitslast (DALYs) aufgrund von PM <sub>2,5</sub> in 2016 .....	133
Tabelle 41:	Auf VSL basierende Bewertung der Todesfälle aufgrund von PM <sub>2,5</sub> in 2016 .....	134
Tabelle 42:	Auf VOLY basierende Bewertung der YLD aufgrund von PM <sub>2,5</sub> in 2016.....	135
Tabelle 43:	Auf VSL und VOLY basierende Bewertung der Todesfälle und YLD aufgrund von PM <sub>2,5</sub> in 2016 .....	135
Tabelle 44:	Vergleich der monetären Bewertungen der Krankheitslast aufgrund von PM <sub>2,5</sub> in Deutschland in 2016 (Mrd. €).....	136
Tabelle 45:	Vom HRAPIE-Projekt behandelte Gesundheitsendpunkte im Zusammenhang mit Ozon.....	140
Tabelle 46:	Für die Analyse ausgewählte VSL-Schätzer (€ <sub>2016</sub> ) .....	144
Tabelle 47:	Für die Analyse ausgewählte VOLY-Schätzer (€ <sub>2016</sub> ) .....	145
Tabelle 48:	Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten .....	146
Tabelle 49:	Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten .....	146
Tabelle 50:	Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten .....	147

Tabelle 51:	Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten .....	148
Tabelle 52:	VSL-basierte Monetarisierung der Krankheitslast im Jahr 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten in Mrd. €) .....	149
Tabelle 53:	VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten in Mrd. €) .....	150
Tabelle 54:	Vergleich der Bewertungsergebnisse: Krankheitskosten in Deutschland in 2016 aufgrund von Ozonbelastung (Mrd. €) .....	152
Tabelle 55:	Gesundheitsendpunkte für die Exposition gegenüber Blei, identifiziert durch Studien anhand einer systematischen Literaturübersicht .....	154
Tabelle 56:	In den IHME-Daten erfasste und quantifizierte Kategorien der Krankheitslast durch Blei für Deutschland im Jahr 2016 .....	158
Tabelle 57:	Schadenskosten durch Blei in € <sub>2013</sub> pro emittiertem kg Blei in die Luft.....	161
Tabelle 58:	Monetäre Werte pro Einheit in € <sub>2013</sub> für Gesundheitsendpunkte im Fall Blei.....	162
Tabelle 59:	Schadenskosten durch Blei in € <sub>2017</sub> pro emittiertem kg Blei in die Luft, Basiswert und Sensitivitätsanalysen.....	163
Tabelle 60:	VSL- und VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast durch Blei (Mortalität und Morbidität).....	169
Tabelle 61:	Empfohlene VSL- und VOLY-Werte.....	183
Tabelle 62:	Quellen der Parameterwerte für Benefit Transfer .....	183
Tabelle 63:	Verwendete Suchalgorithmen in der Codierung der jeweils verwendeten Datenbank – Suchstrings in englischer Sprache; Suchparameter: Titel und Abstract.....	197
Tabelle 64:	Eingegebene Suchalgorithmen in der Codierung von LIVIVO – Suchstrings für deutschsprachige Literatur mit Suche nach Titel und Keywords .....	198
Tabelle 65:	Anzahl der gefundenen Referenzen, differenziert nach Suchstrings, Reviewphasen und Duplikaten .....	200
Tabelle 66:	Distiller-Antwortmasken mit Folgemenüs in Abhängigkeit von der Entscheidung „Yes“ / „No“ / „Doubt“ (Endstand nach dem Update zum 20.06.2018 mit allen Ergänzungen während der Bearbeitung).....	201
Tabelle 67:	Systematik und Gliederung der Spalten für das Volltext-Screening.....	202
Tabelle 68:	Risikofaktoren und Gesundheitsendpunkte, die für Deutschland relevant sind sowie Quellen .....	205
Tabelle 69:	Ausgewählte Artikel mit besonders hoher Relevanz.....	213

## Abkürzungsverzeichnis

ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung
AOLG	Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMJ	British Medical Journal
CAFE	Clean Air for Europe
CBA	Cost-Benefit Analysis
CM	Choice Modelling
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub> e	Kohlendioxidäquivalent
COI	Cost of Illness
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease (chronisch obstruktive Lungenerkrankung)
CPL	Cost of Productivity Lost
CV	Contingent Valuation
DALY	Disability-Adjusted Life Year
DB	Dichlorbenzol
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
DG	Directorate General
DW	Disability Weight
EBD	Environmental Burden of Disease (umweltbedingte Krankheitslast)
EBoDE	Environmental Burden of Disease in Europe
ECHA	European Chemical Agency
EEA	European Environment Agency
EFSA	European Food Safety Authority
EU	Europäische Union
GBD	Global Burden of Disease
GHDx	Global Health Data Exchange
HEIMTSA	Health and environment integrated methodology and toolbox for scenario assessment
HRAPIE	Health risks of air pollution in Europe
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
IQ	Intelligenzquotient
IQWIG	Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen
KKP	Kaufkraftparität
MAK	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
Mrd.	Milliarden
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards

NEEDS	New Energy Externalities Developments for Sustainability
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (USA)
NMVOG	Non-Methane Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NOAA	US National Oceanic and Atmospheric Administration
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide
NPV	Net present value
NTP	National Toxicology Program (USA)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PM	Feinstaub (particulate matter)
PM <sub>10</sub>	Feinstaub der Partikelgröße bis 10 mm Durchmesser
PM <sub>2,5</sub>	Feinstaub der Partikelgröße bis 2,5 mm Durchmesser
PPP	Purchasing Power Parity
QALY	Quality-Adjusted Life Year
QHES	Quality of Health Economic Studies
RAD	Restricted-Activity Day
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RKI	Robert Koch-Institut
SEA	Sozioökonomische Analyse
UBA	Umweltbundesamt
US EPA	US Environmental Protection Agency
US, USA	Vereinigte Staaten von Amerika
UV	Ultraviolettes Licht
VCM	Value of Statistical Cancer Morbidity
VLYL	Value of a Life Year Lost
VOC	Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen)
VOLY	Value of a Life Year
VPF	Value of a Prevented Fatality
VPI	Verbraucherpreisindex
VSCC	Value of a Statistical Case of Cancer
VSI	Value of a Statistical Injury
VSL	Value of a Statistical Life
VSLY	Value of a Statistical Life Year
WHO	World Health Organization
WSL	Wert eines statistischen Lebens
WTA	Willingness to Accept
WTP	Willingness to Pay

YLD	Year Lived with Disability
YLL	Year of Life Lost due to premature mortality

## Zusammenfassung

Die Umweltverschmutzung und die damit einhergehenden negativen Effekte auf die menschliche Gesundheit stellen eine große Belastung für die Gesellschaft dar. Für eine adäquate Verwendung der begrenzten finanziellen Ressourcen im Bereich der Umweltpolitik bedarf es zunehmend der Nutzung von Kosten-Nutzen-Analysen, in denen der Nutzen einer umweltpolitischen Maßnahme (z. B. Gesundheitsgewinne) ihren Kosten gegenübergestellt wird. Hierzu ist es notwendig, dass Krankheitslasten nicht nur quantifiziert, sondern auch monetarisiert werden.

Während die Quantifizierung der Gesundheitseffekte bereits an sich eine komplexe Fragestellung darstellt, führt ihre Monetarisierung noch zu weiteren Herausforderungen. Vor allem stellt sie eine methodische Herausforderung dar, da u. a. nicht für all diese Gesundheitsschäden und -risiken unverzerrte Marktpreise existieren. Einige ökonomische Verfahren ermöglichen es jedoch, sich dem Preis für nicht-handelbare Güter mit zusätzlichen Methoden anzunähern. Allerdings müssen hierfür in Modellen spezifische Annahmen getroffen werden, zu denen es methodische Debatten gibt. Darüber hinaus besteht bei dem sensiblen Thema der menschlichen Gesundheit und der Lebenserwartung eine Herausforderung im Bereich der Kommunikation der monetären Bewertung dieser beiden Aspekte. Wie entwickelt und standardisiert die Monetarisierungsverfahren sind, wie die darauf aufbauenden Studien bewertet werden, welche ethischen Überlegungen zu berücksichtigen sind und wie in der Kommunikation solcher Prozesse Missverständnisse vermieden werden können, sind hierbei einige der relevanten Fragen.

Aufgrund dieser Herausforderungen bezüglich der Monetarisierungsmethoden im Umweltkontext war das Ziel des Projektes „Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung“, diese Fragestellungen zu thematisieren und Empfehlungen zur praktischen Anwendung der Methoden zu entwickeln.

Für die Bearbeitung der o. g. Fragestellungen wurde als Grundlage zuerst eine systematische Literaturrecherche zum aktuellen Stand der nationalen und internationalen Forschung durchgeführt und die Befunde im Anschluss bezüglich ihrer Eignung für die Fragestellung bewertet. Aufbauend darauf wurde die Klassifizierung, Beschreibung und Bewertung der gängigen Methoden und Verfahren zur Monetarisierung der Krankheitslast durch Umweltrisiken (inklusive der Prüfung ihrer Anwendbarkeit in Deutschland) vorgenommen. Diese theoretischen Grundlagen wurden dann in drei Fallstudien zur Monetarisierung von umweltbedingten Krankheitslasten in Deutschland eingesetzt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der genannten Arbeitsschritte wurde eine Reihe von Empfehlungen zur praktischen Anwendung von Methoden zur Monetarisierung der Gesundheitsauswirkungen von Umweltbelastungen entwickelt und zusammengestellt. Sie sollen dabei nicht nur dem Umweltbundesamt dienlich sein, sondern auch der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Das Wissen soll diversen Akteuren aus der Wissenschaft, Kommunikation und Politik zur Verfügung gestellt werden.

### Literaturrecherche und -bewertung

In der systematischen Literaturrecherche wurden zunächst die Studien zur Monetarisierung von tödlich verlaufenden (Mortalität) sowie nicht tödlich verlaufenden gesundheitlichen Endpunkten (Morbidity) betrachtet. Der Schwerpunkt lag hierbei auf dem Kontext umweltbedingter Einflüsse. Allerdings stellte der Aspekt des umweltbedingten Einflusses ein fakultatives Kriterium für die Aufnahme der Literaturquelle dar. Somit konnten auch rein methodische Arbeiten zur monetären Bewertung oder die Bewertung von Gesundheitsschäden oder Risiken aus einem anderen Kontext eingeschlossen werden.

Bei der Suche nach relevanter Literatur lag zunächst der Schwerpunkt auf Studien, die die Kenngrößen Value of a Statistical Life (VSL) sowie Value of a Life Year (VOLY) verwendeten. Daneben wurden aber auch weitere Verfahren, die insbesondere in der Gesundheitsökonomik gebräuchlich sind und mit

monetären Bewertungsmethoden verknüpft werden können, wie bspw. Disability-Adjusted Life Year (DALY), in die Analyse aufgenommen. Außerdem wurden Veröffentlichungen bestimmter Institutionen gesichtet und diese mit Blick auf den ökonomischen Ansatz analysiert.

Aus den 641 Quellen, die nach vorheriger Durchsicht der Titel und Abstracts in der Volltextrecherche untersucht wurden, konnten 150 als relevant eingestuft werden. Dies geschah anhand vorher festgelegter und im Verlauf der Recherche präzisierter Kriterien. So wurde eine Studie eingeschlossen, wenn a) der Umweltbezug der Krankheit(en) deutlich ist; b) eine Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf Deutschland gegeben ist; oder c) die Studie (auch wenn kein expliziter Umweltbezug vorliegt) im Hinblick auf die Bewertungsmethode relevant für die Fragestellung ist. Hierzu wurde der Fokus auch daraufgelegt, gezielt neue ökonomische Methoden in den Studien zu identifizieren.

### **Einordnung und theoretische Grundlagen der ökonomischen Ansätze**

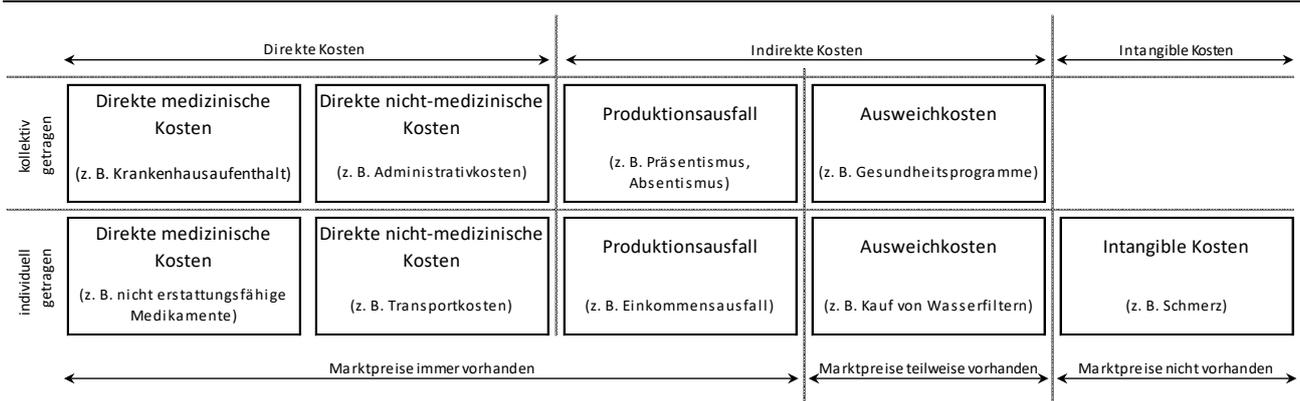
Die Gesundheitskosten lassen sich in unterschiedliche Kategorien unterteilen. Erstens kann bei einer gesundheitsökonomischen Bewertung zwischen direkten, indirekten und intangiblen Kosten unterschieden werden. In der Regel werden unter direkten Ausgaben diejenigen verstanden, die unmittelbar durch die medizinische Versorgung (z. B. ärztliche Leistungen) oder direkte Erbringung von Leistungen aufgrund der Krankheit (z. B. Transport des Kranken zur Arztpraxis) entstehen. Im Gegensatz dazu beziehen sich normalerweise indirekte Kosten auf den Produktionsausfall der Betroffenen oder von anderen in der Gesellschaft, die aufgrund von Krankheiten entsteht. Zu indirekten Kosten können neben Kosten durch Produktionsausfall auch Ausgaben für Prävention von Krankheit gezählt werden. Die intangible Kostenart umfasst psychische und soziale Lasten, die nur schwer oder nicht quantifizierbar sind (z. B. Schmerz).

Zweitens können sich Kosten darin unterscheiden, dass sie für ein Individuum oder die Gesellschaft anfallen. Zur ersten Kategorie gehören alle Krankheitskosten, die von der betroffenen Person und ggf. ihren nächsten Angehörigen getragen werden. Andererseits werden einige gesundheitsbezogene Ausgaben kollektiv getragen, z. B. in öffentlichen Haushalten oder über Versicherungsgesellschaften.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Quantifizierung von Krankheitskosten. Direkte Kosten können durch den Wert der entstandenen Ausgaben zu Marktpreisen (z. B. Medikamentenpreise, Arztbesuche oder anderweitige Behandlungen) abgeschätzt werden. Indirekte Kosten können in der Regel auch anhand von Marktpreisen bewertet werden, wie z. B. durch die Berechnung der am Arbeitsmarkt gezahlten Gehälter, wenn der Produktionsverlust als eine Größe für die Krankheitskosten angenommen wird. Für intangible Kosten stehen jedoch keine Marktpreise zur Verfügung, da sie nicht greifbar und dadurch nicht handelbar sind.

Abbildung 1 liefert eine grafische Darstellung der oben beschriebenen Einteilung von Krankheitskosten. Die Abbildung bietet eine Übersicht der zugrundeliegenden komplexen Konzepte und stellt ein zentrales Ordnungselement für diesen Bericht dar.

Abbildung 1: Schematische Einteilung von Krankheitskosten



Quelle: Ecologic Institut, basiert auf Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008).

Anmerkung: Diese Abbildung zeigt die theoretische Kosteneinteilung; die dargestellten Kostengrößen stellen nicht ihre monetäre Bedeutung zueinander dar. Die Bezeichnung „Marktpreise“ bringt zum Ausdruck, dass für diese Kategorien grundsätzlich Preise ermittelbar sind, die sich im Rahmen einer im weitesten Sinne Transaktion auf einem Markt bilden. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Transaktionen im Gesundheitswesen nicht um einen Markt im klassischen Sinne handelt, da der Gesetzgeber aus übergeordneten Interessen einen starken regulatorischen Rahmen für die Funktionen dieses Marktes vorgibt und zudem - beispielsweise bei der Preisbildung für Medikamente - regulierend eingreift.

Um eine monetäre Bewertung von Krankheitslasten durchführen zu können, ist es zunächst notwendig, die gesundheitsbezogenen Einbußen in monetären Werten auszudrücken. Dies bezieht sich auch auf intangible Kosten, die eine bedeutsame Kostenkategorie darstellen und einen erheblichen Anteil an der gesamten Krankheitslast ausmachen. Sie sind jedoch im Vergleich zu Kostenbestandteilen, die mittels ihrer Marktpreise geschätzt werden können, besonders schwierig zu ermitteln. Aus diesen Gründen werden in der Praxis anstelle von Marktpreisen Geldwerte verwendet, die mit Hilfe des Konzepts der Zahlungsbereitschaft (Willingness to Pay, WTP) abgeleitet wurden.

WTP bewertet den Trade-off, den eine Person bereit wäre zwischen ihrer Gesundheit und dem Konsum von Waren und Dienstleistungen im Rahmen ihrer Einkommensrestriktion einzugehen (Hunt & Ferguson, 2010, S. 22). Ein verwandtes Konzept – Willingness to Accept (WTA) – bezieht sich auf die Entschädigung, die eine Person für eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes bereit ist zu akzeptieren. WTP ist die meist genutzte ökonomische Bewertungsmethode, weil sie die individuellen Abwägungen unter Budgetrestriktionen berücksichtigt. In der Praxis wird die WTP mit Hilfe der Revealed-Preference- oder einer Stated-Preference-Methode geschätzt.

Revealed-Preference-Methoden basieren auf der Prämisse, dass Güter ohne Marktpreise implizit gehandelt werden. Die Beobachtung des Verhaltens von Personen, z. B. auf tatsächlichen Märkten, ist hierbei ausschlaggebend (Atkinson et al., 2018, S. 55-56). Es gibt zwar mehrere Revealed-Preference-Methoden, aber nicht alle sind für die Gesundheitsbewertung geeignet. In diesem Bericht wird die hedonische Preismethode (mit dem Sonderfall der hedonischen Lohnmethode) diskutiert. Im Gegensatz zu den Revealed-Preference-Methoden, die auf dem beobachteten Verhalten z. B. auf dem Arbeitsmarkt beruhen, zielen die Stated-Preference-Methoden darauf ab, die WTP von Einzelpersonen durch hypothetische Fragen über ihre Bewertung von nicht auf Märkten handelbaren Gütern zu eruieren (Atkinson et al., 2018, S. 57). In dem vorliegenden Bericht werden verschiedene Erhebungsformate der Stated-Preference-Methode (Kontingenten-Bewertungsmethode und gängige Ansätze des Choice Modelling (CM)) diskutiert.

Die folgende Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der diversen ökonomischen Bewertungsmethoden und ihre unterschiedliche Varianten, die im Projekt als für den Umweltkontext besonders relevant identifiziert wurden, und ihre Zuordnung zu theoretischen Grundlagen (Marktpreise, Revealed Preferences und Stated Preferences). Die daraus resultierenden gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren (Cost

of Illness (COI), Cost of Productivity Lost (CPL), VSL und VOLY) sind in der letzten Spalte zusammengefasst.

**Tabelle 1: Ökonomische Bewertungsmethoden**

Theoretische Grundlage		Ökonomische Bewertungsmethode	Gesundheitsökonomische Bewertungsverfahren
Marktpreise	Bezahlte Kosten	Tatsächliche Ausgaben, z. B. basierend auf Marktpreisen	Cost of Illness (COI)
	Produktionsausfall	Humankapitalansatz	COI, Cost of productivity lost (CPL)
		Friktionskostenansatz	COI, CPL
WTP/WTA: Revealed Preferences	Hedonische Bewertungsmethode	Hedonische Lohnmethode	Value of a statistical life (VSL), Value of a life year (VOLY)
		Ausweichsausgaben, z.B. für das Haus in einer Nachbarschaft mit geringerer Luftverschmutzung	VSL, VOLY
	Risikoaversion	Ausweichverhalten	VSL, VOLY
		Ausweichkostenansätze, z. B. Ausgaben für Sicherheit / Gesundheitsprodukte	VSL, VOLY
WTP/WTA: Stated preferences	Kontingente Bewertungsmethode	Verschiedene WTP-Formate: offene, dichotome Wahl, Bieterspiel, Zahlungskarte	VSL, VOLY
	CM	Methoden des CM: Auswahl-Experimente, Kontingentes Ranking, Kontingentes Rating	VSL, VOLY
Jede geeignete Grundlage	Benefit Transfer	Durchführung neuer Bewertungen auf Basis früherer, relevanter Bewertungsstudien (alle Methoden).	Alle Bewertungsverfahren

Quelle: Ecologic Institut.

Anmerkung: Die Bezeichnung „Marktpreise“ bringt zum Ausdruck, dass für diese Kategorien grundsätzlich Preise ermittelbar sind, die sich im Rahmen einer im weitesten Sinne Transaktion auf einem Markt bilden. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Transaktionen im Gesundheitswesen in weiten Teilen nicht um einen Markt im klassischen Sinne handelt, da der Gesetzgeber aus übergeordneten Interessen einen starken regulatorischen Rahmen für die Funktionen des Marktes vorgibt und zudem - beispielsweise bei der Preisbildung für Medikamente - regulierend eingreift.

Der Hauptunterschied zwischen marktpreisbasierten Gesundheitsbewertungen (Cost of Illness-Studien) und dem WTP-Konzept liegt in der Frage, welche Kostenarten abgedeckt sind. Die Bewertung auf Basis von Marktpreisen kann eine Schätzung der direkten und indirekten Kosten liefern, die sowohl individuell als auch kollektiv anfallen. Die WTP-basierten Ansätze lassen sich besonders für die monetäre Bewertung intangibler Kosten nutzen. Da sie sich jedoch an individuellen Bewertungen orientieren, können sie die kollektiv getragenen Kosten nicht vollständig abdecken. Ein gängiger Ansatz, um möglichst viele Kostenkategorien abzudecken, besteht darin, markt- und WTP-basierte Ansätze in einer Analyse zu kombinieren. In bestimmten Fällen kann ein kombinierter Ansatz jedoch zur Doppelzählung bestimmter Kostenbestandteile führen. Im Falle einer Doppelzählung sollten diese möglichst herausgerechnet werden.

### **Beschreibung und Bewertung der ökonomischen Methoden**

Innerhalb des Projektes wurden die monetären Bewertungsansätze und -verfahren mit besonderem Augenmerk auf die Anwendbarkeit im Umweltbereich umfänglich beschrieben und bewertet. Die Schwerpunkte der Bewertung lagen auf den relativen Stärken und Schwächen der Ansätze. Dafür wurden Bewertungskriterien berücksichtigt, die sich wie folgt kategorisieren lassen:

- ▶ **Qualität der Methode:** Die Bewertungsmethode liefert als Ergebnis Zahlen, die der ökonomischen Theorie entsprechen, die richtig sind (bzw. sich in der richtigen Größenordnung bewegen) und den relevanten Kostenkategorien korrekt zugeordnet werden.
- ▶ **Ethische und rechtliche Aspekte:** Die Bewertungsmethode und die Verwendung der Ergebnisse entsprechen dem geltenden Recht, sind im Einklang mit allgemeinen ethischen Standards und werden gesellschaftlich akzeptiert.
- ▶ **Ressourcenbedarf:** Die für das Durchführen einer Bewertungsmethode benötigten Ressourcen in Bezug auf Kosten, Zeit und Expertise stehen in einem angemessenen Verhältnis zum Wert der erhaltenen Information.
- ▶ **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse:** Die Bewertungsmethode liefert Ergebnisse, die für fundierte Entscheidungen nützlich sind.

Die Bewertungsmethoden (sowie deren Kombinationen) können in verschiedenen gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren verwendet werden. Derartige Bewertungsverfahren unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht – einschließlich ihrer Zwecke und abgedeckten Kostenarten, die oft durch die Wahl der eingesetzten Methoden bestimmt und damit eng mit diesen verbunden sind. Die folgende Tabelle 2 stellt die Bewertungsverfahren und ihre Hauptstärken und -schwächen sowie zentrale Empfehlungen diesbezüglich dar.

**Tabelle 2: Zusammenfassung der im Bericht beschriebenen Bewertungsverfahren**

Methodenbeschreibung	Zusammenfassende Analyse
<p><b>COI-Studien</b> fassen jene Kostenkategorien zusammen, für die es Marktpreise gibt (einschließlich direkter und indirekter Kosten). Durch die Addition der angefallenen Kosten (direkte Kosten) und die Abschätzung der Produktionsverluste (indirekte Kosten) nach der Humankapitalmethode oder der Friktionskostenmethode können die einzelnen Kostenbestandteile errechnet werden.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Methodik vergleichsweise unkompliziert. Resultate für die Öffentlichkeit leicht nachvollziehbar. Viele potenziell nutzbare Datenquellen.  <b>Hauptschwächen:</b> Methodische und kontextbasierte Unterschiede zwischen verschiedenen COI-Studien (Hindernis für Vergleiche und Übertragung von Schätzungen auf unterschiedliche Kontexte). Keine Berücksichtigung intangibler Kosten.</p>
<p><b>WTP-basierte Bewertung von Morbiditätseffekten</b> spiegelt den Trade-off wider, den eine Person bereit wäre zwischen ihrer Gesundheit und dem Konsum von Waren und Dienstleistungen im Rahmen ihrer Einkommensrestriktion einzugehen. Im Umweltkontext werden WTP-Werte normalerweise mit Hilfe der Stated-Preference-Methode ermittelt.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Berücksichtigung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen.  <b>Hauptschwächen:</b> Methodische Komplexität. Hypothetischer Charakter. Hoher Ressourcenbedarf, um geeignete WTP-Werte zu generieren.</p>
<p><b>VSL</b> ist ein Maß, das die aggregierte individuelle Zahlungsbereitschaft für eine Reduzierung des Sterberisikos bezogen auf einen Zeitraum wiedergibt. Als Grundlage werden Ergebnisse aus WTP-Studien verwendet. Im Umweltkontext wird die WTP üblicherweise anhand einer Stated-Preference Methode abgeschätzt.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Berücksichtigung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen.  <b>Hauptschwächen:</b> Methodische Komplexität. Hoher Ressourcenbedarf. VSL-Werte, die für Mortalitätseffekte akut auftretender Belastungen abgeleitet wurden, sind für die Monetarisierung der Mortalitätseffekte auf Grund von langfristigen Belastungen nicht besonders geeignet. Kommunikationsprobleme, die mit dem Begriff „VSL“ verbunden sind, schaden der Akzeptanz der Ergebnisse.</p>
<p><b>VOLY</b> ist ein als Alternative zum VSL entwickeltes Maß, das die aggregierte individuelle Zahlungsbereitschaft für eine Reduzierung des Risikos der Verkürzung der Lebenserwartung wiedergibt. Das VOLY-Maß wird im Idealfall anhand einer Stated-Preference Methode abgeschätzt. Als alternative Variante kann es auch aus dem VSL abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise ist jedoch unüblich, und es wird entsprechend der methodischen Einwände davon abgeraten.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Berücksichtigung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen. Geeignet für die Erfassung der Mortalitätseffekte auf Grund von langfristigen Belastungen.  <b>Hauptschwächen:</b> Häufig kritisiert, aufgrund der niedrigeren Bewertung der Mortalitätseffekte bei älteren Menschen. VOLY-Ergebnisse für Erkrankungen, die eher bei älteren Altersgruppen auftreten, sind typischerweise niedriger als die VSL-Ergebnisse, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert.</p>

## Fallstudien

Im Anschluss an die theoriebasierte Auseinandersetzung mit den Bewertungsmethoden, wurden drei Fallstudien durchgeführt, in denen anhand der ausgewählten ökonomischen Methoden die Krankheitslast infolge der drei Umweltrisikofaktoren – Feinstaub, Ozon und Blei – in Deutschland im Jahr 2016 monetarisiert wurde. Diese Berechnungen hatten das Ziel, die ausgewählten Methoden in der Praxis anzuwenden, möglichst vollständige Monetarisierungsergebnisse zu liefern und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu bewerten. Von besonderer Bedeutung waren dabei die Verwendbarkeit der Methoden im Umweltkontext in Deutschland, die Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Daten und das Potenzial der Methoden hinsichtlich ihrer Berücksichtigung in der Methodenkonvention des UBA (Bünger und Matthey, 2018b).

Für alle drei Fallstudien wurden einheitlich die Ergebnisse zur Krankheitslast der Global Burden of Disease (GBD)-Studie 2017 verwendet, die über die Onlineplattform des IHME abrufbar sind. Die GBD-Daten enthalten Angaben zur Krankheitslast, welche auf die Exposition gegenüber Feinstaub, Ozon und Blei zurückzuführen sind. Die Daten beinhalten Mortalitätseffekte (Anzahl der attributablen Todesfälle und Years of Life Lost, YLL), Morbiditätseffekte (Years Lived with Disability, YLD) und ihre Kombination quantifiziert als Disability Adjusted Life Years (DALYs). Die GBD-Daten weisen jedoch eine unvollständige Abdeckung der Gesundheitseffekte bestimmter Risikofaktoren auf, die jedoch angesichts des Zwecks dieser Fallstudien (d. h. die Auseinandersetzung mit den Bewertungsmethoden) von zweitrangiger Bedeutung sind. Für die Fallstudie zu den Gesundheitseffekten von Feinstaub wurde zusätzlich auf die Ergebnisse des UBA-Projektes VegAS (Hornberg et. al, 2013) zurückgegriffen, da der IHME-Datensatz hierfür nicht ausreichend war.

Alle Fallstudien beginnen mit einer Beschreibung der gesundheitlichen Auswirkungen im Zusammenhang mit dem Umweltrisikofaktor, gefolgt von einer Beschreibung der Gesundheitsdaten und den ökonomischen Methoden, die für den Vergleich innerhalb der Fallstudien ausgewählt wurden. Die Fallstudien zeigen Schritt für Schritt auf, wie die Analyse durchgeführt wurde, einschließlich der Frage, wie verschiedene Parameter konvertiert oder kombiniert wurden, um die entsprechenden Bewertungen zu erhalten. Jede Fallstudie schließt mit einer Darstellung der Monetarisierungsergebnisse ab, gefolgt von einem abschließenden Abschnitt, der die durch die Fallstudien gewonnenen Erkenntnisse sowie den weiteren Forschungsbedarf beschreibt.

## Empfehlungen

Die Kommunikation der Auswirkungen von umweltbedingten Krankheitslasten in monetären Werten hat das Potenzial, Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit eine wichtige zusätzliche Entscheidungsgrundlage bei der Abwägung der Bedeutung umweltbezogener Risikofaktoren bereitzustellen. Die Monetarisierung ist jedoch nur eine ergänzende Methode zur Analyse und Kommunikation der gesundheitlichen Auswirkungen der Umweltverschmutzung. Sie ersetzt nicht die direkte Auseinandersetzung mit den gesundheitlichen Folgen im Hinblick auf umfassende gesundheitliche Auswirkungen bei besonders betroffenen Bevölkerungsgruppen.

Die Empfehlungen in diesem Abschnitt richten sich an ausgewählte Stakeholder, die jeweils in der Lage sind, Maßnahmen gegen negative Umweltauswirkungen zu initiieren und dadurch die Gesundheit der Bevölkerung positiv zu beeinflussen. Öffentliche Stellen wie das UBA spielen eine wichtige Rolle auch bei der Verbesserung der Methoden zur Schätzung ökonomischer Auswirkungen von Umweltrisiken und der damit verbundenen Kommunikation mit der Öffentlichkeit und mit politischen Entscheidungsträgern. Häufig werden die ökonomischen Aspekte der umweltassoziierten Gesundheitseffekte nicht ausreichend in politische Entscheidungsfindungsprozesse integriert oder die Größenordnung der Kosten unterschätzt, weil nicht alle Aspekte berücksichtigt werden. Diese Empfehlungen sind für ein breites Akteursspektrum im In- und Ausland relevant, insbesondere für Ökonomen, Umweltwissenschaftler, Mediziner und Kommunikationsspezialisten.

### Empfehlungen für Gesundheitsökonom:innen:

- ▶ **Adäquates Verständnis von Umwelt- und Gesundheitsdaten:** Ökonominnen und Ökonomen, die eine Monetarisierung von umweltbedingten Krankheitslasten vornehmen, müssen geeignete Maßnahmen ergreifen, um Fehler bei der Interpretation der ökonomischen Bewertungen zugrundeliegenden Umwelt- und Gesundheitsinformationen zu vermeiden.
- ▶ **Nutzung von Leitfäden und Konventionen:** Den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern empfehlen wir, grundsätzlich den Empfehlungen von Leitfäden zu folgen, um die Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Eine Reihe von weiteren Leitfäden sind in Abschnitt 9.1 aufgelistet.
- ▶ **VSL vs. VOLY:** Trotz der jahrelangen Debatte darüber, welcher der Ansätze – VSL oder VOLY – für die Verwendung im Umweltkontext besser geeignet ist, konnte bis dato zu diesem Bereich kein Konsens gefunden werden. Während sowohl der VSL- als auch VOLY-Ansatz ihre Befürworter und Gegner haben, plädieren einige für die Nutzung beider Ansätze. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, beide Ansätze zu verwenden, um so die obere und untere Grenze der Krankheitskosten festzulegen.
- ▶ **Benefit Transfer:** Die Verwendung des Benefit Transfers bleibt weiterhin nicht die erste Wahl der Vorgehensweise, die sie zu zusätzlichen Unsicherheiten führen kann. Wenn keine Primärstudie durchgeführt werden kann, wird empfohlen, standardisierte Vorgehensweisen und Parameter zu verwenden.
- ▶ **Notwendigkeit, aktualisierte Bewertungsparameter abzuleiten:** Es wird empfohlen, weitere wissenschaftliche Beiträge zur Entwicklung von belastbaren Bewertungsparametern zu leisten. Dies bezieht sich vor allem auf den VOLY, bei dem der Wissensstand im Vergleich zu VSL noch niedrig ist. Insbesondere besteht Bedarf bei der Durchführung von umfragebasierten Studien, die insbesondere den Fokus auf die deutsche Bevölkerung legen. So lassen sich ökonomische Analysen noch spezifischer und realitätsnäher für Deutschland erarbeiten.
- ▶ **Monetarisierung von DALYs:** DALYs und QALYs haben sich als allgemein akzeptierte standardisierte Metriken zur Beurteilung der Krankheitslast etabliert. Mortalität und Morbidität können dabei in einer einzigen Metrik kombiniert werden. Dies ermöglicht es, bei komplexen gesundheitspolitischen Entscheidungen einen umfassenderen Indikator einzusetzen. Die von IHME veröffentlichten Daten zu GBD verwenden DALYs und führen diese auf Umweltrisikofaktoren zurück. Dieser systematische Ansatz zur Ermittlung der umweltbedingten Krankheitslast (EBD) bietet eine statistisch belastbare Basis für die Monetarisierung an.
- ▶ **Transparenz der Analyse:** Bei gesundheitsökonomischen Bewertungen soll ein hoher Grad an Transparenz gewährleistet werden. Analytinnen und Analyten sollen klar darlegen, welche Untersuchungen durchgeführt werden und auf welcher Basis die jeweilige Vorgehensweise ausgewählt wurde und zusätzlich auf die Unsicherheiten der Ergebnisse hinweisen.

### Empfehlungen für die Kommunikation (Veröffentlichungen und Medien):

- ▶ **Berücksichtigung des Bewertungsschemas bei der Kommunikation der Ergebnisse:** Bei der Vermittlung von Ergebnissen zu Gesundheitsschäden ist es von besonderer Bedeutung, welche offenen und ggf. verdeckten Kommunikationsziele vorliegen. In einigen Fällen gibt es einen Bedarf, die monetarisierten Werte zu ermitteln: Entscheidungsträger können z. B. monetäre Werte benötigen, um den Einsatz einer risikoreduzierenden Maßnahme oder die Internalisierung von externen Kosten zu begründen. Unter anderen Umständen kann es dagegen ratsam sein, den Fokus auf nicht-monetäre Aspekte zu richten.

► **Wahl einer der Zielgruppe angemessenen Sprache:** Darüber hinaus spielt für die Kommunikation der Ergebnisse die Zielgruppe eine zentrale Rolle. Während technische Fachtermini für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich mit einer Fragestellung fachlich auseinandersetzen, selbsterklärend sind, können diese für Laien unverständlich oder sogar irreführend sein. Insbesondere beim sensiblen Thema Gesundheit besteht dieses Risiko. So kann der Begriff „Wert eines statistischen Lebens“ zu Kontroversen führen oder das sehr komplexe DALY-Konzept für Laien schwer verständlich sein. Aus diesen Gründen empfehlen wir, die Sprache hinsichtlich der Verwendung technischer Begriffe bei der Kommunikation den Zielgruppen entsprechend anzupassen.

► **Vermeidung von Sensationsmeldungen:** Ein häufiges Ziel von Studien und Analysen im Themenbereich der umweltbedingten Krankheitslasten ist die Sensibilisierung der Entscheidungstragenden und der breiten Öffentlichkeit für die Relevanz von Umweltproblemen. Wir empfehlen besondere Aufmerksamkeit auf die verwendeten Begriffe und den Sprachstil zu legen. Vor allem bei Pressemitteilungen und anderen Medienberichten ist ein angemessenes Gleichgewicht zwischen erzeugter Aufmerksamkeit und wissenschaftlicher Seriosität zu wahren.

## Summary

Environmental pollution and the associated negative effects on human health place a heavy burden on society. The adequate use of limited financial resources in the field of environmental policy increasingly requires the use of cost-benefit analyses in which the benefits of an environmental policy (e.g. health gains) are compared with its costs. To carry out such analyses, it is necessary not only to quantify the burden of disease, but also to monetise it.

While the quantification of health effects is already a complex issue itself, the monetisation of health effects brings additional challenges. Above all, monetisation poses a methodological challenge because undistorted market prices typically do not exist for all health damages and risks. Some economic valuation methods make it possible to estimate the implicit price placed by society on non-tradeable goods. However, these methods involve numerous assumptions and have controversial aspects. In addition, human health and premature mortality are sensitive issues that pose a challenge in terms of communicating the results of monetisation exercises. Relevant questions that need addressing relate to how broad or narrow monetisation procedures are defined; how studies based on them are evaluated; which ethical considerations must be considered; and how misunderstandings can be avoided in the communication of results.

The aim of the project "Environmental Burden of Disease and approaches to its monetary valuation" was to investigate these challenges regarding monetisation methods in the environmental policy context and develop recommendations for the practical application of the methods in Germany.

As a first step, a systematic literature search was undertaken on the current state of national and international research. In a second step, these publications were evaluated regarding their suitability for the research question. Thirdly, a classification, description and evaluation of current economic methods for the monetisation of adverse health effects resulting from environmental factors (including the examination of their applicability in Germany) was carried out. Lastly, three case studies were undertaken to test these theoretical principles. In each case study, a monetisation of the Environmental Burden of Disease was carried out in the context of Germany.

Based on the findings from all these project aspects – literature research, consideration of the economic theory and insights garnered via the case studies – a set of recommendations for the practical application of methods to monetise the Environmental Burden of Disease were developed. These recommendations are intended to not only serve the German Environment Agency (UBA) but are also being made available to the general public as well as various stakeholders from science, communication and politics.

### Literature research and evaluation

The systematic literature search included studies on the monetisation of both fatal and non-fatal health outcomes (i.e. both mortality and morbidity). In line with the central topic of this research project, the search focussed on the context of environmental risk factors. However, the aspect of environmental influence was an optional criterion for the inclusion of the identified literature; purely methodological work on monetary assessment of health effects or risks from a non-environmental context could also be included.

In the search for relevant literature, the initial focus was on studies using the parameters Value of a Statistical Life (VSL) and Value of a Life Year (VOLY). In addition, other methods that are particularly common in health economics and can be linked to monetary valuation methods, such as Disability-

Adjusted Life Year (DALY), were also included in the analysis. In addition, publications of specific institutions were reviewed and analysed with a focus on the economic approach. Of the 641 sources identified, 150 were classified as relevant after reviewing the titles and abstracts. This was done based on previously defined criteria that were specified in the course of the search. For example, a study was included if: a) the link between an environmental factor and a specific disease is clear; or b) the findings can be transferred to Germany; or c) the study (even if there is no explicit environmental reference) is particularly interesting with regard to the evaluation method. To this end, the focus was also placed on the targeted identification of new economic methods.

**Classification and theoretical foundations of economic approaches**

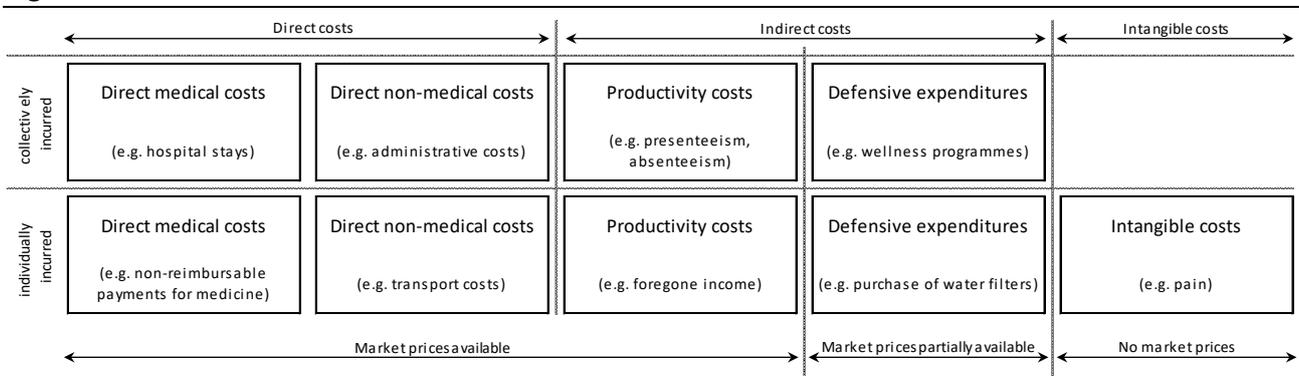
Health care costs can be divided into different categories. First, a health economic assessment can distinguish between direct, indirect and intangibles costs. As a rule, direct expenditure is understood to mean those costs which arise directly from medical care (e.g. medical services) or the direct provision of services due to the illness (e.g. transport of the patient to the doctor's practice). In contrast, indirect costs usually refer to the loss of production of the affected person or others in society due to illness. Indirect costs can include not only costs due to loss of production, but also expenses for disease prevention. The intangible cost type includes psychological and social burdens that are difficult or impossible to quantify, such as pain.

Second, costs can differ depending on whether they are incurred by an individual or society. The first category includes all the burden of disease borne by the person concerned and, where appropriate, by his/her next of kin. On the other hand, some health-related expenditures are borne collectively, e.g. in public budgets or through insurance companies.

Another important aspect is the quantification of health care costs. Direct costs can be estimated by the value of the expenses incurred at market prices (e.g. drug prices, physician visits or general medical treatment). Indirect costs can usually also be valued at market prices, such as by calculating salaries paid in the labour market, wherein the loss of production is assumed to be a measure of health care costs. However, no market prices are available for intangible costs, which are not tradable.

Figure 1 provides a graphical representation of the classification of health care costs described above. The figure provides an overview of the underlying concepts and represents a central organising framework for this report.

**Figure 1: Schematic classification of health care costs**



Source: Ecologic Institute, based on Swiss Federal Office for Spatial Development (2004) and Boesch et al. (2008).

Note: This figure shows the classification of cost types; box size does not represent their relative monetary value. The term “market prices” indicates that prices can generally be determined for these categories via market transaction in the broadest sense.

Healthcare transactions are frequently not market transactions in the classical sense because a strong regulatory framework intervenes in the functioning of the health-care market, for example, in drug pricing.

In order to carry out a monetary assessment of disease burdens, it is first necessary to express the various health-related losses in monetary terms. This also applies to intangible costs, which represent a significant cost category and a significant share of the total burden of disease. However, intangible costs are particularly difficult to identify compared to cost components that can be estimated using their market prices. For these reasons, the concept of Willingness to Pay (WTP) is often used in practice instead of (or in addition to) market prices.

WTP measures the trade-off a person is willing to make between their health and their consumption of goods and services, subject to their income constraints (Hunt & Ferguson, 2010, p. 22). A related concept – Willingness to Accept (WTA) – refers to the compensation a person is willing to accept for a worsening in health. WTP is the most widely used economic valuation method because it takes into account individual considerations under budget constraints. WTP is estimated using a revealed preference or stated preference method.

Revealed preference methods are based on the premise that goods are implicitly traded without market prices. The observation of the behaviour of persons, e.g. on actual markets, is decisive here (Atkinson et al., 2018, p. 55-56). There are several revealed preference methods, but not all are suitable for health evaluation. This report discusses the hedonic price method (with the special case of the hedonic wage method). In contrast to the revealed preference methods, which are based on the observed behaviour, e.g. in the labour market, the stated preference methods aim at determining the WTP of individuals by hypothetical questions about their valuation of nonmarketable goods (Atkinson et al., 2018, p. 57). The present report discusses various survey formats of the stated preference method (the Contingent Valuation method and common approaches in Choice Modelling).

Table 1 below shows an overview of the various economic valuation methods and their different variants that were identified in the project as particularly relevant to the environmental context, and their allocation to theoretical bases (market prices, revealed preferences and stated preferences). The resulting health economic evaluation methods are summarised in the last column and include the following: Cost of Illness (COI); Cost of Productivity Lost (CPL); Value of a Statistical Life (VSL) and Value of a Life Year (VOLY).

**Table 1: Valuation methods in health economics**

Theoretical basis		Monetisation approaches	Study types in health economics
Market prices	Paid costs	Sum the actual costs (e.g. at market prices)	Cost of Illness (COI)
	Productivity costs	Human capital method	COI, Cost of productivity lost (CPL)
		Friction cost method	COI, CPL
WTP/WTA: Revealed Preferences	Hedonic pricing	Hedonic wage method	Value of a statistical life (VSL), Value of a life year (VOLY)
		Defensive expenditures (e.g. property located in a less polluted area)	VSL, VOLY
	Risk aversion costs	Averting behaviour	VSL, VOLY
		Defensive expenditures (e.g. safety/health products)	VSL, VOLY
WTP/WTA: Stated preferences	Contingent valuation	Verschiedene WTP-Formate: offene, dichotome Wahl, Bieterspiel, Zahlungskarte	VSL, VOLY
	Choice modelling	Different approaches to choice modelling: choice experiments, contingent ranking, contingent rating	VSL, VOLY
<i>Any valid basis</i>	<i>Any valid method</i>	Benefits transfer – Applied to make new valuation estimations based on prior relevant valuation studies	<i>Any study type</i>

Source: Ecologic Institute.

Note: The term “market prices” indicates that prices can generally be determined for these categories via market transaction in the broadest sense. Healthcare transactions are frequently not market transactions in the classical sense because a strong regulatory framework intervenes in the functioning of the health-care market, for example, in the pricing of drugs.

Market-price based health evaluations (i.e. Cost of Illness studies) differ from WTP-based studies in the types of costs they cover. Valuation based on market prices can provide an estimate of the direct and indirect costs incurred both individually and collectively. The WTP-based approaches are suitable for the monetisation of intangible costs. However, since WTP studies are based on the individual’s own willingness to pay, they cannot fully cover costs borne collectively. To address this, a common approach is to cover as many cost categories as possible by combining market- and WTP-based approaches in one analysis. However, in certain cases a combined approach may lead to double counting of particular cost elements. In cases where double counting occurs, these effects should be eliminated to the extent possible.

## Description and evaluation of economic methods

Within the project, several economic valuation methods were comprehensively described and evaluated, with particular attention to their applicability to the consideration of environmental issues. The evaluation focused on the relative strengths and weaknesses of the approaches based on the following criteria:

- ▶ **Quality of the method.** The valuation generates figures that are in accord with economic theory, are accurate (or at least of the correct order of magnitude) and are correctly assigned to the relevant cost categories.
- ▶ **Ethical and legal aspects.** The valuation method and the use of the results comply with applicable law, are in line with general ethical standards and are socially accepted.
- ▶ **Resource requirements.** The resources required to carry out the valuation method in terms of cost, time and expertise are proportionate to the value of the information obtained.
- ▶ **Relevance of the results.** The valuation method provides results that are useful for informed decisions.

The valuation methods (and their combinations) can be used in various health economic valuation procedures. Such assessment methods differ in many ways, including their purposes and types of costs covered, which are often determined by and closely linked to the choice of methods used. Table 2 presents the assessment methods and their main strengths and weaknesses and key recommendations in this respect.

**Table 2: Summary of the valuation methods described in the report**

Valuation methods	Key strengths and weaknesses
<p><b>Cost of Illness (COI) studies</b> group together those cost categories for which there are market prices (including direct and indirect costs). By adding the costs incurred (direct costs) and estimating production losses (indirect costs) using the human capital method or the friction cost method, the individual cost components can be calculated.</p>	<p><b>Key strengths:</b> Methodology comparatively uncomplicated. Results easily comprehensible for the public. Many potentially usable data sources.  <b>Key weaknesses:</b> Differences between various COI studies make it difficult to compare study results and transfer estimates to different contexts. No valuation of intangible costs.</p>
<p><b>WTP-based valuations of morbidity effects</b> reflect the trade-offs that individuals would be willing to make between their health and their consumption of goods and services, subject to their income constraints. In the environmental context, WTP values are usually determined via a stated-preference method.</p>	<p><b>Key strengths:</b> Makes estimates of intangible costs possible. Based on a consideration of individual preferences.  <b>Key weaknesses:</b> Methodological complexity. Hypothetical context. Significant resource requirements to generate WTP values.</p>
<p><b>Value of a Statistical Life (VSL)</b> is a measure that reflects the aggregated individual WTP for a reduction in mortality risks. In the environmental context, the WTP is usually estimated using a stated-preference method.</p>	<p><b>Key strengths:</b> Makes estimates of intangible costs possible. Based on a consideration of individual preferences.  <b>Key weaknesses:</b> Methodical complexity. Significant resource requirements. VSL values derived from WTP to avoid acute risks to mortality are not particularly suitable for monetising mortality effects due to long-lasting chronic risks. Acceptance of results is decreased due to communication problems associated with the terminology used.</p>
<p><b>Value of a Life Year (VOLY)</b> is a measure developed as an alternative to VSL that reflects the aggregated individual WTP for reducing the risk of shortening life expectancy. Ideally, the VOLY measure is estimated using a stated-preference method. As an alternative, it is sometimes derived from VSL, but this approach has methodological shortcomings and is generally not recommended.</p>	<p><b>Key strengths:</b> Makes estimates of intangible costs possible. Consideration of individual preferences. Suitable for mortality effects due to long lasting chronic exposures.  <b>Key weaknesses:</b> Frequently criticized due to the lower valuation of mortality effects in the elderly population. VOLY results are typically lower than VSL results for those diseases more likely to occur among older age groups; this makes it difficult to compare results with VSL-based monetisation studies.</p>

## Case studies

Following the theory-based examination of the valuation methods, three case studies were carried out in which the health impacts of three environmental risk factors of relevance in Germany – particulate matter, ozone and lead – were monetarised for Germany in 2016 using the selected economic methods. The aim of these calculations was to apply the selected methods in practice, to provide a monetisation result as complete as possible and to evaluate the findings. Of particular importance were aspects such as the applicability of the methods in the environmental context in Germany, the availability of the underlying data and the potential of the methods to be incorporated into the German Environment Agency’s “Methodological Convention for the Assessment of Environmental Costs”.

For all three case studies, the primary source of health data was the Global Burden of Disease (GBD) Study 2017, which is available via the online platform of the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). The GBD data include information on the burden of disease due to exposure to particulate matter, ozone and lead. The data include mortality effects (deaths and Years of Life Lost, YLL), morbidity effects (Years Lived with Disability, YLD) and their combination quantified as disability adjusted life years (DALYs). However, the GBD data show incomplete coverage of the health effects of certain risk factors, an issue which was of secondary importance given that the purpose of these case studies was to examine the monetisation methods). In the case study on the health effects of particulate matter, for which IHME data were insufficient, the results of the VegAS project (Hornberg et. al, 2013) were also used.

All the case studies begin with a description of the health effects related to the environmental risk factor, followed by a description of the health data and economic methods selected for comparison within the case study. The case studies show step-for-step how the analysis was carried out including how various parameters were converted or combined to generate the resulting valuations. Each case study concludes with a presentation of the monetisation results, followed by a closing section that describes the insights generated by the case study as well as further research needs.

## Key recommendations

Communicating the impact of environmental disease burdens in monetary terms has the potential to provide decision-makers and the public with important additional information for decision-making when addressing environmental health issues. However, monetarisation is only a complementary method of analysing and communicating the health effects of environmental pollution. It does not replace direct confrontation with general adverse health effects of environmental risk factors particularly for more vulnerable populations.

The following recommendations are addressed to selected stakeholder groups that can undertake measures that reduce harmful environmental impacts on public health. Public authorities such as UBA play a very important role in improving methods used to assess economic impacts and the related communication with the public and decision-makers. These recommendations are relevant to a wide range of actors at home and abroad, especially economists, environmental scientists, physicians and communication professionals.

### Recommendations for health economists:

- ▶ **Adequate understanding of environmental and health data:** Economists monetising the Environmental Burden of Disease should take appropriate measures to avoid errors in the interpretation of the economic analysis of underlying environmental and health information.
- ▶ **Use of guidelines and conventions:** Following the instructions of good-practice guidelines in order to ensure the comparability and traceability of their results. However, such guidance documents should be understood as guidelines for implementation and not as a binding set of rules. Several relevant guidance documents are listed in Section 9.1.
- ▶ **VSL vs. VOLY:** Despite years of debate on which of the approaches - VSL or VOLY - is more appropriate for use in the environmental context, no consensus has been achieved in this area. While both VSL and VOLY have their supporters and opponents, some argue for the use of both approaches. Against this background, it is recommended to use both approaches to define the upper and lower limits of costs resulting from the impact of environmental risk factors on health.
- ▶ **Benefit transfer:** The use of benefit transfer remains a second-best solution that creates additional uncertainty in the analysis. As far as possible, it is helpful to use standardized procedures and parameters (unless the analysis requires special adjustments).
- ▶ **Need to derive updated valuation parameters:** More work needs to be done to improve the evidence base. This refers in particular to VOLY, where the level of knowledge is very low compared to VSL. There is a need to carry out survey-based studies which, among other things, also focus on the German population. In this way, economic studies can be more specific to the German context.
- ▶ **Monetisation of DALYs:** DALYs and QALYs are established as generally accepted standardised metrics for the assessment of disease burden. Their potential to combine mortality and morbidity effects in a single metric presents a more comprehensive basis for policy decisions. The GBD data published by IHME use DALYs and attribute them to environmental risk factors. This systematic and internationally standardised approach to health data provides a statistical platform for monetisation.
- ▶ **Transparency of analysis:** A high degree of transparency should be ensured in health economic assessments. Analysts should clearly describe the investigation being carried out, on what basis the chosen procedure was selected, and describe uncertainties related to the results.

### Recommendations to communicators (publications and media):

- ▶ **Consideration of the valuation methodology in communication:** When communicating information on adverse health effects, it is particularly important to think about the explicit and implicit communication objectives. While in some cases, there is a need to communicate monetised values, in other circumstances it is advisable to focus on non-monetary aspects. Decision-makers may need monetary values to justify taking measures to reduce the impact of environmental risks or to internalize external costs.

► **Choosing language appropriate to the target group:** The target group plays a central role in determining how to communicate results. While technical terms may be self-explanatory for scientists who deal with them in their research they can be incomprehensible or even misleading for non-specialists. This is particularly the case with the sensitive issue of health. For example, the term "Value of a Statistical Life" can lead to controversy or the very complex DALY-concept can be difficult to grasp for laypersons. For these reasons, we recommend adapting the language to the target groups with regard to the use of technical terms in communication.

► **Avoidance of sensational reports:** A frequent goal of studies and analyses in the field of Environmental Burden of Disease is to sensitize decision-makers and the public to the importance of environmental problems. Special attention should be paid to the terms used and to the style of language. Particularly in press releases and other media reports, an appropriate balance between generating attention and scientific validity should be maintained.

## 1 Einführung

Umweltverschmutzung und ihre negativen externen Effekte auf die menschliche Gesundheit stellen eine große Belastung für die Gesellschaft dar. Für eine adäquate Gestaltung der Umweltpolitik ist es häufig hilfreich, wenn Gesundheitseffekte nicht nur quantifiziert, sondern auch monetarisiert werden. Ein Beispiel hierfür sind Kosten-Nutzen-Analysen, in denen der Nutzen einer Risikominderungsmaßnahme (z. B. Gesundheitsgewinne) ihren Kosten gegenübergestellt wird. Solche vergleichenden Aufstellungen helfen politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern sowie der Öffentlichkeit, das Ausmaß der verschiedenen Umwelt- und Gesundheitsherausforderungen zu identifizieren, zu verstehen und dadurch auch Maßnahmenfelder zu priorisieren.

Gesundheitsinformationen können in ökonomischen Maßzahlen dargestellt werden, beispielsweise über die direkte Monetarisierung des Verlusts von Lebenszeit oder die Monetarisierung eines menschlichen Lebens als Ganzes. Mit der Zuhilfenahme des Konzepts der umweltbedingten Krankheitslast (Environmental Burden of Disease – EBD) ist es möglich, Gesundheitseinbußen auf der Bevölkerungsebene ihren Umweltursachen quantitativ zuzuordnen. Die Kombination ökonomischer Methoden mit dem Konzept der umweltbedingten Krankheitslast ermöglicht es grundsätzlich, die gesundheitlichen Auswirkungen solcher Umweltprobleme, wie beispielsweise Luftverschmutzung, Chemikalienbelastung von Umweltmedien oder dem Klimawandel zu monetarisieren.

Institutionen, wie die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) verknüpfen bereits Ergebnisse des EBD-Ansatzes mit ökonomischen Methoden und veröffentlichen Schätzer zu Krankheitslasten sowie ihre äquivalenten monetären Kosten, um diese mit anderen in Bezug setzen zu können.

Die monetäre Bewertung von Schäden und Risiken für die menschliche Gesundheit stellt allerdings eine methodische Herausforderung dar, da u. a. nicht für alle diese Schäden und Risiken unverzerrte Marktpreise existieren. Einige ökonomische Verfahren ermöglichen es allerdings, sich dem Preis für solche Güter mittels zusätzlicher Methoden anzunähern. Wie entwickelt und standardisiert die Monetarisierungsverfahren sind, wie die darauf aufbauenden Studien bewertet werden, welche ethischen Überlegungen berücksichtigt werden müssen und wie in der Kommunikation solcher Monetarisierungen Missverständnisse vermieden werden können, sind hierbei einige der relevanten Fragen.

Der vorliegende Bericht gibt einen systematischen Überblick über einige wichtige, in der Gesundheitsökonomik eingesetzte Monetarisierungsmethoden, deren Stärken und Schwächen und liefert u. a. Grundlagen für Empfehlungen zur praktischen Anwendung von Methoden zur Monetarisierung der Gesundheitswirkungen von Umweltbelastungen. Dafür werden ökonomische Ansätze zur Monetarisierung der Krankheitslast identifiziert, bewertet und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in Deutschland geprüft. Es wird auf einer umfassenden und systematischen Literaturrecherche zum aktuellen Stand der nationalen und internationalen Forschung aufgebaut. Darüber hinaus werden drei Fallstudien zu Umweltrisikofaktoren zur Prüfung der praktischen Anwendbarkeit durchgeführt.

Im Umweltbundesamt werden bei der Ermittlung der Kosten infolge von Umweltbelastungen bereits einige gesundheitliche Wirkungen berücksichtigt (im Jahr 2018 als Methodenkonvention 3.0 (Bünger und Matthey, 2018b) in ihrer dritten Version veröffentlicht). Die Methodenkonvention erarbeitet monetäre Werte für Kosten verschiedener Umweltrisikofaktoren (Emissionen), zum Beispiel durch den Verkehr, die Landwirtschaft oder die Erzeugung von Energie und stellt diese für die Forschung und für die Verwendung bei politischen Entscheidungen zur Verfügung.

Aufgrund der Herausforderungen bezüglich der Monetarisierungsmethoden im Umweltkontext war das Ziel dieses Projekts, diese Fragestellungen aufzugreifen, ökonomische Ansätze zur Quantifizierung

und Monetarisierung zu identifizieren und zu bewerten und Empfehlungen zur praktischen Anwendung der Methoden im Kontext für Deutschland zu erarbeiten.

Als Grundlage wurde zuerst eine systematische Literaturrecherche zum aktuellen Stand der nationalen und internationalen Forschung durchgeführt und deren Befunde im Anschluss daran bezüglich ihrer Eignung für die Beantwortung der Fragestellung bewertet. Aufbauend darauf wurde die Klassifizierung, Beschreibung und Bewertung der gängigen Methoden und Verfahren zur Monetarisierung der Gesundheitsschäden durch Umweltrisikofaktoren (inklusive der Prüfung ihrer Anwendbarkeit in Deutschland) vorgenommen. Anschließend wurden drei Fallstudien zur Monetarisierung von umweltbedingten Krankheitslasten in Deutschland durchgeführt.

Aus den Erkenntnissen der Literaturrecherche, der Theorie und den Fallstudien wurde eine Reihe von Empfehlungen zur praktischen Anwendung der Methoden zur Monetarisierung der Gesundheitsauswirkungen von Umweltbelastungen entwickelt und zusammengestellt. Diese richten sich in erster Linie an das deutsche Umweltbundesamt (UBA), stehen aber dem Fachpublikum sowie der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung und dienen allen Akteuren aus Wissenschaft, Medien und Politik als zusätzliche Informationsquelle.

## 2 Systematische Literaturrecherche

Umweltrisikofaktoren können sich in unterschiedlicher Weise auf die menschliche Gesundheit auswirken. Um die von den Umweltrisikofaktoren ausgehenden gesundheitlichen Belastungen in der Öffentlichkeit und an politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zu kommunizieren, können diese zunächst in Form von Krankheitslasten quantifiziert und in einem weiteren Schritt mit monetären Verfahren bewertet werden.

Für den ersten Schritt wurde das EBD-Konzept entwickelt. In diesem werden Anteile der bevölkerungsbezogenen Krankheitslast auf Umweltbelastungen zurückgeführt, wobei die Krankheitslast in verlorenen Lebensjahren, attributablen Todesfällen sowie Jahren mit eingeschränkter Gesundheit bemessen werden. Für die ökonomische Bewertung umweltbedingter Krankheitslasten oder anderer Risiken für die menschliche Gesundheit wurden ihrerseits eine Reihe methodischer Ansätze entwickelt. Somit lässt sich die umweltbedingte Krankheitslast mit einer monetären Bewertung verknüpfen und in Geldeinheiten umrechnen.

Das Projekt startete mit einer umfassenden Literaturrecherche, um den aktuellen Zustand der nationalen und internationalen Forschung zu ermitteln. Anschließend wurden die ermittelten Ansätze in Bezug auf ihre Qualität und die Zielsetzung des Projekts bewertet. Ausgewählte Bewertungsansätze wurden danach gegenübergestellt und bei der Berechnung der Fallstudien zu drei ausgewählten Umweltstressoren wahlweise angewandt.

### 2.1 Ziele der systematischen Literaturrecherche

Inhalt des Kapitels 2 ist die Dokumentation der durchgeführten systematischen Literaturrecherche, die Studien zur Monetarisierung tödlich verlaufender (Mortalität) sowie nicht tödlich verlaufender gesundheitlicher Endpunkte (Morbidität) umfasst. Der Schwerpunkt lag hierbei auf dem Kontext umweltbedingter Risiken und deren Auswirkungen auf die Gesundheit. Allerdings stellte der Aspekt des umweltbedingten Einflusses ein fakultatives Kriterium für die Aufnahme der Literaturquelle dar. Es durfte daher auch eine Bewertung von Gesundheitsschäden oder -risiken aus einem anderen Kontext (beispielsweise durch Unfälle oder Kriminalität) eingeschlossen werden. Essenziell war jedoch, dass die Publikationen einen Ansatz zur Monetarisierung von gesundheitlichen Wirkungen enthalten. Dies beinhaltet Publikationen, die konkrete präzise Berechnungen enthalten, ebenso wie solche, die ein methodisches Vorgehen zur Berechnung behandeln – auch ohne eine empirische Anwendung.

Als Schwerpunkt der Recherche wurde zunächst in erster Linie nach Studien gesucht, die für ihre Berechnungen die Kenngrößen VSL sowie VOLY verwenden. Daneben wurden aber auch Methoden der Bewertung mit dem COI-Ansatz und dessen unterschiedlichen Komponenten sowie weitere Verfahren in die Analyse aufgenommen, die insbesondere in der Gesundheitsökonomik gebräuchlich sind und mit monetären Bewertungsmethoden verknüpft werden können, vor allem der QALY und die gebräuchlichen standardisierten Fragebögen zu seiner Messung. Außerdem wurden Veröffentlichungen bestimmter Institutionen gesichtet und diese mit Blick auf den ökonomischen Ansatz analysiert. Als relevante Institutionen sind insbesondere die Folgenden zu nennen:

- ▶ World Health Organization (WHO)
- ▶ Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG)
- ▶ United States Environmental Protection Agency (US-EPA)
- ▶ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
- ▶ Europäische Union (EU)

- ▶ Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)
- ▶ Disease Control Priorities Network (DCPN)

## 2.2 Vorgehen

### 2.2.1 Grundlagen der systematischen Literaturrecherche

Eine systematische Recherche wird empfohlen, wenn die verfügbare Literatur zu einem Thema systematisch erhoben, und ein möglichst unverfälschtes und vollständiges Bild der verfügbaren Evidenz zusammengestellt werden soll.

Bei der systematischen Recherche werden Referenzen in Datenbanken und ergänzend in relevanten Fachzeitschriften über Suchwörter und Suchwortkombinationen nach einer vorher erarbeiteten Suchstrategie gesucht. Dies wird durch eine gezielte Analyse von einschlägigen Webseiten ergänzt. Im Anschluss werden die entsprechenden Treffer anhand von transparenten Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Qualität der jeweiligen Studien mittels eines Kriterienkatalogs bewertet.

Detaillierte Qualitätskriterien für einen systematischen Literaturreview finden sich in mehreren Richtlinien und Leitfäden, die häufig für bestimmte wissenschaftliche Fachbereiche entwickelt wurden. Bei der Vorgehensweise erfolgte eine Orientierung an methodischen Richtlinien, die sich in unterschiedlichen fachlichen Kontexten bewährt haben, insbesondere der „Systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making“ der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA (EFSA, 2010), sowie dem „Manual systematische Literaturrecherche für die Erstellung von Leitlinien“, entwickelt federführend vom Deutschen Cochrane Zentrum (DCZ) (Deutsches Cochrane-Zentrum, 2013).

### 2.2.2 Vorbereitung der Literaturrecherche

Bei der Vorbereitung des Reviews ist die Ausarbeitung des Review-Protokolls ein zentrales Element. Das Protokoll soll präzise Vorgaben darübersetzen, wie die Literatursuche und Auswertung durchzuführen sind. Das unabhängige Vorgehen zweier Bearbeiter (Reviewer), die ein paralleles und identisches Arbeiten durchführen, stellt ein Qualitätskriterium dar, da es die Wahrscheinlichkeit einer Fehleinschätzung reduziert. Bei Studien, für die beide Reviewer zu einer abweichenden Beurteilung kommen, wurde im nächsten Durchlauf explizit geklärt, woher die unterschiedliche Einschätzung herrührt. Zusammen mit einem weiteren Experten (Supervisor) wurden die unterschiedlichen Einschätzungen analysiert und geklärt und somit ein Konsens unter den Reviewern gefunden. Alle wichtigen Punkte, wie die verwendeten Suchwörter, Datenbanken und die Dokumentation der Ergebnisse, sind in dem Review-Protokoll vorgegeben, dessen Schritte sich an der Richtlinie der EFSA (2010) orientieren. Das Projektteam benutzte für das Management der Referenzen die Software „EndNote™“ und die onlinebasierte Software „DistillerSR“ als visuelle Unterstützung beim Sichtungsprozess. Eine Archivierung der Literaturbelege und Volltexte erfolgte ebenfalls in „EndNote“.

## 2.3 Schritte der Durchführung der systematischen Literaturrecherche

Die systematische Literaturrecherche wurde durchgeführt, um den aktuellen Stand der deutschen und internationalen Forschung zu Methoden der Monetarisierung zu erfassen. Diese monetäre Bewertung bezieht sich auf Schäden und Risiken für die menschliche Gesundheit und hier im Speziellen auf Krankheitslasten, die durch Umweltbelastungen verursacht werden.

Diese systematische Literaturrecherche wurde in den folgenden Schritten durchgeführt:

1. Definition der Fragestellung sowie der Einschluss- und Ausschlusskriterien
2. Ausarbeitung der Suchstrings für die Datenbankrecherche (in PubMed, Wiley Online Library und PharmacoEconomics Journal, sowie, um auch deutschsprachige Veröffentlichungen abzudecken, in LIVIVO)
3. Einlesen der Datenbanksuchergebnisse in eine „EndNote“-Bibliothek und Eliminierung von Duplikaten
4. Export der „EndNote“-Bibliothek in das Screening-Tool „DistillerSR“
5. Sichtung von Titeln und Abstracts der Artikel mit Hilfe von „DistillerSR“
6. Klärung von Zweifelsfällen sowie von abweichenden Beurteilungen zwischen den Ergebnissen beider Reviewer (im Folgenden „Konflikte“ genannt) und Entscheidung solcher Fälle

Im Folgenden werden diese Schritte beschrieben und die Ergebnisse des jeweiligen Schrittes erläutert.

### 2.3.1 Definition der Fragestellung sowie der Einschluss- und Ausschlusskriterien

Vor dem Hintergrund des Projekts wurden die folgenden grundlegenden Fragestellungen als Ausgangspunkt für die Literaturrecherche definiert:

1. Welche Ansätze existieren zur monetären Bewertung von Mortalitätseffekten?
2. Welche Ansätze existieren zur monetären Bewertung von Morbiditätseffekten?

Als weitere spezifische Fragen, die für diese Recherche zu stellen sind, wurden festgelegt:

- ▶ Welche aktuellen Studien entwickeln und/oder verwenden monetäre Bewertungsverfahren für Gesundheitsschäden oder -risiken?
- ▶ Welche aktuellen Studien ermitteln empirisch die monetäre Bewertung von Gesundheitsschäden oder Risiken, bevorzugt anhand der Größen wie z. B. VSL und/oder VOLY?

Dabei sollte die durchgeführte Literaturrecherche im Endergebnis deutlich machen, wo die wesentlichen Unterschiede, aber auch mögliche Zusammenhänge zwischen Ansätzen wie COI und der individuellen Zahlungsbereitschaft (WTP) zur Verringerung von Risiken liegen.

Ein wesentliches Ziel der Recherche bestand darin, dass sie Informationen zu ökonomischen Methoden zur robusten Berechnung von Krankheitskosten aufgrund bestimmter Gesundheitsrisiken liefern soll. Damit sollte eine Grundlage zur Beurteilung geschaffen werden, wie Ansätze zur monetären Bewertung und deren Ergebnisse in der Öffentlichkeit effektiv kommuniziert werden können. Daher sollte die Recherche grundsätzlich zu Beginn breit angelegt sein.

Ein grundsätzliches Kriterium bestand darin, dass Publikationen einen monetären Ansatz zur Bewertung von Gesundheitsschäden enthalten müssen. Dies schließt somit solche Publikationen ein, die konkrete quantitative Berechnungen enthalten, ebenso solche, die ein methodisches Vorgehen zur Berechnung behandeln.

Somit wurden die folgenden Einschluss- sowie Ausschlusskriterien a priori festgelegt.

Eingeschlossen sind:

- ▶ Deutsch- und englischsprachige Primärstudien und Reviews zur monetären Bewertung von Krankheitslasten (ohne zwingenden Bezug zu einem umweltbedingten Einfluss)
- ▶ Studien, die u. a. sowohl den WTP-Ansatz als auch den Humankapitalansatz sowie real erfassbare Kosten und Kostensätze umfassen und nach dem 01.01.1990 und bis zum 31.12.2017 veröffentlicht wurden. Damit werden alle wichtigen Konzepte und Studien seit den 90er Jahren berücksichtigt – eine Zeitspanne, in der wesentliche Fortschritte in der Monetarisierung von Krankheitslasten erzielt wurden.
- ▶ Studien zur Methodik / Methodenentwicklung monetärer Bewertungen von Krankheitslasten
- ▶ Primärstudien und Reviews zum WTP-Ansatz und anderen monetären Bewertungsverfahren wie dem Humankapitalansatz, Friktionskostenansatz oder Ausgaben basierend auf Marktpreisen
- ▶ Studien zum Begriffsfeld „Health care costs“, „Health expenditures“, „Cost of Illness“

Ausgeschlossen sind:

- ▶ Studien, die 1989 und früher erschienen sind
- ▶ Studien, die Effekte auf die menschliche Gesundheit bzw. Krankheitslasten lediglich qualitativ beschreiben
- ▶ Studien, die sich auf die Beschreibung und/oder Quantifizierung von Krankheitslasten beschränken (Inzidenzen, Prävalenzen, DALY/QALY, etc.)
- ▶ Studien, die für Gesundheitseffekte eine Bewertung mittels Kosten-Wirksamkeitsanalyse oder Nutzwertanalyse (Multi-criteria decision analysis) durchführen, ohne monetärer Bewertung der Gesundheitseffekte
- ▶ Studien, die sich auf ex-post-Schadensersatzansprüche von Geschädigten (Schmerzensgeld) oder Hinterbliebenen von Opfern konzentrieren
- ▶ Studien, die sich nur mit Schadensvermeidungskosten (abatement costs) oder Präventionskosten beschäftigen

Die Umsetzung dieser Einschluss- und Ausschlusskriterien und die dabei zur Unterstützung herangezogene Software „DistillerSR“ werden in Abschnitt 2.3.3 beschrieben.

### 2.3.2 Suchstrings für die Datenbankrecherche

Die Suchwörter wurden so gewählt, dass anhand dieser der aktuelle Erkenntnisstand zur monetären Bewertung von Krankheitslasten identifiziert werden kann. Der Krankheitslastbegriff ist hier breit zu verstehen, umfasst also nicht nur kombinierte Indexmaße für Mortalität und Morbidität, wie DALYs oder QALYs, sondern auch weitere Konzepte zur Quantifizierung negativer gesundheitlicher Auswirkungen. Diese können auf ein- oder mehrdimensionalen Systemen von Gesundheitsendpunkten, Monitoringdaten oder Maßzahlen und auf Experten- wie individueller Einschätzung des Gesundheitszustandes basieren. Die Berücksichtigung umweltbedingter Einflüsse in den Studien war hierbei ein fakultatives Kriterium für die Auswahl. Daher wurde die Begrifflichkeit „Umwelt“ nicht bei der Gestaltung der Suchstrings verwendet.

Der Fokus sollte auf Studien liegen, die zur Ermittlung der Krankheitskosten die Kenngrößen VSL und VOLY heranziehen. Darüber hinaus sollen jedoch auch weitere Methoden aus der

Gesundheitsökonomie zur Ermittlung der monetären Bewertung gesundheitlicher Einbußen (Mortalität und Morbidität) recherchiert werden.

Das methodische Vorgehen der Recherche orientierte sich am Projekt „Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umweltschutz“ (GENiUS) (Hornberg et al., 2016). In diesem Projekt wurde eine ähnliche Literaturrecherche zu umweltbedingten Krankheitslasten sowie Krankheitskosten durchgeführt. Anders als bei GENiUS wurde in dem vorliegenden Projekt der Schwerpunkt auf Ansätze zur monetären Bewertung gelegt.

Testläufe in der Vorbereitung mit unterschiedlichen Suchalgorithmen haben gezeigt, dass eine Kombination aus monetären und gesundheitsrelevanten Suchwörtern in Titel und Abstract zu einer Trefferzahl von über 35.000 führte. Insbesondere wurden Optionen, in denen nicht immer in Titel und Abstract, sondern einige Suchwörter teilweise nur im Titel gesucht werden, wieder verworfen, da sie zu sehr hohen, aber häufig nicht relevanten Trefferzahlen führten.

Anschließend wurde analysiert, welche generischen Suchbegriffe oder Suchwortkombinationen aufgrund von Mehrdeutigkeit zu gehäuften Fehltreffern führten, und wie sich die Präzisierung von Suchbegriffen sowie eine unterschiedliche Struktur der logischen Operatoren AND und OR auf das Ergebnis auswirken. Als problemadäquat wurde schließlich eine übergeordnete UND-Verknüpfung von Begriffsfeldern gewählt, unterhalb derer synonyme bzw. alternative Begriffe, die enthalten sein sollten, jeweils in einer OR-Verknüpfung verwendet wurden. Diese Präzisierungen und einschränkenden Verknüpfungen führten zu einer schrittweisen Verringerung der Trefferzahl.

Anhand der durchgeführten Testläufe wurden für die zentrale Suche in der Datenbank PubMed, die als umfangreichste und einschlägigste Datenbank für diese Fragestellungen identifiziert wurde, drei Suchpakete (1, 2, 3) festgelegt, die ihrerseits jeweils aus mehreren Varianten (a, b, c) bestehen (dokumentiert in Tabelle 63 in Annex A). Dabei wurde, soweit das Menü der jeweiligen Datenbank diese Option zulässt, grundsätzlich in den Feldern „Title/Abstract“ gesucht.

Ergänzend zur Suche in PubMed wurden zwei weitere Suchvorgänge mit Hilfe von Suchalgorithmen in der Wiley Online Library sowie im Pharmacoeconomics Journal durchgeführt, da letzteres sowie einige Publikationen aus dem interdisziplinären Public-Health-Bereich nicht vollständig durch PubMed abgedeckt sind. Die verwendeten Suchstrings der drei zentralen Datenbanken für die Suche von Artikeln in englischer Sprache sind in Annex A dargestellt.

Der Fokus auf die genannten Datenbanken wurde hier aus dem Grund gewählt, da die Verbindung zur Thematik Umwelt und Gesundheit für das Vorhaben als zentral angesehen wurde. In dem vorangegangenen GENiUS-Projekt (Hornberg et al., 2016) wurden auch ökonomisch fokussierte Datenbanken wie Econlit oder Econbiz für die Suche verwendet, die jedoch zu wenig relevanten Treffern geführt hatten; daher wurde hier auf deren Verwendung verzichtet.

Ergänzend hierzu wurde auch eine Suche in deutscher Sprache mit Hilfe des Suchportals des Informationszentrums Lebenswissenschaften [www.livivo.de](http://www.livivo.de) durchgeführt, das aus den beiden Portalen MEDPILOT und GREENPILOT entstanden ist und als maßgebliche interdisziplinäre Suchmaschine für Medizin, Gesundheitswesen, Ernährungs-, Umwelt- und Agrarwissenschaften ausgewählt wurde. Dies diente dem Zweck, auch die aktuelle Diskussion in Deutschland (bzw. im deutschsprachigen Raum) adäquat einzubeziehen und Monographien, insbesondere Dissertationen und Forschungsberichte, zu erfassen, die über PubMed und Wiley Online Library nicht auffindbar sind.

Hierfür wurde die Liste von Suchwörtern auch ins Deutsche übertragen. Dabei wurde getestet und festgehalten, ob und in welchen Fällen eine wörtliche Übersetzung der Suchbegriffe ins Deutsche zielführend ist. Eine Reihe der Begriffe und insbesondere ihrer Abkürzungen sind in der deutschen Übersetzung eher ungebräuchlich (QALY, DALY, VSL, VOLY, Value of a Prevented Fatality oder Value of Mortality Risk Reduction). Es zeigte sich in stichprobenartigen Überprüfungen, dass auch deutsche Veröffentlichungen in der Regel die englischen Begriffe und Abkürzungen verwenden.

Für eine Suche in LIVIVO wurden Suchstrings verwendet, die in Zweifelsfällen sowohl deutsche als auch entsprechende englische Begriffe mit einer ODER-Verknüpfung verwendeten und sich ansonsten, soweit wie möglich, an den in PubMed verwendeten Suchstrings und Varianten (1 a – 3 c) orientierten. Die verwendeten Suchstrings für LIVIVO sind in Annex A dargestellt.

Da die Suche mit den von der LIVIVO-Webseite bereitgestellten Tools direkt erfolgte und nicht mit dem im Folgenden beschriebenen Verfahren mit Unterstützung von „EndNote“ und „DistillerSR“, ist die Statistik der Suchergebnisse bei LIVIVO separat von denen der englischsprachigen Datenbanken dargestellt. Eine Suche im gesamten Abstract (wie bei PubMed) ist in LIVIVO nicht vorgesehen. Um den Inhalt des Abstracts besser abzudecken, wurde es als zielführend erachtet, ersatzweise nach vergebenen Keywords zu suchen. Daher wurde überprüft, inwieweit eine zusätzliche Suche im Algorithmus nach Keywords (KW) in Ergänzung zum Titel (TI) auch zusätzliche Ergebnisse bringt. Die Suche nach Keywords wurde im Suchstring dabei jeweils in einer OR-Abfrage mit der nach Titel verknüpft, wie in Annex A dokumentiert. Da in der ersten Phase die Suche nur Titel und nicht Keywords umfasste, konnte durch den Vergleich der beiden Suchschritte festgehalten werden, wie viele zusätzliche Treffer durch die Erweiterung der Suche um die Keywords (120) gegenüber der Suche nach dem Titel allein (100) resultieren.

Die Hauptrecherche wurde im Zeitraum Februar 2017 (PubMed, Wiley Online Library und PharmacoEconomics Journal) bis April 2017 (LIVIVO) durchgeführt. Um auch die Veröffentlichungen des kompletten Jahres 2017 vollständig zu erfassen, wurde im Zeitraum von Mai 2018 bis Juli 2018 ein Update durchgeführt, in dem gezielt das Veröffentlichungsjahr 2017 erfasst wurde. Im vorliegenden Endbericht wurden die Ergebnisse der schrittweisen Auswahl aus beiden Phasen der Recherche (2017 und Update 2018) im Folgenden in den Statistiken aggregiert und nicht mehr getrennt ausgewiesen. In den Schlussfolgerungen wird auch darauf eingegangen, ob und inwiefern sich inhaltliche Schwerpunkte bei den Publikationen im betrachteten Zeitraum von 1980 bis 2017 und insbesondere im letzten Betrachtungsjahr 2017 verändert haben.

### 2.3.3 Datenbanksuchergebnisse sowie Ein- und Ausschlussprozeduren

Die Suche in den relevanten Datenbanken unter Verwendung der im Annex A aufgelisteten Suchstrings bzw. Suchalgorithmen ergab die folgende Trefferanzahl (Tabelle 3):

Durch die Kombination dieser drei Suchen wurden (ohne Funde aus LIVIVO) 10.551 Referenzen identifiziert, die im Anschluss in die „EndNote“-Bibliothek übertragen wurden. Duplikate identischer Referenzen, die größtenteils aus der Suche mit unterschiedlichen Strings und zu einem geringeren Teil durch zeitliche Überlappung zwischen den Funden aus der Hauptscreening- und Review-Phase resultierten, wurden mittels „EndNote“ identifiziert und entfernt, wodurch eine Reduktion um 1.529 Referenzen erzielt wurde. Aus dem anschließend untersuchten PharmacoEconomics Journal wurde nur ein Duplikat aufgrund zeitlicher Überlappung identifiziert, aber keine Dopplung mit den anderen Bibliotheken. Nach der Entfernung der Duplikate verblieben 9.022 Referenzen, die als geeignet für das weitere semantische Screening betrachtet wurden.

**Tabelle 3: Zusammenfassung der identifizierten Referenzen und Elimination der Duplikate**

Datenbank	Identifizierte Referenzen
PubMed	10.167
Wiley Online Library	362
PharmacoEconomics Journal	22
Summe	10.551
Davon Duplikate	1.529
<b>Summe bereinigt um Duplikate</b>	<b>9.022</b>

Eine detaillierte Statistik der Referenzen, aufgeschlüsselt nach Suchstring-Varianten, Duplikaten sowie Reviewphasen (d. h. eine Unterscheidung zwischen der Hauptrecherche und dem Update für das Jahr 2017), findet sich in Tabelle 65 im Annex A. Nach weiteren Duplikaten, die nicht in dieser Phase durch „EndNote“ automatisch identifiziert wurden, wurde nicht gezielt gesucht. Beim späteren Screening wurden von den Reviewern weitere Duplikate nur in sehr wenigen Einzelfällen (5-10) identifiziert.

Die Gesamtzahl der Referenzen, die für das Screening geeignet waren (9.022 Referenzen), wurde in den „DistillerSR“ importiert. „DistillerSR“ ist ein Softwaretool zur Unterstützung bei der Durchführung von systematischen Reviews. Es ermöglicht eine hohe Transparenz, reduziert menschliche Fehler und deckt Abweichungen in der Bewertung der Studien durch unterschiedliche Auslegungen der Kriterien auf, die dann identifiziert und geklärt werden können. Darüber hinaus wurde der komplette Screeningprozess von zwei Reviewern durchgeführt.

Unter Verwendung dieser Software wurde ein Screening der Titel sowie der Abstracts durchgeführt, um eine Entscheidung hinsichtlich Einschluss/Ausschluss der Referenz für die weitere Evaluierung zu treffen. Die Einschluss- und Ausschlusskriterien wurden bereits vor dem Screening-Prozess definiert.

Zur optischen Unterstützung für das Screening wurden bestimmte Schlüsselwörter (Keywords) definiert, die jeweils in „DistillerSR“ auf dem Bildschirm farblich hervorgehoben werden, wenn sie im Titel oder Abstract auftreten. Um die unterschiedlichen Themenbereiche hervorzuheben, wurden den ausgewählten Schlüsselwörtern bestimmte Farben zugeordnet. Die Schlüsselwörter orientieren sich hauptsächlich an den verwendeten Suchstrings, gehen aber zum Teil auch darüber hinaus - etwa hinsichtlich des Umweltbezugs (environmental burden). Sie sind aufgelistet in Tabelle 4.

Die Wahl der Keywords hat keinen automatisierten Einfluss auf die Entscheidung über Ein- oder Ausschluss, sondern dient (in Zusammenhang mit der unterschiedlichen farblichen Kennzeichnung) als visuelle Unterstützung bei der Entscheidung für die Reviewer, um die Thematik und den Textinhalt des Abstracts schneller zu erfassen.

**Tabelle 4: Farbliche Hervorhebung von Schlüsselwörtern in den Themenbereichen des Screenings zur Unterstützung der Bewertung**

Verwendete Kategorie (Farbe)	Keyword
Farbe 1	Mortality, death, fatality
Farbe 2	Morbidity, disease, illness, acute, chronic, burden, harm
Farbe 3	“quality adjusted life year”, “disability adjusted life year”, “QALY”, “DALY”
Farbe 4	“value of statistical life”, “value of a statistical life”, “value of prevented fatality”, “value of a prevented fatality”, “value of mortality risk reduction”, “value of life year”, “value of a life year”, “VSL”, “VPF”, “VOLY”, “VLYL”
Farbe 5	“cost of illness”, “cost of disease”, “human capital approach”
Farbe 6	“cost-benefit”, “benefit-cost”, “economic”, “monetary”, “valuation”
Farbe 7	“environmental burden”

„DistillerSR“ unterstützt die Reviewer im Folgenden auch bei der Antworteingabe ihrer Entscheidung über Ein- oder Ausschluss. Er stellt den Reviewern die Frage: Soll die Referenz eingeschlossen werden?

- ▶ Ja (Yes)
- ▶ Nein (No)
- ▶ Zweifelsfall (Doubt)

In Abhängigkeit von der Antwort, die angekreuzt wird, wurden Aus- oder Einschlusskriterien durch das Programm angezeigt, die den Reviewern ermöglichten, eine jeweilige Begründung auszuwählen, warum die Referenz ein- oder ausgeschlossen werden soll, oder warum ein Zweifelsfall (doubt) vorliegt. Die für „DistillerSR“ im Menü als Checkbox zu verwendenden Ausschlusskriterien wurden (ebenso wie die Schlüsselworte – wie in Tabelle 4 dargestellt) zu Beginn des Reviews vorgegeben:

- ▶ Kein Bezug zu Krankheitslasten/-risiken für den Menschen
- ▶ Keine Monetarisierung
- ▶ Cost-effectiveness oder Multi-criteria analysis, ohne monetäre Bewertung der Gesundheitseffekte
- ▶ Kostenabschätzungen ohne hinreichende Erklärung zur Methodik
- ▶ Sonstiges (mit Freitextfeld)

Die Kategorie „Sonstiges“, mit der durch einzugebenden Freitext automatisch weitere Kategorien zum Menü hinzugefügt werden, umfasst insbesondere die weiteren ursprünglich festgelegten Ausschlusskategorien, die sich auf Ex-post-Schadensersatzansprüche / Schmerzensgeld sowie Schadensvermeidungskosten (abatement costs) oder Präventionskosten beziehen.

Zweifelsfälle (doubts) wurden in „DistillerSR“ ebenso wie Yes-Fälle zunächst den eingeschlossenen Studien zugeführt, aber innerhalb dieser in einer separierten Kategorie gespeichert. Als Zweifelsfälle wurden in der ersten Review-Runde solche Fälle eingestuft, bei denen das Reviewer-Team auch nach Rücksprache mit dem Supervisor keine klare Einzelentscheidung treffen konnte. Da diese Zweifelsfälle

den Bedarf aufzeigen, wo die Ein- und Ausschlusskriterien noch geklärt oder präzisiert werden müssen, mussten die Reviewer die Gründe für solche Zweifelsfälle benennen. Da solche Gründe erst während der Bearbeitung auftraten bzw. identifiziert wurden, wurde dafür im Menü ein Freitextfeld vorgesehen. Einträge in diesem Feld erschienen anschließend bei der weiteren Bearbeitung als vorgegebene Kategorien, die auch für andere, ähnlich gelagerte Fälle angekreuzt werden konnten. Nach Screening aller Fälle erfolgte im Gesamtteam und anschließend mit dem UBA eine grundsätzliche Klärung, wie mit diesen Kategorien der Zweifelsfälle zu verfahren war. Die Liste der Einschluss-, Ausschluss- sowie Zweifelsfallkriterien ergänzte sich im Laufe der Bearbeitung mit der „DistillerSR“-Maske, wenn die Kategorie „Sonstiges“ gewählt und durch eine Eingabe im Freitextfeld spezifiziert wurde.

Tabelle 66 im Annex A dokumentiert die Antwortmöglichkeiten der Screenshot-Antwortmasken des „DistillerSR“-Bildschirms zum Endstand des Titel- und Abstract-Screenings vom 20. Juni 2018 nach der Update-Phase und der gemeinsamen Begutachtung der Zweifels- und Konfliktfälle aus diesem Update. Die „DistillerSR“-Antwortmasken, wie auch die ergänzenden Antworten der Reviewer wurden zweckmäßigerweise in englischer Sprache erstellt, um Fehlerquellen und Ungenauigkeiten durch eine Übersetzung der Fachbegriffe aus den Originalartikeln ins Deutsche zu vermeiden. Somit stellt Tabelle 66 den abschließenden Stand eines „working documents“ dar, das sich während der Hauptrecherche und des Updates durch die Reviewer kontinuierlich erweitert hat und daher auch nicht den Anspruch einer überschneidungsfreien Kategorisierung erhebt. Die „Doubt“-Fälle während der Bearbeitung konnten sämtlich geklärt und eindeutig ein- bzw. ausgeschlossen werden.

Ein Ausschluss aufgrund der Sprache (nicht englisch- oder deutschsprachige Studien) kam an dieser Stelle nicht vor, da diese Suche, durch die Verwendung von englischsprachigen Begriffen, von vornherein nur englischsprachige Studien identifizieren sollte. Es zeigte sich allerdings an späterer Stelle bei der Volltextrecherche, dass auch eine geringe Anzahl an deutsch- sowie anderssprachigen Studien gefunden wurde, bei denen ein Abstract in englischer Sprache vorhanden war.

Da beide Reviewer jeweils alle Referenzen begutachteten, traten auch Konflikte (conflicts) zwischen den Reviewern bezüglich des Ein- oder Ausschlusses von Referenzen auf. Die Prozedur, durch die Referenzen eingeschlossen, ausgeschlossen oder als Konflikt eingeordnet wurden, ist in Abbildung 2 illustriert.

Abbildung 2: Prozedur des Einschusses/Ausschlusses während der Screeningphase

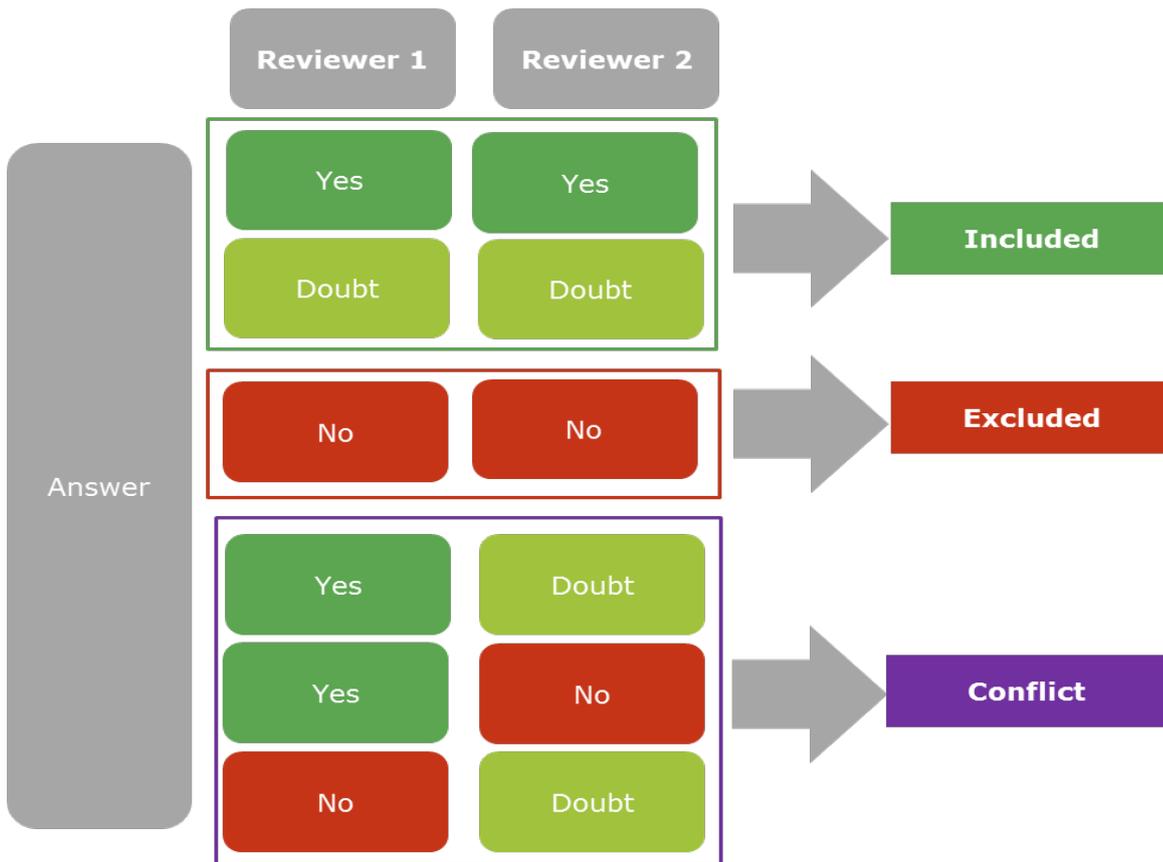


Tabelle 5 fasst die Ergebnisse des Screeningprozesses (einschließlich der 2018 durchgeführten Update-Phase für Veröffentlichungen des Jahres 2017) zusammen. 1.109 Referenzen (12,29 %) wurden für die weitere Bewertung unmittelbar eingeschlossen, und 4.294 (54,36 %) wurden unmittelbar ausgeschlossen und als nicht relevant eingestuft. Auf der anderen Seite wurden 1.493 Referenzen (16,55 %) als Zweifelsfälle eingestuft, und bei 1.516 (16,80 %) wurde ein Konflikt festgestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der ersten Screening-Phase mit „DistillerSR“ sowie eines zweiten Schrittes mit Konfliktlösung sowie Screening der Zweifelsfälle

Antworten	Kategorie	Anzahl der Referenzen, 1. Phase	Anzahl der Referenzen nach weiterer finaler Klärung
Yes + Yes	Einschluss	1.109	541
Doubt + Doubt	Einschluss -> Lösung des Zweifelsfalls	1.493	30
No + No	Ausschluss	4.904	0
Yes + Doubt	Konflikt -> Lösung des Konflikts	727	52
Yes + No	Konflikt -> Lösung des Konflikts	150	18
No + Doubt	Formell Konflikt, im Weiteren als Ausschluss behandelt	639	0
<b>Summe</b>		<b>9.022</b>	<b>641</b>

Aufgrund der hohen Zahl der Referenzen, die von beiden Reviewern einstimmig als Zweifelsfälle (doubt/doubt) kategorisiert wurden, wurde diese Kategorie zunächst einem zweiten Screening unterzogen. Unklare Punkte und Fragen, die von den Reviewern hervorgehoben wurden, wurden in Teambesprechungen geklärt.

Dabei wurde der Bedarf identifiziert, die Ein- und Ausschlusskriterien an bestimmten Stellen zu präzisieren. Nach dem zweiten Screening wurden die Anzahl der Referenzen, die als Zweifelsfall (doubt) eingestuft waren, weiter reduziert, indem die folgenden Sachverhalte als Ausschlusskriterium behandelt wurden:

- ▶ Referenzen, die sich mit Kosten-Wirksamkeits-Analyse (cost-effectiveness) beschäftigten, beispielsweise bei der Bewertung von Arzneimitteln oder Medizintechnik
- ▶ Studien, die sich auf das Gesundheitssystem (bzw. dessen Kosten) spezifischer Länder bezogen, das mit dem in Deutschland nicht vergleichbar ist
- ▶ Krankheiten, die als nicht bzw. kaum relevant für Deutschland betrachtet werden können (z. B. Malaria)
- ▶ Bewertungen in Bezug auf Maßnahmen zur Krankheitsprävention, Vorsorgeuntersuchungen oder Impfungen

An dieser Stelle zeigte sich, dass der Begriff „Cost of Illness“ bei der Verwendung in Studien zu präzisieren ist. Im weiteren Sinne umfasst der Begriff „Cost of Illness“ direkte, indirekte und intangible (nichtmonetäre) Komponenten. Direkte Kosten werden in health care costs und non-health care costs unterschieden – für einen Überblick siehe etwa (Jo, 2014).

Viele Studien beschränken sich allerdings auf die direkten Kostenkomponenten, insbesondere die health care costs. Solche Studien wurden in diesem zweiten Screening-Schritt grundsätzlich dann ausgeschlossen, wenn sie sich nicht auf Deutschland beziehen. Eine Begründung dafür ist, dass diese Kosten sehr spezifisch für das jeweilige Gesundheitssystem (etwa das System der Krankenversicherungen) sind und aus diesem Grund nicht auf Deutschland übertragbar sind.

Falls gemäß der Information in Titel und Abstract dagegen auch indirekte Effekte und nicht-monetäre (intangible) Bestandteile enthalten sind, interessierten – insbesondere aus Gründen der Methodik – auch Studien aus anderen Ländern, innerhalb und außerhalb der EU, sofern es sich um Länder mit ähnlicher Wirtschaftsstärke handelt.

Die daraufhin noch verbliebenen Zweifelsfälle sowie an dieser Stelle auch die Referenzen, bei denen sich unterschiedliche Einschätzungen, d. h. Konflikte, zwischen den beiden Reviewern ergaben, wurden anschließend in einem dritten Schritt aus- oder eingeschlossen nach den folgenden, weiter präzisierten Kriterien:

- ▶ Kosten-Wirksamkeits-Analyse ist nicht relevant (neue Arzneimittel oder Behandlungsmethoden/Impfung/Vorsorgeuntersuchung/Prävention)
- ▶ Ökonomische Analyse ist nicht relevant (neue Arzneimittel oder Behandlungsmethoden/Impfung/Vorsorgeuntersuchung/Prävention)
- ▶ Ökonomische Auswirkungen werden erwähnt, aber die Studie beschäftigt sich nicht mit monetär bewerteten Auswirkungen
- ▶ Keine tatsächliche monetäre Bewertung der Krankheit

- ▶ Fokus liegt auf dem Testen neuer Medikamente oder Behandlungen und nicht auf den Auswirkungen einer Krankheit
- ▶ Monetäre Bewertung beschränkt sich auf die Kosten von Arzneimitteln
- ▶ Es handelt sich nicht um eine detaillierte ökonomische Analyse, sondern nur um eine grobe Abschätzung auf makroökonomischer Ebene (z. B. Gesundheitskosten als Prozentsatz des Bruttoinlandsprodukts (BIP))
- ▶ Es werden zwar monetäre Werte erzeugt, aber die Methodik ist unklar. Der Fokus der Studie ist auf die Krankenhausstruktur gerichtet, nicht auf die konkreten Auswirkungen der Krankheit.
- ▶ Der Rahmen der Studie ist aufgrund der bereits erläuterten Aspekte wie Gesundheitssystem oder konkreter Krankheitstyp nicht für Deutschland relevant.

Der Ausschluss erfolgte nur in weitgehend klaren bzw. offensichtlichen Fällen, d. h. nur dann, wenn das Ausschlusskriterium bereits aufgrund der Informationen in Titel und Abstract, ohne weitere Volltextanalyse, als erfüllt anzusehen war.

Nach diesem Schritt blieben von den ursprünglichen Zweifelsfällen (doubt/doubt) noch 30 Quellen zum Einschluss übrig, bei den Konfliktfällen 70 (davon 52 Fälle Yes/Doubt und 18 Fälle Yes/No). In diesen Zahlen sind auch die Fälle aus der späteren Update-Phase enthalten, bei der aufgrund der bereits gewonnenen Erfahrung zum Umgang mit den Ein- und Ausschlusskriterien die Klärung dieser Fälle in einem einzelnen Schritt vollzogen werden konnte.

Die insgesamt 639 Fälle der dritten Konflikt-Kategorie (No/Doubt), bei der keiner der Reviewer eine positive Beurteilung getroffen hatte, wurden nach einer stichprobenartigen Sichtung der Titel ausgesondert und nicht nochmals untersucht.

Vor dem Hintergrund der Präzisierung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden nach den gleichen Kriterien auch die ursprünglichen 1.109 Yes/Yes-Fälle nochmals einer engeren Durchsicht unterzogen. Dabei wurden von diesen ebenfalls 568 Quellen (51 %) im zweiten Schritt ausselektiert.

Somit blieben für die anschließende Volltextsuche am Ende (einschließlich der Update-Phase) 641 Quellen übrig.

Die Suchergebnisse von LIVIVO lieferten eine vergleichsweise geringe Anzahl an zudem sehr heterogenen Treffern. Daher wurden diese einzeln einer semantischen Begutachtung hinsichtlich ihrer Relevanz unterzogen. Dabei zeigten sich zum einen eine große Anzahl von Mehrfachtreffern derselben Quelle (Duplikate) innerhalb von LIVIVO sowie eine kleinere Anzahl an Duplikaten gegenüber der Suche in PubMed, Wiley Online Library oder PharmacoEconomics. Gleichzeitig wurden die Suchergebnisse analog der oben beschriebenen präzisierten Einschluss- und Ausschlusskriterien und für jede Suchvariante mit mehr als 0 Treffern zunächst in Form von „Merklisten“ erstellt, die LIVIVO als Ausgabeformat in hypertext markup language (HTML) ermöglicht. Die Treffer aus dieser ersten Merkliste wurden dann analog zu den oben beschriebenen formalen und inhaltlichen Kriterien weiter reduziert. Durch diesen Prozess wurden von den ursprünglich 220 Treffern 191 ausgesondert, so dass 29 zusätzlich durch LIVIVO identifizierte Funde für eine Volltextrecherche berücksichtigt wurden.

Eine mögliche ergänzende Recherche der Datenbanken des Deutschen Instituts für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) – Deutsche Agentur für Health and Technology Assessment (DAHTA) sowie Arzneimittel-Informationssystem (AMIS) (öffentlicher Teil) – wurde ebenfalls geprüft. Diese erwies sich nach Sichtung der Treffer als unbrauchbar bzw. nicht zielführend. Der Schwerpunkt der Arbeit des DIMDI ist auf den Wirkungen von Medizinprodukten, d. h. einer Fragestellung, die in

den präzisierten Kriterien des Screenings bei der englischsprachigen Literaturanalyse generell zu einem Ausschluss führten.

Neben der beschriebenen Literaturrecherche wurde ergänzend auch gezielt nach Literatur nationaler sowie internationaler Institute und Organisationen recherchiert, die sich in ihren Veröffentlichungen mit Methoden zur monetären Bewertung von Krankheitslasten beschäftigt haben. Es war davon auszugehen, dass solche „graue“ Literatur zum Teil nicht bei Datenbanken wie PubMed gelistet ist und daher nicht über die systematische Recherche erfasst werden kann.

Insbesondere wurden die Webseiten internationaler Organisationen wie die WHO, OECD und U.S. EPA gezielt nach Informationen zu Methoden zur monetären Bewertung von Krankheitslasten durchsucht. Der Schwerpunkt lag dabei gezielt auf der Beschreibung zur Methodik bzw. deren Begründung und Herleitung. Diese Quellen wurden nach den folgenden Kriterien inhaltlich auf die jeweils verwendete Methodik, auf Einheiten für Mortalität und Morbidität sowie monetäre Werte untersucht und dabei auch festgehalten, inwieweit die verwendeten Konzepte mit denen anderer Organisationen konsistent sind.

Hierbei wurden 22 Quellen identifiziert, bei denen die Monetarisierung und deren Methodik im Fokus stand. Die Informationen zu den Quellen wurden in Form einer Excel-Tabelle mit den Informationen zu den beschriebenen Kriterien dokumentiert.

Einen bedeutenden Anteil an der relevanten grauen Literatur stellen maßgeblich Studien, insbesondere Forschungsarbeiten, im Auftrag der EU (Europäische Kommission, Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Europäische Umweltagentur (EEA)) dar. Aufgrund ihrer Bedeutung wird auf diese Studien gesondert eingegangen.

Die Notwendigkeit problemadäquater Konzepte zur monetären Bewertung von Gesundheitsrisiken war insbesondere Gegenstand der gesamten ExternE-Projektreihe<sup>1</sup> zu externen Kosten von Energie und Verkehr. Für die methodische Weiterentwicklung der Bewertung von Gesundheitsrisiken (1991 – 2009) waren zuletzt hauptsächlich die Projekte „New Energy Externalities Developments for Sustainability“ (NEEDS)<sup>2</sup> und „New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies“ (NewExt)<sup>3</sup> maßgeblich.

Zwei aktuelle Studienergebnisse auf EU-Ebene sind im Folgenden als konkrete Beispiele dargestellt. Sie sollen verdeutlichen, dass die methodisch fundierte Entscheidung für die Bewertung zukünftiger Gesundheitseffekte und -risiken nicht nur von akademischem Interesse ist, sondern hier ein wesentliches Element der Grundlage für politische Entscheidungen der EU bildet.

---

<sup>1</sup> Aktuellste Übersicht der relevanten Projekte: [http://www.externe.info/externe\\_d7/?q=node/56](http://www.externe.info/externe_d7/?q=node/56)

<sup>2</sup> <http://www.needs-project.org/>

<sup>3</sup> <http://www.ier.uni-stuttgart.de/forschung/projektwebsites/newext/>

### **„Study on valuing health endpoints related to chemicals exposure“ im Auftrag der ECHA**

Vor dem Hintergrund der laufenden Zulassungsverfahren von Chemikalien im Rahmen der REACH-Verordnung wurde erkannt, dass gerade für Krebsrisiken am Arbeitsplatz bisher keine spezifischen monetären Werte existieren. Daher wurde im Auftrag der ECHA die „ECHA Study on valuing health endpoints related to chemicals exposure“ in Auftrag gegeben. In diesem Rahmen wurde eine Contingent-Valuation-Studie durchgeführt (Alberini, et al., 2014), die Krebsrisiken durch Chemikalien zum Fokus hat, was auch im Befragungsdesign umgesetzt wurde. Alberini et al. (2014) leiten aus ihren Ergebnissen der Zahlungsbereitschaft einen durchschnittlichen VSL bezogen auf einen Todesfall durch Krebs in Höhe von 5 Mio. € (Basisjahr 2014) sowie einen Wert eines statistischen Krebsinzidenzfalls, der tödlich oder nicht tödlich verlaufen kann, von 396.000 € (2014) für die Verwendung auf EU-Ebene ab. Der Anteil der nicht-tödlichen Krebsfälle ist mit dem VSCC zu bewerten, im Fall von tödlichen Krebsrisiken sind VSL und VSCC zu addieren.

In einem kritischen Review dieser Studie von Alberini et. al (2014), bei dem die Modellannahmen überprüft und modifiziert wurden, schlägt ECHA (2016) vor, die folgenden korrigierten „values based on robustness check“ für die EU-28 zu verwenden: Value of a Statistical Life (VSL): 3.500.000 €; Value of a Statistical Case of Cancer (VSCC): 350.000 €; Value of Statistical Cancer Morbidity (VCM): 410.000 €. Der Unterschied zwischen VSCC und VCM besteht darin, dass der VSCC der marginale Wert einer Verringerung der Krebsinzidenzrate bei gleicher Wahrscheinlichkeit ist, die Krebserkrankung zu überleben, der VCM dagegen der marginale Wert einer Reduktion der Krebsinzidenzrate bei gleichbleibender unbedingter Sterberate. Von ECHA (2016) wird empfohlen, den VCM statt dem VSCC zu verwenden.

### **„Disease burdens and the risk of new pandemics“ (Global Megatrend 3) im Auftrag der EEA**

Eine Studie im Auftrag der EEA beschäftigte sich im Rahmen der Identifizierung und Bewertung globaler Megatrends und ihrer Auswirkungen auf Europa auch mit „Disease burdens and the risk of new pandemics“, was den dritten von insgesamt 11 Megatrends darstellt. Nach dem 2014 revidierten Bericht (Kuipers, et al., 2014) des „SEI-Milieu Consortium“ unter Leitung des Stockholm Environment Institute (SEI) und des belgischen Beratungsunternehmens Milieu Law & Policy Consulting erschien zuletzt im Februar 2017 ein Update. Die Studie von Kuipers et al. (2014, S. 30) beschäftigt sich hauptsächlich mit einer detaillierten quantitativen Erfassung von Krankheiten, ihrer globalen Verteilung sowie Änderungstendenzen. In der Abschätzung des economic burden of non-communicable diseases zitieren sie eine Abschätzung des World Economic Forum sowie andere frühere Quellen. Deren Kostenabschätzungen umfassen sowohl private Kosten (Abwesenheit von der Arbeit, Reisekosten für medizinische Behandlung und Verlust des Arbeitsplatzes oder Frühpensionierung aufgrund des schlechten Gesundheitszustandes) als auch gesamtwirtschaftliche Kosten durch verlorene Arbeitszeit und vorzeitigen Tod.

Eine Kernaussage des Berichts ist, dass die Krankheitslast durch nicht übertragbare Krankheiten, wie Diabetes und Schlaganfall seit dem Jahr 2000 die Krankheitslast durch übertragbare Krankheiten (Infektionskrankheiten) übersteigt und auch weltweit die größte Todesursache darstellt. Hauptgründe hierfür sind die wirtschaftliche Entwicklung und der Wandel der Lebensstile. Für die vier Hauptgruppen der nicht ansteckenden Krankheiten – kardiovaskuläre Erkrankungen, chronische Atemwegserkrankungen, Krebs und Diabetes – werden als Hauptrisikofaktoren Tabakkonsum, ungesunde Ernährung, mangelnde Bewegung und gesundheitsschädlicher Alkoholkonsum genannt.

## 3 Volltextrecherche und Bewertung der identifizierten Literatur

Als Ergebnis der vorangegangenen systematischen Literaturrecherche auf der Basis der Informationen aus Titel und Abstract (Kapitel 2) lagen – vor der Untersuchung der Volltexte – 670 Referenzen vor (641 aus der Suche in PubMed, Wiley Online Library und PharmacoEconomics Journal und 29 zusätzliche Artikel aus der Suche in LIVIVO). Trotz der hohen Anzahl dieser Treffer wurde vor der Analyse der Volltexte kein weiterer Ausschluss von Studien aufgrund zusätzlicher Kriterien vorgenommen.

### 3.1 Ziele der Volltextrecherche und Literaturbewertung

Die aus dem vorherigen Kapitel als relevant identifizierte Literatur wurde auf Basis des Volltextes nach einem vorher festgelegten Kriterienkatalog beurteilt. Die Beurteilung umfasst insbesondere die beiden Schwerpunkte „Wissenschaftliche Qualität“ sowie „Übertragbarkeit auf gegenwärtige Verhältnisse bzw. auf das Setting in Deutschland“.

Die wissenschaftliche Qualität umfasst dabei folgende Aspekte:

- ▶ Angewendete Methodik
- ▶ Qualität der Datensätze und Datenquellen
- ▶ Validität der Ergebnisse

Die zunächst abstrakt vorgegebenen Ziele wurden im Verlauf der Beurteilung weiter konkretisiert.

### 3.2 Vorgehen

Das Vorgehen unterteilte sich in zwei Hauptschritte, die Volltextrecherche der in Kapitel 2 identifizierten Literaturartikel sowie eine Analyse von Krankheitsrisiken bzw. Krankheiten, die insbesondere für Deutschland als relevant identifiziert wurden.

#### 3.2.1 Volltextrecherche der Literaturartikel

Auf der Basis der in Kapitel 2 erarbeiteten Literaturliste für die Volltextrecherche, die in einer Excel-Tabelle dokumentiert wurde, wurde die systematische Literaturrecherche weiter durchgeführt, indem nun für die 670 als relevant identifizierten Quellen die Volltexte der Artikel als Grundlage der weiteren Bewertung dienten.

Grundsätzlich unterschieden sich die Ein- und Ausschlusskriterien bei der Volltextrecherche nicht gegenüber der Vorauswahl durch Screening der Abstracts. Die Ausschlusskriterien wurden allerdings folgendermaßen weiter präzisiert:

Die Reviewer beziehen die Literatur grundsätzlich dann ein, wenn:

- a) der Umweltbezug der Krankheit(en) deutlich wird
- b) der Bezug zu Deutschland vorhanden ist bzw. eine Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf Deutschland gegeben ist, oder
- c) die Studie (auch wenn kein expliziter Umweltbezug vorliegt) im Hinblick auf die Bewertungsmethode für die Beantwortung der Fragestellung besonders relevant ist. Hierzu

wurde der Fokus auch daraufgelegt, gezielt neue ökonomische Methoden aus den Studien zu identifizieren.

Die konkrete Vorgehensweise zur Einschätzung der Krankheiten hinsichtlich des Umweltbezugs ist im folgenden Kapitel 3.3.2 beschrieben.

### **3.2.2 Beurteilung von Krankheitsrisiken auf ihre Relevanz für Deutschland**

Parallel zur Volltextrecherche wurde eine Auflistung relevanter Krankheitsrisiken erarbeitet. Dieser Prozess erfolgte in mehreren iterativen Schritten, die im Detail in Kapitel 3.3.2 beschrieben werden. Diese Auflistung basiert auf der Kombination einschlägiger Quellen auf weltweiter Basis (Daten des IHME (2016) sowie die Global Burden of Disease-Studie der WHO <sup>4</sup>) sowie aus Deutschland (Indikatorensetz für die Gesundheitsberichterstattung der Länder, Umweltbundesamt, GENiUS-Projekt, Robert Koch-Institut). Die Informationen aus diesen Quellen zu den Krankheitsrisiken wurden zusammengeführt; hierbei wurde einerseits der Umweltbezug dieser Risiken, andererseits ihre Übertragbarkeit auf Deutschland eingeschätzt. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Deutschland ist nach folgenden Kategorien bzw. Arbeitsschritten zu bewerten:

- ▶ Welche Gesundheitsendpunkte spielen für die gegenwärtige Situation in Deutschland eine Rolle, bzw. sollen aufgrund ihres Umweltbezugs (also des Bezugs zu relevanten Umweltrisikofaktoren) untersucht werden?
- ▶ Inwiefern finden sich diese Gesundheitsendpunkte (unter anderem) in der vorgefundenen Literatur wieder?

## **3.3 Schritte der Durchführung von Volltextrecherche und Bewertung**

### **3.3.1 Schritte der Volltextrecherche**

Die folgende Liste zeigt die Spaltengliederung der Tabelle auf, die für das Volltext-Screening verwendet wurde. Diese Gliederung baute auf einer Systematik auf, die bereits zu Beginn der Studie entworfen und nach Bedarf erweitert wurde. Diese Systematik ist in die folgenden übergeordneten Bereiche aufgegliedert. Die einzelnen Spalteninhalte, die diesen Bereichen zugeordnet sind, sind – in der Reihenfolge der Tabelle, die auch der Bearbeitung entspricht – in Tabelle 67 im Annex A aufgelistet.

1. Identifikationsinformation
2. Information bezüglich Bearbeitung
3. Ausschluss (Pre-Screening)
- 4(a). Zusammenfassung
- 4(b). Zusammenfassung nur für Metastudien/Reviews
5. Studiendetails

---

<sup>4</sup> Eine aktuelle Gesamtübersicht über den Stand der Arbeiten im Global Burden of Disease (GBD) project findet sich auf der Webseite [https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/about/en/](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/about/en/).

6. Bewertung
7. Allgemeine Qualitätskriterien
8. Gesamtfazit
9. Ranking nach Relevanz (optional, auf einer Skala von 1 bis 5<sup>5</sup>)

Bei der Bewertung der Studien wurde als Orientierung eine Reihe von bestehenden Kriterienkatalogen zur Bewertung der Qualität bestimmter Studien herangezogen. Diese beziehen sich meist auf einen spezifischen Kontext aus der Gesundheitsökonomie oder Epidemiologie. Sie enthalten zum Teil allgemeine Qualitätskriterien, zum Teil auch spezielle Aspekte, die nicht oder nur begrenzt auf den Kontext dieses Forschungsvorhabens übertragbar sind. Es handelt sich hierbei um die folgenden Kriterienkataloge, die untersucht wurden, inwiefern sie für die Bewertung der Qualität der vorliegenden Studien hilfreich sein können:

- ▶ „STROBE“ statement: Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (von Elm et al., 2008)
- ▶ ISPOR Task Force Report: Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (CHEERS) –Explanation and Elaboration: A Report of the ISPOR Health Economic Evaluation Publication Guidelines Good Reporting Practices (Husereau et al., 2013)
- ▶ Critical Appraisal Checklist for Economic Evaluations. Study Design: Any research design incorporating an economic evaluation. Adapted from: Critical Appraisal Skills Programme (CASP), Public Health Resource Unit, Institute of Health Science, Oxford. Drummond et al.: Methods for the economic evaluation of health care programmes. 2<sup>nd</sup> Edition. Oxford: Oxford Medical Publications, 1997. Dept. Of General Practice, University of Glasgow (University of Glasgow, Dept. of General Practice, 1997)
- ▶ Formulary Management: Examining the Value and Quality of Health Economic Analyses: Implications of Utilizing the QHES (Ofman et al., 2003)
- ▶ Health economics checklist (for BMJ). Aufgesucht über die BMJ-Webseite <http://resources.bmj.com/bmj/authors/checklists-forms/health-economics> am 10. Juni 2011.
- ▶ The Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews: Checklist for Economic Evaluations (Joanna Briggs Institute, 2016)

Hierbei konnte vor allem die neueste dieser Quellen: „Checklist for Economic Evaluations“ des Joanna Briggs Institute von 2016 (Joanna Briggs Institute 2016), die anhand von 11 spezifischen Fragen eine Bewertung der Qualitätserfüllung (Quality Compliance) für ökonomische Analysen im Gesundheitswesen definiert, wenn auch mit Einschränkungen hinsichtlich der Übertragbarkeit auf das vorliegende Forschungsvorhaben, als Orientierungshilfe für den Qualitätskriterienkatalog dienen. Aspekte dieser sowie der weiteren genannten „Checklisten“, die zur Beurteilung der Qualität der Studien zu berücksichtigen waren, sind Tabelle 67 (in Annex A) somit implizit enthalten.

---

<sup>5</sup> Diese Skala stellt eine informelle Zusatzinformation innerhalb des Projekts dar, um solche Studien zu identifizieren und zu kennzeichnen, auf die in der folgenden Bewertung ökonomischer Methoden und Anwendung auf den deutschen Kontext eine besondere Beachtung gelegt werden soll. Sie dient somit der schnelleren Auffindbarkeit dieser Quellen für die weitere Arbeit.

Die Kategorien in den übergeordneten Bereichen 1 bis 3 der Systematik – Identifikationsinformation, Information bezüglich Bearbeitung sowie Ausschluss (Pre-Screening) – wurden bei der Qualitätsbewertung in jedem Fall geprüft und das Ergebnis der Prüfung dokumentiert. Dies gilt insbesondere für die Begründung, weshalb eine Studie für die weitere Bearbeitung ausgeschlossen wurde. Diese Information wurde für jede ausgeschlossene Literaturquelle dokumentiert. Somit konnte auch auf diese ausgeschlossenen Studien zu einem späteren Zeitpunkt wieder zurückgegriffen werden, wenn aufgrund neuer Fragestellungen während des Projekts noch einmal auf sie zurückgegriffen werden sollte.

Anders als im Abstract-Screening wurde hier aufgrund des hohen zeitlichen Aufwands darauf verzichtet, grundsätzlich jeden Artikel von jeweils zwei Reviewern zu untersuchen. Allerdings erfolgte ein regelmäßiger Informationsaustausch zwischen den Bearbeitern, so dass eine einheitliche Vorgehensweise und Dokumentation gewährleistet wurde. Dies galt insbesondere für die Behandlung von Zweifelsfällen bzw. die Interpretation und weitere Präzisierung von Entscheidungskriterien.

### 3.3.2 Schritte der Beurteilung von Krankheitsrisiken auf ihre Relevanz für Deutschland

#### 3.3.2.1 Rangordnung des IHME von Gesundheitsrisiken für Deutschland

Als erster Ausgangspunkt diente eine Quelle auf Basis des 2016 veröffentlichten GBD-Berichts des IHME (2016). In dieser Studie werden die insgesamt 79 identifizierten Risikofaktoren in die drei Hauptkategorien Umwelt- und Arbeitsplatzrisiken, verhaltensbedingte Risiken und metabolische (Stoffwechsel-) Risiken unterteilt. Betrachtet man nur die Kategorie der Umwelt- und Arbeitsplatzrisiken, so lässt sich basierend auf den Daten bestimmter Länder, in diesem Fall für Deutschland, eine Rangordnung hinsichtlich ihrer Relevanz erzeugen. So erhält man in diesem Fall eine Rangliste von 24 Gesundheitsrisiken, für die in Deutschland die höchste Krankheitslast anhand der DALYs ermittelt worden ist. Sie beziehen sich auf DALY-Abschätzungen auf Basis des Updates von Daten zur globalen Krankheitslast mit Berichtsjahr 2015 für die Gesamtbevölkerung in Deutschland (männlich und weiblich). Diese Informationen zur Krankheitslast wurden unter anderem aus Daten der Global Health Data Exchange (GHDx)–Datenbank und einem Katalog weltweiter Daten zur Gesundheit und Demographie generiert.

**Tabelle 6: Rangordnung der umwelt- und arbeitsplatzbedingten Gesundheitsrisiken für Deutschland im Jahr 2015 (basierend auf den Anteilen attributabler DALYs aller Altersstufen beider Geschlechter ohne Altersstandardisierung )**

Rang	Risiko
1	Feinstaubbelastung in der Außenluft (particulate matter)
2	Ergonomische Faktoren am Arbeitsplatz
3	Asbestexposition am Arbeitsplatz
4	Verletzungen am Arbeitsplatz
5	Lärmbelastung am Arbeitsplatz
6	Bleiexposition
7	Radon in der Innenraumluft
8	Kein Zugang zu Handwaschgelegenheiten
9	Feinstaub, Gase und Rauch am Arbeitsplatz
10	Ozonbelastung in der Außenluft

Rang	Risiko
11	Asthma auslösende Substanzen am Arbeitsplatz
12	Arbeitsplatzexposition durch Dieselmotorabgase
13	Arbeitsplatzexposition durch Passivrauch
14	Arbeitsplatzexposition durch Quarz
15	Arbeitsplatzexposition durch Nickel
16	Arbeitsplatzexposition durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
17	Arbeitsplatzexposition durch Benzol
18	Arbeitsplatzexposition durch Arsen
19	Arbeitsplatzexposition durch Schwefelsäure
20	Arbeitsplatzexposition durch Chrom
21	Arbeitsplatzexposition durch Cadmium
22	Arbeitsplatzexposition durch Formaldehyd
23	Arbeitsplatzexposition durch Beryllium
24	Arbeitsplatzexposition durch Trichlorethylen

Quelle: IHME (2016), GBD-2015; Rangfolge auf Basis von absoluten DALYs für Deutschland mit Bezug zu klassischen Umweltrisikofaktoren sowie zu Risiken, die in der IHME-Studie primär dem Arbeitsplatz zugeordnet wurden.

<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

Verwendete Settings-Parameter, mit denen die Rangliste erzeugt wurde: Rank: Risk; Cause: All causes; Category: Environmental/occupational risks, level 4, DALYs, Germany, all ages, both sexes. Units: Rate, observed values, 2015

### 3.3.2.2 Anpassung der Gesundheitsrisiken hinsichtlich ihrer Relevanz für die vorliegende Studie

Wenngleich diese Rangordnung von Gesundheitsrisiken für Deutschland als eine erste Ausgangsbasis brauchbar ist, war sie für den Zweck dieser Untersuchung zu modifizieren und zu erweitern. Dies betraf zunächst die folgenden Aspekte:

- ▶ Ergonomische Faktoren am Arbeitsplatz (Nr. 2), Verletzungen durch Arbeitsunfälle (Nr. 4) und fehlende Handwaschgelegenheit (Nr. 8) wurden für die betrachtete Studie als nicht relevant ausgeschlossen
- ▶ Relevant sind Umweltbelastungen für die Allgemeinbevölkerung, d. h. die nicht ausschließlich am Arbeitsplatz auftreten, auch wenn sie in der obigen Auflistung (im englischen Originaltext) als „occupational exposure“ ausgewiesen sind. Dies trifft hier auf die Kategorien „exposure to asbestos, noise, diesel, particulate matter, asthmagens and second-hand tobacco smoke, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), nickel, benzene, arsenic, chromium, cadmium und formaldehyde“ zu.
- ▶ Passivrauch (secondhand tobacco smoke) wird von anderen aktiv rauchenden Menschen erzeugt und daher im Gegensatz zum aktiven Rauchen nicht als verhaltensbedingter, sondern als Umweltrisikofaktor betrachtet.

- ▶ Die Kategorie „Diesel exhaust“ wurde insbesondere in der Studie von Benbrahim-Tallaa et al. (2012) auf ihre Karzinogenität für den Menschen untersucht, und welche Einzelbestandteile hierbei von besonderer Bedeutung sind.
- ▶ Für Quarz, Beryllium, Schwefelsäure und Trichlorethylen wurde die Relevanz für Deutschland (außerhalb des Arbeitsplatzes) noch einmal geprüft. Da diese Risiken praktisch nur am Arbeitsplatz eine Rolle spielen (und in den im Folgenden untersuchten weiteren Quellen meist nicht Gegenstand der Untersuchung waren), wurden sie aus der Liste entfernt.
- ▶ Schimmel und Quecksilber wurden als relevante Risikofaktoren ergänzt.
- ▶ Eine Kurzzusammenfassung der relevanten Risikofaktoren und der mit diesen in Zusammenhang stehenden Gesundheitsendpunkte wurde durch neue Erkenntnisse aus der GBD-Studie sowie weiteren Quellen ergänzt und aktualisiert.
- ▶ Weitere wichtige Stoffe für Deutschland, die noch nicht in dieser Liste enthalten waren, wurden ergänzt, bis schließlich eine Liste auf finalem Stand vorlag. Hierzu wurden weitere geeignete Quellen geprüft.

### 3.3.2.3 Ergänzung der Gesundheitsrisiken durch weitere Quellen

Die folgenden weiteren Quellen wurden herangezogen und auf Krankheitsrisiken und zugehörige Risikofaktoren untersucht, um die vorläufige Liste zu relevanten Krankheitsrisiken und Krankheiten zu aktualisieren und mit Informationen zu ergänzen, welche Gesundheitsendpunkte von den Quellen durch Expositions-Wirkungs-Beziehungen als belastbar oder allgemein bekannt gelten. Dies dient dem Ziel, die Umweltbelastung der Allgemeinbevölkerung zu erfassen:

- ▶ Indikatorensatz für die Gesundheitsberichterstattung der Länder“, AOLG (Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden, 2013)
- ▶ „Schwerpunkte 2017“ (UBA, 2017b)
- ▶ „Gesundheit in Deutschland“ (Robert Koch-Institut (RKI), 2015)
- ▶ „Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umweltschutz“ (GeniUS) (Hornberg et al., 2016)

Der Bericht „Gesundheit in Deutschland“ des RKI zeigt in Kapitel 3.6 (S. 185) „Wohnen und Umwelt“ eine Reihe von Belastungen auf, die entsprechend in Indikatoren übersetzt und in die überarbeitete Liste integriert wurden.<sup>6</sup> Auch der Bericht „Schwerpunkte 2017“ des UBA nennt eine Reihe von Belastungen, die besonders im Jahr 2017 von Bedeutung waren.<sup>7</sup> Auch diese Belastungen wurden in Indikatoren übersetzt und in die Liste aufgenommen. Der „Indikatorensatz der Länder“ der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden von 2003 wurde in die Liste übernommen.<sup>8</sup>

<sup>6</sup>

[http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/GesInDtld\\_node.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/GesInDtld_node.html)

<sup>7</sup>

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/schwerpunkte\\_2017\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/schwerpunkte_2017_web.pdf)

<sup>8</sup> [http://www.gbe-bund.de/pdf/Indikatorensatz\\_der\\_Laender\\_2003.pdf](http://www.gbe-bund.de/pdf/Indikatorensatz_der_Laender_2003.pdf)

Im GENiUS-Vorhaben wurde eine Informationsdatenbank erstellt, in der aktuelle relevante nationale und internationale wissenschaftliche Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten (EBD) und Krankheitskosten hinterlegt sind. Das Ziel bestand darin, Argumentationshilfen für umweltpolitische Maßnahmen bereitzustellen. Enthalten ist auf Seite 33-35 des Abschlussberichts eine Auflistung von Indikatoren, die jeweils nach biologischer, chemischer und physikalischer Herkunft eingeteilt wurden. Diese Liste des GENiUS-Projektes wurde mit den aus den anderen drei Quellen stammenden Indikatoren verglichen und die Projektliste um fehlende Indikatoren ergänzt. Dabei wurde auch die systematische Einteilung der Indikatoren je nach Herkunft (biologisch, physikalisch, chemisch) übernommen. Die chemischen Indikatoren wurden zusätzlich nach weiteren Parametern in Klassen eingeteilt, z. B. Gase, Metalle usw.

In Tabelle 68 in Annex B ist der endgültige Stand der Liste zu relevanten Krankheitsrisiken und Krankheiten aufgezeigt, in dieser Tabelle ist unter „Bestätigt durch“ die jeweilige Instanz genannt, die den Risikofaktor als relevant im Sinne von Krankheitsrisiken charakterisiert hat. Zusätzlich sind auch die Gesundheitsfolgen aufgelistet, wobei hier auf die jeweiligen von der WHO bereitgestellten Dossiers zurückgegriffen wurde. In der letzten Spalte von Tabelle 68 sind die jeweils zugrunde gelegten WHO-Dossiers, auf die die WHO-Bezüge verweisen, sowie die weiteren dort angeführten Quellen im Detail ergänzt.

Tabelle 68 diente im Weiteren als Orientierung bzw. Bezug für das weitere Literaturscreening und entsprechend als einheitliche Entscheidungsgrundlage für alle Reviewer zur Beurteilung der Umweltrelevanz.

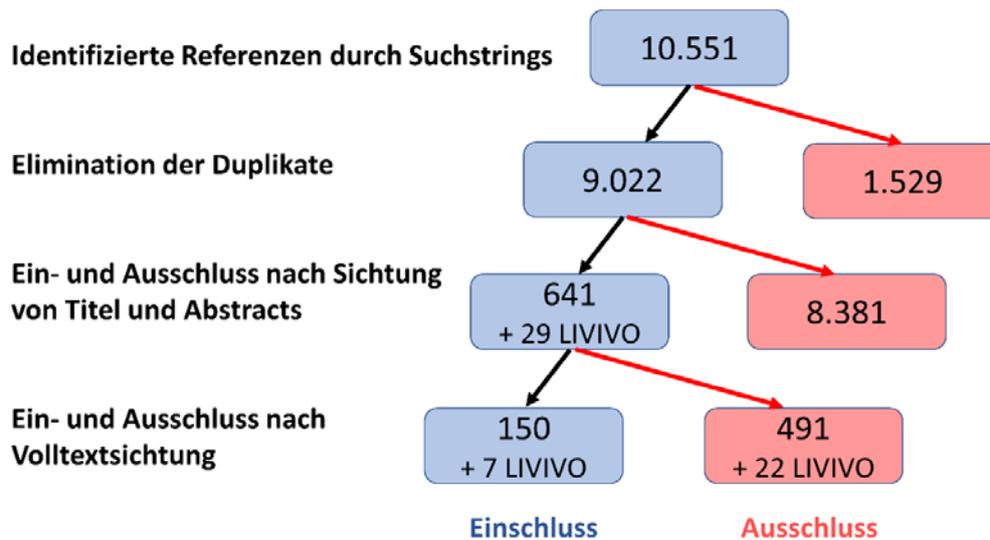
### **3.4 Output der Volltextrecherche und Literaturbewertung**

Im Folgenden ist der abschließende Stand der Literatursauswertung mit Ein- und Ausschluss der Quellen dargestellt.

#### **3.4.1 Allgemeine Statistik zur Übersicht über die Volltextrecherche**

Aus den 641 Quellen, die nach vorheriger Durchsicht der Titel und Abstracts in der Volltextrecherche untersucht wurden, konnten 150 als relevant eingestuft werden. Dies geschah anhand der vorher festgelegten und, wie in Kapitel 3.2.1 dargestellt, präzisierten Kriterien. Auf die gleiche Weise wurden auch die 29 Studien, die aus der LIVIVO-Recherche für die Volltextrecherche vorgesehen wurden, beurteilt. Aus dieser LIVIVO-Recherche wurden letztlich von diesen 29 Studien sieben eingeschlossen. Die gesamte Statistik zum Umfang der Auswertung und des Ein- und Ausschlusses der Studien zeigt Abbildung 3.

Abbildung 3: Statistik der Phasen der Literatursuche und Analyse nach Ein- und Ausschluss



Bei Durchsicht der Volltexte wurde festgestellt, dass auch bei der PubMed, der Wiley Online Library und dem Pharmacoeconomics Journal eine Reihe von Artikeln in deutscher Sprache vorgefunden wurde. Dies ist daher erklärbar, dass diese auch einen Abstract in englischer Sprache enthielten und dadurch von den Suchstrings nach englischsprachigen Begriffen in Tabelle 63 erfasst wurden. Diese Artikel wurden auch größtenteils als relevant eingestuft, da sie sich in der Regel auch vom Analyserahmen und der Grundpopulation gezielt auf Deutschland beziehen. Deutschsprachige Studien, die sich auf Österreich oder die Schweiz beziehen, wurden bei dieser Suche nicht identifiziert. Lediglich die ergänzende LIVIVO-Recherche lieferte eine Quelle, die sich auf die Schweiz bezog (Abschätzung externer Kosten von Krebserkrankungen durch kanzerogene Luftschadstoffe), sowie eine Quelle, in der eine Quantifizierung der gesundheitlichen Folgen der verkehrsbedingten Luftverschmutzung in Frankreich, Österreich und der Schweiz durchgeführt wurde. Eine weitere relevante empirische Studie zu Contingent Valuation wurde in Österreich durchgeführt, allerdings in englischer Sprache veröffentlicht (Leiter, 2008).

Zur LIVIVO-Suche lässt sich generell feststellen, dass die Anzahl der hieraus resultierenden letztlich als relevant eingeschätzten Quellen mit sieben Treffern recht gering ausfiel. Von diesen waren zwei in deutscher Sprache, in beiden Fällen handelte es sich um Dissertationen. Neben der erwähnten Untersuchung zu externen Kosten durch Krebserkrankungen in der Schweiz (Yetergil, 1998) fand sich ein grundlegendes Werk zum VSL (Fehling, 2009), das, obwohl die Arbeit zehn Jahre zurückliegt, mit seinem vollständigen Überblick, seinen Erkenntnissen und Schlussfolgerungen die Quelle mit der insgesamt höchsten Relevanz in Bezug auf die methodischen Grundlagen darstellt.

Ebenso wurden zwei Artikel in spanischer Sprache sowie einer in chinesischer Sprache (jeweils mit englischem Abstract) vorgefunden. Diese wurden jedoch auch aus inhaltlichen Gründen als irrelevant ausgeschlossen.

### 3.4.2 Relevanz-Ranking: Ausgewählte Studien

Die Rubrik „Ranking for relevance“ (Punkt 9 in der Systematik des Volltextscreenings) entspricht der letzten Spalte in der Excel-Dokumentation zu einzelnen Artikeln. Einträge in dieser Spalte zeigen diejenigen Artikel auf, die für die Arbeiten der folgenden Kapitel als wichtig erachtet wurden. Für diese wurde am Ende der Volltextbearbeitung gemäß der Gesamtbeurteilung ein Wert auf einer ordinalen Bewertungsskala mit fünf Abstufungen vergeben. Dabei steht der Wert 5 für die höchste Relevanz für die Fragestellung dieser Arbeit; dieser Wert wurde jedoch nicht vergeben. Die Artikel mit einer Bewertung von 4, 3 und 2 sind mit einer Kurzbeschreibung ihrer wesentlichen Inhalte bzw. ihrer Bedeutung für die Studie in Tabelle 69 in Annex B kommentiert. Darüber hinaus wurden 26 weitere Studien einer Bewertung von 1 hinsichtlich der Relevanz versehen.

Zunächst fällt auf, dass gerade in den in Tabelle 69 dargestellten Studien überwiegend der COI-Ansatz und nicht der WTP-Ansatz gewählt wird. Das lässt sich plausibel darin begründen, dass

- ▶ bedingt durch den sehr hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand von Kontingenten-Bewertungsstudien im Vergleich zu COI-Studien, welche häufig hauptsächlich bereits vorhandene und zu anderen Zwecken erhobene Daten auswerten, z. B. von einer einzelnen Klinik oder von Krankenversicherungen, im betrachteten Zeitraum tatsächlich nicht mehr WTP-Studien existieren. Auch bei den durchgeführten Kontingenten-Bewertungsstudien im Rahmen der bereits in Kapitel 2.3.3 erwähnten EU-Forschungsprojekte NewExt und NEEDS hat das Budget für die Befragung (einschließlich von Unteraufträgen an Meinungsforschungsinstitute) einen ganz erheblichen Teil des Gesamtbudgets des jeweiligen Forschungsprojekts betragen.
- ▶ einige der zunächst wegen der gewählten Suchbegriffe vorgefundenen WTP-Studien aufgrund der angewandten Ausschlusskriterien während der unterschiedlichen Phasen des Screening-Prozesses ausgeschlossen wurden (bspw., weil sie sich auf Medikamente oder Behandlungsmethoden beziehen). Allerdings zeigt sich gerade im Jahr 2017, dem jüngsten Jahr der Analyse, dass auch eine Reihe von Veröffentlichungen vorhanden ist, die eigene Designs für Zahlungsbereitschaftsstudien entwickelt und Befragungen durchgeführt haben, auch in Ländern wie Griechenland, der Türkei und dem Iran, in denen bisher keine empirischen Ergebnisse dieser Art bekannt waren.

### 3.4.3 Allgemeine Schlussfolgerungen aus der Volltextrecherche

Bei aller Heterogenität der gefundenen Fragestellungen und Ergebnisse können einige allgemeine Schlussfolgerungen aus der Literaturanalyse festgehalten werden:

- ▶ Bei vielen Artikeln aus wissenschaftlichen Zeitschriften ist der Fokus klar auf ein bestimmtes Krankheitsbild oder eine abgegrenzte Gruppe von Erkrankungen gerichtet. Dessen bzw. deren direkte und oft auch indirekte Kosten werden (in einem meist zeitlich und räumlich klar festgelegten, abgegrenzten Rahmen) bewertet. Zur Methodik finden sich jedoch nur relativ selten neue, innovative Ansätze, da die Methodik nicht im Zentrum des Beitrags stand oder aber in erster Linie durch die vorliegende auswertbare Datenlage beschränkt war, d. h. es wurden Daten untersucht, die bereits zu anderen Zwecken erhoben worden waren, etwa von Krankenversicherungen.
- ▶ Bei Reviews finden sich durchaus auch Bezüge auf andere Studien, die zum Teil auch separat vorgefunden wurden. Weiterhin beziehen sich, wie erwartet, viele Studien auf allgemein akzeptierte Berechnungsansätze und Kostensätze der WHO. Es kann aber nicht festgestellt

werden, dass es darüber hinaus ganz bestimmte wegweisende Einzelstudien gibt, die immer wieder erwähnt werden.

- ▶ Für die Umweltrelevanz bestimmter Erkrankungen diene ein Abgleich über die Textsuchfunktion in einer Excel-Datei, die nach den in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Schritten erarbeitet wurde und deren endgültiger Stand in Tabelle 68 wiedergegeben ist. Somit konnte im Fall eines bestimmten Krankheitsbildes auf Basis dieser Tabelle festgestellt werden, ob dieses bei bestimmten Umweltrisikofaktoren als relevanter Gesundheitsendpunkt vorkommt (wie etwa Diabetes mellitus oder Asthma) oder aber nicht (beispielsweise Parkinson oder Multiple Sklerose).
- ▶ Studien zu einer Erkrankung, für die keine hinreichende Evidenz bzgl. der Beeinflussung durch Umweltrisikofaktoren vorliegt, (d. h. in Tabelle 68 nicht aufzufinden ist), wurden nicht grundsätzlich ausgeschlossen (siehe auch einige der Beispiele in Tabelle 69). Wenn etwa der Bezug zu Deutschland vorhanden ist und/oder eine ökonomische Bewertungsmethodik nachvollziehbar beschrieben und angewandt wird, die auch für eine monetäre Bewertung weiterer Krankheiten verwendet werden kann, wurden Studien dieser Art als relevant festgehalten.
- ▶ Dies gilt insbesondere dann, wenn neue ökonomische Methoden in den Studien zu erkennen waren bzw. den Schwerpunkt des Beitrages darstellen.
- ▶ Ein weiterer Aspekt bei der Bewertung von empirischen Ergebnissen ist der Umfang und die Repräsentativität der erfassten Grundgesamtheit. Dies betrifft nicht nur epidemiologische Studien, sondern gerade auch Kostenabschätzungen. So findet sich hinsichtlich ihrer räumlichen Abgrenzung Daten aus Studien, deren Spannweite von einer einzelnen Klinik, einer Stadt, Region, eines Bundeslandes, der alten Bundesländer, von Gesamtdeutschland oder von mehreren Ländern bis zur gesamten EU reicht.
- ▶ WTP-Studien wurden (abgesehen von einigen neueren Veröffentlichungen aus dem Jahr 2017) vergleichsweise selten vorgefunden, oder sie haben einen als nicht relevant festgelegten Fokus. So wurde etwa festgelegt, dass Zahlungsbereitschaftsstudien, die sich lediglich auf Impfungen, Medikamente oder spezielle Behandlungsmethoden einer Krankheit beziehen, auszuschließen sind.

Es wurde allerdings festgestellt, dass gerade aus dem letzten Jahr der Analyse (2017) tendenziell im Vergleich zum Gesamtzeitraum der Analyse überproportional viele für die weitere Verarbeitung im Endbericht relevante Veröffentlichungen identifiziert wurden. Aus diesen ist erkennbar, dass der Forschungsgegenstand der monetären Bewertung von Krankheitslasten gerade in den letzten Jahren weltweit ein verstärktes Interesse erfahren hat. Dies betrifft die folgenden Aspekte:

- ▶ Es wird häufig ein expliziter Zusammenhang zu Risikofaktoren, insbesondere Luftschadstoffen, untersucht.
- ▶ Einige Studien zeigen, wenn auch exemplarisch anhand einer beschränkten fokussierten Datenmenge, eine praktikabel anwendbare Methodik zur Erfassung und Monetarisierung von Krankheitslasten, insbesondere in COI-Studien, auf und wenden diese empirisch an.
- ▶ Auch relevante Contingent-Valuation-Studien sind zuletzt stärker vertreten als im Durchschnitt der Vorjahre.

- ▶ Es findet sich zahlreiche neue empirische Ergebnisse zu Werteschwankungen des VSL sowie Determinanten und Einflussgrößen auf die monetäre Bewertung von Krankheitslasten, insbesondere Einkommen und Alter.

## 4 Kriterien und Vorgehensweise bei der Bewertung der ökonomischen Ansätze

Vor der Durchführung der Bewertung bedarf es Klarheit über zwei Schlüsselfragen:

- Was sind die Hauptziele bei der Nutzung ökonomischer Bewertungsmethoden in der Gesundheitsökonomie?
- Welche Eigenschaften sollen ökonomische Bewertungsmethoden haben, um zu zuverlässigen und fundierten Entscheidungen beizutragen?

In diesem Abschnitt werden Antworten auf diese Fragen gegeben. Im Anschluss wird der in dieser Studie angewandte Bewertungsansatz beschrieben.

Die in dieser Studie betrachteten Methoden werden zur Bewertung der ökonomischen Kosten von Krankheit und Umweltrisiken zuzuschreibenden Todesfällen genutzt. Es werden diejenigen Kosten verwendet, die als Markttransaktionen mit tatsächlichen Preisen auch *beobachtet* werden können. Wo dies nicht möglich ist, werden die Kosten *geschätzt*. Unabhängig davon, ob ökonomische Ansätze zur präzisen Erfassung oder Schätzung von Kosten verwendet werden, gibt es einen gemeinsamen Satz von Kriterien, anhand derer die Ansätze bewertet werden können. Die in dieser Bewertung verwendeten Kriterien sind die Folgenden:

- **Qualität der Methode** – die Bewertungsmethode liefert als Ergebnis Zahlen, die der ökonomischen Theorie entsprechen, richtig sind (bzw. sich in der richtigen Größenordnung bewegen) und den relevanten Kostenkategorien korrekt zugeordnet werden.
- **Ethische und rechtliche Aspekte** – die Bewertungsmethode und die Verwendung der Ergebnisse entsprechen dem geltenden Recht, sind im Einklang mit allgemeinen ethischen Standards und sind gesellschaftlich akzeptiert.
- **Ressourcenbedarf** – der Ressourceneinsatz, der für die Durchführung der Bewertungsmethode hinsichtlich Kosten, Zeiteinsatz und Fachwissen nötig ist, steht in einem angemessenen Verhältnis zum Wert der gewonnenen Informationen.
- **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse** – die Bewertungsmethode liefert valide Ergebnisse, die u. a. für politische Entscheidungsprozesse nützlich sind.

Diese Kriterien sind als idealtypisch zu verstehen. Wie sich in der nachfolgenden Analyse zeigen wird, unterscheiden sich die ökonomischen Bewertungsmethoden in der Erfüllung der jeweiligen Kriterien voneinander.

Ausgehend von den oben genannten Kriterien wurde ein detailliertes Set von Unterkriterien für die Bewertung entwickelt. Sie wurden in vier Bereiche, die mit den oben genannten Kriterien korrespondieren, gruppiert: Qualität der Methode, ethische und rechtliche Aspekte, Ressourcenbedarf, Anschlussfähigkeit der Ergebnisse.

Die Schwerpunkte der Bewertung liegen auf den relativen Stärken und Schwächen der Ansätze. Obwohl alle Bewertungskriterien in Betracht gezogen sind, stehen das Kriterium der Verlässlichkeit sowie auch die ethischen Aspekte bei der Bewertung der ökonomischen Ansätze im Vordergrund. Diese Eigenschaften sind besonders relevant für die Evaluierung, da sie die Grundlage für die Entscheidung bilden, ob eine Methode von ausreichender Qualität ist und ihre Ergebnisse für politische Entscheidungen geeignet sind.

**Tabelle 7: Kriterien für die Bewertung der ökonomischen Ansätze**

Kriterien	Unterkriterien	Erläuterung
Qualität der Methode	Vollständigkeit	Kostenkategorie und -art; Mortalität/Morbidität; Bevölkerungsabdeckung; Abdeckung von Gesundheitsrisiken; Lücken
	Verlässlichkeit	Annahmen; Grad der Unsicherheit; Genauigkeit; Robustheit; Wiederholbarkeit; Verzerrung/Störgrößen; verankert in der ökonomischen Theorie
	Übertragbarkeit	Übertragbare Parameter/Ergebnisse; nutzbar für Metastudien und Politikgestaltung
	Transparenz	Kann die Methode transparent durchgeführt werden? Sind hierzu Schwierigkeiten bekannt?
	Anschlussfähigkeit an umweltbedingte Krankheitslasten	Methodische Kompatibilität zu umweltbedingten Krankheitslasten
Ethische und rechtliche Aspekte	Ethik	Ethische Bewertung; Verzerrungen hinsichtlich Gruppenzugehörigkeit, wie Schicht, Einkommen, Gender, ges. Position, Erwerbsstatus, etc.
	Recht	Kompatibilität/Vereinbarkeit mit der deutschen Gesetzeslage
Ressourcenbedarf	Datenlage	Datenverfügbarkeit (in Deutschland)
	Fachwissen	Komplexität; Welche Fachkenntnisse und welches Spezialwissen werden benötigt?
	Kosten	Kosten für eine Studiendurchführung in guter Qualität
Anschlussfähigkeit der Ergebnisse	Relevanz	Relevanz der Ergebnisse in gesellschaftlicher, institutioneller und fachlicher Hinsicht
	Verständlichkeit	Sind die Ergebnisse klar, verständlich und gut vermittelbar? Besteht die Gefahr für Fehlinterpretationen/Missverständnisse?
	Überzeugungskraft	Sind Ergebnisse aussagekräftig und überzeugend?
	Verbreitung	Ist die Methode vorherrschend oder gängig? Ist die Methode wissenschaftlich anerkannt? Nimmt die Anwendung zu? Hat sie Unterstützer im politischen Feld?

Quelle: Ecologic Institut

## 5 Einordnung und theoretische Grundlagen der ökonomischen Ansätze

Die Bewertungsmethoden in der Gesundheitsökonomie sind vielfältig und komplex. In der Literatur werden die verschiedenen Methoden unterschiedlich beschrieben. Einer der Schwerpunkte des Projektes war daher, die diversen, für den Umweltkontext potenziell relevanten Methoden zusammenzufassen, sie gegenüberzustellen und zu bewerten.

### 5.1 Einordnung der Ansätze

Es bedarf einer klaren Einordnung der verschiedenen Ansätze, um diese übersichtlich darzustellen und ihre logischen Zusammenhänge aufzuzeigen. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Begriffsdefinitionen und Erläuterungen;
2. Aufzeigen der Systematik, wie die zugrundeliegenden Konzepte verknüpft sind.

In Tabelle 8 werden die Ansätze genannt, die als potenziell anwendbar in der Monetarisierung der Gesundheitseffekte durch Umweltrisikofaktoren identifiziert wurden. Die Tabelle enthält eine kurze Beschreibung der jeweiligen Ansätze in Spalte zwei. In der dritten Spalte werden verwandte Begriffe aus der Fachliteratur aufgelistet. Die ersten vier Ansätze (COI, CPL, VSL und VOLY) wurden aufgrund ihrer häufigen Verwendung und ihres Auftretens in der Literatur ausgewählt.

**Tabelle 8: Gesundheitsökonomische Bewertungsverfahren**

Gesundheitsökonomische Bewertungsverfahren	Beschreibung	Verwandte Begriffe
COI	Abschätzung der Gesamtausgaben aufgrund von Krankheit und Tod für Posten, für die Marktpreise verfügbar sind (z. B. medizinische Ausgaben und Produktionsausfälle)	Wert einer vermiedenen statistischen Verletzung (WSV), Value of Prevented Injury
Produktionsausfall (CPL)	Abschätzung der gesellschaftlichen Kosten durch vorzeitige Mortalität, Fehlzeiten, Präsentismus und nicht bezahlter Arbeit	Valuation of Lost Productivity, Present Value of Lifetime Income – bei Mortalitätsfällen
WTP-basierte Monetarisierung der Morbiditätseffekte	Abschätzung der Morbiditätskosten mit Hilfe von Zahlungsbereitschaftsansätzen	
Wert eines statistischen Lebens (VSL)	Abschätzung des ökonomischen Wertes von Veränderungen der Sterbewahrscheinlichkeit	Value of a Prevented Fatality (VPF), Value of Mortality Risk Reduction
Wert eines statistischen Lebensjahres (VOLY)	Abschätzung des ökonomischen Wertes eines statistischen Lebensjahres	Value of a Life Year Lost (VLYL), Value of a Statistical Life Year (VSLY)

Quelle: Ecologic Institut

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der diversen ökonomischen Bewertungsmethoden. Die linke Spalte beinhaltet drei Möglichkeiten für die theoretischen Grundlagen: Marktpreise, Revealed Preferences und Stated Preferences. Darauf aufbauend zeigen die nächsten Spalten die ökonomischen Bewertungsmethoden samt ihrer unterschiedlichen Varianten. So wird beispielsweise der

Produktionsausfall entweder mit dem Humankapital- oder dem Friktionskostenansatz monetär bewertet. Die daraus resultierenden gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren sind in der letzten Spalte zusammengefasst.

Grundsätzlich dient die theoretische Grundlage als Ausgangspunkt für die weitere Einordnung der Bewertungsmethoden. Die Theorie bildet das Fundament für die anschließenden Bewertungsmethoden, die für das jeweilige Bewertungsverfahren notwendig sind. Je nach Verfahren kann sich die Methodik ändern.

Die in der Tabelle aufgezeigte Struktur bildete den Ausgangspunkt für die weiterführende Analyse, wodurch eine klare und zielgerichtete Untersuchung möglich war. Dementsprechend ist auch die Gliederung der folgenden Kapitel aufgebaut: Nach Ausführungen zu den theoretischen Grundlagen werden die ökonomischen Bewertungsmethoden im Detail analysiert. In einem letzten Schritt werden anschließend die gesundheitsökonomischen Bewertungsmethoden evaluiert.

**Tabelle 9: Ökonomische Bewertungsmethoden**

Theoretische Grundlage		Ökonomische Bewertungsmethode	Gesundheitsökonomische Bewertungsverfahren
Marktpreise	Bezahlte Kosten	Tatsächliche Ausgaben, z. B. basierend auf Marktpreisen	Cost of Illness (COI)
	Produktionsausfall	Humankapitalansatz	COI, Cost of productivity lost (CPL)
		Friktionskostenansatz	COI, CPL
WTP/WTA: Revealed Preferences	Hedonische Bewertungsmethode	Hedonische Lohnmethode	Value of a statistical life (VSL), Value of a life year (VOLY)
		Ausweichsausgaben, z.B. für das Haus in einer Nachbarschaft mit geringerer Luftverschmutzung	VSL, VOLY
	Risikoaversion	Ausweichverhalten Ausweichkostenansätze, z. B. Ausgaben für Sicherheit / Gesundheitsprodukte	VSL, VOLY VSL, VOLY
WTP/WTA: Stated preferences	Kontingente Bewertungsmethode	Verschiedene WTP-Formate: offene, dichotome Wahl, Bieterspiel, Zahlungskarte	VSL, VOLY
	CM	Methoden des CM: Auswahl-Experimente, Kontingentes Ranking, Kontingentes Rating	VSL, VOLY
Jede geeignete Grundlage	Benefit Transfer	Durchführung neuer Bewertungen auf Basis früherer, relevanter Bewertungsstudien (alle Methoden).	Alle Bewertungsverfahren

Quelle: Ecologic Institut.

Anmerkung: Die Bezeichnung Marktpreise bringt zum Ausdruck, dass für diese Kategorien grundsätzlich Preise ermittelbar sind, die sich im Rahmen einer im weitesten Sinne Transaktion auf einem Markt bilden. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Transaktionen im Gesundheitswesen nicht um einen Markt im klassischen Sinne handelt, da der Gesetzgeber aus übergeordneten Interessen einen starken regulatorischen Rahmen für die Funktionen des Marktes vorgibt und zudem - beispielsweise bei der Preisbildung für Medikamente - regulierend eingreift.

## 5.2 Theoretische Grundlagen der ökonomischen Ansätze

Die in dieser Studie durchgeführten Bewertungen beziehen sich häufig auf Aspekte der theoretischen Grundlagen der einzelnen ökonomischen Methoden. Dieser Teilabschnitt gibt einen kompakten Überblick über diese theoretischen Grundlagen. Zunächst werden diverse Kostenarten der Gesundheitsökonomie und das Konzept der Zahlungsbereitschaft beschrieben. Anschließend werden beide Praktiken und ihre jeweilige Kostenabdeckung gegenübergestellt.

### 5.2.1 Kostenarten

Bei einer gesundheitsökonomischen Bewertung können drei Kostenarten berücksichtigt werden: direkte, indirekte und intangible Kosten. Beispiele für die jeweiligen Kostenarten finden sich in Tabelle 10. Dabei ist zu beachten, dass die genaue Klassifizierung bestimmter Kostenkomponenten zu einem gewissen Grad zwischen verschiedenen Studien variiert. In der Regel werden unter direkten Ausgaben diejenigen verstanden, die unmittelbar durch medizinische Versorgung (z. B. ärztliche Leistungen) oder direkte Erbringung von Leistungen aufgrund der Krankheit (z. B. Transport des Kranken zur Arztpraxis, Behandlung) entstehen. Im Gegensatz dazu beziehen sich normalerweise indirekte Kosten auf den Zeitverlust der Betroffenen oder von anderen in der Gesellschaft, die aufgrund von Krankheiten entsteht. Auf der Ebene von Individuen kann dies Einkommenseinbußen wegen reduzierter Arbeitszeit oder entgangene Freizeit bedeuten. Für die Gesellschaft könnten dies Produktionsausfälle, Steuerausfälle und unentgeltliche Betreuung durch Familienangehörige sein. Zu indirekten Kosten können auch Ausgaben für Prävention von Krankheit gezählt werden. Die intangible Kostenart umfasst psychische und soziale Lasten, die nur schwer oder nicht quantifizierbar sind, wie z. B. Schmerzen.

**Tabelle 10: Beispiele für direkte, indirekte und intangible Krankheitskosten**

Direkte	Indirekte	Intangible
Stationäre Pflege; ärztliche Leistungen; Krankentransporte	Kosten durch Produktionsverlust; entgangene Freizeit; Zeit für Patientenbesuche von Familienangehörigen und Freunden	Schmerzen; Angst; Trauer

Quelle: Hauptsächlich basierend auf Jo (2014 S. 329). Diese Quelle enthält eine detaillierte Liste direkter und indirekter Kosten mit über 60 Kostenbeispielen.

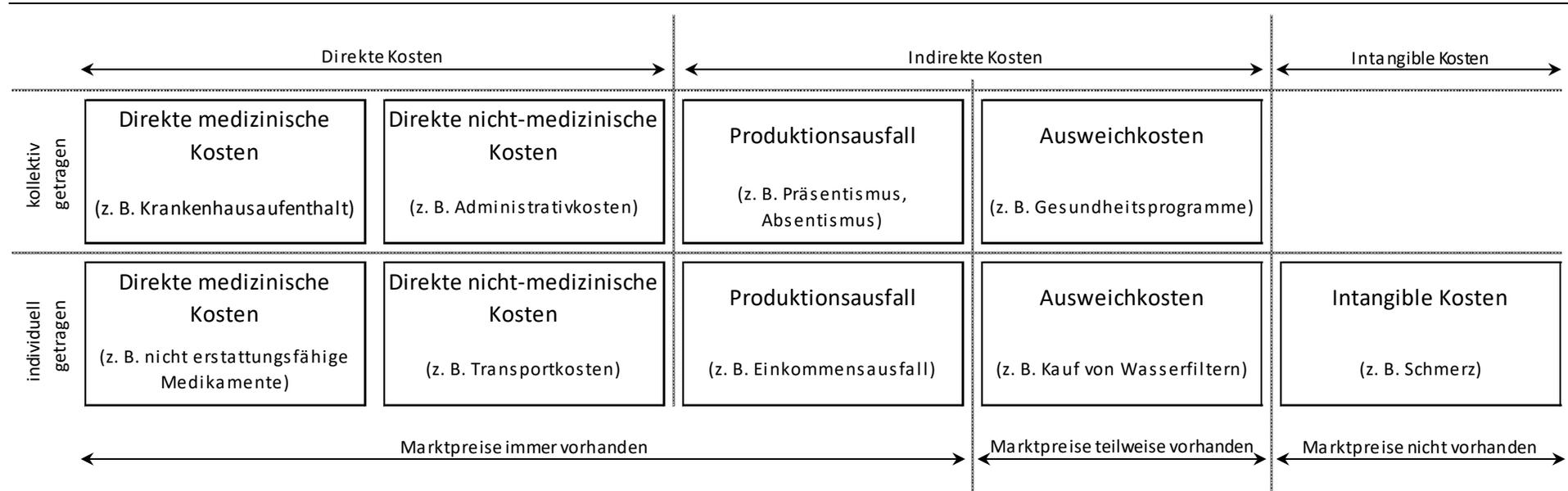
Kosten können sich auch darin unterscheiden, ob sie für ein Individuum oder die Gesellschaft anfallen. Zur ersten Kategorie gehören alle Aufwendungsarten, die von der betroffenen Person getragen werden. Dabei sind intangible Kosten von besonderer Bedeutung, da sie den Einzelnen (und zu einem gewissen Grad die Familie oder Freunde) betreffen. Andererseits werden einige gesundheitsbezogene Ausgaben kollektiv getragen, z. B. vom öffentlichen Haushalt oder mittels Versicherungsgesellschaften. Sie können u. a. Krankheitskosten umfassen, die im Rahmen der Krankenversicherung erstattet oder von Versicherungen bezahlt werden. Ob die Kosten individuell oder kollektiv anfallen, ist von Fall zu Fall unterschiedlich und hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Maßgebend ist hierfür das geltende Krankenversicherungssystem, das beeinflusst, ob (und zu welchem Grad) eine Person die anfallenden

Kosten selbst tragen muss, oder sie ihr erstattet werden. Die Aussagekraft der Schätzungen wird entscheidend von der Frage beeinflusst, wer die entstandenen Kosten trägt. In einer Analyse, die mehrere Studientypen umfasst, sollte auf diesen Aspekt immer geachtet werden, sonst kann es z. B. zu Unterschätzung oder Doppelzählung kommen. Das geltende Versicherungssystem kann auch die Übertragbarkeit der geschätzten oder gemessenen Werte von einem Land auf ein anderes beeinflussen, da der Leistungskatalog der Kassen sowie das Finanzierungssystem ganz unterschiedlich aufgebaut sein können. Die Kostenübernahme durch das deutsche System der obligatorischen und umfangreichen Krankenversicherung sowie auch der Selbstbehalt der Versicherten sollte in jeder Bewertungsstudie für Deutschland, in der der Versicherungskontext relevant ist, mitberücksichtigt werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Möglichkeit der Quantifizierung von Krankheitskosten anhand der Marktpreise. Direkte Kosten können durch den Wert der entstandenen Ausgaben zu Marktpreisen (z. B. Medikamentenpreise oder Arztbesuche) abgeschätzt werden. Indirekte Kosten können in der Regel auch anhand von Marktpreisen bewertet werden, wie z. B. durch die Berechnung der am Arbeitsmarkt gezahlten Gehälter. Für intangible Kosten stehen jedoch keine Marktpreise zur Verfügung. Es gibt keine Preisliste für Schmerzen, Leiden und andere intangible Komponenten im Zusammenhang mit Krankheiten. Zugleich stellen die intangiblen Kosten den größten Kostenanteil für viele Krankheiten dar. Die intangiblen Kosten dürfen bei der Entscheidungsfindung im Gesundheitswesen nicht außer Acht gelassen werden. Das Fehlen von Marktpreisen bei intangiblen Kosten erschwert allerdings die Monetarisierung der hier entstandenen Krankheitslast.

Abbildung 4 (nächste Seite) liefert eine grafische Darstellung der oben beschriebenen Einteilung von Krankheitskosten. Die Abbildung bietet eine Übersicht der zugrundeliegenden komplexen Konzepte und stellt ein zentrales Ordnungselement für diesen Bericht dar.

**Abbildung 4: Kostenarten in der Gesundheitsökonomie**



Quelle: Ecologic Institut, basiert auf Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008).

Anmerkung: Diese Abbildung zeigt die theoretische Kosteneinteilung; die dargestellten Kastengrößen stellen nicht ihren monetären Betrag zueinander dar. Die Bezeichnung Marktpreise bringt zum Ausdruck, dass für diese Kategorien grundsätzlich Preise ermittelbar sind, die sich im Rahmen einer im weitesten Sinne Transaktion auf einem Markt bilden. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei Transaktionen im Gesundheitswesen nicht um einen Markt im klassischen Sinne handelt, da der Gesetzgeber aus übergeordneten Interessen einen starken regulatorischen Rahmen für die Funktionen des Marktes vorgibt und zudem - beispielsweise bei der Preisbildung für Medikamente - regulierend eingreift.

### 5.2.2 Das Konzept der Zahlungsbereitschaft (WTP)

Eine Monetarisierung der gesamten Gesundheitskosten kann ohne die Berücksichtigung intangibler Kosten nicht erfolgen. Obwohl viele Kostenbestandteile mittels ihrer Marktpreise ermittelt werden können, ist dies bei intangiblen Kosten nicht der Fall. Da sie einen erheblichen Anteil an den gesamten Krankheitskosten ausmachen können, sollten sie berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen wird in der Praxis anstelle von Marktpreisen (oder zusätzlich zu diesen) häufig das Konzept der Zahlungsbereitschaft (WTP) verwendet<sup>9</sup>.

WTP bewertet den Trade-off, den eine Person bereit wäre zwischen ihrer Gesundheit und dem Konsum von Waren und Dienstleistungen im Rahmen ihrer Einkommensrestriktion einzugehen (Hunt & Ferguson, 2010, S. 22). Ein verwandtes Konzept - Willingness to Accept (WTA) – bezieht sich auf die Höhe der Entschädigung, bei der eine Person bereit ist, eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes zu akzeptieren.<sup>10</sup> Die Bewertung mittels WTA gilt in der Literatur als problematischer, z. B. weil die Befragten unter diesem Ansatz keiner Budgetbeschränkung unterliegen. Deshalb wird WTP häufiger angewandt (EPA Social Science Discussion Group, 2000). In der Praxis wird der WTP-Wert mit Hilfe einer Revealed-Preference- oder einer Stated-Preference-Methode geschätzt.

Revealed-Preference-Methoden basieren auf der Prämisse, dass Güter ohne Marktpreise implizit gehandelt werden. Die Beobachtung des Verhaltens von Personen, z. B. auf tatsächlichen Märkten, ist hierbei ausschlaggebend (Atkinson et al., 2018, S. 55-56). Es gibt zwar mehrere Revealed-Preference-Methoden, aber nicht alle sind für die Gesundheitsbewertung geeignet. In diesem Bericht wird die hedonische Preismethode (mit dem Sonderfall der hedonischen Lohnmethode) diskutiert. Im Gegensatz zu den Revealed-Preference-Methoden, die auf dem beobachteten Verhalten beruhen, zielen die Stated-Preference-Methoden darauf ab, die WTP von Einzelpersonen durch hypothetische Fragen über ihre Bewertung von nicht auf Märkten handelbaren Gütern abzuleiten (Atkinson et al., 2018, S. 57). In dem vorliegenden Bericht werden verschiedene Erhebungsformate der Stated-Preference-Methode (Kontingenten-Bewertungsmethode und gängige Ansätze des Choice Modellings) diskutiert.

### 5.2.3 Konzepte und ihre Kostenabdeckung

Ein großer Unterschied zwischen marktpreisbasierten Gesundheitsbewertungsverfahren (COI-Studien) und dem WTP-Konzept liegt in der Kostenabdeckung. Die Bewertung auf Basis von Marktpreisen kann eine Schätzung der direkten und indirekten Kosten liefern, die sowohl individuell als auch kollektiv anfallen.

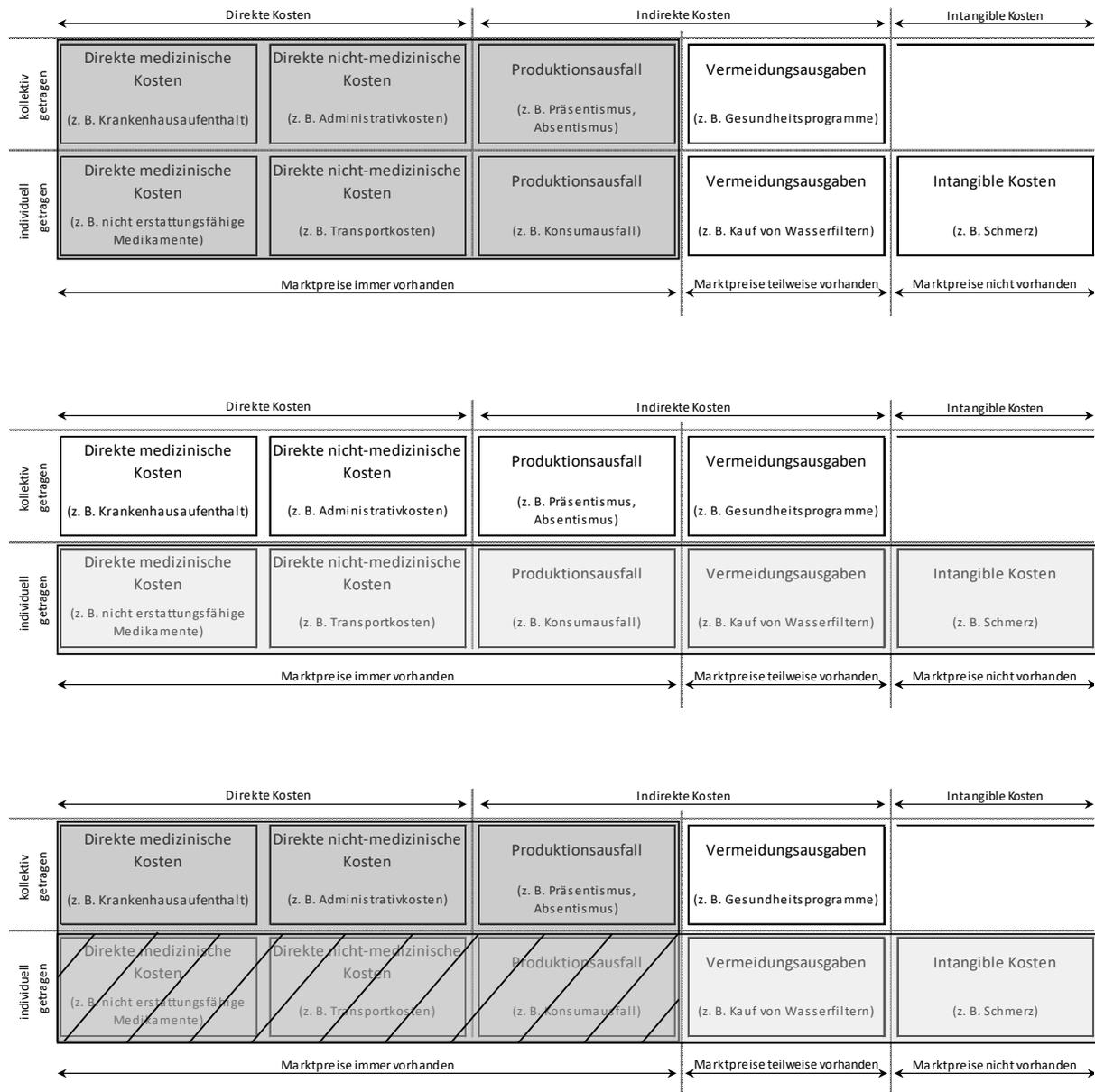
Für die Bewertung intangibler Kosten lassen sich WTP-basierte Ansätze nutzen. Da sie sich jedoch an individuellen Bewertungen orientieren, decken sie die kollektiv getragenen Kosten nicht ab.

Ein gängiger Ansatz, um möglichst viele Kostenkategorien zu berücksichtigen, besteht darin, markt- und WTP-basierte Ansätze in einer Analyse zu kombinieren. In bestimmten Fällen kann ein kombinierter Ansatz jedoch zu Doppelzählung von Kostenbestandteilen führen. Im Falle einer Doppelzählung sollten diese möglichst herausgerechnet werden. Abbildung 5 stellt Beispiele einer möglichen Kostenabdeckung in COI- und WTP-Studien sowie ein Beispiel einer Doppelzählung dar.

<sup>9</sup> Das WTP-Konzept begrenzt sich nicht auf den Gesundheitskontext, sondern findet in Fragestellungen zur Bewertung von öffentlichen Umweltgütern eine breite Verwendung. Dieser Bericht fokussiert aber spezifisch auf der Anwendung des Ansatzes im Gesundheitskontext.

<sup>10</sup> Intuitiv sollen die WTP- und WTA-Werte für die gleiche Risikoreduzierung bzw. -erhöhung gleich sein (z. B. wenn der WTP für 1 % Risikoreduzierung 100 € beträgt, sollte sich der WTA für 1 % Risikoerhöhung auch auf 100 € belaufen). In der Praxis sind die zwei Werte aber nicht gleich. Der Unterschied zwischen den Werten kann dabei bei gravierenden Änderungen des Gesundheitszustandes besonders bedeutend sein (EPA Social Science Discussion Group, 2000 S. 2-5). Atkinson, et al. (2018 S. 109-111) beinhaltet eine Erörterung zum Thema WTA/WTP-Disparität im Kontext der Kontingenten-Bewertungsstudien.

**Abbildung 5: Mögliche Kostenabdeckung in COI- und WTP-Studien und ein Beispiel einer Doppelzählung**



Quelle: Ecologic Institut basiert auf Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008). Die Schattierungen zeigen welche Kostenarten innerhalb des jeweiligen Studientyps abgedeckt werden. Der schraffierte Bereich in der unteren Abbildung zeigt eine mögliche Doppelzählung, wenn COI-basierte sowie WTP-basierte Verfahren innerhalb eine Monetarisierungsstudie kombiniert werden.

## 6 Übersicht und Bewertung der einzelnen ökonomischen Methoden

Im Folgenden werden die für den vorliegenden Sachverhalt gängigen Methoden der gesundheitsökonomischen Bewertung vorgestellt. Nach einer Einführung in die jeweiligen Methoden folgt anschließend eine Darstellung der in der Literatur aufgeführten Stärken und Schwächen (kategorisiert wie im Kapitel 2) mit besonderem Augenmerk auf die Anwendbarkeit im Umweltbereich. Sofern relevant, werden exemplarisch Studien zur jeweiligen Methode aufgeführt.

Der Abschnitt beginnt mit den auf Marktpreisen basierenden Methoden: Summierung der tatsächlichen Ausgaben und Methoden zur Abschätzung von Produktivitätsverlusten. Es folgen die WTP-basierten Methoden (Revealed-Preference- und Stated-Preference-Methoden).

### 6.1 Aufsummierung der tatsächlichen Ausgaben (basierend auf Marktpreisen)

#### Aufsummierung der tatsächlichen Ausgaben – auf einen Blick

Eine Methode zur Abschätzung der Gesundheitskosten besteht darin, den Marktwert der aufgrund einer Krankheit getragenen Ausgaben zu ermitteln. Dieses Verfahren ist insbesondere für die Bewertung der Morbiditätseffekte nützlich.

Die Vorteile dieses Ansatzes bestehen in der einfachen Handhabung sowie den eindeutigen und nachvollziehbaren Ergebnissen. Zusätzlich gibt es eine Vielzahl möglicher Datenquellen, die bei der Durchführung von Studien genutzt werden können. Allerdings werden dabei die Kostenkategorien nicht berücksichtigt, die keine monetären Transaktionen beinhalten, wie z. B. intangible Kosten.

#### 6.1.1 Beschreibung des Ansatzes

Eine intuitiv und unmittelbar anwendbare Methode zur Bewertung der Krankheitskosten besteht darin, die entstandenen bzw. getragenen Ausgaben (z. B. Krankenhauskosten) auf der Basis von Marktpreisen zu addieren. Kobelt (2013 S. 20) nennt vier Schritte für jede Kostenabschätzung: Ermittlung der verbrauchten Ressourcen, Quantifizierung dieser Ressourcen in physischen Einheiten (z. B. Krankenhaustage), Bewertung der verbrauchten Ressourcen im Hinblick auf ihre Opportunitätskosten<sup>11</sup> und Diskontierung (zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Zeitpunkte des Ressourceneinsatzes). Kobelt (2013 S. 22) weist darauf hin, dass in normalen, gut funktionierenden Märkten die Opportunitätskosten durch Marktpreise wiedergespiegelt werden. Im gesundheitsökonomischen Kontext müssen sie aber nicht unbedingt auf Marktpreisen basieren, wie z. B. in Ländern mit einem staatlichen Gesundheitssystem, in denen die Kosten der Ressourcen nicht direkt am Markt ermittelt werden. Eine Alternative zu Marktpreisen für die Bewertung von verbrauchten Ressourcen ist die Nutzung von Gebührensätzen (d. h. Preisen für Gesundheitsdienstleister, die von der Regierung oder öffentlichen Krankenkassen festgelegt werden). Kobelt (2013 S. 22) warnt jedoch, dass diese nicht immer die wahren Opportunitätskosten widerspiegeln, da Gebührensätze z. B. als Anreiz zur Verwendung bestimmten Ressourcen gesetzt werden können. Schließlich lassen sich Opportunitätskosten basierend auf von Gesundheitsdienstleistern

<sup>11</sup> Opportunitätskosten sind die Kosten von entgangenen Erlösen alternativer ökonomischer Aktivitäten, die nicht wahrgenommen werden konnten. So könnte der Staat beispielsweise die anfallenden Krankenhauskosten auch in andere Bereiche wie Bildung oder Infrastruktur investieren.

ausgestellten Rechnungen bewerten. Diese sind aber oft höher als die tatsächlichen Opportunitätskosten, da sie potenziell auch andere Aktivitäten abdecken (Kobelt, 2013 S. 22).

### **6.1.2 Stärken und Schwächen**

Die Zusammenstellung der krankheitsbedingten Kosten anhand ihrer Marktpreise ist relativ unkompliziert, da die Kosten durch zahlreiche Datenquellen ermittelt werden können. Dies erleichtert nicht nur die Durchführung einer Studie im Vergleich zu anderen Methoden, sondern auch die Kategorisierung der jeweiligen Kosten. Allerdings berücksichtigt die Methode nur Kostenkategorien, für die Marktdaten vorliegen. Andere Kostenarten (z. B. intangible Kosten) werden hierbei nicht berücksichtigt. Aufgrund methodischer Unterschiede können Vergleiche zwischen Studien schwierig sein, auch wenn man die Kosten derselben Krankheit berechnet.

#### **Qualität der Methode**

Die Erfassung der durch eine Krankheit verursachten Kosten kann transparent und leicht nachvollziehbar erfolgen. Beispielsweise können die in den Berechnungen erfassten Kostenarten aufgelistet werden, um einen detaillierten Einblick in die Ergebnisdaten zu erhalten. Allerdings ist die Methode wegen ihrer engen Kostenartenabdeckung zu kritisieren. Sie gibt nicht den vollen Umfang der durch Krankheit verursachten Aufwendungen wieder, sondern beschränkt sich lediglich auf diejenigen, die durch Marktpreise ermittelbar sind. Andere Kategorien, wie z. B. intangible Kosten, werden hierbei nicht berücksichtigt. Andererseits kann die Anwendung dieser Methode innerhalb der Kategorie der direkten Kosten flexibel gestaltet werden. So können je nach Forschungsfrage unterschiedliche Ausgaben in die Analyse aufgenommen werden (unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit). Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien kann hierbei aber mitunter beeinträchtigt werden. Hunt und Ferguson (2010 S. 24) zeigen, dass selbst bei einer einzelnen Krankheit die Behandlungskosten je nach Studie erheblich variieren können. Die Autoren identifizieren mehrere Ursachen für diese Diskrepanzen – z. B. unterschiedliche medizinische Behandlungsmethoden in den jeweiligen Ländern oder unterschiedliche Diskontierungssätze in den einzelnen Studien.

#### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Unter der Annahme, dass ethische Aspekte im Zusammenhang mit der Privatsphäre der Patientinnen und Patienten und der Verwendung entsprechender Kosteninformationen beachtet werden und, dass der Allokationsmechanismus (der Markt bzw. das geltende Versicherungssystem) für die betrachteten Ressourcen ethisch akzeptabel ist<sup>12</sup>, gibt es keine ethische Bedenken bei der Verwendung von Marktpreisdaten in ökonomischen Studien.

#### **Ressourcenbedarf**

Kosten auf der Basis von Marktpreisen zusammenzufassen gilt als einfach anwendbare Methode (Chanel, 2011 S. 9). Es gibt in Deutschland hierfür eine große Bandbreite an potenziell verfügbaren Statistiken. Beispiele von potenziellen Datenquellen sind das Statistische Bundesamt (DESTATIS), die deutschen Krankenkassen (genutzt z. B. von Blankart et al., 2013) oder die Kassenärztliche Bundesvereinigung (angewandt z. B. von Diel et al. 2012). Gleichzeitig muss bedacht werden, dass gesundheitsbezogene Daten strengen Datenschutzrichtlinien unterliegen und daher nur für einen eingeschränkten Nutzerkreis verfügbar sind.

---

<sup>12</sup> Preise können durch systemische gesellschaftliche Bias (z. B. Auswirkungen von Sexismus oder Rassismus auf das Lohnniveau) verzerrt werden. Dies würde die Ergebnisse einer Monetarisierung beeinflussen.

### Anschlussfähigkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse von Monetarisierungen auf Basis von aufsummierten Ausgaben werden von den Entscheidungsträgern generell als legitim angesehen. Diese Akzeptanz fällt geringer aus, sobald Marktpreise für bestimmte Waren oder Dienstleistungen stark schwanken oder einige Informationen fehlen, die die Verwendung von Annahmen anstelle von tatsächlichen Kosteninformationen erfordern. Da solche Monetarisierungen jedoch intangible Kosten nicht berücksichtigen, sind sie meist nicht ausreichend, um als alleinige Entscheidungsgrundlage zu dienen. Der wesentliche Nachteil bei Studien, die auf getätigten Ausgaben basieren ist, dass ein erheblicher Teil des gesellschaftlichen Wertes von Gesundheitsmaßnahmen in Markttransaktionen nicht erfasst wird. Dieser beschränkte Ausschnitt kostenbasierter Studien ist der Grund für die wichtige Entwicklung ökonomischer Methoden, die darauf abzielen, den Wert von Interventionen zur Verbesserung der Gesundheit umfassend abzuschätzen. Tabelle 11 zeigt Stärken und Schwächen der Aufsummierung von getragenen Ausgaben.

**Tabelle 11: Stärken und Schwächen der Aufsummierung von getragenen Ausgaben**

Stärken	Schwächen
Eindeutige und verständliche Darstellung der Ergebnisse [Transparenz]	Begrenzte Kostenartenabdeckung [Vollständigkeit]
Flexible Studiengestaltung [Flexibilität]	Vergleichbarkeit zwischen Studien z. T. erschwert [Übertragbarkeit]
Hohe Datenverfügbarkeit [Datenlage]	
Benutzerfreundlich [Fachwissen]	

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

### 6.1.3 Beispielstudien

Die Zusammenstellung der auf eine Krankheit bezogenen Kosten ist eine häufig verwendete Methode der Kostenschätzung, insbesondere bei der Bewertung von Morbiditätseffekten. Tabelle 12 stellt einige Studien vor, die diese Methode anwenden. Beispielsweise nutzen Jacob et al. (2016) die Methode, um die für Asthma in Deutschland eingesetzten finanziellen Mittel der Krankenkasse zu bewerten und stellen fest, dass Asthma eine erhebliche volkswirtschaftliche Gesamtbelastung darstellt. Allerdings sind diese Ausgaben nicht die einzige Komponente der Krankheitskosten. Daher wird die Berechnung der eingesetzten Ressourcen oft mit Methoden zur Ermittlung von Produktionsverlusten, intangiblen Kosten oder beider Kategorien kombiniert (z. B. Brandt et al., 2014).

**Tabelle 12: Exemplarische Studien, die auf den bezahlten Kosten basieren**

Quelle	Krankheit	Land
Blankart et al. (2013)	Chronische lymphatische Leukämie	Deutschland
Diel et al. (2012)	Tuberkulose	Deutschland
Jacob et al. (2014)	Asthma	Deutschland
Brandt et al. (2014)	Asthma im Kindesalter	USA

### Bezahlte Kosten – weiterführende Literatur

Kobelt (2013 S. 20-23): vertiefende Informationen zur Ermittlung, Quantifizierung und Bewertung von Ressourcen

## 6.2 Produktionsausfall

Die oben genannte Methode stellt zwar eine mögliche Annäherung an die Erfassung direkter Ausgaben dar, kann aber andere Aufwendungen, wie etwa indirekte und intangible Kosten nur unzureichend ermitteln. Um auch diese Kostenarten zu berücksichtigen, wird ein anderer Analyserahmen benötigt. Ein weiterer Ansatz der Kostenermittlung ist die Evaluierung von Produktionsausfällen, die durch Krankheit oder Versterben entstehen. Diese Opportunitätskosten stellen eine wichtige Komponente der Krankheitskosten dar und werden häufig auf der Grundlage von Marktpreisen für Arbeit (Löhne) geschätzt. Hierbei wird eine der beiden folgenden zentralen Methoden verwendet: der Humankapital- oder der Friktionskostenansatz.

### 6.2.1 Humankapitalansatz

#### Humankapitalansatz – auf einen Blick

Mittels des Humankapitalansatzes wird versucht, den Marktwert des Produktionsverlustes zu ermitteln, der aufgrund von nicht geleisteter Arbeit entsteht.

In der einfachsten Version des Ansatzes kann entgangene Leistung dadurch berechnet werden, indem ausgefallene Arbeitszeit mit dem Arbeitslohn multipliziert wird. Im Krankheitsfall ist das der Zeitraum der Krankschreibung. Im Falle des Versterbens wird hierfür die verbliebene Zeit bis zum Renteneintritt zugrunde gelegt.

Der Humankapitalansatz wird häufig aufgrund seiner einfachen Anwendbarkeit und Nachvollziehbarkeit genutzt. Kritisiert wird hingegen, dass die angesetzten Produktionsverluste tendenziell überschätzt werden. Des Weiteren gibt es ethische Bedenken hinsichtlich der impliziten Annahme, dass der Wert einer Person nur auf der Basis der (entgangenen) monetär messbaren Arbeitsleistung unter Marktbedingungen bewertet wird.

#### 6.2.1.1 Beschreibung des Ansatzes

Der Humankapitalansatz kann zur Bewertung verschiedener Arten von eingesetzter bzw. aufgebracht oder entgangener Zeit von Personen genutzt werden (Hutton et al., 2006, S. 48). Dazu gehören krankheitsbedingte Fehlzeiten oder das Versterben vor Erreichen eines normativ gesetzten Lebenszeitendes. Dieser Ansatz setzt die entgangene Produktionsleistung mit dem potenziellen Einkommen an, das diese Person im Laufe ihres Lebens erzielt hätte, wenn sie entsprechend gesund geblieben wäre. Als Basis für diese Schätzungen dienen Arbeitsmarktdaten (z. B. Lohn- und Gehaltsstatistik). Weissflog et al. (2001a) beispielsweise verwenden für die Berechnung von indirekten Kosten mithilfe des Humankapitalansatzes die Daten aus der AOK-Krankheitsstatistik (AOK-Bundesverband, 1998), aus dem Statistischen Jahrbuch (Statistisches Bundesamt, 1998) und aus der VDR-Statistik Rentenzugang (Verband Deutscher Rentenversicherungsträger, 1997).

Die Methode kann allerdings nicht nur dazu genutzt werden, um den Verlust entgangener Arbeitsleistung einer erkrankten Person monetär zu quantifizieren. Sie dient auch der

Abschätzung, inwiefern weitere Personen durch den Gesundheitszustand der Betroffenen beeinträchtigt werden.

Eine Variante des Humankapitalansatzes bewertet den Produktionsverlust von Personen, die unbezahlte Tätigkeiten – z. B. die Pflege von behinderten Familienmitgliedern – ausführen.<sup>13</sup> Hierfür kann der monetäre Wert ihrer Arbeit abgeschätzt werden, indem die gegenwärtigen Löhne von Pflegekräften herangezogen werden (Liljas, 1998, zit. nach Pritchard & Sculpher, 2000, S. 26). Entgangene Arbeitsleistungen, beispielsweise von Eltern, die sich um ihre kranken Kinder kümmern müssen, oder Personen, die Familienangehörige im Krankenhaus besuchen, können in ähnlicher Weise erfasst werden. Eine weitere Variante ist der sogenannte angepasste Humankapitalansatz. Dieser ermöglicht die Bewertung der Produktivität von Personen, die keine bezahlten Tätigkeiten ausführen. Bei dieser Methode wird statt der Löhne und Gehälter das Pro-Kopf-BIP für alle Personen zugrunde gelegt, unabhängig von ihrem Alter oder Beruf (Narain et al., 2016, S. 13). Die Methode kann auch modifiziert werden, um Produktionsverluste zu bewerten, in denen Personen weiterhin zur Arbeit gehen, aber ihre Leistung krankheitsbedingt beeinträchtigt wird. Lensberg et al. (2013, S. 570) schlagen in diesem Fall vor, den Produktionsausfall proportional zu entgangener Arbeitsleistung zu bewerten.

#### 6.2.1.2 Stärken und Schwächen

Der Humankapitalansatz zeichnet sich durch seine einfache Anwendbarkeit und Transparenz der Berechnung aus. Durch die Bewertung der Produktionsverluste adressiert die Methode außerdem eine eindeutig nicht-medizinische Kostenkategorie, die zu den direkten medizinischen Kosten addiert werden kann. Daher wird die Methode in gesundheitsökonomischen Studien häufig angewendet. Auf der anderen Seite hat der Humankapitalansatz einige Nachteile. Vor allem wird davon ausgegangen, dass das Verfahren Produktionsverluste eher überschätzt, da nicht nur die tatsächlich angefallenen, sondern auch die potenziellen Verluste angesetzt werden, da die Methode davon ausgeht, dass keine Arbeiterin oder Arbeiter als Ersatz eingestellt werden. Darüber hinaus wird die alleinige Verknüpfung der Wert des Produktionsverlustes einer Person mit der entgangenen Leistung im Arbeitsmarkt ethisch in Frage gestellt, weil produktive Tätigkeiten auch außerhalb des Arbeitsmarktes stattfinden (z. B. Hausarbeit).

#### Qualität der Methode

Durch seine einfache Anwendbarkeit und die sich daraus ergebende Transparenz, ist das Grundkonzept der Bewertung nicht komplex und die daraus resultierenden Schätzungen auch für eine breite Öffentlichkeit verständlich. Verschiedene Methodenvarianten ermöglichen zudem die Abdeckung umfangreicher gesundheitsbezogener Produktionsausfälle: Der modifizierte Ansatz kann z. B. die Produktivität der Personen, die Aufgaben außerhalb des bezahlten Arbeitsmarktes ausführen, sowie die Produktionsausfälle verursacht durch Präsentismus<sup>14</sup> berücksichtigen (Lensberg et al., 2013, S. 569). Im letzteren Fall könnten die Berechnungen jedoch etwas komplexer ausfallen, weil abgeschätzt werden muss, wie weitreichend die Produktivität infolge einer Krankheit eingeschränkt wird. Eine weitere Stärke der Methode besteht darin, dass grundsätzlich ein studienübergreifender Vergleich von Schätzungen, die mit

<sup>13</sup> In Deutschland kann die Pflege von Angehörigen unter Bedingungen über das staatliche sogenannte Pflegegeld finanziert werden. Solche staatlichen Zahlungen sollen auch im Humankapitalansatz berücksichtigt werden.

<sup>14</sup> In der Arbeitspsychologie und Arbeitsmedizin bezeichnet Präsentismus das Verhalten von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern, die – etwa aus Angst vor Entlassung – trotz Krankheit am Arbeitsplatz erscheinen. Damit verbunden ist eine Reduktion der Arbeitsproduktivität durch Einschränkung von Leistung und Konzentrationsfähigkeit von Beschäftigten, die auf gesundheitliche Einschränkungen zurückzuführen sind. Ein erhöhtes Unfallrisiko sowie die Übertragung ansteckender Krankheiten auf Kolleginnen und Kollegen sind weitere Treiber zusätzlicher Kosten.

dem Humankapitalansatz durchgeführt wurden, möglich ist. Allerdings muss in jedem Fall die spezifische Anwendung der Methode betrachtet werden, da unterschiedliche Lohndaten oder Methodenvarianten verwendet worden sein könnten.

Es gibt jedoch einige Schwächen des Humankapitalansatzes, die die Vorzüge seiner Anwendung einschränken. Jo (2014 S. 329) weist darauf hin, dass die Methode in der Literatur kritisiert wird, weil sie implizit zunächst von der Annahme ausgeht, dass eine bei der Arbeit fehlende Person nicht ersetzt werden kann, und zwar auch bei einer hohen Arbeitslosenrate auf dem Arbeitsmarkt. Diese Annahme ist nicht nur realitätsfern, sondern hat auch einige Konsequenzen für die Berechnungsergebnisse, da die tatsächlichen Kosten in der Folge stark überschätzt werden können. Dies ist eng mit der Kritik am Anwendungsbereich der Methode verbunden. Es wird kritisiert, dass die über den Humankapitalansatz errechneten Kosten sehr häufig potenzielle, aber nicht tatsächlich angefallene Produktionsverluste darstellen (Koopmanschap & van Ineveld, 1992, zit. nach Pritchard & Sculpher, 2000, S. 27). Eine weitere Schwäche des Ansatzes ist, dass Präferenzen keine Berücksichtigung finden können, z. B. die Tatsache, dass Menschen nicht nur ihre Arbeitszeit als wertvoll erachten, sondern auch ihre freie Zeit für andere Aktivitäten (Hutton et al., 2006, S. 48).

Außerdem berücksichtigt die Methode nicht die intangiblen Kosten, wie bspw. aufgrund von Schmerzen oder Leiden entstandene Schäden. Der Humankapitalansatz kann jedoch um den WTP-Ansatz ergänzt werden, um immaterielle Kosten mit abzudecken. Eine Kombination dieser Methoden kann dann jedoch zu einer Doppelzählung bestimmter Kostengruppen führen und erfordert eine besondere Prüfung der erfassten Kostenkomponenten.

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Der Humankapitalansatz wird häufig im Hinblick auf ethische Bedenken kritisiert. Da die Methode auf der Arbeitsleistung basiert, berücksichtigt sie nicht Morbidität und das Versterben im Falle von Personen, die aus verschiedenen Gründen nicht am Arbeitsmarkt teilnehmen.<sup>15</sup> Dies umfasst z. B. Rentner, Schwerbehinderte oder Personen, die Hausarbeiten verrichten (Friedrich et al., 2004, S. III-5). Würden diese Personen aus den Berechnungen ausgeschlossen werden, würde dies implizit auch bedeuten, dass sie aus Sicht der Gesellschaft keinen Wert darstellen würden, was einer ethisch unzulässigen Abwertung gleichkäme. Gleiches gilt für ehrenamtliche Tätigkeiten außerhalb der Arbeitszeit. Darüber hinaus kann diese Methode auch innerhalb der arbeitenden Bevölkerung zu einer ungerechten Bewertung führen. Die Nutzung von Bruttolöhnen zur Berechnung der Produktionsverluste kann den Wert der Arbeit derer, die weniger verdienen, unterschätzen. Potenziell benachteiligte Gruppen können hier z. B. Frauen sein (Friedrich et al., 2004, S. III-5). Diese Überlegungen können es erforderlich machen, eine der angepassten Versionen dieser Methode anzuwenden oder sogar ihre Verwendung generell zu überdenken. Ähnliche Bedenken könnten beim Vergleich der Zahlen zwischen verschiedenen Regionen oder Ländern bestehen. Das jeweilige Bruttoinlandsprodukt kann zu großen Unterschieden führen. Zum Beispiel verwendeten Foo et al. (2016) den Humankapitalansatz, um die Kosten von COPD in mehreren Ländern zu untersuchen. Die Autoren stellten dabei fest, dass die indirekten Kosten von Patientinnen und Patienten aus Industrieländern, bedingt durch das höhere Pro-Kopf-Einkommen, im Allgemeinen höher lagen.

<sup>15</sup> Ob die hier genannten ethischen Bedenken methodische Schwächen sind, hängt von der Kostenperspektive ab, die eine Studie anwendet. Wenn beispielsweise die Humankapitalkosten aus der Unternehmensperspektive gemessen werden, ist es logisch, dass diejenigen Kosten, die außerhalb des Arbeitsmarktes auftreten, nicht berücksichtigt werden. Wenn jedoch eine gesamtgesellschaftliche Perspektive mit dem Versuch der Messung von Wohlfahrtsverlusten eingenommen wird, werden diese Bedenken zu einem relevanten Thema.

### Ressourcenbedarf

Im Allgemeinen setzt der Humankapitalansatz in seiner Standardform keinen hohen Ressourceneinsatz voraus. Tiefergehendes Expertenwissen wird nicht benötigt. Die verwendeten statistischen Daten, wie etwa zu den Löhnen und Gehältern, wurden bereits zu anderen Zwecken erhoben und liegen z. T. frei verfügbar vor oder können von Behörden zur Verfügung gestellt werden.

### Anschlussfähigkeit der Ergebnisse

Ein großer Vorteil des Humankapitalansatzes besteht darin, dass dieser sehr häufig angewandt wird und Ergebnisse aus unterschiedlichen Studien daher gut vergleichbar sind. Die große Bandbreite an Studien, die diese Methode anwenden, zeigt auch ihre verschiedenen Anwendungsfälle und Varianten. Tabelle 13 fasst Stärken und Schwächen des Humankapitalansatzes zusammen.

**Tabelle 13: Stärken und Schwächen des Humankapitalansatzes**

Stärken	Schwächen
Einfache Anwendbarkeit [Ressourcenbedarf]	Überschätzung potenzieller Kosten aufgrund der Annahme, dass eine ausgefallene Arbeitskraft auch langfristig nicht ersetzt werden kann [Verlässlichkeit]
Transparenz der Berechnung [Transparenz]	Potenzielle und nicht nur tatsächlich angefallene Kosten werden abgedeckt [Vollständigkeit]
Leistungsbeeinträchtigungen können berücksichtigt werden [Vollständigkeit]	Berücksichtigt nicht individuelle Präferenzen [Verlässlichkeit]
Produktionsverluste außerhalb des Arbeitsmarktes können berücksichtigt werden (wenn Anpassungen verwendet werden) [Vollständigkeit]	Doppelzählung möglich, bei Kombination mit anderen Methoden [Verlässlichkeit]
Basierend auf der ökonomischen Theorie des Produktionsfaktors Arbeit [Verlässlichkeit]	Ethische Bedenken (z. B. falls Bewertung abhängig von Beteiligung am Arbeitsmarkt) [Ethik]
Häufig angewendet [Verbreitung]	Es ist schwierig, den „Nettobeitrag“ einer Person für die Gesellschaft zu bewerten [Ressourcenbedarf]

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

#### 6.2.1.3 Beispielstudien

Der Humankapitalansatz wird häufig in der gesundheitsökonomischen Literatur aufgrund seiner relativ einfachen Anwendbarkeit und Transparenz genutzt. Tabelle 14 zeigt eine Reihe identifizierter Studien aus der vorangegangenen Literaturrecherche.

**Tabelle 14: Exemplarische Studien, die den Humankapitalansatz verwenden**

Quelle	Krankheit	Land
Foo et al. (2016)	COPD	12 Länder (inkl. Deutschland)
Hanly et al. (2015)	Krebs	30 europäische Länder (inkl. Deutschland)
Stieb et al. (2002)	Akute kardiorespiratorische Morbidität im Zusammenhang mit Luftverschmutzung	Kanada
Weissflog et al. (2001a)	Lungenkrebs	Deutschland
Bradley et al. (2008)	Krebs	USA
Blankart et al. (2013)	Leukämie	Deutschland
Diel et al. (2012)	Tuberkulose	Deutschland

Manche Studien konzentrieren sich einzig auf Produktionsverluste. Hier wird meist der Humankapitalansatz verwendet. In anderen Studien wird hingegen dieser Ansatz in Kombination mit den aufsummierten direkten Kosten (z. B. Behandlungs- und Krankenhauskosten) und teilweise auch mit dem WTP-Ansatz verwendet, um ein breites Kostenspektrum innerhalb einer Studie abzudecken.

Eine herausragende Studie, die den Humankapitalansatz im deutschen Kontext nutzt, ist die Studie von Weissflog et al. (2001a). Sie berechnet die Kosten für Lungenkrebs, die potenziell auf Umwelteinflüsse zurückzuführen sind. Die Studie verwendet den Humankapitalansatz (zur Schätzung der indirekten Kosten) in Kombination mit den tatsächlichen Behandlungs-, Rehabilitations- und Medikationskosten (zur Schätzung der direkten Kosten). Hierbei werden die Produktionsverluste aus vorübergehender Arbeitsunfähigkeit, Frührente und Versterben vor dem regulären Renteneintrittsalter einbezogen. Indirekte Kosten machten in Deutschland rund 89 % der geschätzten Gesamtkosten von Lungenkrebs aus, was die Bedeutung der Produktionsverluste in gesundheitsökonomischen Berechnungen und die damit verbundene Bedeutung der richtigen Wahl der geeigneten Methoden zu deren Bewertung unterstreicht. Allerdings weist diese Studie auch darauf hin, dass die direkten Kosten vermutlich aufgrund fehlender Daten leicht unterschätzt werden.

#### Humankapitalansatz – weiterführende Literatur

Pritchard & Sculpher (2000 S. 25-28): Grundlagen und Diskussion des Humankapitalansatzes.

Pritchard & Sculpher (2000 S. 26, Box 1): Humankapitalansatz und neoklassische Wirtschaftstheorie.

Lensberg et al. (2013 S. 567-568): Diskussion über die Bewertung von Produktionsverlusten aufgrund von reduzierter Arbeitsleistung (Präsentismus).

## 6.2.2 Friktionskostenansatz

### Friktionskostenansatz – auf einen Blick

Der Friktionskostenansatz wurde als Antwort auf den Hauptkritikpunkt des Humankapitalansatzes entwickelt. Er bezieht sich auf die Überbewertung von Produktionsverlusten, die durch die Prämisse der Nichtersetzbarkeit von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entsteht. Wie beim Humankapitalansatz werden beim Friktionskostenansatz entstandene Produktionsverluste monetär quantifiziert. Es werden jedoch nur die Produktionsverluste während der sogenannten Friktionsperiode berücksichtigt, z. B. der Zeitspanne zwischen dem Beginn der Arbeitsunfähigkeit einer Person und dem Zeitpunkt, zu dem ein gleichwertiger Ersatz gefunden und eingearbeitet wurde. Der Friktionskostenansatz berücksichtigt zudem die Kosten für die Stellenausschreibung, Auswahl sowie Einarbeitung neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

#### 6.2.2.1 Beschreibung des Ansatzes

Pritchard & Sculpher (2000 S. 29) unterscheiden drei Anwendungsfälle des Friktionskostenansatzes zur Berechnung von Produktionsverlusten: Mortalität, Langzeit-/dauerhafte Erkrankung und kurze Krankheitsphasen. In den ersten beiden Fällen setzen sich die Friktionskosten aus dem Produktionsverlust während der Friktionsperiode sowie den Ausgaben für die Suche, Auswahl und Einarbeitung neuer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zusammen. Bei kürzeren Krankheitsphasen führt entweder die nicht erbrachte Arbeitsleistung zu keinen kurzfristigen Kosten (wobei mittelfristige Auswirkungen, wie z. B. der Einfluss auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit, berücksichtigt werden sollen), oder die entstandenen Kosten können mittels der entgangenen Arbeitsleistung bis zur Rückkehr zur Arbeit monetär bewertet werden (Pritchard & Sculpher, 2000, S. 30). Pritchard & Sculpher (2000 S. 31) weisen außerdem darauf hin, dass die Unterschiede zwischen den monetären Quantifizierungen bei Langzeiterkrankungen und vorzeitiger Mortalität beträchtlich sein können. Die Abweichungen sind davon abhängig, ob der Humankapitalansatz oder der Friktionskostenansatz verwendet wird (wobei die auf dem Friktionskostenansatz basierten Werte deutlich niedriger sind). Im Fall von kurzen Krankheitsphasen führen beide Ansätze jedoch zu vergleichbaren Ergebnissen.

#### 6.2.2.2 Stärken und Schwächen

Der Friktionskostenansatz wird hauptsächlich deshalb verwendet, weil dieser im Gegensatz zum Humankapitalansatz statt potenzieller nur die tatsächlich angefallenen Kosten berücksichtigt. Aus diesem Grund sind die berechneten Kosten auch nicht, wie im Falle des Humankapitalansatzes, überschätzt. Jedoch können die theoretischen Annahmen und die angewandte Methodik dahingehend hinterfragt werden, inwieweit die monetären Quantifizierungen die Realität adäquat abbilden.

Hinzu kommt, dass sich das Friktionskostenverfahren auf die Ersetzung einer arbeitsunfähigen Person konzentriert und es deshalb im Vergleich zum Humankapitalansatz nur einen beschränkten Kostenteilbereich abdeckt. Zum Beispiel, wenn Produktionsausfälle durch Präsentismus entstehen, werden sie unter dem Friktionskostenverfahren nicht berücksichtigt. Zudem sind bei diesem Ansatz komplexere Berechnungen als beim Humankapitalansatz erforderlich, und die dafür benötigten Daten sind nicht einfach zugänglich.

#### Qualität der Methode

Im Gegensatz zum Humankapitalansatz, der Produktionsverluste generell überschätzt, werden mit dem Friktionskostenansatz nur die tatsächlich angefallenen Kosten und nicht der Wert der Arbeitsleistung berechnet, der potenziell hätte erbracht werden können. Hierin liegt der Hauptvorteil des Ansatzes.

Ein Nachteil des Friktionskostenansatzes betrifft den Umfang der Kosten, die berücksichtigt werden können. Lensberg et al. (2013) weisen bspw. darauf hin, dass dieser Ansatz ausschließlich arbeitsbezogene Produktionsverluste einbezieht. Es herrscht zudem keine Einigkeit darüber, wie Produktionsverluste aufgrund von Präsentismus mit Hilfe des Friktionskostenansatzes berücksichtigt werden können. In empirischen Studien wurde dies bisher nicht untersucht. Darüber hinaus ignoriert der Friktionskostenansatz langfristige Auswirkungen, wie z. B. Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt (WHO, 2009).

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Wie der Humankapitalansatz wirft der Friktionskostenansatz Gerechtigkeitsfragen auf. Im Falle des Friktionskostenansatzes ist der geschätzte Wert der Produktionsverluste eng mit der Dauer der Friktionsperiode verbunden. Lensberg et al. (2013) führen an, dass dieser in der Regel bei den Arbeitenden niedriger ist, die geringere Löhne erhalten. Aufgrund der häufig geringeren Qualifikations- und Einarbeitungsanforderungen ist es im Allgemeinen einfacher, für sie gleichwertigen Ersatz zu finden. Dies Problem bestünde auch dann, wenn für die Berechnungen Durchschnittslöhne verwendet würden.

### **Ressourcenbedarf**

Im Unterschied zum Humankapitalansatz ist der Friktionskostenansatz komplexer, da er z. T. tiefgehendes Fachwissen, wie etwa über die Arbeitsmarktstruktur der betroffenen Branchen und Berufsbilder, erfordert. Die Berechnungen sind dann besonders vielschichtig, wenn während der Friktionsperiode die Aufgaben der abwesenden Person durch bereits im Unternehmen eingestellte Personen ausgeführt werden (Rothemich & Pathak, 1999, Pagano et al., 1999, zit. nach Jo, 2014, S. 331). Hier sind beispielsweise Annahmen zu treffen, in welchem Ausmaß Kosten durch zusätzliche Überstunden anderer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entstehen.

Ein weiterer wesentlicher Nachteil der Methode sind die dafür benötigten Daten. Bspw. sind krankheitsspezifische Daten über die Dauer der Friktionsperiode nicht leicht zugänglich (Goeree et al., 1999, S. 462). Dies sind oft unternehmensinterne Informationen bzw. Erfahrungswerte. Daher wird der Friktionskostenansatz häufig verwendet, wenn krankheitsbezogene Kosten aus betriebswirtschaftlicher Sicht geschätzt werden (Jo, 2014, S. 334).

### **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse**

In Vergleich zu dem Humankapitalansatz ist der Friktionskostenansatz weniger verbreitet. Der Friktionskostenansatz gilt als genauer, da er das tatsächliche Verhalten auf dem Arbeitsmarkt besser widerspiegelt. Dennoch basiert die Methode meist auf groben Annahmen und Durchschnittswerten, wie etwa zu Friktionszeiten, was die scheinbar höhere Genauigkeit des Friktionskostenansatzes relativiert.

**Tabelle 15: Stärken und Schwächen des Friktionskostenansatzes**

Stärken	Schwächen
Tatsächlich angefallene, statt potenzielle Kosten [Verlässlichkeit]	Gefahr der Doppelzählung, bei Kombination mit weiteren Methoden [Verlässlichkeit]
Bildet die Kostenkomponente aus der Sicht der Unternehmen ab [Relevanz]	Keine Möglichkeit, Präsentismus zu berücksichtigen [Vollständigkeit]
	Keine Möglichkeit, Produktionsverluste außerhalb des Arbeitsmarktes zu berücksichtigen [Vollständigkeit]
	Gerechtigkeitsfragen, weil Produktionsverluste eng mit der Dauer der Friktionsperiode verbunden sind [Ethik]
	Komplexe Berechnungen [Ressourcenbedarf]

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

### 6.2.2.3 Beispielstudien

Ähnlich wie beim Humankapitalansatz wird der Friktionskostenansatz in der Literatur entweder separat, in Kombination mit der Erfassung der direkten Kosten oder auch zusammen mit WTP-basierten Methoden angewandt. In diesen Fällen wird die Berücksichtigung eines breiten Spektrums gesundheitsbezogener Kosten ermöglicht.

Wenngleich der Friktionskostenansatz entwickelt wurde, um die monetären Quantifizierungen des Humankapitalansatzes zu „verbessern“, scheint dieser in der Literatur weiterhin weniger verbreitet zu sein als sein Vorgänger. Kigozi et al. (2016) stellen fest, dass wenige gesundheitsökonomische Studien die Produktionsverluste anhand des Friktionskostenansatzes geschätzt haben. Die Autoren haben 46 Studien mit diesem Ansatz identifiziert; Die Mehrzahl stammt aus den Niederlanden. Im Vergleich zum Humankapitalansatz finden sich seltener relevante Anwendungsfälle mit dem Friktionskostenansatz (Beispiele siehe Tabelle 16).

In einigen Studien werden Friktionskosten- und Humankapitalansätze kombiniert. Zum Beispiel haben Wieser et al. (2011) beide Methoden bei der monetären Quantifizierung der Produktionsverluste bei Schmerzen im unteren Rückenbereich in der Schweiz miteinander verbunden. Die Autoren haben die Produktionsverluste bei krankheitsbedingter Abwesenheit nach dem Friktionskostenansatz und die Kosten des Präsentismus mit dem Humankapitalansatz bewertet und addiert.

Es gibt auch Studien, in denen der Friktionskostenansatz zusätzlich zum Humankapitalansatz als Teil der Sensitivitätsanalyse verwendet wird (z. B. Foo et al., 2016 und Ortega-Ortega et al., 2015). In beiden Studien ergab die Verwendung des Friktionskostenansatzes signifikant niedrigere Produktionsverluste als bei Verwendung des Humankapitalansatzes. Foo et al. (2016) haben in ihrer Studie zu Gesundheitskosten von COPD ermittelt, dass die Kostenschätzungen des Friktionskostenansatzes lediglich etwa ein Viertel derer des Humankapitalansatzes ausmachen. In der Studie von Ortega-Ortega et al. (2015) zu Produktionsausfällen verursacht durch Mortalitätseffekte von Blutkrebs haben die Friktionskostenschätzungen sogar nur 1,52 % der auf dem Humankapitalansatz basierenden Kosten abgebildet. Das große Ausmaß der Diskrepanz zwischen beiden Methoden in der Analyse von Ortega-Ortega et al. (2015) lässt sich potenziell durch den Fokus der Studie auf vorzeitige Mortalität erklären (wobei der Humankapitalansatz deutlich höhere Kostenschätzungen liefert). Jedenfalls unterstreicht die große Diskrepanz zwischen den Schätzungen des Friktionskosten- und des Humankapitalansatzes einmal mehr die Notwendigkeit, einen geeigneten und allgemein akzeptierten Weg zur Berechnung der indirekten Krankheitskosten zu bestimmen.

**Tabelle 16: Exemplarische Studien, die den Friktionskostenansatz verwenden**

Quelle	Krankheit	Land	Anmerkung
Foo et al. (2016)	COPD	12 Länder (inkl. Deutschland)	Friktionskostenansatz vergleichend genutzt, um ein alternatives Szenario zu bewerten
van Eeden et al. (2016)	Schlaganfall	Niederlande	
Ortega-Ortega et al. (2015)	Blutkrebs	Spanien	Friktionskostenansatz für die Sensitivitätsanalyse verwendet
Leal et al. (2016)	Blasenkrebs	EU-28	
Leal et al. (2006)	Herz-Kreislauf-Erkrankung	Erweiterte EU	Anpassung des Humankapitalansatzes an die Friktionsperiode und Vergleich der Ergebnisse

#### **Friktionskostenansatz – weiterführende Literatur**

Pritchard & Sculpher (2000), Lensberg et al. (2013 S. 568): Umfassende Erläuterung des Ansatzes, eine Erörterung der zugrunde liegenden Annahmen und des mathematischen Rahmens.

Pritchard & Sculpher (2000 S. 31-35): Eine facettenreiche Diskussion der Kritik des Ansatzes und eine Erwiderung zu dieser.

## 6.3 Hedonische Bewertungsmethode

Die hedonische Bewertung ist eine Revealed-Preference-Methode, die es ermöglicht, den Preis eines Gutes zu bestimmen, das nicht auf einem Markt erhältlich ist. Statt der direkten Preise bestimmt die hedonische Bewertungsmethode vielmehr die jeweilige Zahlungsbereitschaft (WTP). So können beispielsweise zwei komplett identische Häuser aufgrund ihrer Lage unterschiedlich bepreist werden. Das eine Haus liegt am Rande einer Stadt mit wenig Luftverschmutzung und Lärm, während ein anderes direkt an einer dicht befahrenen Straße liegt. Für die unterschiedliche Luftqualität an einem Standort gibt es keinen direkten Marktpreis. Dennoch sind diese Attribute Bestandteile unterschiedlicher Preise der Häuser, die durch WTP-basierte Bewertungsmethoden ermittelt werden können.

Im Rahmen der Gesundheitsökonomie ist die wichtigste hedonische Bewertungsmethode die hedonische Lohnmethode.<sup>16</sup>

### 6.3.1 Hedonische Lohnmethode

#### Hedonische Lohnmethode – auf einen Blick

Eine sehr verbreitete Anwendung der hedonischen Bewertungsmethode in der Gesundheitsökonomie findet sich auf dem Arbeitsmarkt. Dort wird mit Hilfe der hedonischen Preisfindung (sog. hedonische Lohnmethode) der Lohnzuschlag ermittelt, den die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Gegenzug für risikoreichere Tätigkeiten verlangen.

Einer der größten Vorteile bei der Anwendung der hedonischen Lohnmethode zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft besteht darin, dass sie Schätzungen auf der Grundlage des realen Verhaltens des Einzelnen liefert, anstatt hypothetische Situationen zu analysieren. Andererseits beschränkt sich die Methode auf die Analyse von Beschäftigten am Arbeitsmarkt, unterliegt mehreren ökonomischen Herausforderungen und erfordert umfangreiche Daten, weil das Gesundheitsrisiko nur ein Aspekt zur Erklärung von Gehaltsunterschieden darstellt. Andere Aspekte wie Ausbildung, Distanz zum Arbeitsplatz etc. sind auch wichtig und müssen als Teil der ökonomischen Analyse herausgerechnet werden.

#### 6.3.1.1 Beschreibung des Ansatzes

Die hedonische Lohnmethode ist eine Anwendung der hedonischen Bewertung auf dem Arbeitsmarkt. Sie basiert auf der Annahme, dass Beschäftigte nur dann einen riskanteren Arbeitsplatz annehmen, wenn ihnen eine angemessene Entschädigung für das zusätzlich eingegangene Risiko angeboten wird (Spengler, 2004 S. 271). Dieses sogenannte kompensatorische Lohngefälle kann mit ökonomischen Methoden ermittelt werden. In der Grundspezifikation wird der Lohn auf Faktoren wie die Eigenschaften der Beschäftigten, des Arbeitsplatzes sowie das berufsbedingte Risiko von tödlichen und nicht tödlichen Verletzungen und die hierfür entstandenen Entschädigungsleistungen zurückgeführt (Viscusi, 1993 S. 1916). In den letzten Jahrzehnten wurden weitere Parameter in die Analyse einbezogen; siehe z. B. Cropper et al. (2011). Die geschätzten Koeffizienten erlauben es, den WTA-Wert für eine Risikoerhöhung zu ermitteln und auf dieser Grundlage den Wert einer vermiedenen statistischen Verletzung (Value of Statistical Injury - VSI) oder den Wert eines statistischen Lebens (Value of a Statistical Life – VSL) zu bestimmen. Die VSL-Schätzung ergibt sich aus der

<sup>16</sup> Bewertung von Ausweichausgaben, d. h. die Bewertung gesundheitsbezogener Merkmale von Produkten, ist auch eine Art der hedonischen Bewertung. Diese Methode ist aber viel seltener und nur für eine begrenzte Zahl von Gesundheitskostenfragestellungen benutzt und daher nicht weiter in dieser Studie betrachtet.

Multiplikation des sterberisikobezogenen Lohndifferentials mit der erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit.

Die konkrete Interpretation der geschätzten Koeffizienten für das Risiko am Arbeitsplatz hängt vom Sozialversicherungssystem ab. Spengler (2004 S. 273) erläutert: „Je umfassender die diversen Versicherungen Arbeitnehmer und deren Angehörige für materielle Kosten aus Arbeitsunfällen entschädigen, desto stärker beschränken sich die Schätzungen für [VSL und VSI] auf immaterielle Wertbestandteile, in welchen Zahlungsbereitschaften für vermiedene Schmerzen, Leiden und Einbußen an Lebensqualität zum Ausdruck kommen“. Er stellt fest, dass die anhand der deutschen Lohndaten der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten geschätzten Koeffizienten den VSL (oder VSI) – abzüglich des Einkommensverlustes und der materiellen Krankheitskosten, die durch die Sozialversicherung getragen werden – widerspiegeln.

### 6.3.1.2 Stärken und Schwächen

Die hedonische Lohnmethode hat den Vorteil, dass sie Schätzungen auf Basis des tatsächlichen Verhaltens der Personen auf dem Arbeitsmarkt ermöglicht. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse nicht durch ein hypothetisches Setting verzerrt. Andererseits beschränkt die Methode die Analyse auf den arbeitenden Teil der Bevölkerung, für den auch tatsächlich Lohndaten vorliegen. Zudem ist sie ökonometrisch und konzeptionell anspruchsvoll.

#### Qualität der Methode

Die hedonische Lohnmethode basiert auf dem realen Verhalten von Personen, so dass keine hypothetischen Szenarien betrachtet werden müssen. Darüber hinaus können intangible Kosten erfasst werden, die einen großen Teil der gesamten Krankheitskosten ausmachen können. Dennoch gibt es einige Nachteile mit negativen Implikationen für die Qualität der Methode: Erstens beschränkt sich die hedonische Lohnmethode auf die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (Lindhjem et al., 2010, S. 11). Folglich werden beispielsweise Kinder und ältere Menschen von der Analyse ausgeschlossen, was erhebliche Folgen für die ökonomische Bewertung umweltbedingter Erkrankungen haben kann. So heben Cropper et al. (2011 S. 26) hervor, dass vor allem ältere Menschen von Umweltbelastungen betroffen sind.

Darüber hinaus haben hedonische Lohnstudien meist wenig oder gar keinen Bezug zu Umweltwirkungen. Lindhjem et al. (2010, S. 11) erklären, dass sich diese Studien auf das momentane Sterberisiko durch einen Unfall konzentrieren, während Umweltauswirkungen häufig erst nach langer Latenzzeit zu Krankheiten führen. Die hedonische Lohnmethode basiert zudem auf einer Reihe von Annahmen, die in der Praxis eher unzutreffend sind. Die Methode geht beispielsweise davon aus, dass die Risikowahrnehmung der Beschäftigten den tatsächlichen Risiken übereinstimmt (Pearce et al., 2006, S. 201).

#### Ethische und rechtliche Aspekte

Die hedonische Lohnmethode leitet einen monetären Wert hauptsächlich aus dem Verhalten einer bestimmten Teilgruppe der Gesellschaft ab (d. h. Menschen im erwerbsfähigen Alter, die bereit sind, ein arbeitsbezogenes Risiko einzugehen) und erzeugt ein Bewertungsergebnis, das für eine breitere Bevölkerung bestimmt ist. Soweit das Bewertungsniveau verzerrt und daher nicht zutreffend ist, würde seine Verwendung in einer ökonomischen Analyse ethische Bedenken im Zusammenhang mit einer versteckten Ungenauigkeit der Ergebnisse aufwerfen. Aus rechtlicher Perspektive ist diese Methode nicht problematisch.

#### Ressourcenbedarf

Eine große Einschränkung der hedonischen Lohnmethode in Bezug auf den Ressourcenbedarf ist die Komplexität der ökonometrischen Analyse und das damit zusammenhängende

Fachwissen, das für die Durchführung einer Studie erforderlich ist. Zu den ökonometrischen Herausforderungen gehört beispielsweise die Abschätzung des Sterblichkeitsrisikos am Arbeitsplatz (Cropper et al., S. 6). Zusätzlich erläutert Chanel (2011 S. 9) die Schwierigkeit, ein bestimmtes Risiko zu isolieren, wenn mehrere Risikofaktoren einen Job charakterisieren. Cropper et al. (2011 S. 6-10) diskutieren andere ökonometrische Herausforderungen, wie etwa die Spezifikation, fehlende Variablen und die Endogenität des Risikos. Außerdem bedarf es eines umfangreichen Datensatzes. Die der Analyse zugrundeliegenden Daten sollen Variablen enthalten, die sich auf die Merkmale der Beschäftigten (berufsbezogen und persönlich, z. B. Bildung bzw. Alter), des Arbeitsplatzes (z. B. Anzahl der Beschäftigten) sowie auf andere Faktoren (z. B. Arbeitsplatzrisiko) beziehen (Spengler, 2004 S. 276).<sup>17</sup>

### Anschlussfähigkeit der Ergebnisse

Soweit sich eine Umweltwirkung auf das Risiko eines plötzlich eintretenden Todes bezieht, kann ein mit der hedonischen Lohnmethode ermittelter VSL-Wert als angemessen gelten. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Umweltbelastungen sind jedoch meist von längerer Dauer und die Exposition häufig kumulativ, so dass eine Todesfolge in der Regel nicht sofort eintritt, sondern erst nach einer längeren Belastungsdauer. Aus diesem Grund sind die über die hedonische Lohnmethode abgeleiteten VSL-Werte weniger geeignet als andere Methoden zur gesundheitsökonomischen Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten.

**Tabelle 17: Stärken und Schwächen der hedonischen Bewertungsmethode**

Stärken	Schwächen
Ist-Verhalten wird beobachtet [Verlässlichkeit]	Beschränkung der Analyse auf Personen am Arbeitsmarkt [Vollständigkeit]
Erfassung intangibler Kosten möglich [Vollständigkeit]	Studien dieser Art bewerten selten die umweltbedingten Krankheitslasten [Anschlussfähigkeit an EBD]
	Nicht plausible Annahmen (z. B. dass Beschäftigte Risiken exakt einschätzen) [Verlässlichkeit]
	Ökonometrische Schwierigkeiten [Fachwissen]
	Umfassende Datenbestände erforderlich [Ressourcenbedarf]

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

### 6.3.1.3 Beispielstudien

Die folgende Tabelle 18 zeigt Literatur zur hedonischen Lohnmethode mit Bezug auf Deutschland.

**Tabelle 18: Exemplarische Studien, die die hedonische Lohnmethode verwenden**

Quelle	Krankheit	Land	Anmerkung
Spengler (2004)	Nicht krankheitsspezifisch	Deutschland	Empirische Untersuchung, um einen VSL-Wert für Deutschland zu ermitteln
Schaffner & Spengler (2010)	Nicht krankheitsspezifisch	Deutschland	Empirische Untersuchung, um einen VSL-Wert für Deutschland zu ermitteln

<sup>17</sup> Weitere Informationen über Datenquellen in Deutschland, siehe: Spengler (2004).

### Hedonische Lohnmethode – weiterführende Literatur

Cropper (2011 S. 5-14): Diskussion der hedonischen Lohnmethode, einschließlich theoretischer Grundlagen und methodischer Schwierigkeiten.

## 6.4 Kontingenten-Bewertungsmethode

### Kontingenten-Bewertungsmethode – auf einen Blick

Bei der Kontingenten-Bewertungsmethode (Contingent Valuation method – CV) handelt es sich um eine Stated-Preference-Methode unter Verwendung eines Fragebogendesigns. Hierbei wird den Befragten ein hypothetisches Szenario vorgelegt, in dem sie ihre Zahlungsbereitschaft für eine Ware oder Dienstleistung angeben, für die es keinen Marktpreis gibt. Im vorliegenden Fall ist das zu bewertende Gut eine hypothetische Änderung des eigenen Gesundheitszustandes (oder die Änderung des statistischen Risikos). Die Kontingenten-Bewertungsmethode ist für ihre Flexibilität bekannt und kann in verschiedenen Kontexten angewandt werden. Insbesondere können intangible Kosten berücksichtigt werden. Kritisiert werden der hypothetische Ansatz und der daraus potenziell resultierende Bias, sowie dessen möglicher Einfluss auf die Verlässlichkeit der Bewertung.

### 6.4.1 Beschreibung des Ansatzes

In einer WTP-Studie, in der die Kontingenten-Bewertungsmethode angewandt wird, werden Probandinnen und Probanden nach ihrer Zahlungsbereitschaft für nicht-handelbare Güter oder Dienstleistungen gefragt. In der Gesundheits- und Umweltökonomie wird die Kontingenten-Bewertungsmethode häufig verwendet, um Präferenzen hinsichtlich verschiedener Behandlungsmethoden, der Morbiditätskosten oder der Reduzierung eines Sterberisikos zu schätzen. Anhand der Methode kann auch ein VSL abgeleitet werden.

Pearce et al. (2006 S. 108) erläutern, dass eine typische Kontingenten-Bewertung aus drei Hauptteilen besteht: 1) Fragen zur Einstellung zum zu bewertenden Gut; 2) ein Kontingenzszenario, in dem die Probandinnen und Probanden nach ihrer Zahlungsbereitschaft gefragt werden; 3) Fragen zu den sozioökonomischen und demografischen Merkmalen. Kontingenten-Bewertungsstudien unterscheiden sich je nach gewähltem Erhebungsformat, z. B. der Art und Weise, wie Befragte gebeten werden, ihre Präferenzen im Kontingenzszenario anzugeben.

Die nachfolgende Klassifizierung der Erhebungsformate wurde von Pearce et al. (2006 S. 115) vorgeschlagen. Die Autoren unterscheiden zwischen offenen Fragen, Bidding Game, Zahlungskarte und dichotomen Auswahlmöglichkeiten. Bei offenen Fragen können die Probandinnen und Probanden ihre eigenen Bewertungen ohne Vorgaben abgeben. Das Bidding Game ist ein Erhebungsformat, bei dem sukzessive Fragen mit steigenden bzw. sinkenden WTP-Werten den Befragten vorgelegt werden. Wenn die Zahlungskarte verwendet wird, werden den Befragten mehrere mögliche Geldbeträge vorgelegt, aus denen sie denjenigen auswählen, der ihrer (maximalen) Zahlungsbereitschaft (WTP) am nächsten kommt. Die dichotome Auswahlfrage (auch Referendum-Methode genannt) bezieht sich auf einen Fragentyp, in dem die Personen angeben, ob sie bereit wären, einen für ein bestimmtes Gut festgelegten Betrag zu zahlen oder nicht.

## 6.4.2 Stärken und Schwächen

Die größte Stärke der Kontingenten-Bewertungsmethode ist ihr Potential, alle Kostenarten abzudecken. Insbesondere intangible Kosten können so erfasst werden. Aufgrund ihrer flexiblen Einsatzmöglichkeiten erlaubt es die Methode, z. B. Umfragen zielgerichtet an sehr verschiedene Entscheidungssituationen und Bewertungen anzupassen.

Die Methode wird allerdings wegen ihres hypothetischen Charakters kritisiert. Auch aufgrund dessen werden ihre Ergebnisse z. T. nicht als zuverlässige Bewertungen angesehen. Im Laufe der Zeit wurden jedoch eine Reihe von Validierungstests und Empfehlungen entwickelt, die auf diesen Kritikpunkt eingehen. Insbesondere sind hier die speziell für diese Methode entwickelten Arrow-Solow-Kriterien zu nennen, bekannt auch unter dem Begriff „NOAA Panel on Contingent Valuation“ (Arrow et al., 1993), die als Leitfaden zur Erstellung von CV-Studien dienen.

Mittlerweile wird diese Methode in der Wissenschaft und bei politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern weithin akzeptiert.

### Qualität der Methode

Der Hauptvorteil der Kontingenten-Bewertungsmethode ist die Möglichkeit die Zahlungsbereitschaft für nicht-handelbare Güter oder Dienstleistungen ermitteln zu können (Friedrich et al., 2004, S. III-9). Diese Eigenschaft ist für die gesundheitsökonomische Bewertung zentral, da intangible Kosten einen großen Teil der ökonomischen Krankheitskosten ausmachen können. Atkinson et al. (2018 S. 86) heben besonders die Flexibilität dieser Methode hervor, da sie zur Bewertung fast aller Güter ohne Marktpreise verwendet werden kann.

Ein Kritikpunkt an der Kontingenten-Bewertungsmethode ist ihr hypothetischer Charakter. Dieser kann die Zuverlässigkeit der WTP-Ergebnisse einschränken. Beispielsweise können Befragte ihre eigenen Budgetbeschränkungen außer Acht lassen und in der Folge überhöhte und daher unrealistische Werte angeben. Es kann zudem nicht überprüft werden, ob sich eine Person auch außerhalb des Befragungsszenarios in der gleichen Weise verhalten würde, wie in der Umfrage angegeben (Bickel et al., 2005 S. 20). Darüber hinaus kann es für die Befragten schwierig sein, bestimmten Gütern einen Preis zuzuordnen, für die sie normalerweise nicht bezahlen müssen oder können (DEC NSW, 2005 S. 29). Die kognitiven Herausforderungen der Kontingenten-Bewertungsstudien können zu verschiedenen Verzerrungen der Ergebnisse führen und folglich die Zuverlässigkeit der Methode untergraben.<sup>18</sup> Pearce et al. (2006) verweisen in diesem Zusammenhang auf indirekte Testverfahren, die die Validität und Reliabilität von Werten prüfen, die in Studien mittels Kontingenten-Bewertung erzielt wurden.

### Ethische und rechtliche Aspekte

Die Methode eignet sich gut für die Anwendung unter erwachsenen Befragten, die in der Lage sind, sich in hypothetische Situationen hineinzudenken, die sich innerhalb eines CV-Studienformats ergeben, und die Erfahrung mit finanziellen Entscheidungen im Zusammenhang mit ihrem eigenen Einkommen und Vermögen haben. Kinder sind jedoch nicht in der Lage, solche Fragen und Entscheidungen kognitiv oder erfahrungsmäßig zu beantworten. Daher stützen sich CV-Studien auf die Bewertung der Eltern, um die Zahlungsbereitschaft für pädiatrische Gesundheitsmaßnahmen oder Maßnahmen zur Vermeidung negativer gesundheitlicher Folgen bei Kindern zu ermitteln. Würden die Antworten der Eltern auf CV-Fragen dazu führen, dass das Leben ihrer Kinder auf einem Niveau unterhalb der Werte der erwachsenen Befragten bewertet wird, würde sich eine erhebliche ethische Frage stellen, ob das Leben der Kinder systematisch unterbewertet wird. Die Ergebnisse der Literatur deuten jedoch

<sup>18</sup> Beispiele von potenziellen Verzerrungen (Bias) sind: strategisches Verhalten, Embedding- bzw. Scoping-Probleme oder der Anchoring- und Informations-Bias (Pearce et al., 2006, S. 119).

auf Bewertungen des Kinderlebens hin, die im Allgemeinen über denen der Erwachsenen liegen (OECD, 2010 S. 140-145). Aus rechtlicher Perspektive ist diese Methode nicht problematisch.

**Ressourcenbedarf**

Ein wesentlicher Nachteil der Kontingenten-Bewertungsmethode ist der hohe Ressourcenaufwand für die Durchführung der Umfragen. Zahlreiche Verzerrungen können die Ergebnisse einer Kontingenten-Bewertung beeinflussen. Deshalb ist Expertenwissen in allen Phasen der Studiendurchführung erforderlich, einschließlich des Studiendesigns, der Ergebnisanalyse und der Validitäts- und Reliabilitätstests. Auch Pearce et al. (2006 S. 137) weisen darauf hin, dass die Durchführung einer Kontingenten-Bewertungsstudie ein kostspieliges Unterfangen sein kann.

**Anschlussfähigkeit der Ergebnisse**

Die Verwendung von Studien zur Kontingenten-Bewertung ist weit verbreitet und wird unter Ökonominnen und Ökonomen als Mittel zur Ableitung monetärer Werte für Gesundheitseinbußen akzeptiert. CV-Studien können so konzipiert werden, dass sie ganz spezifisch für verschiedene Krankheiten und Symptome ausgelegt sind. Die wissenschaftliche Literatur, in der CV-Bewertungen beschrieben werden, war auch eine wichtige Grundlage für Metastudien zur Ableitung von Bewertungen von Gesundheitseinbußen, die allgemeiner angewendet und zuverlässig mittels Benefit Transfer eingesetzt werden können. Monetäre Werte aus CV-Studien werden auch in namhaften nationalen und internationalen Studien zur Gesundheitsökonomie im Zusammenhang mit Umweltfragen sowie in verschiedenen Leitfäden verwendet, die Best Practices und bevorzugte Monetarisierungsparameter für die Nutzung beschreiben.

**Tabelle 19: Stärken und Schwächen der Kontingenten-Bewertungsmethode**

Stärken	Schwächen
Abdeckung aller Kostenkategorien möglich [Vollständigkeit]	Hypothetischer Charakter und kognitiver Bias möglich [Verlässlichkeit]
Flexibilität [Vollständigkeit]	Ressourcenintensiv [Kosten]
Test-Verfahren (Validität und Reliabilität) zur qualitativen Prüfung der Ergebnisse wurden entwickelt [Verlässlichkeit]	Umfangreiches Expertenwissen zu Studiendesign und für die Ergebnisinterpretation nötig [Fachwissen]

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

**6.4.3 Beispielstudien**

Hunt und Ferguson (2010 S. 27) bemerken, dass in ihrer Literaturdatenbank von gesundheitsökonomischen Stated-Preference-Studien im Umweltkontext die Kontingenten-Bewertungsmethode dominiert. Tabelle 20 gibt diesbezüglich einen Überblick einiger Studienbeispiele.

**Tabelle 20: Exemplarische Studien, die den Kontingenten-Bewertungsansatz verwenden**

Quelle	Krankheit	Land	Erhebungsformat
Hunter et al. (2012)	Gesundheitsrisiken durch toxinproduzierende Cyanobakterien	Großbritannien (Schottland)	Zahlungskarte

Quelle	Krankheit	Land	Erhebungsformat
Liao et al. (2010)	Herz-Kreislauf-Erkrankungen	Taiwan	Dichotome Auswahlfrage
Stavem (1999)	Epilepsie	Norwegen	Bidding Game
Shiroiwa et al. (2013)	Verschiedene Gesundheitszustände	Japan	Dichotome Auswahlfrage
Brandt et al. (2014)	Asthma bei Kindern	USA	Dichotome Auswahlfrage (Ergebnisse aus einer anderen Studie)

#### Kontingenten-Bewertungsmethode – weiterführende Literatur

Pearce et al. (2006 S. 105-124): Detaillierte Beschreibung der Kontingenten-Bewertungsmethode einschließlich einer Diskussion der Erhebungsformate, der Beschreibung des Fragebogens, der Konstruktion des hypothetischen Szenarios und der Zuverlässigkeit der Methode.

Hunt und Ferguson (2010 S. 27-33): Methodische Fragen und entsprechende Literatur zu Präferenzstudien, die sich auf krankheits- und umweltbezogene Bewertungen beziehen.

Atkinson, et al. (2018 S. 112-116): Aktuelle Entwicklungen zur Kontingenten-Bewertungsmethode, insbesondere die zunehmende Bedeutung von Umfragen mittels Online-Tools.

Friedrich et al. (2004 S. III-11 - III-12): Typologie möglicher Bias bei Kontingenten-Bewertungsstudien.

## 6.5 Choice-Modelling-Ansätze

### Choice-Modelling – auf einen Blick

Choice-Modelling ist ein Bündel von Stated-Preference-Methoden mit mehrdimensionalem Charakter. Diese Ansätze, z. B. Choice-Experimente, Kontingentes Ranking oder Kontingentes Rating, vergleichen Güter oder Politikoptionen, die sich bezüglich verschiedener Attribute und deren Ausprägungen unterscheiden.

Die Mehrdimensionalität von Choice-Modelling eignet sich besonders für die Analyse komplexer Politikoptionen mit mehreren miteinander verknüpften Variablen. Allerdings bedarf dies eines relativ komplexen Studiendesigns, statistischer Analysen und erhöhter kognitiver Aufmerksamkeit der Befragten (im Vergleich z. B. zum Kontingenten-Bewertungsansatz).

### 6.5.1 Beschreibung des Ansatzes

Die nachfolgende Beschreibung der Choice-Modelling-Ansätze und deren Analyse hinsichtlich Stärken und Schwächen basiert auf Pearce et al. (2006 S. 125-139).

CM ist ein Bündel von Stated-Preference-Methoden. Die mit Hilfe eines CM-Ansatzes untersuchten Güter werden mit Attributen und deren jeweiligen Ausprägungen beschrieben. Wenn der Wert oder die Kosten eines Gutes als eines seiner beschriebenen Attribute einbezogen wird, kann auch die Zahlungsbereitschaft der Befragten statistisch ermittelt werden. Beispiele für CM sind Choice-Experiment, Kontingentes Ranking und Kontingentes Rating. In einem Choice-Experiment werden Studienteilnehmende aufgefordert, ihre bevorzugte Option aus einer Reihe von Alternativen zu wählen, die sich in Bezug auf ihre Ausprägungen der Attribute unterscheiden. Pearce et al. sehen Choice-Experimente als den vorherrschenden CM-Ansatz bei Umweltgütern. Bei einem Kontingenten-Ranking ordnen Probandinnen und Probanden alle Optionen in Bezug auf ihre Präferenzen (dies entspricht einer Folge von Choice-Experimenten). Für ein Kontingentes Rating bewerten Befragte verschiedene Optionen anhand einer numerischen oder einer semantischen Skala.<sup>19</sup>

### 6.5.2 Stärken und Schwächen

Die größte Stärke von CM-Ansätzen ist ihre Multidimensionalität. Anstatt eine Reihe von Kontingenten-Bewertungsstudien durchzuführen, ermöglicht sie es, mehrere Attribute gleichzeitig zu untersuchen. CM-Studien liefern zudem komplexere statistische Informationen als Kontingenten-Bewertungsumfragen. Allerdings führt die Multidimensionalität zu bestimmten Nachteilen. Das komplexe Studiendesign und der daraus resultierende kognitive Aufwand für die Befragten und anspruchsvolle statistische Analysen stellen mitunter beträchtliche Herausforderungen dar.

#### Qualität der Methode

Die Stärke der CM-Ansätze ist es, komplexe Situationen mehrdimensional zu beurteilen. So können beispielsweise zeitgleich Änderungen verschiedener Aspekte eines Umweltprogramms parallel untersucht werden. Wenn der Status Quo eine der Optionen ist, wird unterstellt, dass Präferenzen, die mittels Choice-Experiment oder Kontingentem Ranking erfragt wurden, kompatibel zur Nachfragetheorie und zur Nutzenmaximierung sind (siehe Pearce et al. 2006, S. 130 für weiterführende Details). Ein weiteres Qualitätsmerkmal von CM ist, dass mit diesem Ansatz einige der befragungsbedingten Probleme des CV-Ansatzes behoben werden können.

<sup>19</sup> Die Werte auf einer semantischen Skala sind mit Wörtern gekennzeichnet, die mögliche Empfindungen oder Präferenzen beschreiben (z. B. immer – manchmal -- nie).

Beispielweise analysieren CM-Studien mehrere Antworten pro befragter Person. Dadurch stellen sie eine Art internen Scope-Test dar.<sup>20</sup>

Aufgrund der Möglichkeit, mehrere Beobachtungen darüber durchzuführen, wie die Befragten bestimmte Attribute schätzen, kann mit CM-Ansätzen eine robustere Bewertung erstellt werden als mit Discrete-Choice-Ansätzen. Allerdings können CM-Ansätze dennoch verschiedenen Verzerrungen unterliegen, z. B. Verzerrungen aufgrund ihrer hypothetischen Natur. Da die Befragten außerdem mehrere Entscheidungen oder Rankings auf der Grundlage mehrerer Attribute und Ebenen treffen müssen, stellen diese Ansätze eine erhöhte kognitive Herausforderung dar, was sich negativ auf die Qualität der Schätzungen auswirken kann.

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Die Choice-Modelling-Ansätze teilen eine gemeinsame theoretische Grundlage mit der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Methode der bedingten Bewertung. Es gibt keine weiteren ethischen und rechtlichen Aspekte als die bereits erwähnten für die CV-Methode.

### **Ressourcenbedarf**

Choice-Modelling-Ansätze sind meist komplexer in der Umsetzung und damit ressourcenintensiver. Navrud (2004, zit. nach Bickel et al., 2005, S. 21) weist darauf hin, dass Discrete-Choice-Experimente Fragen der Entwurfsplanung mit sich bringen, da mehrere Güter beschrieben und statistische Verfahren angewandt werden müssen. Pearce et al. (2006) machen zudem auf Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Studiendesign von CM-Experimenten aufmerksam. Sie stellen fest, dass die Präferenzen durch verschiedene Entscheidungen im Prozess des Studiendesigns beeinflusst werden können. Beispielsweise können durch die Wahl der Attribute und deren Ausprägungen sowie durch die Art und Weise, wie sie den Befragten vorgelegt werden, Studienergebnisse entsprechend beeinflusst werden. Allerdings kann die Durchführung einer CM-Studie auch Ressourcen sparen. So können Choice-Modelling-Experimente Bewertungen für mehrere Attribute liefern und damit mehr Informationen erzeugen als eine Kontingenten-Bewertung.

### **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse**

CM-Ansätze werden in Situationen eingesetzt, in denen die Mehrdimensionalität der Bewertungsübung einen anspruchsvolleren und ressourcenintensiveren Ansatz zur Isolierung gesundheitspezifischer WTP erfordert. Im Vergleich zur CV-Methode wird die CM-Methode in gesundheitsökonomischen Studien seltener eingesetzt. Die Ergebnisse der CM-Bewertungen teilen jedoch eine ähnliche Akzeptanz wie CV-basierte Ergebnisse, vorausgesetzt, dass die jeweiligen Studien von hoher Qualität sind. Beide Methoden basieren auf erklärten Präferenzen zur Bestimmung der Zahlungsbereitschaft, und ihre Ergebnisse können für die Einbeziehung in Metaanalysen zur Ableitung von Bewertungen, die für die Anwendung in Benefit Transfer Studien geeignet sind, berücksichtigt werden. Tabelle 21 fasst Stärken und Schwächen der Choice-Modelling-Ansätze zusammen.

---

<sup>20</sup> Unter einem Scope-Test versteht man hier die Prüfung, ob Güter von einer besseren Qualität oder in größerer Mengen höhere WTP-Werte zur Folge haben. In einem internen Scope-Test bewertet eine Gruppe der Befragten verschiedene Güterniveaus, während in einem externen Scope-Test mehrere (aber vergleichbare) Probandengruppen unterschiedliche Güterniveaus bewerten (Pearce et al., 2006, S. 119).

**Tabelle 21: Stärken und Schwächen der Choice-Modelling-Ansätze**

Stärken	Schwächen
Änderungen verschiedener Attribute gleichzeitig prüfbar [Vollständigkeit]	Gefahr von Bias, z. B. Bias aufgrund der Nutzung hypothetischer Szenarien [Verlässlichkeit]
Einige CM-Ansätze können detailliertere Bewertungsunterschiede liefern als eine Kontingenten-Bewertung [Verlässlichkeit]	Erhöhte kognitive Herausforderung für die Befragten [Verlässlichkeit]
Vermeidung befragungsbedingter Probleme der Kontingenten-Bewertung (z. B. inkonsistente Bewertungen eines Befragten) [Verlässlichkeit]	Komplexes Studiendesign aufgrund der Multidimensionalität [Fachwissen]
Anschlussfähig zur Nachfragetheorie und Nutzenmaximierung [Verlässlichkeit]	

Die Begriffe in den Klammern beziehen sich auf die Kriterien aus Tabelle 7 (Kapitel 2).

### 6.5.3 Beispielstudien

Die folgende Tabelle zeigt Beispiele für Literatur, in denen CM-Ansätze verwendet werden.

**Tabelle 22: Exemplarische Studien, die Choice Modelling verwenden**

Quelle	Krankheit	Land
Scasny and Alberini (2012)	Mortalitätsrisiken aufgrund des Klimawandels	Tschechien
Chuck et al. (2009)	Chronische Schmerzen	Kanada
Tinelli et al. (2016)	Koronare Herzerkrankung	Großbritannien

#### Choice Modelling – weiterführende Literatur

Pearce et al., (2006 S. 125-139): Detaillierte Beschreibung von CM, u. a. mit einer Erläuterung der verschiedenen Ansätze, der Vor- und Nachteile, mit praxisnahen Anwendungsbeispielen und einem Vergleich mit der Kontingenten-Bewertungsmethode.

Atkinson et al., (2018 S. 144-149): Erörterung aktueller Entwicklungen zum Choice Experiment.

Telser (2002): Methodische Fragen zu Design, Durchführung und Auswertung von Discrete-Choice-Experimenten sowie zur Durchführung einer empirischen Studie in der Schweiz. In dieser Studie wird der Nutzen einer Risikoreduktion bei Schenkelhalsfrakturen mittels unterschiedlicher Konzepte für Hüftprotektoren bei Senioren untersucht (Dissertation).

## 7 Übersicht und Analyse der gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren

Die im vorhergehenden Abschnitt diskutierten ökonomischen Methoden (sowie deren Kombinationen) können in verschiedenen gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren verwendet werden. Derartige Bewertungsverfahren unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht – einschließlich ihrer Zwecke und Kostenarten, die oft durch die Wahl der eingesetzten Methoden bestimmt und damit eng mit dieser verbunden sind. Im Folgenden werden verschiedene gesundheitsökonomische Bewertungsmethoden diskutiert. Nach einer Kurzbeschreibung werden ihre Stärken und Schwächen sowie wichtige praktische Ratschläge aufgezeigt und im Sinne relevanter Umweltfragen kontextualisiert.

Der Abschnitt beginnt mit dem auf Marktpreisen basierenden ökonomischen Ansatz der COI (inkl. Produktionsausfall). Diesem Ansatz, der vorwiegend zur Monetarisierung von Morbiditätsauswirkungen verwendet wird, folgt ein WTP-basierter Ansatz zur Bewertung von nicht-tödlichen Auswirkungen auf die Gesundheit. Anschließend werden WTP-basierte Ansätze vorgestellt, die sich auf Mortalitätseffekte konzentrieren, insbesondere der Wert des statistischen Lebens (VSL) und die VOLY.

### 7.1 Cost of Illness, inklusive Produktionsausfall

*Hinweis: Einige COI-Studien beinhalten auch Komponenten, die auf der Zahlungsbereitschaft (WTP) basieren. Dieser Bericht behandelt WTP separat und beschränkt den COI-Ansatz auf die folgenden Komponenten: 1) Bewertung von direkten Kosten auf Basis von bezahlten Ausgaben; und 2) Bewertung des Produktionsausfalls (CPL).*

#### Cost of Illness – auf einen Blick

COI-Studien fassen jene Kostenkategorien zusammen, für die Marktpreise vorliegen (einschließlich direkter und indirekter Kosten). Durch die Addition der angefallenen Kosten (direkte Kosten) und die Abschätzung der Produktionsverluste (indirekte Kosten), ermittelt nach der Humankapital- oder der Friktionskostenmethode, können die einzelnen Kostenbestandteile errechnet werden.

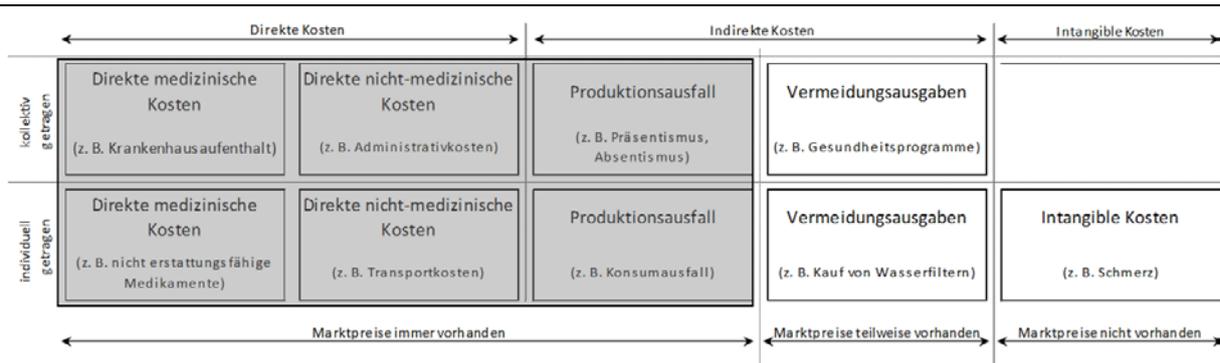
Das Hauptargument für den Einsatz von COI-Studien ist ihre einfache Durchführung. Die Methodik ist vergleichsweise unkompliziert, und die Resultate sind für die Öffentlichkeit leicht nachvollziehbar. Darüber hinaus existieren bereits viele nutzbare Datenquellen, z. B. in Form von nationalen Statistiken. Allerdings können sich die Ergebnisse einzelner COI-Studien aufgrund der angewandten Methodik, der zugrunde gelegten Datenquellen, der getroffenen Annahmen und weiterer Faktoren erheblich unterscheiden. Aus diesem Grund müssen sowohl die Interpretation der Ergebnisse als auch Vergleiche zwischen verschiedenen Studien sowie die Übertragung von Schätzungen auf unterschiedliche Kontexte sorgfältig geprüft werden. Darüber hinaus liefern COI-Studien i. d. R. keine Bewertung der intangiblen Kosten, was in vielen Fällen zu einer deutlichen Unterschätzung der gesamten Krankheitskosten führen kann.

#### 7.1.1 Beschreibung des Ansatzes

COI-Studien bewerten krankheitsbedingte Kosten, für die es Marktpreise gibt – darunter fallen vor allem direkte Krankheitskosten, indirekte gesundheitsbezogene Kosten und Produktionsverluste. Da es keine Marktpreise für intangible Kosten gibt, wird diese Kategorie in COI-Studien nicht berücksichtigt (Boesch, et al., 2008 S. 23). Daher eignen sich COI-Studien besonders dort, wo intangible Kosten relativ niedrig ausfallen. Dies ist in der Regel bei leichten, akuten Erkrankungen der Fall (U.S. Environmental Protection Agency, 2010 S. 7-33).

Die Entscheidung, welche Kostenkategorien in eine COI-Studie einfließen, kann je nach Studienzweck, der gewählten Perspektive und anderen Faktoren variieren. Die Summe der direkten Kosten (berechnet nach dem Marktpreisansatz) und des Produktionsverlustes (berechnet nach der Humankapital- oder Friktionskostenmethode) kann so zum Beispiel ermittelt werden. Falls allerdings nur die Gesundheitsausgaben im Vordergrund stehen, können alternativ auch nur die direkten Krankheitskosten, wie z. B. Krankenhaus- und Medikamentenkosten, addiert werden. Abbildung 6 (schattierte Fläche) veranschaulicht die mögliche Abdeckung der Kosten einer COI-Studie. Die Durchführung von COI-Studien wird häufiger zur Beurteilung der Auswirkungen von Morbidität als zur Beurteilung der Auswirkungen von Mortalität verwendet (DEC NSW, 2005 S. 30).

**Abbildung 6: Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer COI-Studie (Beispiel)**



Hinweis: Im schattierten Bereich werden die Kostenarten Kategorien dargestellt, die mithilfe der COI-Methode einschließlich der Produktionsverluste erfasst werden können (Beispiel). Quelle: Ecologic Institut, basierend auf: Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008).

Eine COI-Studie kann verschiedenen Zwecken dienen. Beispielsweise können Kostenschätzungen als Argumente für eine Schwerpunktsetzung auf Maßnahmen mit einem Gesundheitsbezug genutzt werden. Darüber hinaus können Studienergebnisse als Grundlage für die Analyse möglicher Gesundheitsmaßnahmen dienen (Jo, 2014, S. 328). Eine COI-Studie ist jedoch keine alleinstehende Basis für Allokationen von Ressourcen, sondern stellt einen Referenzpunkt für weitere Analysen dar (Kobelt, 2013, S. 23).

Bei der Planung einer COI-Studie müssen mehrere Aspekte berücksichtigt werden, die über die wichtige Frage hinausgehen, welche Kostenkategorien in die Bewertung einbezogen werden sollen. Dabei ist zu entscheiden, ob ein Inzidenz- oder Prävalenzansatz gewählt wird.

Prävalenzstudien sind insbesondere für politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger von besonderem Interesse. Durch Schätzungen über angefallene Krankheitskosten innerhalb eines bestimmten Zeitraums (meist ein Jahr) können Planung und Budgetierung leichter abgeleitet werden. Sofern Untersuchungen regelmäßig über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurden, können auch Veränderungen der Kosten aufgezeigt und mögliche Prognosen über zukünftige Trends abgegeben werden. Laut Jo (2014, S. 331) dominieren prävalenzbasierte COI-Studien die Literaturlandschaft. Der Inzidenz-basierte Ansatz stellt jedoch eine geeignete Alternative dar. Hier wird die Zahl der neuen Fälle von z. B. Krankenhausaufenthalten oder Sterbefällen in einem Jahr und die daraus resultierenden Kosten über die verbleibende Lebenszeit geschätzt (Jo, 2014, S. 332). Kobelt (2013 S. 27) weist jedoch darauf hin, dass diese Perspektive sinnvoller sei, sofern die Auswirkungen einer Behandlung im Hinblick auf zukünftige Kosten beurteilt werden sollen. Andererseits ist dieser Ansatz bei chronischen Krankheiten mit einem jahrzehntelangen Krankheitsverlauf schwierig anzuwenden, weil die Kosten über den gesamten Verlauf betrachtet werden müssen.

Eine weitere Entscheidung bei einer COI-Studie betrifft den Zeitpunkt der Datenerhebung. Eine retrospektive Auswertung ist möglich, d. h. die Erfassung bereits vorliegender Messpunkte zu Ereignissen vor Studienbeginn. Der Vorteil dieses Ansatzes ist der geringere Kosten- und Zeitaufwand, da bereits erfasste Daten genutzt werden. Dem gegenüber steht jedoch der Einwand, dass derartige Studien auf bereits vorhandene Datensätze beschränkt ist. Alternativ kann hingegen ein prospektiver Ansatz gewählt werden, bei dem die Ereignisse im Verlauf der Studie analysiert und so die entsprechenden Daten über die Zeit erfasst werden. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, bedarfsgerechte Datenerfassungssysteme zu entwickeln. Ist die analysierte Krankheit langwierig, führt dies zu einem hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand (Jo, 2014, S. 332).

Vor der Durchführung einer COI-Studie ist auch eine Entscheidung über einen bestimmten Kalkulationsansatz zu treffen. In einer Studie, die einen Top-down-Ansatz verfolgt, werden Datensätze verwendet, um die Kosten für eine bestimmte Prävalenzstichprobe zu ermitteln. Die Unvollständigkeit von Datenbanken oder die mangelnde Verfügbarkeit von Kostendaten können bei diesem Ansatz zur Unterbewertung der Kosten führen (Kobelt, 2013 S. 28). Als Alternative bietet sich ein Bottom-up-Ansatz an, bei dem die Kosten für eine bestimmte Stichprobe abgeschätzt und Prävalenzdaten verwendet werden. So können beispielsweise die Schätzungen auf nationaler Ebene aggregiert werden. Bei dieser Herangehensweise besteht die Herausforderung, eine nicht verzerrte und für die gesamte Bevölkerung repräsentative Stichprobe zu verwenden (Kobelt, 2013 S. 28). In Fällen von Komorbiditäten kann die Anwendung des Bottom-up-Ansatzes zu Doppelzählungen von Kosten führen (siehe z. B. Andlin-Sobocki et al., 2005, S. 5, 6). Eine weitere Möglichkeit ist der ökonometrische Ansatz, bei dem die Kostenunterschiede zwischen zwei Kohorten – mit und ohne Erkrankung – ausgewertet werden. (Jo, 2014, S. 333).

### 7.1.2 Bewertung des Ansatzes

COI-Studien werden häufig in verschiedenen Kontexten eingesetzt. Die Ursache hierfür könnte in der vergleichsweise einfachen Durchführung des Studiendesigns und der damit verbundenen Verständlichkeit der Ergebnisse liegen. Die Hauptkritik an COI-Studien ist dagegen, dass sie sich auf direkte und indirekte Kosten beschränken. Intangible Kosten, die einen großen Teil der Gesamtkosten verursachen können, bleiben daher unberücksichtigt.

#### Qualität der Methode

Der große Vorteil von COI-Studien liegt darin, dass die errechneten Werte leicht verständlich sind (DEC NSW, 2005 S. 32) und die Methodik einfach an politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zu kommunizieren ist (U.S. Environmental Protection Agency, 2010 S. 7-33). Solche Studien werden seit Jahren durchgeführt, und daher ist die Methodik gut entwickelt (U.S. Environmental Protection Agency, 2010 S. 7-33). Gemäß Boesch et al. (2008 S. 32) ist zudem das Problem der Unsicherheiten bei COI-Studien geringer als bei WTP-basierten Ansätzen.

Dennoch muss erwähnt werden, dass der COI-Ansatz nicht den exakten Marktwert eines reduzierten Gesundheitsrisikos wiedergibt. Laut der U.S. Environmental Protection Agency (2010 S. 7-33) sollten zu diesem Zweck die geschätzten direkten Kosten dem Marktwert der Güter und Dienstleistungen entsprechen, die zur Behebung der Krankheit verwendet wurden. Gleichzeitig sollen die indirekten Kosten den tatsächlichen Wert des Arbeits-, Produktions- und Freizeitverlustes einer erkrankten Person widerspiegeln. Aufgrund von Verzerrungen auf den Gesundheits- und Arbeitsmärkten ist dies häufig nicht der Fall.

Ein zu diskutierender Aspekt ist die Frage der Übertragbarkeit von Kostenschätzungen (wenn z. B. Ausgaben für eine Erkrankung zwischen verschiedenen Ländern verglichen werden sollen).

Kobelt (2013 S. 25) listet eine Reihe von Faktoren auf, die den Vergleich der Ergebnisse erschweren könnten und die berücksichtigt werden müssen, auch wenn die angewandte Methodik und die wirtschaftlichen Bedingungen in den betrachteten Ländern ähnlich sind. Dies sind z. B. Unterschiede in den Kostensätzen oder in den Eigenschaften der Patientinnen und Patienten, die zur Stichprobe der Studie gehören. Kobelt kommt zu dem Schluss, dass Ergebnisse von COI-Studien nur selten auf andere Länder übertragbar sind. Sogar innerhalb desselben Landes kann ein Vergleich der Ergebnisse eine Herausforderung sein. Die WHO (2009 S. 116) weist darauf hin, dass methodische Unterschiede bei der Schätzung der direkten und indirekten Kosten die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener COI-Studien erschwert.

Der größte Nachteil von COI-Studien ist die Nichtberücksichtigung intangibler Kosten. Die tatsächliche Größenordnung der Ausgaben kann dadurch verzerrt werden – insbesondere dann, wenn die intangible Kostenkategorie einen großen Teil der Gesamtkosten ausmacht (z. B. bei einigen chronischen Krankheiten). Zudem kann die Nichtberücksichtigung intangibler Kosten die Überzeugungskraft der Studie in Frage stellen. Darüber hinaus konzentrieren sich die COI-Studien auf die Ex-post-Kosten. Aus diesem Grund werden Risikoeinstellungen im Zusammenhang mit Ex-ante-Maßnahmen zur Verringerung von Gesundheitsrisiken in den Schätzungen nicht berücksichtigt (U.S. Environmental Protection Agency, 2010 S. 7-33).

### **Ressourcenbedarf**

Eine der Stärken von COI-Studien ist der vergleichsweise geringe Ressourcenbedarf. In vielen Fällen sind die benötigten Daten schnell verfügbar, zum Beispiel in Form von nationalen Statistiken. Auch wenn die Durchführung der Studie einen gewissen Aufwand beinhaltet, sind die Kosten im Vergleich zu anderen Studientypen häufig niedriger (U.S. Environmental Protection Agency, 2010 S. 7-33). Laut der US-Umweltschutzbehörde ermöglichen die relativ niedrigen Datenerhebungskosten die Aufstellung von Kostenschätzungen, die bei einer bestimmten (Umwelt-)Maßnahme anfallen. Darüber hinaus gelten COI-Studien in der Regel als leicht durchführbar (z. B. Chanel, 2011, S. 9; U.S. Environmental Protection Agency, 2010, S. 7-33). Hunt und Ferguson (2010 S. 24) folgend birgt die Durchführung einer COI-Studie auch gewisse Herausforderungen. Ein Beispiel für mögliche Schwierigkeiten ist die Ermittlung der Behandlungszeit und der Arbeitsausfallzeit. Gemäß den Autoren führen diese und andere Fragen dazu, dass zusätzliche Annahmen getroffen werden müssen, im günstigsten Fall in Absprache mit Gesundheitsexperten.

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Unter ethischen Gesichtspunkten sind die COI-Ergebnisse akzeptabler als z. B. die Value of a Statistical Life (VSL)-Studien, die von Nicht-Experten als Versuch, das Leben der Menschen monetär zu bewerten, missverstanden werden können. Chanel (2011 S. 14) weist ferner darauf hin, dass die COI-Schätzungen die Anwendung unterschiedlicher Werte pro Einheit in verschiedenen Städten oder Ländern ohne zusätzliche ethische Bedenken ermöglichen. Der Argumentation des Autors folgend würde die Verwendung unterschiedlich hoher VSL- oder VOLY-Werte für verschiedene Länder eine unterschiedliche Bewertung der Menschenleben an verschiedenen Orten bedeuten. COI-Studien basieren auf länderspezifischen Marktpreisen und medizinischen Behandlungsmethoden. Unter ethischen Gesichtspunkten ist diese Anwendung unterschiedlicher Werte pro Einheit in verschiedenen Städten oder Ländern unbedenklich (Chanel, 2011 S. 14).

Es scheint daher vertretbar, unterschiedliche Kosten je nach Standort anzuwenden. Hier sollten jedoch die ethischen Bedenken in Bezug auf die Methoden zur Abschätzung von Produktionsverlusten berücksichtigt werden. Im Krankheitsfall verursachen Kinder, ältere Menschen sowie Erwachsene im Arbeitsalter, die nur begrenzt oder gar nicht am Arbeitsmarkt

teilnehmen, keine oder reduzierte Produktionsverluste, die in COI-Studien miteinbezogen könnten.

### **Anschlussfähigkeit**

Bezüglich der Kommunikation der Ergebnisse an die Öffentlichkeit sind die COI-Ergebnisse akzeptabler als z. B. die Value of a Statistical Life (VSL)-Studien, die von Nicht-Expertinnen und Nicht-Experten als Versuch, das Leben der Menschen monetär zu bewerten, missverstanden werden können.

## **Cost of Illness – Praktische Hinweise für die Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten**

**Klar definierte Zielsetzung der Kostenschätzung:** Bereits vor Beginn der Kostenberechnung ist es wichtig, den Zweck der Studie und die zu berücksichtigenden Kennzahlen klar zu definieren. Das erleichtert vor allem die Beurteilung, ob COI überhaupt die richtige Methode für die anstehende Aufgabenstellung ist. Außerdem unterstützt es die Analytistin oder den Analytisten bei der Auswahl des geeigneten Studiendesigns, z. B. bei der Wahl des richtigen Ansatzes (prävalenz- vs. inzidenz-basiert), der zeitlichen Perspektive (retrospektiv vs. prospektiv) und des Kostenansatzes (top-down vs. bottom-up vs. ökonometrisch).

**Faktoren für die Wahl einer COI-Studie:** COI-Studien eignen sich für verschiedene Zwecke. Z. B. kann ein bestimmtes Thema auf der politischen Agenda in den Vordergrund gestellt oder eine Ausgangsschätzung für weiterführende Analysen vorgelegt werden. Beispielsweise können COI-Schätzungen den Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern oder der Öffentlichkeit ein verständliches Bild gesundheitlicher Auswirkungen von Umweltverschmutzungen vermitteln – insbesondere auch für Nicht-Expertinnen und Nicht-Experten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Anteil der intangiblen Kosten an den gesamten Krankheitskosten. Da COI-Studien diese Kostenkategorie nicht berücksichtigen, eignen sie sich besser für die Bewertung von Krankheitskosten, die durch einen wesentlichen Anteil an direkten und/oder indirekten Kosten gekennzeichnet sind. Im Umweltbereich scheint der Einsatz dieses Studientyps nicht praktikabel zu sein. Häufig verursachen Umweltbelastungen chronische Krankheiten, die mit langfristigen Beschwerden verbunden sind, und nicht mit einer plötzlichen Verschlechterung der Gesundheit, die eine akute Therapie erfordert (siehe z. B. Chanel, 2011, S. 12). Die Zweckmäßigkeit des COI-Ansatzes zur Beurteilung der umweltbedingten Krankheitslasten hängt von der Wahl des zu bewertenden Umweltrisikofaktors und des Gesundheitsendpunkts ab.

**Prüfung möglicher Herausforderungen:** Auch wenn die im Rahmen von COI-Studien angewandten Bewertungsmethoden im Allgemeinen klar sind, müssen mögliche Fallstricke berücksichtigt werden. Es ist daher wichtig, dass adäquate medizinische Kenntnisse für die ordnungsgemäße Durchführung einer ökonomischen Studie vorhanden sind. In einigen Fällen ist es zweckmäßig, das Studiendesign mit Gesundheitsfachleuten abzustimmen.

**Datenquellen zu Kosten:** Eine Möglichkeit besteht darin, Primärdaten selbst zu erheben und zu recherchieren. Diese Option hat den Vorteil, dass eine auf die Fragestellung zugeschnittene Studie durchgeführt werden kann. Dies ist jedoch aufwändig. Wird zudem die Komorbidität analysiert, kann die Aggregation der Daten aus der Studie zu einer Doppelzählung führen. Alternativ kann auch auf bereits verfügbare (frei zugängliche) Daten zurückgegriffen werden, z. B. aus früheren Studien oder nationalen Datenbanken. Dies kann zwar Kosten sparen, aber unter Umständen auch weniger vollständige Kostenschätzungen liefern oder zusätzliche Anpassungen erfordern, was sich wiederum negativ auf die Vollständigkeit und Genauigkeit auswirken kann.

**Umgang mit intangiblen Kosten:** Bei der Durchführung einer COI-Schätzung ist zu entscheiden, wie eine ihrer größten Schwächen zu behandeln ist und zwar das Nichteinbeziehen intangibler

Kosten. Wenn diese nicht in der Analyse enthalten sein sollen, ist es empfehlenswert, die Gründe für diese Entscheidung anzugeben. Sind intangible Kosten bei der analysierten Krankheit vernachlässigbar? Sind sie für das in der Studie behandelte Thema irrelevant? Was sind die möglichen Folgen, wenn intangible Kosten nicht einbezogen werden? Eine Option besteht in der Ergänzung der COI-Studie durch eine Schätzung der intangiblen Kosten, z. B. durch WTP-basierte Methoden oder eine nicht-monetäre Bewertung der Lebensqualität.

**Vorsicht bei der Interpretation:** Die Interpretation und Verbreitung der Ergebnisse sowie der Vergleich mit Studien, die in anderen Ländern oder in der Vergangenheit durchgeführt wurden, bedarf besonderer Sorgfalt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die angewandte Methodik und die Annahmen sowie die Behandlungsmethoden und viele andere Faktoren die Ergebnisse beeinflussen können. Die Berücksichtigung dieser Fragen ist unerlässlich für eine glaubwürdige und nicht verzerrte Darstellung.

**Aggregation von Studienergebnissen:** Eine im Umweltbereich besonders relevante und nicht triviale Aufgabe ist die Aggregation von Kostenschätzungen für verschiedene Umweltrisikofaktoren. Beispielsweise weist DEC NSW (2005) darauf hin, dass einige Schadstoffe häufig in einem Schadstoffmix vorkommen und es nicht einfach ist, den genauen Beitrag der einzelnen Komponenten zu gesundheitlichen Effekten zu bestimmen. In einem solchen Fall würde eine einfache Addition der Kostenschätzungen auf Basis der einzelnen Schadstoffe zu einem fehlerhaften Ergebnis führen.

### 7.1.3 Beispielstudien

Studien über die Kosten von Krankheiten finden sich in vielen Themenfeldern der gesundheitsökonomischen Literatur. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl von Studien, die entweder für umweltbedingte Krankheitslasten relevant sind oder in Deutschland durchgeführt wurden.

**Tabelle 23: Exemplarische COI-Studien**

Quelle	Krankheit	Land
Mudarri (2016)	Allergische Rhinitis, akute Bronchitis und Asthma	USA
Klug et al. (2016)	Spinale Muskelatrophie	Deutschland
Noda et al. (2015)	Epilepsie	Deutschland
Schreiber-Katz et al. (2014)	Muskeldystrophie	Deutschland
Bartlett und Trasande (2014)	Umweltbedingte Gesundheitsfolgen bei Kindern	EU

#### COI – weiterführende Literatur

Chanel (2011 S. 23): Beschreibung von unterschiedlichen COI-Ansätzen (COI mit unterschiedlichen Durchschnittskosten, COI mit Matching-Methoden, COI mit Markov-Modell).

Jo (2014): Eine fundierte Auseinandersetzung mit Fragen, die den COI-Studien zugrunde liegen: z. B. berücksichtigte Kostenarten, angewandte Ansätze und Forschungsperspektiven.

U.S. Environmental Protection Agency (2010 S. 7-33 - 7-35): Auseinandersetzung mit COI-Studien, z. B. über deren ökonomische Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten.

## 7.2 WTP-basierte Monetarisierung (Morbidity)

### WTP-basierte Monetarisierung (Morbidity) – auf einen Blick

Eine auf dem Willingness to Pay (WTP)-Ansatz basierende Monetarisierung spiegelt die Abwägungen wider, welche die einzelne Person zwischen ihrer Gesundheit (bzw. Gesundheitsrisiken) und dem Konsum von Waren und Dienstleistungen im Rahmen ihrer Einkommensrestriktion einzugehen bereit wäre. WTP-Werte lassen sich entweder mit Hilfe einer Stated-Preference- direkt oder einer Revealed-Preference-Methode indirekt ermitteln, wobei in der Gesundheitsökonomie im Umweltkontext erstere häufiger angewendet wird. Alternativ können WTP-Werte aus früheren Studien mittels Benefit Transfer übernommen werden.

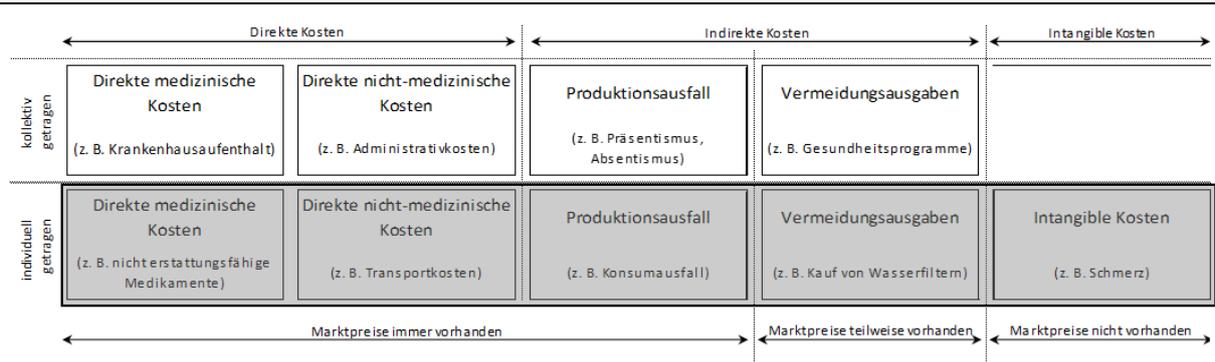
Die Stärke des WTP-Ansatzes besteht darin, dass er eine Schätzung intangibler Kosten ermöglicht, die oft einen großen Teil der gesamten Krankheitskosten ausmachen können und nicht im Rahmen einer COI-Studie berücksichtigt werden. Allerdings sind einige methodische Fragen mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

### 7.2.1 Beschreibung des Ansatzes

Eine gängige Alternative zu COI-Bewertungen in der Gesundheitsökonomie sind Studien, die Methoden zur Monetarisierung auf der Grundlage des WTP-Ansatzes anwenden. Der Ansatz wird häufig zur Bewertung von Mortalitäts- und Morbiditätswirkungen verwendet. Das folgende Kapitel befasst sich mit der WTP-basierten Bewertung von Morbiditätseffekten. Anschließend widmet sich der Abschnitt der Bewertung von Mortalität im Sinne des WTP-Ansatzes. Obwohl ein WTP-Wert für Morbiditätseffekte sowohl mit der Stated-Preference- als auch mit der Revealed-Preference-Methode geschätzt werden kann, ist es üblich, die Stated-Preference-Methode zu verwenden (Hunt, et al., 2010 S. 27). Daher konzentriert sich dieser Abschnitt vor allem auf Studien, welche die Stated-Preference-Methode anwenden.

WTP-basierte Bewertungen von Krankheitslasten können verschiedene Komponenten der Gesamtbelastung berücksichtigen (siehe z. B. Abbildung 7). Zentral ist, dass sie die intangiblen Kosten der Einzelpersonen berücksichtigen. Sie können bis zu einem gewissen Grad auch einen Teil der direkten oder indirekten Kosten beinhalten. Eine an einer Kontingenten-Bewertungsstudie teilnehmende Person kann z. B. in ihrer Bewertung mögliche individuell entstandene Krankheitskosten oder Einkommensverluste aufgrund von Produktionsausfall mitberücksichtigen. Inwieweit dies der Fall ist, kann von verschiedenen Umständen abhängen. Beispielsweise das Gesundheitsversicherungssystem im analysierten Land oder das Studiendesign können ausschlaggebende Faktoren hierbei sein. In Fällen, in denen WTP-Werte nur intangible Kosten abdecken, ist es üblich, die Bewertung durch Schätzungen der verbleibenden Kostenkategorien mit anderen Methoden zu ergänzen. Bei diesem Ansatz muss darauf geachtet werden, dass das Problem von Doppelzählung bestimmter Kostenbestandteile vermieden wird.

Abbildung 7: Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer WTP-Studie



Quelle: Ecologic Institut, basierend auf: Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008)

Hunt und Ferguson (2010) erörtern eine Reihe methodischer Fragen, die bei der Durchführung einer WTP-basierten Bewertung von Gesundheitseinschränkungen unter Anwendung der Stated-Preference-Methode zu berücksichtigen sind. Erstens gibt es zwei Möglichkeiten, wie gesundheitliche Einschränkungen mittels Stated-Preference-Methode in WTP-Studien bewertet werden können: entweder im Hinblick auf das Risiko des Auftretens oder auf ein konkretes Auftreten. Laut Hunt und Ferguson (2010 S. 27) wird in epidemiologischen Studien das Risiko der durch Umweltverschmutzung verursachten Gesundheitseffekte quantifiziert. Aus diesem Grund ist es im politischen Entscheidungskontext wünschenswert, dass die Bewertungen die Zahlungsbereitschaft (WTP) für eine Änderung des Risikoniveaus widerspiegeln. Dennoch ist dies nicht immer der Fall. Beispielsweise werden bei akuten, leichten Erkrankungen häufig WTP zur Vermeidung bestimmter gesundheitlicher Folgen erhoben, wie die Autoren feststellen.

Darüber hinaus führen Hunt und Ferguson (2010 S. 28) die methodische Überlegung an, inwiefern sich der Schweregrad des Gesundheitsendpunkts in einer WTP-Studie charakterisieren lässt. Einige Gesundheitsendpunkte werden in epidemiologischen Studien mit unterschiedlichen Definitionen oder Schweregraden definiert. In diesem Fall empfiehlt es sich, eine vergleichbare Endpunktcharakterisierung in den Bewertungsfragen zu verwenden. Die Autoren empfehlen beispielsweise, mögliche Schweregrade und deren jeweilige Eintrittswahrscheinlichkeiten in die Erhebung einzubeziehen.

Zusätzlich könnte die Erwähnung (oder Nicht-Erwähnung) des Umweltkontextes (z. B. dass ein Krankheitssymptom durch Luftverschmutzung verursacht wird) die Ergebnisse einer WTP-basierten Krankheitsbewertung beeinflussen. Hunt und Ferguson (2010 S. 30) nennen eine Reihe von Argumenten aus der Fachliteratur sowohl für als auch gegen die Angabe des Kontextes in den Stated-Preference-Studien. Bislang gibt es in der Literatur noch keine eindeutige Antwort, welcher Ansatz methodisch sinnvoller ist.

Sollte es z. B. aufgrund von Ressourcenengpässen nicht möglich sein, eine WTP-Studie durchzuführen, können WTP-Werte mit Hilfe eines Benefit Transfers geschätzt werden. Dabei werden zuvor geschätzte Werte (in diesem Fall WTP) an einen neuen Kontext angepasst. Navrud (2002 S. 9) klassifiziert Benefit Transfer in zwei Varianten: Unit Transfer und Function Transfer. Im Rahmen der Übertragung der Units ist es am einfachsten, die WTP-Werte direkt aus dem ursprünglichen in den neuen Kontext zu übernehmen. Eine Variante des Unit Value erfolgt mittels Einkommensanpassungen. Hierbei wird versucht, die WTP-Werte für Einkommensunterschiede zwischen den Ländern zu adjustieren. Eine weitere, komplexere Herangehensweise bzgl. des Benefit Transfers, diskutiert von Navrud (2002 S. 10-11), ist der Function Transfer. Der Function Transfer berechnet angepasste WTP-Werte mit Hilfe einer Funktion, die anhand einer früheren WTP-Studie abgeleitet wurde. Die Funktion ist eine mathematische Beschreibung der Abhängigkeit eines WTP-Werts von verschiedenen

unabhängigen Variablen (z. B. Attribute der Befragten und dem bewerteten Gut). Der Function Transfer leitet neue WTP-Werte ab, indem die Attribute (unabhängige Variablen) des neuen Kontexts als neue Werte in die Funktion eingefügt werden.

### 7.2.2 Bewertung des Ansatzes

Der WTP-Ansatz zur Bewertung von nicht-tödlichen Auswirkungen auf die Gesundheit adressiert die größte Einschränkung von COI-Studien: Er liefert wohlfahrtsbezogene Schätzungen, die intangible Kosten mitberücksichtigen (die von anderen Ansätzen nicht abgedeckt werden). Ungeachtet der langjährigen Forschung zu WTP-basierten Bewertungen gibt es nach wie vor ungelöste methodische Fragen, so dass die daraus resultierenden Schätzungen mit Bedacht interpretiert werden müssen.

#### Qualität der Methode

Im Vergleich zu COI-Studien sind Bewertungen auf Basis von WTP-Ansätzen in der Lage, ein breiteres Spektrum von Kostenkategorien zu berücksichtigen. WTP-Schätzungen ermöglichen es, nicht nur individuell getragene direkte und indirekte, sondern auch intangible Kosten zu bewerten (Haucke et al., 2009, S. 1170). Da die WTP-Werte auf den Präferenzen der einzelnen Personen beruhen, sind sie mit den wohlfahrtsökonomischen Prinzipien im Einklang. Andererseits ist es in der Regel schwierig herauszufinden, welche Kostenarten in der jeweiligen WTP-Studie und den damit verbundenen Bewertungen genau berücksichtigt werden.

Zusätzlich sind WTP-Schätzungen aufgrund verschiedener methodischer Aspekte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Einige der Probleme beziehen sich speziell auf die konzeptionellen Grundlagen von Studien zur Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit. Dazu gehören auch Fragen im Zusammenhang mit der ordnungsgemäßen Monetarisierung von Gesundheitsendpunkten, bei denen ein geringes Risiko besteht, dass sie auftreten, oder ob die Einbeziehung des politischen Kontexts in die Umfragegestaltung Einfluss auf die WTP-Werte haben könnte (z. B. die Erwähnung von Luftverschmutzung als die Ursache einer Krankheit). Darüber hinaus müssen potenzielle Quellen von Unsicherheiten im Zusammenhang mit Monetarisierungsmethoden im Allgemeinen berücksichtigt werden, z. B. ökonometrische Annahmen in Revealed-Preference-Studien und mögliche Verzerrungen bei Befragungen mittels Stated-Preference-Studien.

Es gibt zudem Bedenken hinsichtlich der Übertragbarkeit von Bewertungen von Morbiditätsendpunkten, die auf WTP-Ansätzen basieren. Dies kann sich auf einige der oben genannten Punkte beziehen, wie etwa auf die Bedeutung des Kontexts für die Bewertungsergebnisse (Ready & Navrud, 2006, zit. nach Hunt & Ferguson, 2010). Ein weiteres Beispiel ist die Frage des Benefit Transfers im Zusammenhang mit einer Krankheit, die aus mehreren Episoden besteht. Ready und Navrud (zit. nach Hunt & Ferguson, 2010) hinterfragen, ob es sinnvoll ist, eine solche Krankheit zu bewerten, indem man einfach den übertragenen Wert einer Episode (z. B. Asthmaanfall) mit der Anzahl der Episodenereignisse innerhalb der Krankheit multipliziert. Ob und inwieweit das sinnvoll ist, hängt davon ab, wie die Befragten zusätzliche Tage oder Episoden einer Krankheit bewerten.

#### Ressourcenbedarf

Der Ressourcenbedarf für die Durchführung einer WTP-basierten Studie zur Morbidität hängt weitgehend von der Wahl der Monetarisierungsmethode ab. Die Durchführung einer Stated-Preference-Studie verursacht meist hohe Erhebungskosten und setzt darüber hinaus Expertenwissen voraus, um die Unsicherheiten der Schätzungen zu minimieren. Revealed-Preference-Methoden erfordern ebenfalls ein hohes Maß an Expertise, z. B. im Bereich der ökonometrischen Analyse. Liegen jedoch die notwendigen Daten vor, sind die Kosten für die Durchführung der Monetarisierung geringer.

Wird die Bewertung auf der Grundlage von zuvor ermittelten WTP-Schätzungen vorgenommen, sind die Durchführungskosten niedriger, aber es ist entsprechendes Fachwissen erforderlich, um einen Benefit Transfer durchzuführen, der in solide und glaubwürdige Werte mündet.

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Durch die Möglichkeit, intangible Kosten abzuschätzen, kann bei WTP-basierten Bewertungen der Morbidität der Wert, den der Mensch auf seine Gesundheit und die Vermeidung von Krankheiten legt, effektiv ermittelt werden. Wäre dieser immaterielle Wert nicht dokumentiert, würden bestimmte Gesundheitsprobleme eher unberücksichtigt bleiben, was erhebliche ethische Auswirkungen hätte.

### **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse**

WTP-basierte Bewertungen sind die vorherrschende Methode zur Bewertung immaterieller Kosten im Zusammenhang mit Morbiditätseffekten. Sie können in Kombination mit COI-Ansätzen verwendet werden, sofern darauf geachtet wird, eine Doppelzählung der direkten und indirekten Kosten zu vermeiden. Dieser kombinierte Ansatz kann eine genaue Bewertung der relevanten gesundheitsbezogenen Kosten liefern, die für Entscheidungen nützlich sind, in denen die Kosten so weitreichend wie möglich berücksichtigt sind.

## **WTP-basierte Monetarisierung (Morbidität) – Praktische Hinweise für die Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten**

**Primärstudie vs. Benefit Transfer:** Vor der Durchführung einer WTP-basierten Bewertung muss zwischen der Durchführung einer Originalstudie und der Anpassung eines zuvor geschätzten WTP-Wertes entschieden werden. Die Variante mit der Anpassung hat den Vorteil eines geringeren Ressourcenbedarfs. Die daraus resultierenden Schätzungen sind jedoch unter Umständen weniger zuverlässig.

**Wahl der WTP-Bewertungsmethode:** Wird eine Primärstudie durchgeführt, muss die geeignete WTP-Methode gewählt werden. Im Allgemeinen werden nicht-tödliche Gesundheitsauswirkungen häufiger mit Hilfe von Stated-Preference-Studien bewertet. Angepasst an den jeweiligen politischen Kontext (z. B. neue Gesetzesinitiative des Staates) bieten sie den Forscherinnen und Forschern mehr Flexibilität. Die damit verbundenen höheren Ressourcenkosten sollten dabei aber nicht außer Acht gelassen werden.

**Konzeptionelle Fragen:** WTP-basierte Gesundheitsbewertungen weisen eine Reihe von methodischen Fragen auf. Stated-Preference-Studien bauen auf mehreren Annahmen auf und bedürfen vieler konzeptioneller Überlegungen, wie etwa der Definition von Gesundheitsendpunkten oder ob der Umweltkontext erwähnt werden soll. Diese Fragen sowie die daraus resultierende Unschärfe der Schätzungen müssen berücksichtigt und kommuniziert werden.

**Art der Kosten:** Es ist notwendig zu ermitteln, welche Kostenkategorien in einer WTP-basierten Studie berücksichtigt wurden. Sind nur intangible Kosten enthalten und besteht Interesse an einer umfassenden ökonomischen Bewertung der Krankheitslasten, ist es sinnvoll, die WTP-Ergebnisse durch direkte und indirekte Kostenschätzungen nach dem COI-Ansatz zu ergänzen. Wenn die WTP-Werte jedoch auch andere als intangible Kosten abbilden, kann die Addition mit COI-Werten zu einer Überschätzung aufgrund von Doppelzählung führen, die entweder korrigiert oder kommuniziert werden sollen.

### 7.2.3 Beispielstudien

Die gesundheitsökonomische Literatur enthält viele WTP-basierte Bewertungen. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl von Studien, die für die Morbidität relevant sind. Aufgrund der Kosten und der Komplexität von WTP-Studien wird in der Wissenschaft häufig die Methode des Benefit Transfers herangezogen, welche die in verwandten Kontexten ermittelten WTP-Werte anwendet.

**Tabelle 24: Exemplarische Studien mit WTP-basierter Monetarisierung (Morbidität)**

Quelle	Krankheit	Land
Brandt et al. (2014)	Asthma bei Kindern	USA
Ortiz et al. (2011)	Respiratorische Krankheiten	Brasilien
ECHA (2016)	Hautsensibilisierung, Nierenkrankheit und Nierenversagen, Krebs, Fertilitäts- und Entwicklungstoxizität	Tschechien, Italien, Niederlande, Vereinigtes Königreich
Ligus (2018)	Krankheitslast aufgrund der Luftverschmutzung	Polen

#### WTP-basierte Monetarisierung (Morbidität) – weiterführende Literatur

Hunt et al. (2016): Diskussion über Morbiditätseffekte durch Luftverschmutzung, begleitet von einem Überblick über entsprechende Werte für diverse krankheitsbezogene Auswirkungen aus der Literatur (inklusive WTP-Werte).

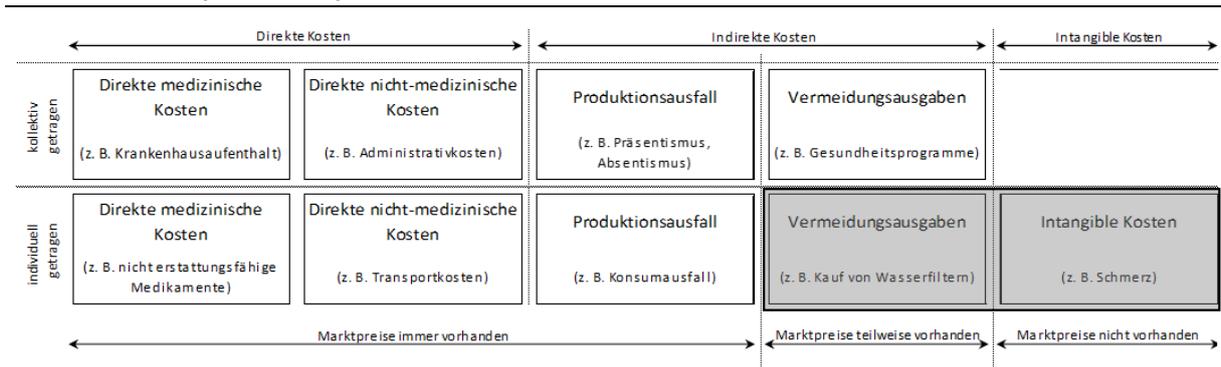
Hunt und Ferguson (2010): eingehende Behandlung der Fachliteratur zur Bewertung von Morbiditätsauswirkungen (z. B. methodische Fragen zur WTP-basierten Monetarisierung).

### 7.3 WTP-basierte Monetarisierung (Mortalität)

Die Bewertung einer Reduzierung von Mortalitätsrisiken bedarf eines etwas anderen konzeptionellen Verständnisses von Kosten als es für die in den vorangegangenen Abschnitten behandelten Sachverhalte erforderlich ist. Während Morbiditätseffekte in direkte, indirekte und intangible Kosten eingeteilt werden können, ist diese Einteilung bei der Mortalität nicht anwendbar. Der vorzeitige Tod einer Person kann zwar mit bestimmten direkten Kosten (z. B. Bestattungskosten) und indirekten Kosten (z. B. Produktionsausfall) verbunden sein, sie stellen jedoch nur einen unerheblichen Anteil im Vergleich zum immateriellen Verlust im Zusammenhang mit dem Tod einer Person dar.

Auch wenn ein Leben aus ethischer Perspektive nicht monetär bewertet werden soll, bieten WTP-basierte Ansätze alternative Methoden an, den impliziten monetären Wert aufzuzeigen, den Menschen auf die Reduzierung ihres Sterberisikos legen. Die beiden häufigsten Ansätze diesbezüglich sind VSL und VOLY. Während sich der erste auf Mortalitätsfälle konzentriert, liegt bei dem zweiten der Fokus auf den verlorenen Lebensjahren. Abbildung 8 zeigt die Kostenarten, die mit den Bewertungsmethoden VSL und VOLY abgedeckt werden.

**Abbildung 8: Mögliche Kostenabdeckung innerhalb einer WTP-basierten Monetarisierung (Mortalität)**



Quelle: Ecologic Institut, basierend auf: Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (2004) und Boesch et al. (2008).  
Schattierungen zeigen welche Kostenarten innerhalb des Studientyps abgedeckt werden. Hinweis: Vermeidungsausgaben sind nicht als angefallene Kosten durch vorzeitigen Tod zu verstehen. Stattdessen sind sie eine Messgröße zur Beurteilung der Zahlungsbereitschaft (WTP) zur Reduzierung des Mortalitätsrisikos.

### 7.3.1 Wert eines statistischen Lebens

#### Wert eines statistischen Lebens – auf einen Blick

Value of a Statistical Life (VSL) ist ein Maß, das die aggregierte individuelle Zahlungsbereitschaft (WTP) für eine Reduzierung des Sterberisikos wiedergibt. Die zugrundeliegende WTP wird entweder mit Hilfe der Stated-Preference- oder der Revealed-Preference-Methode abgeschätzt. Erstere wird als besser geeignet für den Einsatz im Umweltkontext angesehen.

Das Maß VSL ist in der Umweltpolitik aber auch in anderen Bereichen weit verbreitet. Die unbestrittene Stärke dieses Ansatzes, der die Präferenzen der Menschen in Bezug auf die Verringerung des Sterberisikos besser widerspiegelt, liegt in der Konzentration auf die Entscheidungen des Einzelnen statt auf Marktpreisen. Allerdings kann die Durchführung einer methodisch fundierten VSL-Studie ressourcenintensiv sein und ein hohes Maß an Fachwissen erfordern. Darüber hinaus kann das VSL-Konzept, wenn es unzulänglich oder falsch interpretiert wird, als ethisch bedenklich angesehen werden. Daher muss bei der Kommunikation des VSL in der Öffentlichkeit die genaue Bedeutung des Konzepts aufgezeigt werden.

#### 7.3.1.1 Beschreibung des Ansatzes

Value of a Statistical Life (VSL oder VOVL) ist ein Maß, das die aggregierte individuelle Zahlungsbereitschaft (WTP) für eine geringfügige Reduzierung des Sterberisikos wiedergibt. VSL kann als das Verhältnis der WTP zur Risikoveränderung betrachtet werden (Narain, et al., 2016 S. 10). Der Wert eines statistischen Lebens wird durch die Umrechnung von Bewertungen für kleine Änderungen der Sterberisiken ermittelt. Wenn zum Beispiel eine Studie zeigt, dass die WTP der Befragten, für die Vermeidung eines zusätzlichen 1%igen Risikos der Sterbewahrscheinlichkeit, 30.000 Euro beträgt, ist ein 100%iges Risiko des Todes implizit 3 Millionen Euro wert (30.000 x 100) und der VSL beträgt 3 Millionen Euro.

Nach Lindhjem et al. (2010 S. 10) ist die Verwendung des VSL die häufigste Methode zur Bewertung von Mortalitätsrisiken. Die VSL-Schätzungen sind für die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse von Maßnahmen, die das Ziel haben, Menschenleben zu schützen, von großer Bedeutung. Sie ermöglichen es, die entstehenden Kosten mit dem monetär bewerteten Nutzen

der Maßnahmen zu vergleichen. Narain und Sall (2016, S. 10) nennen die U.S. Environmental Protection Agency und die Directorate General (DG) Umwelt der Europäischen Kommission als führend beim Einsatz von VSL in Kosten-Nutzen-Analysen.

Schätzungen der für VSL notwendigen WTP-Werte lassen sich entweder durch eine Revealed-Preference- oder eine Stated-Preference-Methode herleiten. Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Bei Mortalität im Zusammenhang mit Umweltauswirkungen wird häufig die Stated-Preference-Methode bevorzugt, da sie besser in das untersuchte Themenfeld passt.

Die OECD (2012 S. 22) weist beispielsweise darauf hin, dass hedonische Lohnstudien das aktuelle Risiko eines Unfalltodes bewerten, während Sterbefällen, die auf Umweltbelastungen zurückzuführen sind, i. d. R. eine Latenzzeit (mit Morbidität) vorausgeht.

Es gibt eine Reihe von Faktoren, die die Bewertung von VSL beeinflussen können. Alter, Gesundheitszustand, Einkommen und Risikobereitschaft sind häufige Beispiele für Faktoren, von denen angenommen wird, dass sie die Höhe des VSL beeinflussen. Die Wirkungszusammenhänge sind jedoch nicht immer bekannt. Eine wichtige, aber häufig kontroverse Frage ist, ob diese Faktoren bei der Bewertung der VSL durch besondere Anpassungen berücksichtigt werden sollten. Beispielsweise wird darüber diskutiert, inwiefern Schätzungen für ältere Menschen diskontiert werden sollten (sog. Senior Discount). Narain und Sall (2016 S. 15-21) erläutern die wissenschaftlichen Entwicklungen in diesem Bereich, zeigen Beispiele von Leitlinien, die von verschiedenen Organisationen verabschiedet wurden und geben einige Empfehlungen ab. Dieser Aspekt ist im Umweltbereich besonders relevant. Beispielsweise wird davon ausgegangen, dass Umweltbelastungen die Gesundheit der Bevölkerung in bestimmten Altersgruppen (Kinder und ältere Menschen) besonders beeinträchtigen. Daher ist es wichtig zu prüfen, ob die VSL-Schätzung Altersunterschiede berücksichtigt oder nicht.

Die U.S. Environmental Protection Agency (2010 S. B-1) weist darauf hin, dass aufgrund der verschiedenen Faktoren, welche die VSL-Schätzung beeinflussen können, die Bewertungsverfahren idealerweise speziell auf den Kontext der jeweiligen politischen Maßnahmen zugeschnitten werden sollten. Da die Durchführung einer WTP-Studie jedoch oft nicht möglich ist oder erhebliche finanzielle Mittel erfordert, ist es eine gängige Praxis, in der Politikanalyse VSL-Werte zu nutzen, die mit Hilfe des Benefit Transfers aus Werten abgeleitet wurden, die aus in einem anderen Kontext stammen (Narain, et al., 2016 S. 28). Narain und Sall (2016 S. 28-39) diskutieren zwei gängige Ansätze des Benefit Transfers für VSL. Der erste Ansatz besteht darin, direkt eine VSL-Schätzung aus einem anderen Kontext oder einen Durchschnitt von Schätzungen aus mehreren verschiedenen Studien anzuwenden. Zusätzlich können die wesentlichen Unterschiede zwischen dem originären und dem analysierten Kontext, z. B. beim Pro-Kopf-Einkommen, berücksichtigt werden. Als Alternative nennen Narain und Sall (2016) den Ansatz des funktionsbasierten Benefit Transfers – wobei eine Funktion von Merkmalen ermittelt wird, welche die geschätzte WTP beschreiben (abgeleitet aus einer Meta-Analyse) und diese verwendet, um die WTP in einem neuen Kontext zu schätzen. Wird ein Benefit Transfer angewendet, ist es ratsam, die Plausibilität der erhaltenen VSL-Schätzungen zu bewerten. Narain und Sall (2016 S. 32-38) diskutieren verschiedene in der Literatur empfohlene Methoden für diese Bewertung, wie beispielsweise VSL im Vergleich zum BIP pro Kopf.

### **7.3.1.2 Bewertung des Ansatzes**

Der Hauptvorteil des VSL-Ansatzes besteht darin, dass er eine Möglichkeit darstellt, die Präferenzen von Individuen in die Monetarisierung der Mortalitätsrisikominderung einzubeziehen. Andererseits ist der Ansatz nicht unproblematisch. Von besonderer Bedeutung sind Themen, wie z. B. der Aufwand für die Durchführung einer Primärstudie und die Gefahr der Fehlinterpretation der Studienergebnisse, die Anlass zu ethischen Diskussionen geben können.

### **Qualität der Methode**

Die größte Stärke der VSL-Studien liegt darin, den immateriellen Charakter von Verlusten im Zusammenhang mit Mortalität auf der Grundlage der Präferenzen von Individuen zu erfassen. Dies ermöglicht Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern eine fundierte Bewertung.

Andererseits sind methodische Fragen bzgl. der unterliegenden Stated- und Revealed-Preference-Methoden eine Ursache von Unsicherheiten, die wiederum die Zuverlässigkeit der Bewertung untergraben können oder besondere Sorgfalt bei der Interpretation der Ergebnisse erfordern. Darüber hinaus stellt die Bestimmung des VSL in Fällen von Kindersterblichkeit eine methodische Herausforderung dar. Abgesehen von der oben genannten Frage der Beziehung zwischen VSL und dem Alter ist die Erhebung von WTP-Werten im Zusammenhang mit dem Leben von Kindern sehr problematisch. Kinder verfügen nicht über die nötigen finanziellen Mittel, um in realen Märkten ökonomische Abwägungen vorzunehmen. Außerdem fehlt ihnen die erforderliche Reife, um solche Kompromisse auf hypothetischen Märkten einzugehen. Um dieses Problem zu bewältigen, empfiehlt es sich, eine von drei vorgeschlagenen Perspektiven ("Gesellschaftsperspektive", "Erwachsener als Kind" oder "Elternperspektive") zu wählen. Keine dieser Varianten löst jedoch die eigentliche Problemstellung auf (Alberini, et al., 2010, S. 31-32).

### **Ressourcenbedarf**

Die Durchführung einer VSL-Studie kann mit hohen Kosten verbunden sein. Bei Revealed-Preference-Studien ist dies weniger ein Problem, da zum Teil bereits einschlägige Daten vorliegen und sich der größte Aufwand auf die ökonometrische Analyse bezieht. Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten erläutert ist es jedoch wahrscheinlich, dass eine Stated-Preference-Studie (von der angenommen wird, dass sie besser für den Umweltkontext geeignet ist) einen erheblichen Ressourcenbedarf in allen Phasen der Durchführung nach sich zieht. Um dieses Problem zu vermeiden, ließe sich auf die Durchführung einer eigenen Studie verzichten und den VSL mittels Benefit Transfer schätzen. Bei einer solchen Entscheidung geht die Möglichkeit verloren, einen auf den jeweiligen Kontext zugeschnittenen Wert zu erarbeiten. Ein solches Vorgehen erfordert auch fundierte Fachkenntnisse. Verschiedene Anleitungen, die in der Literatur zur Verfügung stehen, erleichtern jedoch das Benefit Transfer-Verfahren. Siehe dafür zum Beispiel OECD (2012 S. 109-124).

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Ein Nachteil der VSL-Studien ist die Kontroverse um den Begriff "Wert des statistischen Lebens". Wenn das VSL-Konzept (fälschlicherweise) als Versuch interpretiert wird, einem Leben tatsächlich einen monetären Wert beizumessen und nicht als Aggregat der WTP der Menschen zur Risikoreduzierung, kann dies in der Tat als unethisch erscheinen. Um diese Kontroverse zu vermeiden, wird der Begriff VSL oft durch Äquivalente ersetzt, die sich in der Praxis in Bezug auf die zugrundeliegende Methodik nicht wesentlich unterscheiden (z. B. wird "Value of Mortality Risk Reduction" von der US EPA (2014) vorgeschlagen). In VSL-Studien sind entsprechend eine ausreichende Erklärung der zugrundeliegenden Methodik und Hinweise zur korrekten Interpretation der Ergebnisse erforderlich. Chanel et al. (2011 S. 14) weisen darauf hin, dass ethische Bedenken auftreten können, wenn mehrere Länder innerhalb eines VSL-Studiendesigns untersucht werden. Sie argumentieren, dass in solchen Fällen ein gemeinsamer VSL für alle Länder verwendet werden sollte, da die Anwendung unterschiedlicher Werte für unterschiedliche Länder ethisch inakzeptabel wäre.

### **Anschlussfähigkeit der Ergebnisse**

Die Methode ist weit verbreitet und wird für die Bewertung der akuten Mortalität als angemessen angesehen. Ethische Bedenken, die manchmal hinsichtlich der Festlegung eines finanziellen Wertes auf das Leben einer Person geäußert werden, ergeben sich aus einem

Missverständnis über den statistischen Charakter des zugrundeliegenden Konzepts. Für die Mortalität aufgrund von chronischen Erkrankungen nach langjähriger Exposition gegenüber Umweltbelastungen ist die Methode weniger angemessen. Diese Art von Krankheitsverlauf mit Todesfolge ist typisch für viele Gesundheitsprobleme, die durch Umweltschadstoffe verursacht werden. Dies steht im Gegensatz zur Mortalität aufgrund akuter Vorfälle (bspw. hohe Umweltschadstoffbelastung oder Unfall). VOLY-basierte Ansätze werden von einigen Ökonomen für die Bewertung von Mortalitätsrisiken, die erst nach einer Latenzzeit auftreten, bevorzugt.

### Values of a Statistical Life (VSL) – Praktische Hinweise für die Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten

**Primärstudie vs. Benefit Transfer:** Bei Entscheidung für die Anwendung des VSL zur Beurteilung der Mortalitätskosten stellt sich die Frage, ob Primäruntersuchungen durchgeführt werden müssen oder ob es angebracht ist, Schätzungen aus früheren Studien mit Hilfe eines Benefit Transfers anzuwenden. Ersteres hat den unbestreitbaren Vorteil, dass das Forschungsdesign an die jeweilige politische Fragestellung angepasst werden kann. Demgegenüber führen die erheblichen zeitlichen und finanziellen Ressourcen, die für die Erhebung von Daten oder die Durchführung umfragebasierter Studien benötigt werden, häufig dazu, dass die Analyse auf zuvor ermittelte VSL-Schätzungen gestützt wird.

**Wahl der WTP-Bewertungsmethode:** Bei der Durchführung einer Primärstudie steht die Entscheidung bezüglich der geeigneten Methode zur Gewinnung von WTP-Werten an. Im Allgemeinen werden die Stated-Preference-Studien als besser geeignet für die Analyse umweltpolitischer Fragen angesehen. Sie ermöglichen es, verschiedene Bevölkerungsgruppen (unabhängig von Beruf, Geschlecht etc.) zu adressieren. In bestimmten Fällen, z. B. bei einem am Arbeitsplatz auftretenden Gesundheitsrisiko, könnte jedoch die Revealed-Preference-Methode geeigneter sein.

**Geeignete Auswahl von Studien und Methoden für einen Benefit Transfer:** Bei der Entscheidung, einen VSL-Wert auf der Grundlage bestehender Schätzungen zu ermitteln, ist es wichtig, die Ein- und Ausschlusskriterien sorgfältig abzuwägen, die bestimmen, welche Studien analysiert werden sollen. Diese können beispielsweise der Studienkontext oder die für die Monetarisierung verwendete Methode sein. Darüber hinaus ist zu entscheiden, welche Benefit Transfer-Methode für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignet ist.

**Professionelle Kommunikation und Begriffswahl:** Um mögliche Kontroversen um den Begriff "Wert des statistischen Lebens" zu vermeiden, die die gesellschaftliche Akzeptanz der auf dieser Kennzahl basierenden politischen Entscheidungen untergraben, ist es wichtig, die dem Konzept zugrundeliegende Methodik und seine sachgerechte Interpretation klar darzulegen. Eine alternative Formulierung, z. B. "Value of Mortality Risk Reduction", ist ebenfalls möglich.

#### 7.3.1.3 Beispielstudien

Die nachfolgende Tabelle stellt eine Auswahl von VSL-Studien dar. Die VSL-Ableitung von Schaffner und Spengler (2010), die auf der hedonischen Bewertungsmethode basiert, ist eine der wenigen solchen Studien, die in Deutschland vorhanden sind. Ein weiteres interessantes Beispiel ist die Studie der OECD (2012). Die dort kalkulierten VSL-Werte wurden mit Hilfe einer umfangreichen Meta-Analyse von Stated Preference WTP-Studien abgeleitet.

**Tabelle 25: Exemplarische Studien zu VSL**

Quelle	Mortalitätsrisiko	Land
Scasny und Alberini (2012)	Mortalitätsrisiko durch Klimawandel	Tschechien
Schaffner und Spengler (2010)	Mortalitätsrisiko am Arbeitsplatz	Deutschland
OECD (2012)	Umweltrisiken	z. B. OECD, EU

#### Wert eines statistischen Lebens – weiterführende Literatur

Atkinson, et al., (2018 S. 393-394): Ableitung VSL

OECD (2012): Metaanalyse der VSL aus den Umwelt-, Gesundheits-, und Transportkontexten

OECD (o.J.): Datenbank zu VSL-Studien und Dokumentation der Metaanalyse<sup>21</sup>

Narain & Sall (2016): Erörterung der jüngsten Entwicklungen

Schaffner und Spengler (2010): Schätzung des VSL in Deutschland (mit Hilfe von hedonischer Lohnmethode)

### 7.3.2 Value of a Life Year

#### Value of a Life Year – auf einen Blick

Value of a Life Year – VOLY (auch als Value of Statistical Life Year – VSLY bezeichnet) ist ein alternatives, häufig verwendetes WTP-basiertes Maß für die Minderung eines Mortalitätsrisikos. Während das VSL die WTP für ein vermiedenes Todesfallrisiko schätzt, entspricht VOLY dem Verlust von Lebensjahren.

Ähnlich wie bei dem VSL liegt der große Vorteil des VOLY darin, dass er auf Bewertungsmethoden basiert, welche die Präferenzen der Individuen berücksichtigen und somit die intangiblen Kosten widerspiegelt. Andererseits wird häufig kritisiert, dass der VOLY-Ansatz die Mortalitätskosten stark unterschätzt.

#### 7.3.2.1 Beschreibung des Ansatzes

VOLY ist, wie der VSL, ein WTP-basiertes Maß für die Bewertung von Mortalitätseffekten. Im Vergleich zu dem VSL wird mit dem VOLY nicht das Risiko eines vorzeitigen Todesfalls bewertet, sondern das Risiko einer Verringerung der (statistisch noch zu erwartenden) Restlebenszeit (in Jahren). Die Monetarisierung von Mortalitätseffekten anhand des VOLYs wird durch die Multiplizierung des VOLY-Wertes mit der Anzahl verlorener Jahre durchgeführt, die sich wiederum z. B. aus der Restlebenserwartung zum Zeitpunkt des Todes ergibt. Eine Person, die im Alter von zwanzig Jahren stirbt, verliert mehr von ihrer potenziellen Lebenserwartung als jemand, der mit fünfzig Jahren verstorbt. Die Anwendung des gleichen VOLY-Wertes bei verschiedenen Alterskategorien wird also Ergebnisse von unterschiedlicher Größenordnung liefern. Deshalb sind im Endeffekt die Monetarisierungen, die mit Hilfe des VOLYs durchgeführt

<sup>21</sup> <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/env-value-statistical-life.htm>

werden, deutlich niedriger als die, die auf dem VSL basieren, sind jedoch sensitiver für den Zeitpunkt des Todes.

Es gibt zwei übliche Ansätze für die Ermittlung von VOLY-Werten. Vorzugsweise werden sie empirisch gemessen, z. B. mit Hilfe einer Kontingenten-Bewertungsumfrage. Praktisch werden solche Erhebungen jedoch aufgrund der hohen methodischen Komplexität und des erheblichen Ressourcenbedarfs selten durchgeführt. Alternativ wird der VOLY-Wert indirekt mittels der Division des VSL durch die verbleibende Lebenserwartung abgeleitet. Die verbleibenden Lebensjahre werden dabei oft diskontiert (siehe z. B. Pearce et al., 2006, S. 205). Das aufgrund seiner Einfachheit häufig durchgeführte Verfahren unterliegt mehreren Annahmen und ist methodisch umstritten. So muss beispielsweise im Voraus bestimmt werden, welche Diskontierungssätze in der Analyse verwendet werden sollen (Pearce, et al., 2006, S. 205).

Bezüglich der Verwendung eines VOLYs anstatt eines VSLs wird in der Literatur zweierlei argumentiert. Erstens eignet er sich besonders gut für die Bewertung der Mortalitätseffekte, die nicht in Form eines abrupten Todes vorkommen (akute Wirkung), sondern durch eine langfristige Wirkung eines Risikofaktors, durch den der Tod vorverlagert und dadurch die Lebenserwartung verringert wird (chronische Wirkung). Diese hat eine besondere Relevanz für den Umweltkontext, zum Beispiel bei Luftverschmutzung. In diesem Fall kann bei einer langfristigen Belastung das Risiko einer Verkürzung der Lebenserwartung erhöht sein. In solchen Fällen scheint der VOLY-Ansatz passender zu sein als der VSL (Rabl, et al., 2014, S. 379). Zweitens wird die Verwendung des VOLYs manchmal dadurch begründet, dass die jüngeren Menschen, die noch viele Jahre zu leben haben, ihr Leben möglicherweise mehr wertschätzen als diejenigen mit weniger Restlebenserwartung – obwohl diese Alters-VSL-Beziehung durch empirische Studien nicht immer Bestätigung findet (Pearce et al., 2006, S. 204-205). Diese Argumentation (besonders im Hinblick auf mangelnde empirische Grundlagen) kann aber zu erheblicher Kritik aus ethischen Gründen führen.

Hervorzuheben ist, dass die Verwendung von VOLY zu anderen Politikempfehlungen führen kann als die Verwendung von VSL. Die OECD (2012 S. 24) führt hierfür ein Beispiel zweier Maßnahmen zur Rettung von jeweils 100 Personen an: die eine verringert das Sterberisiko für Jugendliche, eine weitere für ältere Menschen. Bei der Bewertung beider Maßnahmen mit einem einheitlichen VSL für die gesamte Bevölkerung wäre es eigentlich anzunehmen, dass beide Maßnahmen den gleichen Nutzen bringen. Wenn jedoch für die Evaluierung der zwei Maßnahmen VOLY konstant über das ganze Leben hinweg angewendet werden, dann scheint der Nutzen der Maßnahme zur Rettung junger Menschen größer zu sein.

### 7.3.2.2 Bewertung des Ansatzes

Da wie der VSL auch der VOLY ein auf WTP-basierendes Maß für die Verringerung des Mortalitätsrisikos ist und VOLYs zudem oft aus VSL-Werten abgeleitet werden, teilen sich die beiden Maße viele Stärken und Schwächen. Beide berücksichtigen z. B. die individuellen Präferenzen und basieren auf den gleichen WTP-Methoden. Es gibt jedoch einige Vor- und Nachteile, die für den VOLY spezifisch sind.

#### Qualität der Methode

Im Vergleich zum VSL halten einige Autoren den VOLY für die Bewertung der durch Umweltbelastungen verursachten Mortalitätseffekte als besser geeignet (Bickel, et al., 2005 S. 44). Die Autoren weisen darauf hin, dass die Mortalitätsauswirkungen vorwiegend kardiopulmonaler Natur sind und somit im Durchschnitt zu einer geringeren Lebenserwartungsreduktion führen als beispielsweise Unfälle (für die sie den VSL als adäquaten Bewertungsansatz ansehen). Sie begründen ihre Argumentation für den Einsatz des VOLY im Umweltbereich mit dem Hinweis auf die Studie von Rabl (2003). Laut Rabl (2003) ist es zwar

nicht möglich festzustellen, wie viele einzelne zuzuschreibende Todesfälle infolge von Luftverschmutzung auftreten. Jedoch kann die durch die Verschmutzung verursachte verlorene Lebenserwartung für die gesamte Bevölkerung abgeschätzt werden.

Demgegenüber wird die Verwendung des VOLY auf der Grundlage des VSL häufig deshalb kritisiert, weil der Methode die Annahme über den (diskontierten) Wert der Mortalitätsrisikominderung proportional zur Restlebenserwartung zugrunde liegt. Unabhängig vom Alter der Person ist der VOLY-Wert daher konstant (z. B. U. S. Environmental Protection Agency (2007 S. D-11); Atkinson et al., (2018 S. 387)). Laut den Autoren gäbe es in der Literatur keinen klaren Konsens über den spezifischen Zusammenhang zwischen der Bewertung der Mortalitätsrisikominderung und dem Alter. In ihren Augen ist daher die Annahme falsch, dass der VOLY für alle Altersgruppen gleich sei. Selbst wenn es möglich wäre festzustellen, wie die VOLY-Werte im Alter variieren, wäre die Schätzung eines altersbereinigten VSL einfacher (U. S. Environmental Protection Agency (2007 S. D-12)) Zugleich trifft laut Atkinson et al. (2018 S. 387) die plakative Annahme nicht zu, dass jüngere Menschen ihre (zahlreicheren) Restlebensjahre monetär höher bewerten als ältere Menschen. Die Verknappung der verbleibenden Zeit könnte beispielsweise bedeuten, dass eine Person mit weniger Restlebensjahren diese mehr zu schätzen weiß und ihnen daher einen höheren monetären Wert zuschreibt.

Eine weitere Kritik an der indirekten Schätzung der VOLY bezieht sich auf die Verwendung eines Diskontierungssatzes. Es ist möglich, dass bei Daten, die auf der Stated-Preference-Methode beruhen, die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer bereits in ihren Umfrageantworten eine Diskontierung in Betracht gezogen haben (Atkinson, et al., 2018, S. 387). Ist dies nicht der Fall, bleibt die Frage der Wahl eines angemessenen Diskontierungssatzes. Da der VOLY sehr sensibel auf den gewählten Diskontsatz reagiert (Atkinson, et al., 2018 S. 387), sind diese Überlegungen von großer Bedeutung.

### **Ressourcenbedarf**

In Fällen, in denen der VOLY aus dem VSL abgeleitet wird, unterscheiden sich die Datenanforderungen bei Anwendung der beiden Ansätze nicht wesentlich. Die Wahl eines angemessenen Diskontsatzes stellt jedoch eine Herausforderung dar, die Expertenwissen erfordert.

Entscheidet man sich, den VOLY direkt zu ermitteln, z. B. mit Hilfe einer Kontingenten-Bewertungsmethode, kann die Durchführung einer solchen Studie hohe Kosten verursachen (wie auch beim VSL). Darüber hinaus wurden bisher nur wenige Studien durchgeführt, die VOLY-Werte empirisch abgeleitet haben. Daher ist die Wissensbasis zu bewährten Verfahren im Studiendesign nicht so weit entwickelt wie beim seit vielen Jahren etablierten VSL-Konzept.

### **Ethische und rechtliche Aspekte**

Die Verwendung des VOLY für die politische Bewertung von Maßnahmen kann auch einige Gerechtigkeitsfragen aufwerfen. Während die gleiche VSL-Schätzung für die gesamte Bevölkerung angewendet wird (es sei denn, es werden zusätzliche Anpassungen vorgenommen), werden bei Verwendung des VOLY per Definition die Mortalitätseffekte bei jüngeren Altersgruppen höher bewertet als bei älteren, weil diese eine längere Restlebenserwartung haben. Krupnick et al. (2004 S. 29) weisen auf die Bestimmung des US Repräsentantenhauses hin, den "Senior Discount" nicht zu verwenden. Obwohl diese Bestimmung keinen direkten Bezug auf den VOLY hat, interpretieren die Autoren die unterliegende Debatte als einen starken Widerstand gegen die Anwendung des VOLY-Ansatzes, der ältere Bevölkerungsgruppen, die weniger Jahre zu leben haben, diskriminieren würde.

### Anschlussfähigkeit der Ergebnisse

Wie bereits erläutert, ist der VOLY-Ansatz im Fall von Mortalitätseffekten aufgrund von chronischen Belastungen (die im Umweltkontext dominieren) für die Monetarisierung besser geeignet als der VSL. Andererseits ist der VOLY bis jetzt nicht so weit verbreitet und seltener angewandt als der VSL, was wahrscheinlich am Mangel der vorhandenen Literatur zu diesem Thema und den resultierenden methodischen Limitationen liegt. Seit einigen Jahren ändert sich jedoch diese Situation, und der Ansatz findet seine Wege in angesehene Studien, besonders im europäischen Raum. Beispiele hierfür sind die Externe-Serie und das CAFE CBA-Projekt – beides Projekte im Auftrag der Europäischen Kommission, in denen der VOLY-Ansatz verwendet wird. Manche Akteure sind jedoch skeptisch bzgl. des VOLY und bleiben bei Kostenkalkulationen weiterhin beim VSL (OECD, 2016).

#### VOLY – Praktische Hinweise für die Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten

**Angemessenheit der Verwendung des VOLY:** Im Vergleich zum VSL ist nach Ansicht einiger Expertinnen und Experten der VOLY besser geeignet, die Mortalität aufgrund von Umwelteinflüssen zu beurteilen. Dies bezieht sich besonders auf Mortalitätseffekte, die durch eine langfristige Exposition verursacht sind. Andererseits wird der VOLY auch häufig kritisiert, da beispielsweise davon ausgegangen wird, dass die Lebensjahre unabhängig vom Alter monetär gleich bewertet werden. Aufgrund der niedrigeren Restlebenserwartung im höheren Alter können daher erheblich niedrigere Bewertungen der Mortalitätseffekte von Senioren im Vergleich zu jüngeren Altersgruppen resultieren.

**Wahl der Schätzmethode:** Falls trotz der genannten Einwände entschieden wird, den VOLY für die Bewertung zu verwenden, muss die angewandte Schätzmethode sorgfältig bedacht werden. Man kann den VOLY empirisch ableiten, z. B. mittels einer dezidierten Stated-Preference-Studie. Eine andere, einfachere Möglichkeit wäre, den VOLY aus einer bestehenden VSL-Schätzung abzuleiten, wovon aber aus methodischen Gründen abgeraten wird.

**Geeignete Auswahl von Studien und Methoden für einen Benefit Transfer:** Bei der Entscheidung, einen VOLY-Wert auf der Grundlage früherer Schätzungen zu ermitteln, ist es wichtig, den Studienkontext und die für die Monetarisierung verwendete Methode zu betrachten. Es ist auch wichtig, darauf zu achten, welche Benefit Transfer-Methode für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignet ist.

### 7.3.2.3 Beispielstudien

Die Tabelle 26 stellt einige Beispiele für Studien dar, in denen VOLY-Werte abgeschätzt wurden.

**Tabelle 26: Exemplarische Studien zur Verwendung des VOLY**

Quelle	Kontext	Land	Ableitungsmethode
Desaigues et al. (2007) (NEEDS-Studie)	Luftverschmutzung	Neun EU-Länder und die Schweiz	Kontingenten-Bewertungsmethode
Chilton et al. (2004) (DEFRA-Studie)	Luftverschmutzung	Vereinigtes Königreich	Kontingenten-Bewertungsmethode
Friedrich et al. (2005) (New Ext-Studie)	Luftverschmutzung	Drei EU-Länder	Ableitung aus dem VSL

#### **VOLY – weiterführende Literatur**

Krupnick et al. (2004 S. 25-34): Review der CAFE-CBA-Methodik zur Bewertung der Mortalitätsrisikominderung mit relevanten Kommentaren zum Einsatz von VOLY (und VSL).

### **7.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse der Analyse**

Die Bewertungsmethoden (sowie deren Kombinationen) können in verschiedenen gesundheitsökonomischen Bewertungsverfahren verwendet werden. Derartige Bewertungsverfahren unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht – einschließlich ihres jeweiligen Einsatzzwecks und der abgedeckten Kostenarten, die oft durch die Wahl der eingesetzten Methoden bestimmt sind. Tabelle 27 stellt die Bewertungsverfahren und ihre Hauptstärken und -schwächen dar.

**Tabelle 27: Zusammenfassung der im Bericht beschriebenen Bewertungsverfahren**

Methodenbeschreibung	Zusammenfassende Analyse
<p><b>COI-Studien</b> fassen jene Kostenkategorien zusammen, für die es Marktpreise gibt (einschließlich direkter und indirekter Kosten). Durch die Addition der angefallenen Kosten (direkte Kosten) und die Abschätzung der Produktionsverluste (indirekte Kosten) nach der Humankapitalmethode oder der Friktionskostenmethode können die einzelnen Kostenbestandteile errechnet werden.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Methodik vergleichsweise unkompliziert. Resultate für die Öffentlichkeit leicht nachvollziehbar. Viele potenziell nutzbare Datenquellen.  <b>Hauptschwächen:</b> Unterschiede zwischen verschiedenen COI-Studien (Hindernis für Vergleiche und Übertragung von Schätzungen auf unterschiedliche Kontexte). Keine Bewertung der intangiblen Kosten.</p>
<p><b>WTP-basierte Bewertungen von Morbiditätseffekten</b> spiegeln die Abwägungen wider, die eine Person bereit wäre zwischen ihrer Gesundheit und dem Konsum von Waren und Dienstleistungen im Rahmen ihrer Einkommensrestriktion einzugehen. Im Umweltkontext werden WTP-Werte normalerweise mit Hilfe einer Stated-Preference- ermittelt.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Schätzung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen.  <b>Hauptschwächen:</b> Methodische Komplexität. Hypothetischer Rahmen in der Befragung. Hoher Ressourcenbedarf, um geeignete WTP-Werte zu generieren.</p>
<p><b>VSL</b> ist ein Maß, das die aggregierte individuelle WTP für eine Reduzierung des Sterberisikos wiedergibt. Im Umweltkontext wird die WTP üblicherweise anhand von Stated-Preference-Methoden abgeschätzt.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Schätzung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen.  <b>Hauptschwächen:</b> Methodische Komplexität. Hoher Ressourcenbedarf. VSL-Werte, die aus Mortalitäts-WTPs für akut wirkende Belastungen abgeleitet wurden, sind für Mortalitätseffekte aufgrund chronischer Belastungen nicht gut geeignet. Kommunikationsprobleme, die mit dem Begriff „VSL“ verbunden sind, schaden der Akzeptanz der Ergebnisse.</p>
<p><b>VOLY</b> ist ein als Alternative zum VSL entwickeltes Maß, das die aggregierte individuelle WTP für eine Reduzierung des Risikos der Verkürzung der Lebenserwartung wiedergibt. Das VOLY-Maß wird im Idealfall anhand einer Stated-Preference-Methode abgeschätzt. Als Alternative wird es manchmal aus VSL-Werten abgeleitet, wovon jedoch generell abgeraten wird.</p>	<p><b>Hauptstärken:</b> Schätzung intangibler Kosten möglich. Berücksichtigung der individuellen Präferenzen. Geeignet für Mortalitätseffekte, die durch eine chronische Belastung verursacht werden.  <b>Hauptschwächen:</b> Häufig kritisiert aufgrund der niedrigeren Bewertung von Mortalitätseffekte bei älteren Menschen. VOLY-Ergebnisse sind typischerweise niedriger als VSL-Ergebnisse insbesondere für Krankheiten, die eher in älteren Altersgruppen auftreten, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit VSL-basierten Monetariserungsstudien erschwert.</p>

## 8 Fallstudien zur Monetarisierung ausgewählter Krankheitslasten

### 8.1 Einführung

Im Anschluss an die theoriebasierte Auseinandersetzung mit den Bewertungsmethoden und -verfahren wurden drei Fallstudien durchgeführt, in denen anhand der ausgewählten ökonomischen Methoden Krankheitslasten der drei Umweltrisikofaktoren – Feinstaub, Ozon und Blei – in Deutschland für das Jahr 2016 monetarisiert wurden. Ziel bei der Durchführung dieser Fallstudien war es nicht, eine allumfassende ökonomische Bewertung zu liefern, sondern die ausgewählten Methoden in ihrer Anwendung zu bewerten. Von besonderer Bedeutung waren dabei folgende Aspekte: die Verwendbarkeit der Methoden im Umweltkontext in Deutschland, die Verfügbarkeit der zur Berechnung erforderlichen Daten und die Möglichkeit, die Methoden als Ergänzung in der Methodenkonvention des UBAs zu verwenden.

Für alle drei Fallstudien wurde grundsätzlich dieselbe Gesundheitsdatenquelle verwendet – die Ergebnisse der Global Burden of Disease-Studie für das Jahr 2016 (GBD 2017), die über die Onlineplattform des IHME verfügbar sind. Die GBD-Daten enthalten Angaben zu Gesundheitseffekten, die auf die Belastung durch Feinstaub, Ozon und Blei zurückzuführen sind. Die Daten beinhalten Mortalitätseffekte (Todesfälle und Years of Life Lost, YLL), Morbiditätseffekte (Years Lived with Disability, YLD) und deren Kombination, quantifiziert in Form von Disability-Adjusted Life Years (DALY). Die Gesamt-DALYs entsprechen der Summe der gesamten YLL und der gesamten YLD. Die GBD-Daten weisen einige Schwächen auf (z. B. eine unvollständige Abdeckung der Gesundheitseffekte bestimmter Risikofaktoren), die jedoch angesichts des Zwecks dieser Fallstudien von zweitrangiger Bedeutung waren. Daher dienten die GBD-Daten als Grundlage für die vorliegende Analyse. In der Fallstudie zu den Gesundheitseffekten von Feinstaub, für die die IHME-Daten nicht ausreichend waren, wurden zusätzlich die Ergebnisse des UBA-Projektes VegAS (Hornberg et al., 2013) verwendet.

### 8.2 Risikofaktor Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>): Vergleich WTP-Ansatz und Monetarisierung der DALY-Werte

In dieser Fallstudie werden zwei Arten der Monetarisierung der Krankheitslast durch Feinstaub durchgeführt: eine WTP-basierte Monetarisierung und eine Monetarisierung der DALYs auf der Basis des VOLY. Obwohl Feinstaub sowohl aus Partikeln der Fraktionen PM<sub>2,5</sub> als auch PM<sub>10</sub> besteht, werden aufgrund der Datenverfügbarkeit nur die Gesundheitseffekte der PM<sub>2,5</sub>-Fraktion in die Monetarisierung einbezogen.

#### 8.2.1 Feinstaub – Quellen und Gesundheitseffekte

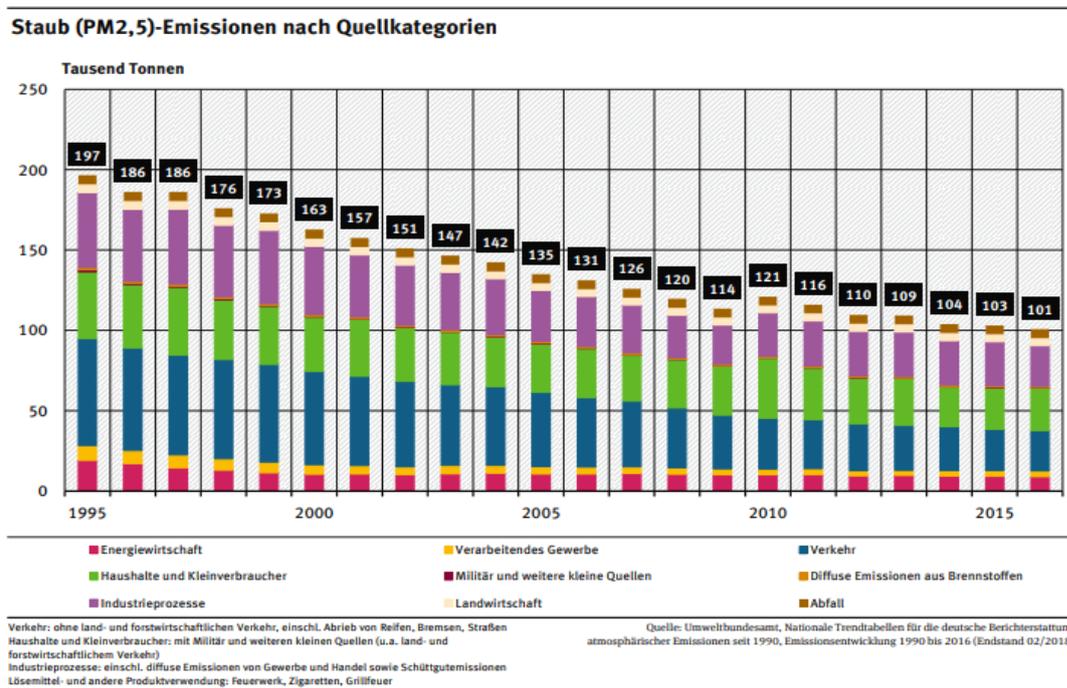
##### 8.2.1.1 Feinstaub – was er ist und wo er herkommt

Feinstaub (particulate matter, PM) besteht aus festen und flüssigen Partikeln, die einen kleinen Durchmesser haben und – u. a. abhängig von ihrer Größe, Form und Dichte – unterschiedlich lange in der Atmosphäre verbleiben, bevor sie auf den Boden sinken. Zum einen gibt es primär emittierten Feinstaub, der direkt aus der Quelle stammt. Zum anderen entsteht sekundärer Feinstaub durch chemische Reaktion verschiedener gasförmiger Substanzen. Darüber hinaus wird Feinstaub nach seiner Größe unterschieden. So hat PM<sub>10</sub> einen Durchmesser von max. 10 µm, PM<sub>2,5</sub> von max. 2,5 µm und ultrafeine Partikel einen Durchmesser kleiner als 0,1 µm

(UBA, 2018c).<sup>22</sup> Alle Feinstaubarten haben einen negativen Einfluss auf die Gesundheit. Die vorliegende Fallstudie fokussiert auf die monetäre Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von PM<sub>2,5</sub>. Abbildung 9 zeigt die jährliche Emissionen von PM<sub>2,5</sub> in Deutschland von 1995 bis 2016.

Eine Vielzahl von menschlichen Aktivitäten führt zu Emissionen von Feinstaub. Primärer Feinstaub wird beispielsweise durch Verkehr (z. B. Autoabgase, Abrieb von Reifen, aufgewirbelter Straßenstaub), Gebäude (z. B. Heizen) und Industrieproduktion (z. B. bei der Herstellung von Stahl) verursacht. Sekundärer Feinstaub kann durch gasförmige Stoffe u. a. aus der Landwirtschaft (z. B. Ammoniakemission aus der Tierhaltung) entstehen. Während die meisten Emissionen menschenverursacht sind, können einige natürliche Prozesse wie Bodenerosion, Vulkanausbrüche oder Waldbrände ebenfalls zu Feinstaub führen (UBA, 2018c).

**Abbildung 9: Jährliche PM<sub>2,5</sub>-Emissionen in Deutschland**



Quelle: UBA (2018b)

Die Feinstaubkonzentration in der Außenluft hängt signifikant von den Wetterbedingungen ab. Sie beeinflussen, wie schnell die Partikel aus der Atmosphäre entfernt werden. Insbesondere in trockenen Wintern mit Inversionswetterlagen und heißen, trockenen Sommern kann mit einer hohen Feinstaubkonzentration gerechnet werden (UBA, 2018d).

### 8.2.1.2 Gesundheitseffekte durch Feinstaub

In der Forschung der letzten Jahre wurde der negative Einfluss von Feinstaub auf die menschliche Gesundheit nachgewiesen. Feinstaubemissionen können ursächlich für Atem- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen sein, akute und chronische Morbidität sowie die kurz- und langfristige Sterbewahrscheinlichkeit erhöhen (WHO Regional Office for Europe, 2005). Das HRAPIE-Projekt<sup>23</sup> formuliert Empfehlungen für Expositions-Wirkungsfunktionen hinsichtlich

<sup>22</sup> Ein Mikrometer (Symbol  $\mu\text{m}$ ) ist ein Millionstel eines Meters. Im Durchschnitt hat das menschliche Haar einen Durchmesser von 75  $\mu\text{m}$ .

<sup>23</sup> HRAPIE (Health Risks of Air Pollution in Europe) – ein EU-finanziertes Projekt, das basierend auf vorangegangener Evidenz Expositions-Wirkungsfunktionen für die Evaluierung von durch Luftschadstoffe entstandenen Gesundheitseffekten bereitstellt.

der Gesundheitseffekte von PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> (siehe Tabelle 28). Die dort erfassten Gesundheitsendpunkte beinhalten erhöhte Mortalität und diverse Morbiditätspunkte nach kurz- und langfristiger Exposition (WHO Regional Office for Europe, 2013). Der durch Feinstaub verursachte Schaden am Organismus hängt von verschiedenen Aspekten ab. So bestimmt die Größe der Partikel, in welchem Ausmaß und wie weit sie in den Körper eindringen. Während PM<sub>10</sub> beim Einatmen im Wesentlichen lediglich die oberen Atemwege beeinträchtigt, kann die kleinere Fraktion PM<sub>2,5</sub> auch bis in die kleinsten Strukturen der Lunge und von dort aus auch in das Blutssystem gelangen (WHO, 2018).

**Tabelle 28: Vom HRAPIE-Projekt behandelte Gesundheitsendpunkte in Zusammenhang mit PM**

Schadstoff	Belastungszeit	Betroffene Bevölkerungsgruppen	Gesundheitsfolgen
PM <sub>2,5</sub>	Langfristige Belastung	Erwachsene (30+)	Allgemeine Mortalität (natürlich)
PM <sub>2,5</sub>	Langfristige Belastung	Erwachsene (30+)	ursachenspezifische Mortalität (zerebrovaskuläre Erkrankungen, ischämische Herzerkrankung, COPD, Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs)
PM <sub>10</sub>	Langfristige Belastung	Postneonatal (1–12 Monate)	Allgemeine Mortalität
PM <sub>10</sub>	Langfristige Belastung	Kinder (6-12 oder 6-18 Jahre)	Prävalenz von Bronchitis
PM <sub>10</sub>	Langfristige Belastung	Erwachsene (18+)	Inzidenz von chronischer Bronchitis
PM <sub>2,5</sub>	Kurzfristige Belastung	Alle Altersgruppen	Allgemeine Mortalität
PM <sub>2,5</sub>	Kurzfristige Belastung	Alle Altersgruppen	Krankenhauseinweisungen aufgrund von zerebrovaskulären Erkrankungen oder Atemwegserkrankungen
PM <sub>2,5</sub>	Kurzfristige Belastung	Alle Altersgruppen	Krankenhauseinweisungen aufgrund von Atemwegserkrankungen
PM <sub>2,5</sub>	Kurzfristige Belastung	Alle Altersgruppen	Tage mit eingeschränkter Aktivität (Restricted Activity Days, RADs)
PM <sub>2,5</sub>	Kurzfristige Belastung	Erwerbsfähiges Alter (20-65 Jahre)	Verlorene Arbeitstage
PM <sub>10</sub>	Kurzfristige Belastung	Kinder (5-19 Jahre)	Tägliche Inzidenz von Asthmasymptomen bei asthmatischen Kindern

Quelle: WHO Regional Office for Europe (2013). Es sollte darauf geachtet werden, Doppelzählungen zu vermeiden, sowohl bei der Verwendung der Statistiken in der Tabelle als auch bei der Zusammenstellung mit gesundheitlichen Auswirkungen anderer Luftschadstoffe.

### 8.2.2 Vergleich von Monetarisierungsmethoden

In der vorliegenden Fallstudie werden Monetarisierungen mit Hilfe der auf der Zahlungsbereitschaft basierenden VSL- und VOLY-Werte durchgeführt. Als äquivalentes Maß der Krankheitslast werden DALY verwendet. Anschließend werden die Ergebnisse der Monetarisierungsansätze verglichen und die gewonnenen Einblicke diskutiert. Zu beachten ist, dass der Fokus der Fallstudie auf den Monetarisierungsmethoden liegt. Die Evaluierung beruht auf Gesundheitsdaten, welche nicht vollumfänglich die Gesundheitseffekte durch Feinstaubbelastung in Deutschland widerspiegeln. Daher berücksichtigen die Monetarisierungsergebnisse nur einen Teil der gesamten Gesundheitseffekte.

Für die Entwicklung des Monetarisierungsansatzes in der vorliegenden Fallstudie wurden die good-practice Empfehlungen von Robinson und Hammitt (2018) hinsichtlich des Vorgehens bei der Monetarisierung von nicht-tödlichen Risikoreduktionen untersucht. Der Fokus lag hierbei insbesondere auf 1) den Leistungstransfers von WTP-basierten Studien, 2) der Schätzung von vermiedenen Kosten (geschätzt z. B. aus COI-Studien) und 3) den monetarisierten DALYs als Sensitivitätsanalyse in den Fällen, in denen WTP-Schätzungen nicht vorhanden sind (S. 22-24). Das Vorgehen nach den good-practice Empfehlungen von Robinson und Hammitt wurde um die Bewertung der Reduktion des Sterberisikos ergänzt. Daher wurde ein Ansatz angewendet, der die tödliche wie nicht-tödliche Risikoreduktion beinhaltet. Da sich die vorliegende Fallstudie primär auf den WTP-basierten und DALY-basierten Ansatz konzentriert, wurde die Schätzung von vermiedenen Kosten ausgeklammert.

In den Empfehlungen von Robinson und Hammitt (2018) findet eine DALY-Bewertung immer nur dann Anwendung, wenn belastbare WTP-basierte Daten nicht vorhanden sind. Da die vorliegende Fallstudie jedoch die Monetarisierungsmethoden miteinander vergleichen soll, wird neben den typischen WTP-basierten Bewertungen auch eine DALY-basierte Bewertung durchgeführt (siehe Tabelle 29). So werden die Methoden nach ihrem Verfahren getestet und die Bewertungsergebnisse miteinander verglichen.

**Tabelle 29: In dieser Fallstudie verglichene Monetarisierungsmethoden**

Methode 1	Methode 2
WTP-basierte Bewertung von Mortalitätsrisikoreduktionen und von Risikoreduktionen im Hinblick auf Morbidität	DALY-basierte Monetarisierung von Risikoreduktionen im Hinblick auf Morbidität

Es ist wichtig hervorzuheben, dass diese Fallstudie sich auf die Feinstaubbelastung (Immissionen) stützt. Es ist auch möglich, die Gesundheitskosten der Emissionen von Feinstaub zu monetarisieren, aber dies wäre eine andere Monetarisierungsgrundlage (siehe folgenden Kasten für weitere Erläuterungen).

#### Hinweise zur Monetarisierung von Krankheitslasten basierend auf Feinstaubemissionen

Die derzeitige UBA-Methodenkonvention 3.0 beinhaltet emissionsbasierte Parameter für die Monetarisierungsverfahren für Feinstaub, aber keine immissionsbasierten Parameter, wie in der Fallstudie verwendet. Zur Betrachtung von Feinstaub sind Ansätze, die auf Immissionen und die auf Emissionen basieren, voneinander zu unterscheiden, da sie unterschiedliche Schäden berechnen. Bei auf Immissionen basierenden Ansätzen, wie in der VegAS- oder den GBD-Studien wird Feinstaub unterschiedlichen Ursprungs betrachtet. Immissionen primären und sekundären Ursprungs (Vorläuferemissionen NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub>) werden einbezogen, ebenso in- und ausländische, natürliche und durch Menschen verursachte Quellen. Bei der Expositionsrechnung können Bevölkerungsverteilungen mitberücksichtigt werden. Beim emissionsbasierten Ansatz hingegen werden primäre Feinstaubemissionen in Deutschland und deren

Gesundheitsauswirkungen für Deutschland und Europa betrachtet. Aufgrund des meteorologischen Modells in der Methodenkonvention 3.0 mit einer räumlichen Auflösung von 50 km<sup>2</sup> wird die höhere Exposition in dicht besiedelten Gebieten mit Aufschlagsfaktoren für Städte versehen (van der Kamp, 2019).

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Monetarisierungen, welche das Herzstück dieser Fallstudie sind, wurde für die Vergleichbarkeit der monetäre Wert der Krankheitslast auf Grundlage der Feinstaubemissionen im Jahr 2016 und dem korrespondierenden Kostensatz aus der Methodenkonvention 3.0 berechnet. Die Berechnung bestand aus dem Multiplizieren der Emissionsmenge von 100.800 t in 2016 (UBA, 2018b) mit dem Kostensatz von 58.400 €/t (angepasst an das Jahr 2016), welcher für die Berechnung von Gesundheitsschäden aufgrund von PM<sub>2,5</sub> empfohlen wird (Bünger und Matthey, 2018a). Diese relativ einfache Kalkulation führte zu einem Wert von 5,9 Mrd. €<sub>2016</sub>.

### 8.2.3 Beschreibung von Gesundheitsdaten

Für die Anwendung der WTP-basierten Methode wurden die geschätzten Daten über die Gesundheitseffekte von Luftverschmutzung aus dem VegAS-Projekt (Hornberg, et al., 2013) herangezogen. Geschätzt wurden sie für den Zeitraum 2005-2009 unter Bezugnahme auf die für Deutschland modellierten schadstoffspezifischen Belastungen. Neben anderen Schadstoffen schätzten die Autoren auch die Gesundheitsbelastungen durch PM<sub>2,5</sub>. Für die vorliegende Fallstudie werden die Daten aus dem letzten vorliegenden Jahr (2009) benutzt. Die für die Bewertung ausgewählten Gesundheitseffekte sind in Tabelle 30 zusammengefasst.

Die PM<sub>2,5</sub>-Schätzungen aus dem VegAS-Projekt werden in unterschiedlichen Einheiten und für diverse Altersgruppen dargestellt. Mortalität aufgrund von Herz-Lungen-Krankheiten (für Erwachsene über 30 Jahre) wird wie folgt wiedergegeben: Anzahl der attributablen Todesfälle, DALYs sowie DALYs je 1.000 Einwohner. Hinsichtlich der Krebsfälle (für Erwachsene über 30 Jahre), zusätzlich zu den Mortalitätseffekten (dargestellt in Form von Todesfällen und verlorenen Lebensjahren, YLL), nennen die Autoren die Morbiditätseffekte (in Form von Lebensjahren mit gesundheitlichen Einschränkungen (Years Lived with Disability, YLD)) ebenso wie eine Kombination der beiden (DALYs und DALYs je 1.000 Einwohner). Des Weiteren wird eine Anzahl von neuen Fällen chronischer Bronchitis pro 100.000 Erwachsener über 27 Jahre und Tage mit eingeschränkter Aktivität (Restricted Activity Days, RADs) pro 1.000 Erwachsene im Alter zwischen 15 und 64 Jahren geschätzt. Außerdem schätzen die Autoren das Risiko für Atemwegsallergien oder Heuschnupfen bei Kindern unter 18 Jahren.

Aufgrund dieser Vielfältigkeit an Einheiten muss vor der eigentlichen Bewertung zunächst eine Datenauswahl und -umwandlung vorgenommen werden.

Erstens: Die in VegAS dargestellten Schätzungen der Bronchitisfälle beziehen sich auf PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>. Letztere sind allerdings nicht Gegenstand des vorliegenden Fallbeispiels. Daher muss beachtet werden, dass an dieser Stelle die Monetarisierungsergebnisse überschätzt sein können. Darüber hinaus sind die Bronchitis-Schätzwerte keine Punktschätzer, sondern sind als eine Bandbreite angegeben. Zur Vereinfachung werden in der Analyse die Durchschnittswerte der oberen sowie unteren Bandbreitengrenze verwendet.

Zweitens: Zusätzliche Umwandlungen sind erforderlich, falls die Endpunktschätzer als Raten dargestellt werden (neue Fälle von Bronchitis je 100.000 Einwohner, zusätzliche RADs pro 1.000 Erwachsene). Diese müssen in ihre eigentlichen Einheiten umgewandelt werden (neue Bronchitisfälle, zusätzliche RADs). Dazu wird eine Schätzung auf Basis der Einwohnerdaten des Statistischen Jahrbuchs 2012 (Statistisches Bundesamt, 2012 S. 31) durchgeführt.

Drittens: Die Morbiditätsdaten, die in Form von YLD dargestellt sind, werden von der Monetarisierung ausgeklammert, da YLD keine Informationen über Prävalenz oder Inzidenz geben, die für eine traditionelle WTP-basierte Analyse allerdings notwendig wären. Das Ausschließen von YLD-Daten führt zu einer geringen Unterschätzung von Lungenkrebs bei Erwachsenen – die YLD repräsentieren weniger als ein Prozent der geschätzten krebsbezogenen DALYs. Das Ausklammern der YLD hatte keinen Effekt auf andere in dieser Analyse benutzte Gesundheitsendpunkte.

Schließlich wurden keine verlässlichen WTP-Schätzer für die gesteigerte Wahrscheinlichkeit von Atemwegsallergien bzw. Heuschnupfen identifiziert. Daher musste auch dieser Gesundheitsendpunkt von der Analyse ausgeschlossen werden.

Tabelle 30 gibt eine Übersicht über die ursprünglich dargestellten und nun transformierten Gesundheitsendpunkte.

**Tabelle 30: Schätzer der ausgewählten Mortalitäts- und Morbiditätsdaten vor und nach der Umwandlung**

Dargestellte Gesundheitsendpunkte in VegAS	Wert 2009	Für die Analyse verwendete Gesundheitsendpunkte	Wert 2009
Attributable Todesfälle (kardiopulmonare Erkrankungen, Erwachsene > 30)	41.089	Attributable Todesfälle (kardiopulmonare Erkrankungen, Erwachsene > 30)	41.089
Attributable Todesfälle (Lungenkrebs, Erwachsene > 30)	8.115	Attributable Todesfälle (Lungenkrebs, Erwachsene > 30)	8.115
Chronische Bronchitis – neue Fälle je 100.000 Erwachsene > 27 Jahre	31 – 51	Chronische Bronchitis – neue Fälle, Erwachsene > 27 Jahre (Mittelwert)	25.842
Zusätzliche Tage mit eingeschränkter Aktivität (RADs) je 1.000 Erwachsenen von 15 -64 Jahre	859	Zusätzliche Tage mit eingeschränkter Aktivität (RADs), Erwachsene von 15-64 Jahre	46.281

Quelle: VegAS (Hornberg, et al., 2013) und eigene Modifizierung

### 8.2.3.1 IHME Daten der GBD-Studie 2017

Für die auf den DALYs basierende Analyse der Krankheitslasten werden die Werte für 2016 aus der Studie „Global Burden of Disease 2017“ (GBD 2017) verwendet, welche beim IHME über die Datenbank GHDx abgerufen werden können.

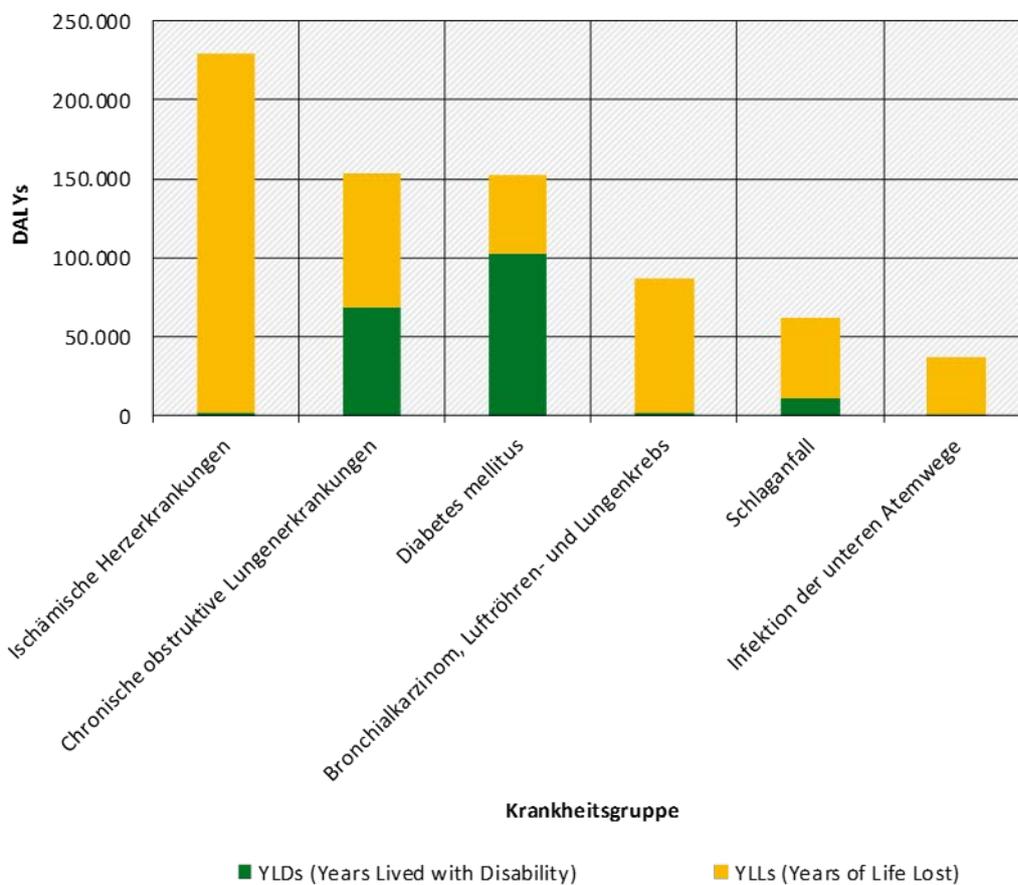
Die GBD-Daten beinhalten Schätzungen der Krankheitslast auf globaler, nationaler und regionaler Ebene. Die Ergebnisse werden in der Regel jährlich veröffentlicht. Der Datensatz ist untergliedert nach verschiedenen Risikofaktoren und ihren entsprechenden Gesundheitseffekten – zum Beispiel PM<sub>2,5</sub>, welche für die Analyse dieser Fallstudie verwendet werden. Für die meisten Länder (inklusive Deutschland) sind keine Informationen auf subnationaler Ebene vorhanden (z. B. Bundesländer). Daher wird die Analyse für Gesamtdeutschland durchgeführt.

Die Krankheitslast wird in den vorhandenen Daten in Form von Todesfällen, YLD, YLLs und DALYs angegeben. Laut benutzter Datenquelle lassen sich für Deutschland 719.690 DALYs im Jahr 2016 auf die Feinstaubbelastung zurückführen. Diese Summe ergibt sich aus 185.914 YLD und 533.776 YLL, was die relativ hohe Bedeutung von Mortalitätseffekten widerspiegelt. Zur Einordnung der Zahlen: die gesamte Krankheitslast in Deutschland wurde für dasselbe Jahr auf 25.686.091 DALYs (13.781.111 YLL + 11.904.980 YLD) geschätzt.

Die durch PM<sub>2,5</sub> entstandene Krankheitslast ist im IHME-Datensatz nach verschiedenen Krankheitsgruppen untergliedert (siehe Abbildung 10), die je nach ihrer Gesamtbelastung (YLL + YLD, DALYs) und ihrem Anteil an Morbiditäts- und Mortalitätseffekten variieren. So wird zum Beispiel die Belastung durch ischämische Herzerkrankungen – an erster Stelle bei der Anzahl an DALYs – von Mortalitätseffekten dominiert, wobei die Anzahl der YLL über 99 % der Krankheitslast ausmachen. Im Fall von COPD haben Mortalitäts- und Morbiditätseffekte annähernd vergleichbare Anteile an den gesamten DALYs mit 55 % bzw. 45 %. Dem gegenüber ist Diabetes mellitus die einzige Krankheit, bei der die dargestellten Morbiditätseffekte dominieren, wobei die YLD einen Anteil von ungefähr Zweidrittel der gesamten Krankheitslast ausmachen.

**Abbildung 10: Auf PM<sub>2,5</sub> zurückzuführende Gesundheitsbelastungen in Deutschland in 2016**

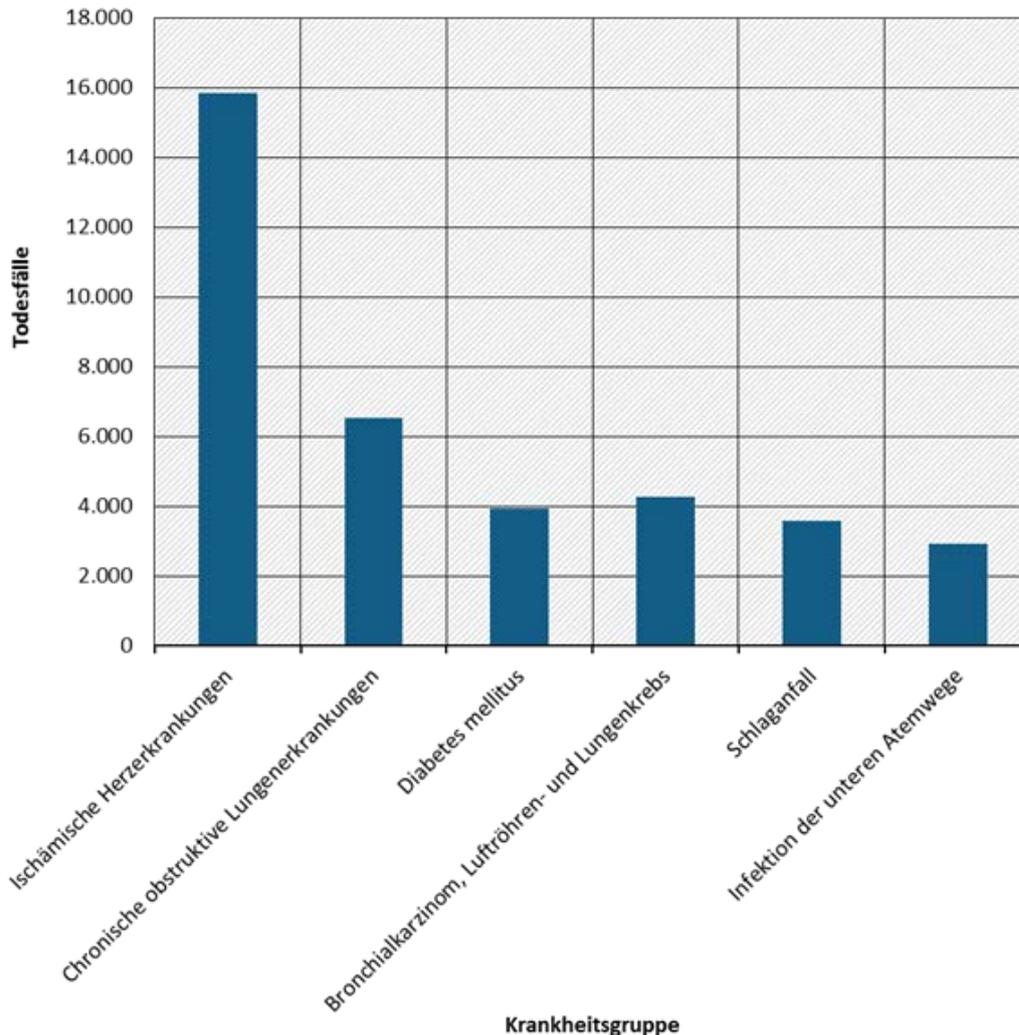
Belastung nach Krankheitstyp (beachte: YLL + YLD = DALY)



Quelle: Ecologic Institut (2019) basierend auf der GBD-Studie 2017 des IHME

**Abbildung 11: PM<sub>2,5</sub>: attributable Todesfälle in Deutschland in 2016**

Attributable Todesfälle nach Krankheitsgruppe



Quelle: Ecologic Institute (2019) basierend auf der GBD-Studie 2017 des IHME

Die PM<sub>2,5</sub> zuzuschreibende Krankheitslast und deren Verteilung auf die Altersgruppen im IHME-Datensatz unterscheidet sich minimal – je nachdem, ob man sich die gesamten Gesundheitseffekte oder nur die Mortalität anschaut. In beiden Fällen kann jedoch eine Gemeinsamkeit beobachtet werden: Während fast gar keine Gesundheitseffekte in den jüngsten Altersgruppen (0-19 Jahre) zu sehen sind, fallen sie in den ältesten Gruppen (65+) am höchsten aus. Fasst man alle Krankheiten zusammen, so liegen die mit Feinstaub assoziierten Todesfälle zu 85 % in der Gruppe der älteren Menschen (siehe Tabelle 31). Im Vergleich dazu fallen 65 % der DALYs auf die älteste Gruppe und 35 % auf die Gruppe der Menschen zwischen 20 und 64 Jahren (siehe Tabelle 32).

**Tabelle 31: Verteilung der Krankheitslast (Anzahl Todesfälle) auf die Altersgruppen**

Vergleich zwischen Krankheitsgruppen, Alter in Jahre

Krankheitsgruppe	Alter 0 - 19	Alter 20 - 64	Alter 65+
Infektion der unteren Atemwege	0,29 %	8,9 %	90,8 %
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	0,00 %	30,0 %	70,0 %
Ischämische Herzerkrankungen	0,00 %	15,3 %	84,7 %
Schlaganfall	0,00 %	13,2 %	86,8 %
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	0,00 %	9,6 %	90,4 %
Diabetes mellitus	0,00 %	9,6 %	90,4 %
<b>Alle Todesursachen</b>	<b>0,03 %</b>	<b>14,7 %</b>	<b>85,3 %</b>

Quelle: Ecologic Institut (2019) basierend auf der GBD-Studie 2017 des IHME

**Tabelle 32: Verteilung der Krankheitslast (DALYs) auf die Altersgruppen**

Vergleich zwischen Krankheitsgruppen, Alter in Jahre

Krankheitsgruppe	Alter 0 - 19	Alter 20 - 64	Alter 65+
Infektion der unteren Atemwege	2,01 %	23,9 %	74,0 %
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	0,00 %	47,3 %	52,7 %
Ischämische Herzerkrankungen	0,00 %	34,7 %	65,3 %
Schlaganfall	0,00 %	33,3 %	66,7 %
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	0,00%	29,4 %	70,6 %
Diabetes mellitus	0,00 %	37,4 %	62,6 %
<b>Alle Ursachen</b>	<b>0,10 %</b>	<b>35,0 %</b>	<b>64,9 %</b>

Quelle: Ecologic Institut (2019) basierend auf der GBD-Studie 2017 des IHME

## 8.2.4 Beschreibung von Monetarisierungsparametern

Unabhängig vom zugrundeliegenden Monetarisierungsvorgehen beinhalten die Bewertungen in dieser Fallstudie eine Multiplikation der Schätzungen über die Gesundheitseffekte (z. B. Anzahl an Todesfällen) mit ihren jeweiligen, von der vorherigen Literatur übernommenen Einheiten der Monetarisierungswerte (z. B. Wert eines statistischen Lebens (VSL)). Die folgenden Unterkapitel beschreiben die für die vorliegende Studie verwendeten Bewertungsparameter, ihre Werte und die für die Umrechnung in Euro (2016) verwendeten Methoden.

### 8.2.4.1 Auswahl der Monetarisierungsparameter

#### Auswahl der Monetarisierungsparameter für die VegAS-Gesundheitsdaten

Die Gesundheitseffekte aus dem VegAS-Projekt werden mit Hilfe des WTP-Ansatzes monetarisiert. Für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten wird für jeden attributablen Todesfall der VSL verwendet. Darüber hinaus wird der WTP-Ansatz benutzt, um die Morbiditätseffekte zu monetarisieren. Dafür wird aus der aktuellen Literatur ein auf der WTP

basierender Schätzer für jeden der Morbiditätsendpunkte angewendet, die im VegAS-Projekt berechnet wurden.

In Anbetracht der in den VegAS-Schätzungen beleuchteten Gesundheitsendpunkte und der Belege aus vorherigen Monetarisierungsstudien wurde antizipiert, dass die monetären Werte für die Mortalitätseffekte höchstwahrscheinlich den größten Anteil an der gesamten Krankheitsbelastung haben. Die Wahl der VSL hat dementsprechend einen ausschlaggebenden Einfluss auf das gesamte Bewertungsergebnis. Daher wird zusätzlich zu den Basiswerten eine alternative Monetarisierung mit abweichenden VSL-Werten durchgeführt und die Unterschiede der Ergebnisse verglichen.

#### **Auswahl der Monetarisierungsparameter für die IHME-Gesundheitsdaten**

Für die Monetarisierung der Krankheitslast auf Basis der IHME-Daten werden zwei Herangehensweisen verwendet. Zum einen wird eine auf DALYs basierte Monetarisierung durchgeführt, bei der der Wert eines Lebensjahres (Value of Life Year, VOLY) als Einheitswert pro DALY benutzt wird. Bei dieser Anwendung werden Mortalitäts- und Morbiditätseffekte mit Hilfe eines einzigen Einheitswerts berücksichtigt. Alternativ werden Mortalitäts- und Morbiditätseffekte getrennt voneinander monetarisiert, indem der VSL für Todesfälle und der VOLY weiterhin für den YLD-Anteil der DALYs Anwendung findet. In beiden Herangehensweisen wird als Mittel für die Sensitivitätsanalyse das Ausmaß der Ergebnisveränderung untersucht, wenn die Unter- und Obergrenze des VSL bzw. VOLY benutzt werden.

#### **8.2.4.2 Auswahl der Einheitswerte**

##### **Einheitswerte für die Bewertung der VegAS-Gesundheitsdaten**

In diesem Vorhaben wurde entschieden, für die Bewertung der Gesundheitseffekte infolge von Luftverschmutzung, wie sie im VegAS-Projekt dargestellt sind, die Werte aus dem Nutzenbewertungsmodell von Holland et al. (2013) zu verwenden. Die Arbeit von Holland et al. basiert zum größten Teil auf dem europäischen CAFE (Clear Air for Europe)-Programm aus dem Jahr 2005, welches auch im europäischen Politikprozess berücksichtigt wurde. In ihrer Studie konkretisieren die Autoren ihre Auswahl der Werte pro Einheit für die Monetarisierung mit einer vollständigen Rezension der wichtigen methodologischen Entwicklungen der letzten Jahre.

Für die Bewertung der Mortalitäts- und Morbiditätseffekte wenden Holland et al. (2013) WTP-Schätzungen von vorherigen Studien an und modifizieren diese, wenn nötig. Als zentralen VSL-Schätzer benutzen Holland et al. den Median und die Durchschnittswerte von 1,4 Millionen €<sub>2016</sub> bzw. 3,2 Millionen €<sub>2016</sub>. Diese Werte wurden von Friedrich et al. (2004) in der New Ext-Studie abgeleitet. Wie auch bei Holland und seinen Koautoren wird als Sensitivitätsanalyse der für die EU empfohlene Schätzer i. H. v. 4,3 Millionen €<sub>2016</sub> verwendet, basierend auf einer von der OECD durchgeführten umfangreichen formellen Meta-Analyse (OECD, 2012). Als Wert für einen Tag mit eingeschränkter Aktivität (RAD) wird der von Holland et al. in Höhe von 124 €<sub>2016</sub> genutzt. Wie auch bei Holland et al. wird jeder neue Fall von chronischer Bronchitis mit 279.000 €<sub>2016</sub> in der vorliegenden Studie bewertet. Tabelle 33 gibt einen Überblick über die genutzten Werte je Einheit, die für die auf der WTP basierenden Bewertung angewendet wurden.

**Tabelle 33: Gewählte Einheitswerte für die Monetarisierung der VegAS-Gesundheitsdaten**

Gesundheitsendpunkte	Einheitswert (€ <sub>2016</sub> )
Median des VSL-Werts (Friedrich et al. 2004)	1.400.000 €
Durchschnittlicher VSL-Wert (Friedrich et al. 2004)	3.200.000 €
Median des VSL-Werts (OECD, 2012)	4.400.000 €
Tag mit eingeschränkter Aktivität (RAD –Durchschnitt für erwerbsfähige Erwachsene)	124 €
Chronische Bronchitis	279.000 €

Quellen: VSL-Werte von Friedrich et al. (2004) und OECD (2012). Andere originäre Einheitswerte aus Holland et al. (2013)

### Einheitswerte für die Bewertung der IHME-Gesundheitsdaten

Für die erste auf DALYs basierte Bewertung der Gesundheitseffekte wird der VOLY als Kosten pro DALY verwendet. Hierfür wird der VOLY von Desaignes et al. (2007) aus dem NEEDS-Projekt angewendet, der als zentraler Wert für die EU-Länder empfohlen wird. Das Ergebnis von Desaignes et al. wurde auf der Grundlage einer von ihnen erstellten länderübergreifenden Kontingenten-Bewertungsstudie im Zusammenhang mit den Gesundheitseffekten durch Luftverschmutzung geschätzt. Dieser Wert passt gut zu dem Kontext dieser Fallstudie. Zudem wurde der Wert häufig in der Literatur verwendet – auch im Kontext der Monetarisierung von DALYs, z. B. in der Studie von Grandjean and Bellanger (2017). Für den EU-Kontext empfehlen Desaignes et al. die Anwendung des VOLYs von 54.000 €<sub>2016</sub> als mittleren Schätzer mit einer Untergrenze von 34.000 €<sub>2016</sub> und einer Obergrenze von 134.000 €<sub>2016</sub>.

Alternativ zu einer ausschließlich auf DALYs basierenden Monetarisierung können Mortalitätseffekte (ausgedrückt in Form von attributablen Todesfällen) und Morbiditätseffekte (ausgedrückt in Form von YLD) separat voneinander behandelt werden. In diesem Szenario werden die Mortalitätseffekte mit der Anwendung eines VSL-Schätzers monetarisiert, wie ihn die OECD für den EU-Kontext empfiehlt. Dieser Wert wurde in einer ausführlichen Meta-Analyse ermittelt und findet seitdem in Studien Anwendung. Der von der OECD vorgeschlagene Wert beläuft sich auf 4,4 Millionen €<sub>2016</sub> (Basisschätzung) und 2,2 Millionen €<sub>2016</sub> (Untergrenze) sowie 6,6 Millionen €<sub>2016</sub> (Obergrenze). Für die Bewertung der YLD wurden erneut VOLY gewählt. Genau wie in der auf DALY basierenden Bewertung wurden die VOLY-Werte von Desaignes et al. aus dem NEEDS-Projekt ausgewählt. Tabelle 34 fasst die Einheitswerte für die Monetarisierung der IHME-Gesundheitsdaten zusammen.

**Tabelle 34: Gewählte Werte pro Einheit für die Monetarisierung der IHME-Gesundheitsdaten**

Gesundheitsendpunkt	Einheitswert (€ <sub>2016</sub> )
Median des VSL-Werts (OECD, 2012)	4.400.000 €
Unterer VSL-Wert (OECD, 2012)	2.200.000 €
Oberer VSL-Wert (OECD, 2012)	6.600.000 €
Mittlerer VOLY-Wert (Desaignes et al. 2007)	54.000 €
Unterer VOLY-Wert (Desaignes et al. 2007)	34.000 €
Oberer VOLY-Wert (Desaignes et al. 2007)	134.000 €

Quellen: VSL-Werte von OECD (2012), VOLY-Werte von Desaignes et al. (2007)

### 8.2.4.3 Anpassung der bei der Monetarisierung verwendeten Werte

Da alle oben beschriebenen Werte vor dem Jahr 2016 (das Jahr der vorliegenden Analyse) geschätzt wurden, müssen gewisse Anpassungen durchgeführt werden, sodass die Werte die korrekte ökonomische Situation in dem zu analysierenden Jahr widerspiegeln. Die Modifizierung der Originalwerte beinhaltet eine Umformung der in ausländischen Währungen dargestellten Werte in Euros sowie eine Rücksichtnahme auf die Veränderungen der Preisniveaus und Einkommen. Bei der Auswahl der Anpassungsparameter (z. B. Wechselkurs) wurde der Vorgehensweise der Methodenkonvention 3.0 gefolgt.

#### Umwandlung von US \$ zu €

Einige der in dieser Fallstudie verwendeten Werte wurden ursprünglich in US-Dollar dargestellt und müssen daher mit dem entsprechenden Wechselkurs in Euro umgewandelt werden. In diesem Fall wurde dem Standardverfahren gefolgt und der Wechselkurs basierend auf der Kaufkraftparität (KKP) für die entsprechenden Jahre der Schätzung benutzt. Diese Vorgehensweise wird unter anderem von der OECD (2012 S. 121) sowie eftec (2009 S. 58) empfohlen und in der Methodenkonvention 3.0 für die Schätzung der empfohlenen Kostensätze für Klimakosten verwendet (Bünger und Matthey, 2018a, S. 9). Um den Einheitswert in Euros des ursprünglichen Jahres zu erlangen, multipliziert man den Originalwert ausgedrückt in der ausländischen Währung mit dem entsprechenden Wechselkurs in KKP des ursprünglichen Preisjahres (eine Einheit der ausländischen Währung ausgedrückt in Euros). Demnach stellt sich die Umwandlung der in US-Dollars geschätzten Werte im Jahr  $a$  in Euros wie folgt dar:

$$\text{Einheitswert}(\epsilon_a) = \text{Einheitswert}(\$_a) * KKP_a(\text{Deutschland})$$

$a$  – Preisjahr des ursprünglichen Einheitswerts

$KKP_a(\text{Deutschland})$  – 1 US\$ $_a$  ausgedrückt in  $\epsilon_a$

#### Berücksichtigung der Veränderungen der Preisniveaus

Anschließend muss die Werteinheit an die zeitlichen Veränderungen der Preisniveaus (Inflation) angepasst werden. Während hierzu verschiedene Indizes zur Verfügung stehen (BIP-Deflator, Erzeugerpreisindex, Einzelhandelspreisindex), gilt im Kontext von nicht auf dem Markt gehandelten Gütern mit der WTP-Methode der Verbraucherpreisindex (VPI) als angemessenes Maß (eftec, 2009 S. 57). Der VPI wurde auch in der Methodenkonvention 3.0 für die Berechnung der durchschnittlichen ökologischen Kosten von Luftverschmutzung benutzt (Bünger und Matthey, 2018a, S. 13). Die Verwendung von nationalen VPIs für die Inflationsanpassung ist bei der OECD (2012 S. 119) ebenfalls die empfohlene Standardherangehensweise. Gleichzeitig warnt allerdings die OECD davor, dass der VPI nur ein grober Schätzer für die zeitliche Veränderung der Risikobewertung von Personen ist und dass die Literatur, welche die intertemporale Übertragbarkeit untersucht, nicht ausreichend ist (S. 116). Dennoch wurde der Standardherangehensweise für die vorliegende Fallstudie gefolgt und – wie es auch in der UBA Methodenkonvention getan wird – der VPI eingesetzt (in diesem Fall die harmonisierte VPI). Im Speziellen wurden die geschätzten Originalwerte, nun dargestellt in Euros des entsprechenden Preisjahres  $a$  (Basisjahr), mit dem Verhältnis vom harmonisierten VPI des analysierten Jahres (2016) zum Basisjahr  $a$  multipliziert. Die folgende Gleichung fasst den Vorgang zusammen:

$$\begin{aligned} & \text{Einheitswert}(\epsilon_{2016}) \\ &= \frac{\text{harmonisierter Verbraucherpreisindex}_{2016}}{\text{harmonisierter Verbraucherpreisindex}_a} * \text{Einheitswert}(\epsilon_a) \end{aligned}$$

$a$  – Preisjahr des ursprünglichen Einheitswert

Um die zeitlichen Preisveränderungen zu berücksichtigen, wurde der vom Statistischen Bundesamt (2019) veröffentlichte harmonisierte VPI verwendet.

## Einkommensveränderungen

Wenn man sich auf WTP-basierte Werteinheiten aus der Vergangenheit bezieht, muss in einem letzten Schritt die Abhängigkeit der WTP vom Einkommensniveau beachtet werden. Daher war es notwendig, die ausgewählten Schätzungen an die Einkommensunterschiede zwischen dem Jahr der Schätzung des Wertes (Basisjahr) und dem Jahr der Analyse anzupassen. Eine Standardherangehensweise, welche die Einkommensveränderungen berücksichtigt und von der OECD (2012 S. 128) empfohlen wird, ist die Anwendung der prozentualen Veränderung des BIPs pro Kopf ausgedrückt in realen Einheiten oder konstanten Preisen und der gleichzeitigen Berücksichtigung der Einkommenselastizität der WTP. Gemäß dieser Empfehlung wurde ein Umwandlungsfaktor kalkuliert, welcher aus der Berechnung des Quotienten des realen BIPs pro Kopf in Deutschland in 2016 und dem realen BIP pro Kopf aus dem Basisjahr (zeigt das Einkommenswachstum), potenziert mit der Einkommenselastizität der WTP, besteht. Die Anpassung entsteht durch die Multiplikation des Umwandlungsfaktors mit der unangepassten Werteinheit. Mathematisch wird dies folgendermaßen ausgedrückt:

$$\begin{aligned} & \text{Angepasster Einheitswert}(\text{€}_{2016}) \\ &= \left( \frac{\text{reales BIP pro Kopf}_{2016}}{\text{reales BIP pro Kopf}_a} \right)^e * \text{unangepasster Einheitswert}(\text{€}_{2016}) \end{aligned}$$

*a* – Preisjahr des ursprünglichen Einheitswert

*e* – Einkommenselastizität der WTP

Für die Anpassung der Einkommen wurde in dieser Fallstudie das reale BIP pro Kopf in Deutschland genommen (Eurostat, 2019). In einer Meta-Regression hat die OECD (2012 S. 128) zum Beispiel eine Einkommenselastizität von 0,7 bis 0,9 abgeleitet und empfiehlt daher die Anwendung einer Elastizität von 0,8 und einen Mittelwert von 0,4 als Sensitivitätsszenario für die Analyse von OECD- oder EU-Ländern (S. 133). In ihrer Literaturanalyse bezüglich des Verhältnisses zwischen Einkommen und WTP finden Narain et al. (Narain, et al., 2016) weite Bandbreiten von möglichen Einkommenselastizitäten. Als Grundlage für die von der Weltbank durchgeführte Monetarisierung empfehlen sie für einkommensstarke Länder, den auch von der OECD vorgeschlagene Wert von 0,8, und für die Sensitivitätsanalyse eine Bandbreite von 0,6 bis 1,0. Die Schätzungen der Feinstaubbelastungskostensätze, die in der Methodenkonvention 3.0 empfohlen werden, basieren auf einer angenommenen Einkommenselastizität von 0,85, welche im Einklang mit den Werten der OECD und von Narain et al. ist. Daher wurde sich in der vorliegenden Studie bei der Berechnung der Fallstudie an den Werten der Methodenkonvention orientiert.

Tabelle 35 – Tabelle 38 zeigen noch einmal die benannten und für diese Fallstudie vorgenommenen Anpassungen.

**Tabelle 35: Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung der Mortalitätseffekte**

Original-VSL-Wert von Friedrich et al. (2004)

	Indexwert	Median-VSL-Wert	VSL-Mittelwert
VSL-Wert in € <sub>2002</sub>		1.000.000 €	2.258.000 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes 2002	81,5		
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes 2016	100,4		
VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		1.231.902 €	2.781.634 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2002	29 400 €		
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34 900 €		
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85		
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,16		
Einkommensangepasster VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		1.425.222 €	3.218.151 €
<b>Einkommensangepasster VSL-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>1.400.000 €</b>	<b>3.200.000 €</b>

Quellen: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes vom Statistischen Bundesamt (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 36: Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung der Mortalitätseffekte**

Original-VSL-Wert von OECD (2012)

	Indexwert	Median-VSL-Wert	VSL-Mittelwert	Unterer VSL-Wert	Oberer VSL-Wert
VSL-Wert in US \$ <sub>2005</sub>		3.600.000 €	4.700.000 €	1.800.000 €	5.400.000 €
2005 KKP-Wechselkurs: 1 US \$ ausgedrückt in €	0,908 €				
VSL-Wert in € <sub>2005</sub>		3.268.800 €	4.267.600 €	1.634.400 €	4.903.200 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes 2005	85,5				
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes 2016	100,4				
VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		3.838.451 €	5.011.310 €	1.919.225 €	5.757.676 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2005	29 800 €				
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34 900 €				
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85				
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,14				
Einkommensangepasster VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		4.390.093 €	5.731.511 €	2.195.047 €	6.585.140 €
<b>Einkommensangepasster VSL-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>4.400.000 €</b>	<b>5.700.000 €</b>	<b>2.200.000 €</b>	<b>6.600.000 €</b>

Quellen: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindexes vom Statistischen Bundesamt (2019), KKP-Wechselkurs von Weltbank (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 37: Herleitung der Einheitswerte für die Monetarisierung der Morbiditätseffekte**

Original-WTP-Werte von Holland et al. (2013)

	Indexwert	Neue Fälle von chronischer Bronchitis	Tag mit eingeschränkter Aktivität (angepasster Durchschnitt für erwerbsfähige Erwachsene)
Einheitswerte in € <sub>2005</sub>		208.000 €	92 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2005	85,5		
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,4		
Stückkosten in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		244.248 €	108,03 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2005	29 800 €		
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34 900 €		
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85		
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,14		
Einkommensangepasste Einheitswerte in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		279.350 €	123,56 €
<b>Einkommensangepasste Einheitswerte in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>279.000 €</b>	<b>124 €</b>

Quellen: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex vom Statistischen Bundesamt (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 38: Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung der YLD**

Original-VOLY-Wert von Desaignes et al. (2007)

	Indexwerte	Mittlerer VOLY	Unterer VOLY	Oberer VOLY
VOLY-Wert in € <sub>2005</sub>		40.000 €	25.000 €	100.000 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2005	85,5			
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,4			
VOLY-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		46.971 €	29.357 €	117.427 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2005	29 800 €			
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34 900 €			
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85			
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,14			
Einkommensangepasster VOLY-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		53.721 €	33.576 €	134.303 €
<b>Einkommensangepasster VOLY-Wert in €<sub>2016</sub> – gerundet</b>		<b>54.000 €</b>	<b>34.000 €</b>	<b>134.000 €</b>

Quellen: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex vom Statistischen Bundesamt (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

## 8.2.5 Darstellung der Monetarisierungsergebnisse

Wenn die VegAS- bzw. IHME-Schätzer für die Gesundheitseffekte von PM<sub>2,5</sub> mit dem oben beschriebenen angepassten Werten multipliziert werden, erhält man unterschiedliche Kostensätze zur Krankheitslast mit Hinblick auf die Feinstaubbelastung in Deutschland. Die Ergebnisse unterscheiden sich je nach gewähltem Ansatz und verwendeten Bewertungsparametern. In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse im Detail präsentiert.

### 8.2.5.1 Bewertungsergebnisse basierend auf den VegAS-Gesundheitsdaten

Tabelle 39 gibt einen Überblick über die monetäre Bewertung der Krankheitslast, basierend auf den im VegAS-Projekt geschätzten Gesundheitsdaten und aufgeschlüsselt nach spezifischen Gesundheitsendpunkten sowie nach den jeweiligen Teilsummen (Mortalität und Morbidität). Die Ergebnisse beinhalten vier verschiedene Monetarisierungsszenarios, welche sich in den gewählten VSL-Werten für die Mortalitätseffekte unterscheiden, während die Morbiditätseffekte in allen Fällen mit den gleichen WTP-Einheitswerten monetarisiert wurden.

**Tabelle 39: WTP-basierte Bewertung der aufgrund von PM<sub>2,5</sub> verursachten Krankheitslast in 2016 (Mortalitäts- und Morbiditätskosten)**

Monetarisierung basierend auf der Krankheitslast 2009 der VegAS-Studie (Hornberg, et al., 2013)

Endpunkt	Krankheitslasten 2009	Bewertung	Bewertung	Bewertung	Bewertung
<i>Für Bewertung verwendeter VSL-Wert</i>		<i>Verwendung des Medians der VSL von Friedrich, et al. (2004)</i>	<i>Verwendung des Medians der VSL von OECD (2012)</i>	<i>Verwendung der unteren VSL von OECD (2012)</i>	<i>Verwendung der oberen VSL von OECD (2012)</i>
Attributable Todesfälle (kardiopulmonale Erkrankungen, Erwachsene > 30 Jahre)	41.090	57,5 Mrd. €	180,8 Mrd. €	90,4 Mrd. €	271,2 Mrd. €
Attributable Todesfälle (Lungenkrebs, Erwachsene > 30 Jahre)	8.120	11,4 Mrd. €	35,7 Mrd. €	17,9 Mrd. €	53,6 Mrd. €
<b>Gesamt mortalität</b>		<b>68,9 Mrd. €</b>	<b>216,5 Mrd. €</b>	<b>108,3 Mrd. €</b>	<b>324,8 Mrd. €</b>
Chronische Bronchitis - neue Fälle, Erwachsene >27 Jahre (für PM <sub>2,5</sub> und PM <sub>10</sub> )	25.840	7,2 Mrd. €	7,2 Mrd. €	7,2 Mrd. €	7,2 Mrd. €
Zusätzliche Tage mit eingeschränkter Aktivität (RADs), Erwachsene im Alter von 15-64 Jahren	46.281.100	5,7 Mrd. €	5,7 Mrd. €	5,7 Mrd. €	5,7 Mrd. €
<b>Gesamt morbidität</b>		<b>12,9 Mrd. €</b>	<b>12,9 Mrd. €</b>	<b>12,9 Mrd. €</b>	<b>12,9 Mrd. €</b>
<b>TOTAL (Mortalität und Morbidität)</b>		<b>81,8 Mrd. €</b>	<b>229,4 Mrd. €</b>	<b>121,2 Mrd. €</b>	<b>337,7 Mrd. €</b>

Quellen: Krankheitslasten aus dem VegAS-Projekt (Hornberg, et al., 2013 S. 167-171). Bewertung von den Autoren basierend auf den VSL-Parametern von Friedrich et al. (2004 S. III-34), OECD (2012 S. 126) für die Berechnung der Mortalitätskosten sowie Holland et al. (2013 S. 43) für die Berechnung der Morbiditätskosten.

Die Ergebnisse reichen von 81,8 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 337,7 Mrd. €<sub>2016</sub>. Wie erwartet, dominieren die Mortalitätskosten klar, unabhängig von den gewählten VSL-Parametern. Sogar in dem Bewertungsszenario mit den VSL von Friedrich et al. (2004) – des niedrigsten verwendeten Wertes – repräsentieren die Mortalitätseffekte über 84 % der Gesamtkosten. Bei der Wahl des höchsten VSL-Parameters (der obere VSL-Schätzer der OECD, 2012), liegt der Anteil bei über 96 %. In allen Fällen sind die Monetarisierungsschätzer der Mortalitätseffekte höher bei den kardiopulmonalen Krankheiten im Vergleich zu den Todesfällen verursacht durch Krebs. Dies ist damit begründbar, dass die Mortalitätsfälle bei ersteren höher sind.

Die monetarisierten Schätzer der Morbiditätseffekte sind konstant in allen Szenarios – was mit den Bewertungsannahmen übereinstimmt. Sie repräsentieren lediglich einen Bruchteil der gesamten analysierten Krankheitslasten und sind relativ ausgeglichen zwischen den beiden berücksichtigten Endpunkten (neue Fälle von chronischer Bronchitis und zusätzliche RADs). Beide haben einen Anteil von 56 % bzw. 44 % an den gesamten Morbiditätskosten.

### 8.2.5.2 Bewertungsergebnisse basierend auf den IHME-Gesundheitsdaten

Tabelle 40 gibt einen Überblick über die Ergebnisse des ersten Ansatzes der Monetarisierung von Krankheitslasten basierend auf den IHME-Gesundheitsdaten, aufgeschlüsselt nach Gesundheitseffekten der entsprechenden Krankheiten. In diesem Fall wurde die Schätzung durchgeführt, indem die in DALYs ausgedrückten Gesundheitseffekte mit den aus Desaignes et al. (2007) entnommenen VOLY-Werten multipliziert wurden. Die Ergebnisse beinhalten drei verschiedene Monetarisierungsszenarien, welche sich in den gewählten Bewertungsparametern (mittlerer, unterer und oberer VOLY-Schätzer – empfohlen von Desaignes et al.) unterscheiden.

**Tabelle 40: Auf VOLY basierende Bewertung der Krankheitslast (DALYs) aufgrund von PM<sub>2,5</sub> in 2016**

Monetarisierung der Krankheitslast (DALYs) auf Basis der GBD-Studie 2017 des IHME				
Gesundheitsendpunkte	DALYs 2016	Mittlere Bewertung (Mrd. €)	Untere Bewertung (Mrd. €)	Obere Bewertung (Mrd. €)
Infektionen der unteren Atemwege	36.400	2,0 €	1,2 €	4,9 €
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	86.400	4,7 €	2,9 €	11,6 €
Ischämische Herzerkrankungen	229.600	12,4 €	7,8 €	30,8 €
Schlaganfall	61.200	3,3 €	2,1 €	8,2 €
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	153.600	8,3 €	5,2 €	20,6 €
Diabetes mellitus	152.400	8,2 €	5,2 €	20,4 €
<b>Insgesamt</b>	<b>719.700</b>	<b>38,9 €</b>	<b>24,4 €</b>	<b>96,5 €</b>

Quellen: DALY 2016 Werte aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018), gerundet auf die nächste Hunderterstelle. Bewertung von den Autoren basierend auf den VOLY-Parametern von Desaignes et al. (2007).

Die Ergebnisse reichen von 24,4 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 96,5 Mrd. €<sub>2016</sub>. In jedem Bewertungsfall wurden einheitliche VOLY-Werte für alle Krankheiten angewendet. Daher korrespondiert der Anteil der durch Krankheit verursachten Kosten in jedem Szenario mit seinem Anteil bei den in DALYs ausgedrückten Krankheitslasten (mit marginalem Unterschied aufgrund von gerundeten Schätzern). Die höchsten Kosten stehen in Zusammenhang mit ischämischen Herzerkrankungen (32 % der gesamten analysierten Krankheitskosten), während die niedrigsten Kosten aufgrund von Infektionen der unteren Atemwege entstehen (5 % der gesamten Krankheitskosten). Hierbei sind die Gesundheitsdaten der treibende Faktor.

Der zweite Ansatz für die Monetarisierung der Krankheitslasten der IHME-Daten beinhaltet die separate Berücksichtigung der Mortalitäts- sowie Morbiditätseffekte, ausgedrückt in der Anzahl von Todesfällen bzw. YLD. Tabelle 41 zeigt die geschätzten Kosten der Todesfälle, berechnet aus dem Produkt von Todesfällen und dem gewählten VSL-Parameter. Wie im vorherigen Monetarisierungsansatz beinhalten die Ergebnisse drei unterschiedliche Szenarios, die sich nach

ihren gewählten Einheitswerten unterscheiden (mittlerer, untere und oberer VSL-Wert – empfohlen von der OECD (2012) für die Anwendung im EU-Kontext).

**Tabelle 41: Auf VSL basierende Bewertung der Todesfälle aufgrund von PM<sub>2,5</sub> in 2016**

Monetarisierung der Krankheitslast (Todesfälle) auf Basis der GBD-Studie 2017 des IHME

Gesundheitsendpunkte	Todesfälle 2016	Mittlere Bewertung (Mrd. €)	Untere Bewertung (Mrd. €)	Obere Bewertung (Mrd. €)
Infektionen der unteren Atemwege	2.900	12,9 €	6,4 €	19,3 €
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	4.300	18,8 €	9,4 €	28,2 €
Ischämische Herzerkrankungen	15.800	69,7 €	34,8 €	104,5 €
Schlaganfall	3.600	15,8 €	7,9 €	23,7 €
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	6.500	28,7 €	14,3 €	43,0 €
Diabetes mellitus	3.900	17,4 €	8,7 €	26,0 €
<b>Insgesamt</b>	<b>37.100</b>	<b>163,2 €</b>	<b>81,6 €</b>	<b>244,8 €</b>

Quellen: Schätzungen der Todesfälle für das Jahr 2016 aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018), gerundet auf die nächste Hunderterstelle. Bewertung der Autoren basierend auf den VSL-Parametern von OECD et al. (2012).

Je nach gewählten VSL reichen die Ergebnisse von 81,6 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 244,8 Mrd. €<sub>2016</sub>. Wieder ist der Anteil der mit jeder Krankheit verbundenen monetarisierten Krankheitslast proportional zu den Anteilen der jeweiligen gesundheitlichen Auswirkungen. Wie auch in der auf DALY basierenden Bewertung sind die Krankheiten mit den höchsten und den niedrigsten Kostenanteilen die ischämischen Herzerkrankungen bzw. die Infektionen der unteren Atemwege. Hier gibt es jedoch zwischen ihnen eine höhere Abweichung: ischämische Herzerkrankungen haben einen Anteil von ungefähr 43 % an der ökonomischen Gesamtlast, die Infektionen der unteren Atemwege circa 8 %.

Tabelle 42 beinhaltet die entsprechenden Schätzungen der Morbiditätseffekte in monetarisierter Form. Für die Monetarisierung der YLD wurden die mittleren, unteren und oberen VOLY-Werte aus Desaiques et al. (2007) benutzt.

**Tabelle 42: Auf VOLY basierende Bewertung der YLD aufgrund von PM<sub>2,5</sub> in 2016**

Monetarisierung der Krankheitslast (YLD) auf Basis der GBD-Studie 2017 des IHME

Gesundheitsendpunkte	YLD 2016	Mittlere Bewertung (Mrd. €)	Untere Bewertung (Mrd. €)	Obere Bewertung (Mrd. €)
Infektion der unteren Atemwege	200	0,01 €	0,01 €	0,02 €
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	1.400	0,08 €	0,05 €	0,19 €
Ischämische Herzerkrankungen	1.800	0,10 €	0,06 €	0,25 €
Schlaganfall	10.700	0,58 €	0,36 €	1,43 €
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	69.000	3,73 €	2,35 €	9,25 €
Diabetes mellitus	102.800	5,55 €	3,49 €	13,77 €
<b>Insgesamt</b>	<b>185.900</b>	<b>10,04 €</b>	<b>6,32 €</b>	<b>24,91 €</b>

Quellen: Schätzungen der Todesfälle für das Jahr 2016 aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018), gerundet auf die nächste Hunderterstelle. Bewertung der Autoren basierend auf den VOLY-Parameter von Desaiques et al. (2007).

Die Kosten der Morbiditätseffekte sind deutlich geringer als die der Mortalitätseffekte. Je nach angewendetem VOLY-Parameter reichen sie von 6,3 Mrd. €<sub>2016</sub> bis ungefähr 24,9 Mrd. €<sub>2016</sub>. Hier ist das Gewicht bestimmter Krankheiten etwas anders als in den vorherigen Fällen. Im Fall der monetarisierten YLD liegt der größte Anteil (55 %) der Gesamtbelastung bei Diabetes mellitus. Infektionen der unteren Atemwege sind auch hier wieder für den geringsten Anteil der Gesamtmorbiditätskosten (kleiner als 1 %) verantwortlich.

Tabelle 43 zeigt die monetarisierten Schätzungen der gesamten Krankheitslast als Summe der oben diskutierten Mortalitäts- und Morbiditätseffekte.

**Tabelle 43: Auf VSL und VOLY basierende Bewertung der Todesfälle und YLD aufgrund von PM<sub>2,5</sub> in 2016**

Monetarisierung der Krankheitslast (Todesfälle und YLD), auf Basis der GBD-Studie 2017 des IHME aufgeführt

Gesundheitsendpunkte	Mittlere Bewertung (Mrd. €)	Untere Bewertung (Mrd. €)	Obere Bewertung (Mrd. €)
Infektionen der unteren Atemwege	12,91 €	6,41 €	19,32 €
Bronchialkarzinom, Luftröhren- und Lungenkrebs	18,88 €	9,45 €	28,39 €
Ischämische Herzerkrankungen	69,80 €	34,86 €	104,75 €
Schlaganfall	16,38 €	8,26 €	25,13 €
Chronische obstruktive Lungenerkrankungen	32,43 €	16,65 €	52,25 €
Diabetes mellitus	22,95 €	12,19 €	39,77 €
<b>Gesamtmortalität</b>	<b>163,20 €</b>	<b>81,60 €</b>	<b>244,80 €</b>
<b>Gesamtmorbidität</b>	<b>10,04 €</b>	<b>6,32 €</b>	<b>24,91 €</b>
<b>Insgesamt</b>	<b>173,24 €</b>	<b>87,92 €</b>	<b>269,71 €</b>

Quelle: Bewertung von Autoren basierend auf den VSL- und VOLY-Parametern der OECD (2012) und Desaignes et al. (2007).

Insgesamt reicht die monetarisierte Krankheitslast von 87,9 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 269,7 Mrd. €<sub>2016</sub>. Wie anhand der Teilsummen von Mortalität und Morbidität zu erkennen ist, dominiert besonders erstere die Gesamtkosten, während letztere für lediglich 5,7 % bis 9,2 % (abhängig vom gewählten Parameter) der Krankheitskosten verantwortlich ist. Wiederum den größten Anteil (ca. 40 %) an den Gesamtkosten haben die ischämischen Herzerkrankungen, Infektionen der unteren Atemwege hingegen den geringsten (ca. 7 % der Gesamtkosten).

### 8.2.5.3 Vergleich der Bewertungsergebnisse

Tabelle 44 fasst die Ergebnisse aller durchgeführten Berechnungen zusammen.

**Tabelle 44: Vergleich der monetären Bewertungen der Krankheitslast aufgrund von PM<sub>2,5</sub> in Deutschland in 2016 (Mrd. €)**

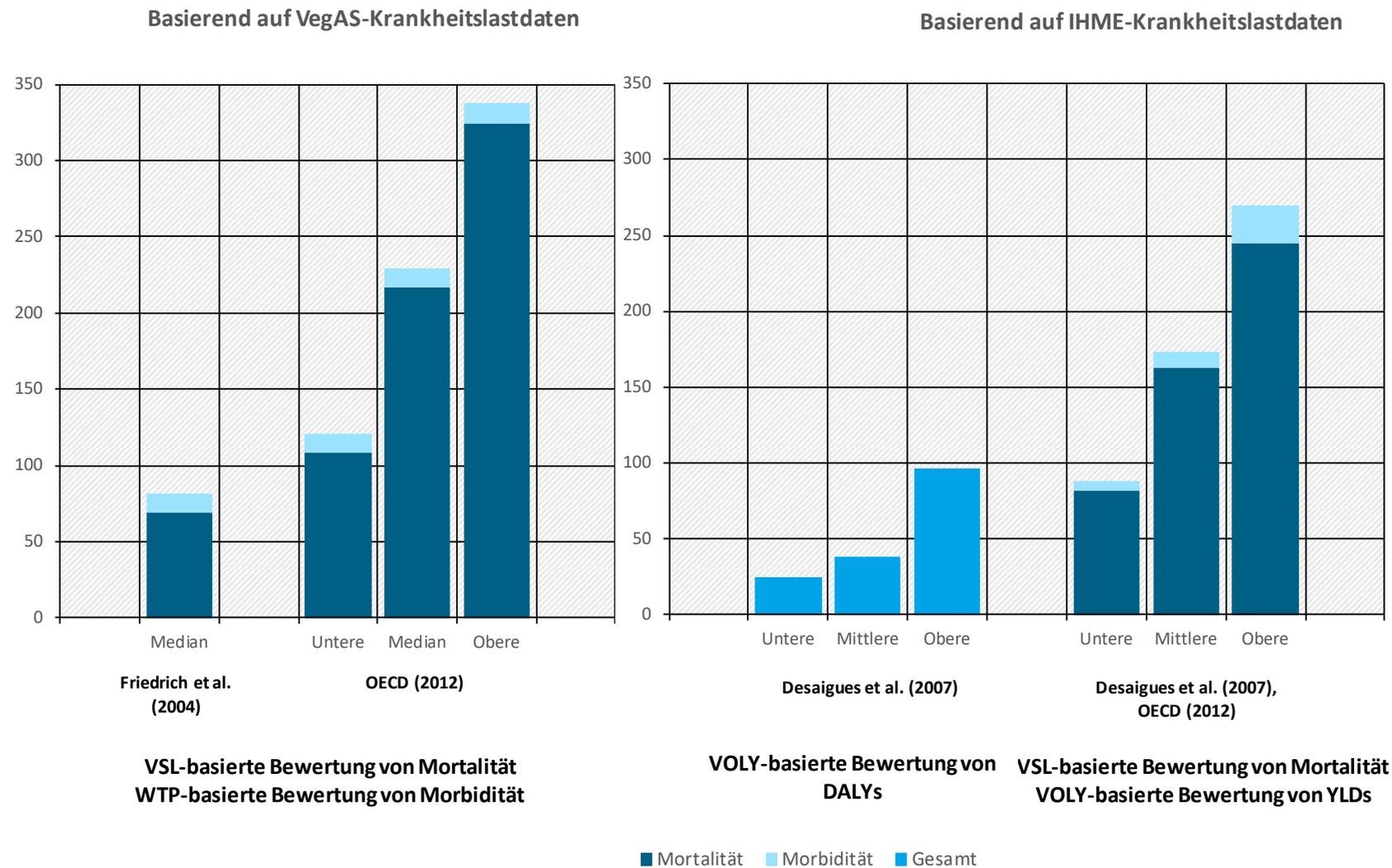
Gesundheitsdaten	Bewertungsszenario	Monetarisierungswerte	Untere Bewertung	Mittlere Bewertung	Obere Bewertung
VegAS (2013)	VSL-basierte Bewertung der Mortalität, WTP-basierte Bewertung der Morbidität	VSL-Werte von Friedrich et al. (2004); sonstige WTP-Werte von Holland et al. (2013)		81,8 €	
VegAS (2013)	VSL-basierte Bewertung der Mortalität, WTP-basierte Bewertung der Morbidität	VSL-Werte der OECD (2012); sonstige WTP-Werte von Holland et al. (2013)	121,2 €	229,4 €	337,7 €
GBD-Studie 2017 des IHME	VOLY-basierte Bewertung der DALYs	VOLY-Werte von Desaignes (2007)	24,4 €	38,9 €	96,5 €
GBD-Studie 2017 des IHME	VSL-basierte Bewertung von Todesfällen, VOLY-basierte Bewertung von YLD	VSL-Werte der OECD (2012); VOLY-Werte von Desaignes (2007)	87,9 €	173,2 €	269,7 €

Quelle: Bewertung von Autoren basierend auf den Bewertungsparametern aus der Literatur.

Die Ergebnisse der jeweiligen Bewertungen unterscheiden sich deutlich. Die Ergebnisse der Monetarisierung der Gesundheitseffekte, wie sie in VegAS aufgeführt sind, mit der Anwendung des VSL-Wertes der OECD (2012) sind generell die höchsten – mit einem Betrag von 337,7 Mrd. €<sub>2016</sub>, bei Anwendung des VSL. Eine weitere Beobachtung ist, dass die VOLY-basierten Bewertungen von DALYs in den meisten Fällen niedrigere Ergebnisse liefern als Bewertungen, die Mortalitätseffekte unter Verwendung der VSL berücksichtigen.

Abbildung 12 zeigt die diskutierten Unterschiede in grafischer Form. Hier sind die großen Unterschiede zwischen den beiden Monetarisierungsansätzen (VSL und VOLY) sowie zwischen den zugrundeliegenden Gesundheitsdaten (VegAS und IHME) deutlich sichtbar. Darüber hinaus kann man beobachten, dass im Vergleich zu den Mortalitätskosten (dunkler Anteil der Balken) die Morbiditätskosten (heller Anteil der Balken) deutlich geringer sind.

Abbildung 12: Vergleich der Ergebnisse von zwei in der Fallstudie verwendeten Bewertungsansätzen (Mrd. €)



Quelle: Ecologic Institut (2019).

### 8.3 Risikofaktor Ozon: Vergleich VSL und VOLY

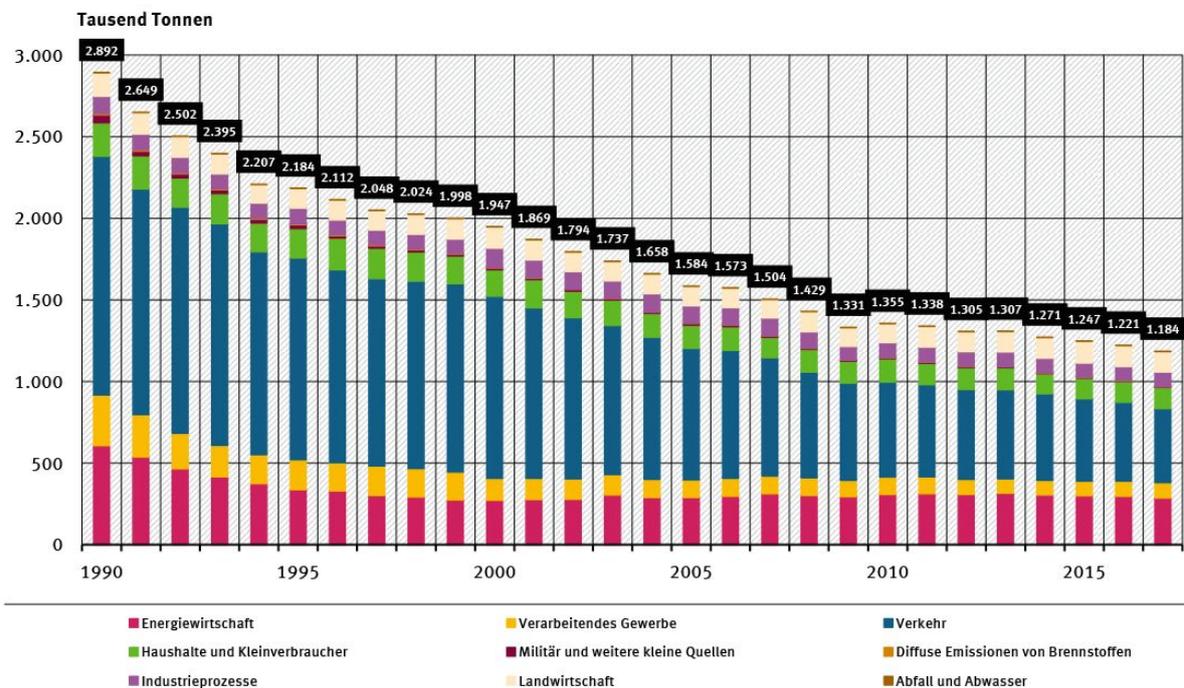
In dieser Fallstudie werden zwei Arten der Monetarisierung der Krankheitslast durch Ozonbelastung durchgeführt: eine VSL- und eine VOLY-basierte Monetarisierung.

#### 8.3.1 Ozon: Quellen und Gesundheitseffekte

##### 8.3.1.1 Ozon: was es ist und wo es herkommt

Ozon (O<sub>3</sub>) ist ein farbloses Molekül, das sowohl in der Stratosphäre als auch in der Troposphäre vorkommt. In der Stratosphäre bildet sich auf natürliche Weise die Ozonschicht, die die Erde vor der schädlichen UV-Strahlung der Sonne schützt. In der Troposphäre ist Ozon ein sekundärer Schadstoff - er wird nicht direkt in die Atmosphäre abgegeben, sondern entsteht durch photochemische Prozesse, bei denen die Sonneneinstrahlung mit Vorläuferschadstoffen reagiert, wobei die wichtigsten Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen sind. Diese entstehen überwiegend durch menschliche Aktivitäten. Die Hauptquellen für Stickstoffoxide anthropogenen Ursprungs sind der Verkehrssektor und Feuerungsanlagen. Flüchtige organische Kohlenwasserstoffe werden durch den Einsatz von Lösungsmitteln (z. B. in Farben und Lacken) oder durch die Verbrennung von Treibstoffen freigesetzt (UBA, 2018e). Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigen die jährlichen Emissionen einiger Vorläufersubstanzen des Ozons, aufgedgliedert nach Quellen. Beide zeigen eine deutliche Verringerung der jährlichen Emissionen dieser Schadstoffe in den letzten zweieinhalb Jahrzehnten, obwohl sich die Reduktionsrate verlangsamt hat.

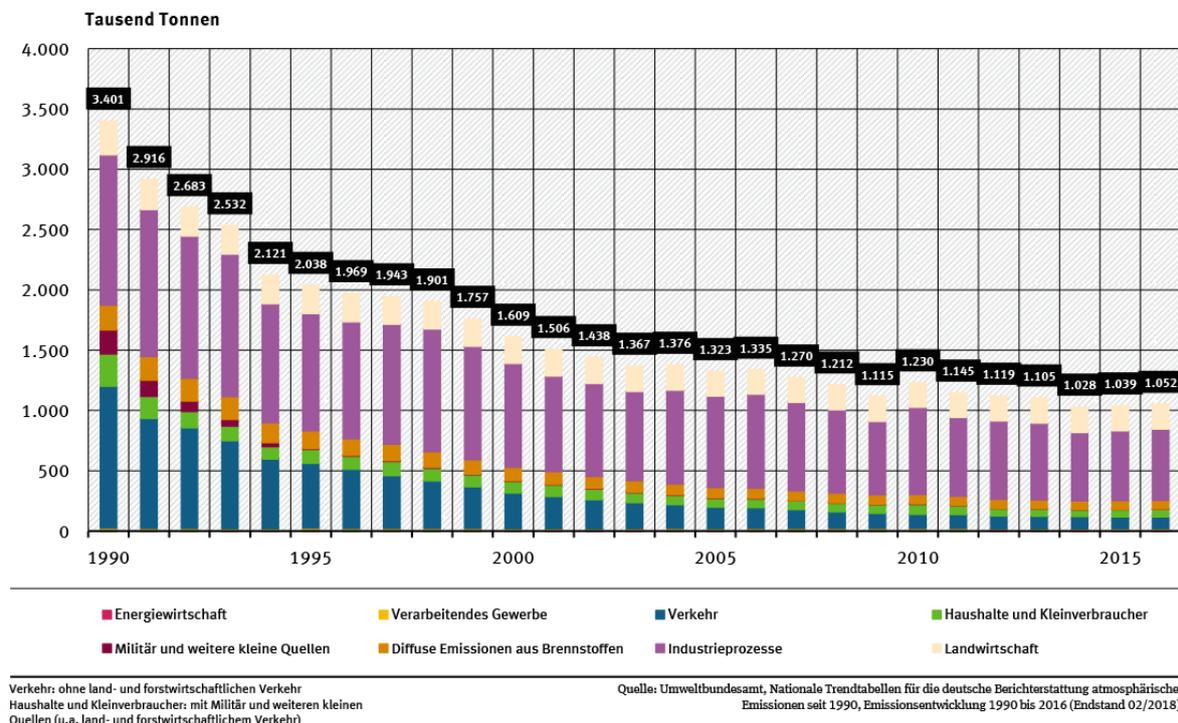
Abbildung 13: Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>, gerechnet als NO<sub>2</sub>)-Emissionen nach Quellkategorien



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr  
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen  
 Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer  
 Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 02/2019)

Quelle: UBA (2019)

**Abbildung 14: Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC) nach Quellkategorien**


Quelle: UBA (2018a)

### 8.3.1.2 Gesundheitseffekte durch Ozonexposition

Ozon in der Troposphäre ist bekannt für seine Toxizität und seine negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Das UBA (2018e) identifiziert eine verminderte Lungenfunktion, Entzündungsreaktionen und Atembeschwerden als Auswirkungen der Ozonbelastung. Es verweist auch auf die Stellungnahme der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (MAK-Kommission)<sup>24</sup>, die davon ausgeht, dass Ozon eine krebserregende Wirkung haben könnte (UBA, 2019). Die U.S. EPA (2018) listet ebenfalls spezifischere Auswirkungen von Ozon auf die Gesundheit. Hierzu zählen z. B. Kurzatmigkeit, Husten und Halsschmerzen sowie eine erhöhte Inzidenz von Asthmaanfällen und COPD. Darüber hinaus weist die U.S. EPA darauf hin, dass eine Reihe von Studien einen Zusammenhang zwischen kurzfristig erhöhter Ozonexposition und Mortalität beobachtet haben. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Ozon wurden auch im Rahmen des HRAPIE-Projekts untersucht. Das Projekt schlägt vor, welche Expositions-Wirkungsfunktionen für Mortalitäts- und Morbiditätsendpunkte in Bezug auf verschiedene Schadstoffe in europäischen Kosten-Nutzen-Studien zu verwenden sind (für behandelte Endpunkte im Zusammenhang mit Ozon siehe Tabelle 45).

<sup>24</sup> MAK: Maximale Arbeitsplatz Konzentration

**Tabelle 45: Vom HRAPIE-Projekt behandelte Gesundheitsendpunkte im Zusammenhang mit Ozon**

Belastungsdauer	Betroffene Bevölkerungsgruppen	Gesundheitsfolgen
Langfristige Exposition, in den Sommermonaten	Erwachsene (30+)	Mortalität, Atemwegserkrankungen
Kurzfristige Exposition	Alle Altersgruppen	Mortalität, alle (natürlichen) Ursachen
Kurzfristige Exposition	Alle Altersgruppen	Mortalität, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Atemwegserkrankungen
Kurzfristige Exposition	Senioren (65+)	Krankenhausaufnahmen, Herz-Kreislauf-Erkrankung (Schlaganfall ausgenommen) und Atemwegserkrankungen
Kurzfristige Exposition	Alle Altersgruppen	Tage mit eingeschränkter Aktivität

Quelle: WHO Regional Office for Europe (2013). Es sollte darauf geachtet werden, Doppelzählungen zu vermeiden, sowohl bei der Verwendung der Statistiken in der Tabelle als auch bei der Kombination mit gesundheitlichen Auswirkungen anderer Luftschadstoffe (siehe WHO Regional Office for Europe, 2013).

Die Anfälligkeit des Einzelnen für die oben genannten negativen Gesundheitszustände und ihre Schwere hängt von bestimmten Faktoren ab. In erster Linie sind bestimmte Bevölkerungsgruppen besonders anfällig für die Auswirkungen einer erhöhten Ozonbelastung. Dies sind zum Beispiel Kinder, ältere Menschen, Menschen mit Asthma oder bestimmten genetischen Störungen oder auch Menschen, die viel Zeit im Freien verbringen, wie z. B. Bauarbeiter (US EPA, 2018). Bei erhöhtem Atemvolumen können die Auswirkungen von Ozon stärker sein (z. B. bei sportlicher Betätigung (UBA, 2018e)).

### 8.3.2 Vergleich von Monetarisierungsmethoden

In dieser Fallstudie zu den Kosten der Gesundheitsauswirkungen von Ozon werden die Ergebnisse unter Anwendung von zwei unterschiedlichen Werten verglichen: der Wert des statistischen Lebens (Value of a Statistical Life, VSL) und der Wert eines Lebensjahres (Value of a Life Year, VOLY).

#### VSL und VOLY – Unterschiede bei der Berücksichtigung des Alters

Wird ein WTP-basierter Ansatz zur Bewertung von Mortalitätsfolgen eingesetzt, kann hinterfragt werden, ob und wie die Unterschiede in der restlichen Lebenserwartung bei den Berechnungen berücksichtigt werden sollen. Die Diskussion über die mögliche Abhängigkeit der WTP vom Alter ist nicht vollständig gelöst (siehe Unterkapitel 7.3.2.2 für weitere Information). Die Ansätze zur Berücksichtigung der verlorenen Lebenszeit stellen den wesentlichen konzeptionellen Unterschied zwischen dem VSL- und dem VOLY-Verfahren dar. Aus diesem Grund werden in diesem Abschnitt verschiedene, aus der Literatur entnommene Ansätze zu diesem Thema vorgestellt.

#### VSL und Alter

Im einfachsten Fall der auf der VSL-Methodik basierenden Bewertung monetarisiert man die Mortalitätsauswirkungen, indem die Anzahl der Todesfälle mit der gewählten VSL-Schätzung, die über alle Altersgruppen hinweg gleich ist, multipliziert wird. Auf diese Weise behandelt der Ansatz alle Todesfälle gleich, unabhängig von den durch vorzeitiges Sterben verlorenen Lebensjahren. Hierbei stellt sich die Frage, ob es gerechtfertigt ist, den Verlust des Lebens eines alten Menschen genauso zu bewerten wie den eines Kindes, das z. B. noch eine viel höhere

Lebenserwartung hat. Es gibt ethische, und theoretische Argumente dafür und dagegen. Meist ist die Verwendung eines einzigen VSL-Wertes gängig. Aus diesem Grund wird in dieser Fallstudie ein einheitlicher VSL-Wert für alle Altersgruppen verwendet.

### **VOLY und Alter**

Eine Möglichkeit für die Berücksichtigung des Altersunterschieds zum Zeitpunkt des Todes besteht darin, auf die Verwendung des VSL zu verzichten und stattdessen die Kennzahl des Value of a Life Year (VOLY) einzusetzen. In seiner einfachsten Form bedeutet dies, dass die Anzahl der verlorenen Lebensjahre (YLL) mit dem Wert eines VOLYs multipliziert werden. Die Verwendung vom VOLY adressiert implizit die Unterschiede in der verlorenen Lebenserwartung, da bei diesem Ansatz die monetarisierte Krankheitslast pro Person der abnehmenden Lebenserwartungen entsprechend mit dem Alter abnimmt. Gleichzeitig verhindert die Zuweisung gleicher VOLY über alle Altersgruppen hinweg die Kontroverse, bestimmte Bevölkerungsgruppen unterschiedlich zu "bewerten". Obwohl im Gegensatz zum VSL die Nutzung vom VOLY nicht so weit verbreitet und einige Institutionen dahingehend zurückhaltend sind (z. B. OECD, U.S. Environmental Protection Agency (2018 S. B5)) gewinnt der Ansatz an Popularität bei der Politikgestaltung, insbesondere im Bereich der Luftverschmutzung. So wurde er beispielsweise im Rahmen des ExterneE-Projekts (Friedrich, et al., 2004), des NEEDS-Projekts (Desaigues, et al., 2007) und des CAFE CBA-Projekts (Holland, et al., 2013) eingesetzt. Aus diesem Grund basiert ein weiteres Szenario der Fallstudie auf einem VOLY-Maß, dessen Wert in allen Altersgruppen angewendet wird.

### **8.3.3 Beschreibung der Gesundheitsdaten (IHME)**

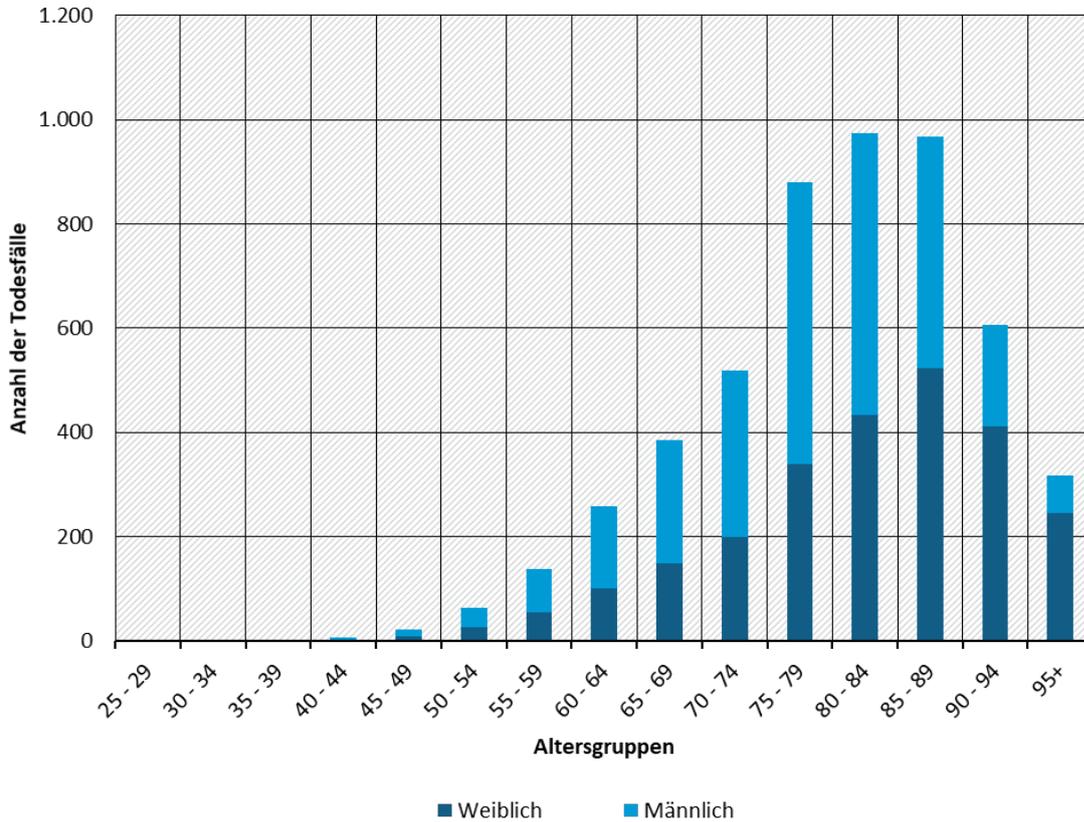
Für die Monetarisierung der ozonbedingten Krankheitslast in Deutschland im Jahr 2016 werden die Daten der GHDx-Plattform (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018) des IHME genutzt. Neben Informationen über die allgemeine Krankheitslast schätzt die GBD-Studie die Gesundheitsauswirkungen, die auf eine Reihe von Risikofaktoren zurückzuführen sind - einschließlich der Ozonexposition, die als "saisonale (6 Monate mit höchstem Ozon) 8-h tägliche maximale Ozonkonzentrationen, gemessen in ppb" (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018) definiert ist. Für ozonspezifische Gesundheitsauswirkungen liefern die Daten Informationen über die Mortalität (ausgedrückt in Todesfällen YLL) sowie die Morbidität (ausgedrückt in YLD). Darüber hinaus enthält der Datensatz Informationen über die Auswirkungen der Mortalität und Morbidität, zusammengefasst in DALYs. Alle in der Fallstudie benutzten IHME-Gesundheitsdaten sind nach Geschlecht und Altersgruppen untergliedert.

Die von der GHDx-Plattform verfügbaren Gesundheitsdaten, die auf die Ozonbelastung zurückzuführen sind, enthalten lediglich Informationen über die zurechenbare Mortalität aufgrund der COPD. Damit bleibt das breitere Spektrum der in der epidemiologischen Literatur (siehe Abschnitt 1.1.2) identifizierten Auswirkungen der Ozonbelastung, welches auch Morbiditätseffekte umfasst, unberücksichtigt. Da der Fokus dieser Fallstudie auf dem Vergleich und der Bewertung von Monetarisierungsansätzen liegt und nicht auf der Ermittlung des genauen Wertes der umweltbedingten Krankheitslast, ist dieses Thema jedoch von untergeordneter Bedeutung. Die Daten liefern die Anzahl der Todesfälle und die aufgrund der Ozonbelastung verlorenen Lebensjahre (nach Altersgruppen und Geschlecht). Dies ermöglicht eine VSL- und VOLY-basierte Analyse.

Den IHME-Daten nach waren im Jahr 2016 ca. 5.100 Todesfälle und entsprechend ca. 66.700 YLL auf die Ozonbelastung in Deutschland zurückzuführen. Abbildung 15 zeigt die Verteilung der Krankheitslast innerhalb der Bevölkerung (ausgedrückt als Anzahl der Todesfälle). Während in den ersten drei Lebensjahrzehnten, bedingt durch die Anwendung der Expositions-Wirkungsfunktion ab 30 Jahren, keine Todesfälle der Ozon-Exposition zugeschrieben werden,

steigt deren Anzahl in den Lebensjahren 75 bis 89 (fast 50 % aller durch Ozon verursachter COPD-Todesfälle). Die Zahl der Todesfälle ist bei den Männern etwas höher. Ausgenommen sind hier die ältesten Altersgruppen (ab 85 Jahren), in denen weibliche Todesfälle dominieren. Dies hängt damit zusammen, dass Frauen im Allgemeinen eine höhere Lebenserwartung haben als Männer und daher erst in den höheren Altersjahren sterben.

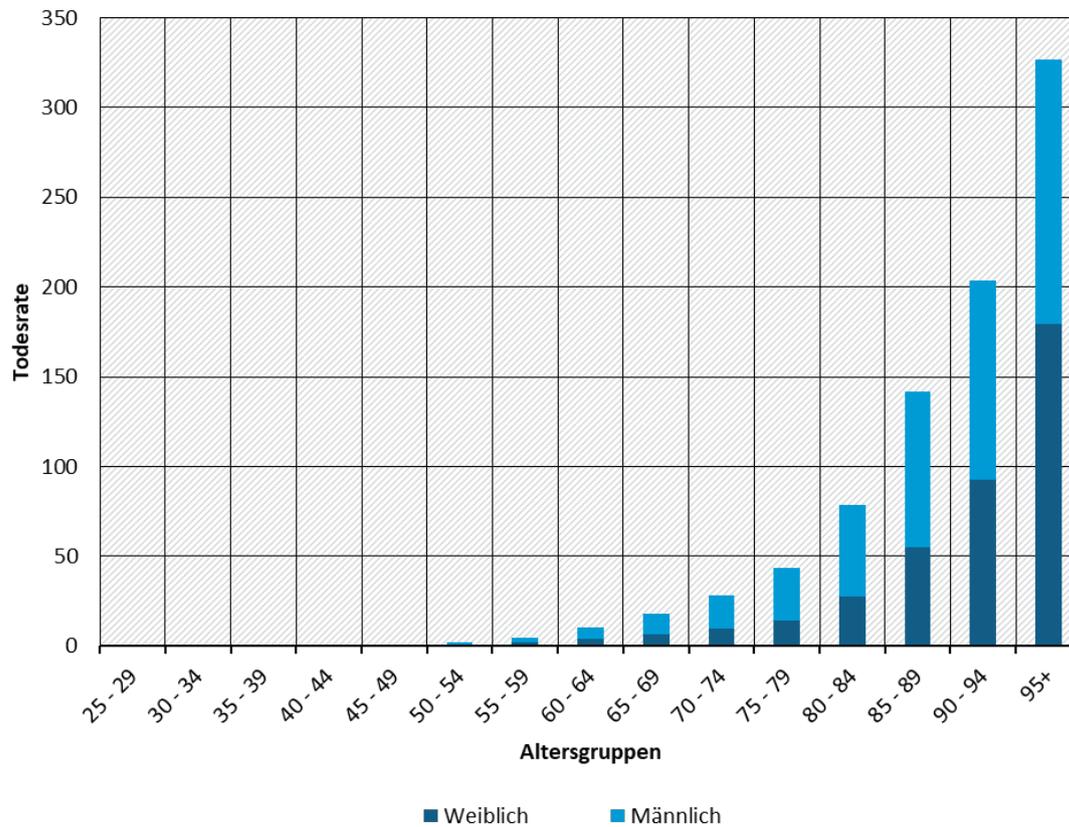
**Abbildung 15: Anzahl der attributablen Todesfälle aufgrund von COPD im Zusammenhang mit Ozonbelastung in Deutschland in 2016**



Quelle: Ecologic Institut (2019) basierend auf den Gesundheitsdaten der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018).

Vergleicht man die auf die Ozonbelastung zurückzuführenden Sterblichkeitsraten von Männern und Frauen (Anzahl der Todesfälle pro 100.000 Personen), so ergibt sich ein etwas anderes Bild (siehe Abbildung 16). In fast allen Altersgruppen sind die Sterberaten bei Männern höher als bei Frauen (manchmal nahezu doppelt so hoch). Zudem steigen die auf COPD zurückzuführenden Sterblichkeitsraten mit zunehmendem Alter deutlich an.

**Abbildung 16: Todesraten (Anzahl von Todesfällen pro 100 000 Individuen) aufgrund von COPD in Zusammenhang mit der Ozonbelastung in Deutschland in 2016**



Quelle: Ecologic Institut (2019) basierend auf den Gesundheitsdaten der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018).

### 8.3.4 Beschreibung der Monetarisierungsparameter

In der Analyse werden mehrere Szenarien entwickelt, die sich hinsichtlich des angenommenen Wertes vom VSL und VOLY unterscheiden und die Modifikationen der oben beschriebenen Ansätze beinhalten. In einem ersten Schritt folgt die Auswahl geeigneter monetärer Werte. Im Idealfall wäre hierzu eine eigenständige WTP-Studie durchzuführen, welche speziell auf die Bedürfnisse der Studienfrage zugeschnittene Schätzer liefert. Unter Berücksichtigung von Zeit- und Geldrestriktionen ist es jedoch üblich, einen Benefit Transfer durchzuführen. Die vorliegende Analyse basiert auf eben diesem Ansatz. Im Folgenden werden die ausgewählten VSL- und VOLY-Werte und die vorgenommenen Anpassungen beschrieben, die für die Darstellung in €<sub>2016</sub> notwendig sind.

#### 8.3.4.1 Wahl der VSL- und VOLY-Werte

Die Auswahl der in der Fallstudie verwendeten VSL- und VOLY-Schätzer basiert auf einer Literaturrecherche. Die Bandbreite der in früheren Studien verwendeten Werte wurde zusammen mit ihrer Verwendungsbegründung durch die jeweiligen Autoren untersucht. Um den Vergleich zwischen verschiedenen Schätzungen zu erleichtern, wurden die Werte in €<sub>2016</sub> ausgedrückt. Allgemein ist zu erkennen, dass Studien selten Originalschätzer für VSL oder VOLY liefern. Stattdessen sind sie in der Regel auf Werte angewiesen, die in der Vergangenheit abgeleitet, von den Aufsichtsbehörden empfohlen oder auf der Grundlage umfassender Literaturrecherchen ausgewählt wurden. Manchmal nehmen die Autoren kleinere

Veränderungen an den ausgewählten Schätzern vor. So werden beispielsweise die Werte an die Inflation angepasst.

Die in der Literatur genannten VSL- und VOLY-Schätzungen unterscheiden sich erheblich. So liegen beispielsweise in den untersuchten Studien die mittleren Schätzer für den VSL zwischen rund 1.400.000 €<sub>2016</sub> (Friedrich, et al., 2004) und über 8.500.000 €<sub>2016</sub> (U.S. Environmental Protection Agency, 2010).

### Wahl der VSL-Werte

Im Hinblick auf den VSL wurde in der Analyse Schätzer ausgewählt, die in der Meta-Analyse der OECD (2012) und in der von Alberini et al. (2014) für ECHA durchgeführten Kontingenten-Bewertungsstudie abgeleitet wurden.

Der von der OECD vorgelegte Schätzer ist das Ergebnis einer von der Organisation durchgeführten umfangreichen Meta-Analyse, welche eine große Datenbank von WTP-Studien analysiert hat. Die OECD (2012) empfiehlt Spannweiten für Politikanalysen im OECD-Kontext (1.500.000 €<sub>2016</sub> - 4.600.000 €<sub>2016</sub>) und für EU27-spezifische Überlegungen (1.800.000 €<sub>2016</sub> - 5.500.000 €<sub>2016</sub>). Die Autoren der Meta-Analyse schlagen vor, diese Schätzer anzupassen, sobald neue VSL-Studien verfügbar sind. Darüber hinaus legen sie nahe, für länderspezifische Analysen entsprechende VSL-Schätzer zu verwenden (OECD, 2012 S. 125). WHO und OECD (2015) liefern für eine Reihe von Ländern angepasste Schätzer. Der für Deutschland empfohlene VSL (3.400.000 €<sub>2016</sub>) stellt den mittleren Schätzer für die Analyse dar. Durch die Extraktion und Addition von 50 % dieses Wertes (wie in OECD (2012)) konnte die untere und obere Grenze dieses Schätzers in Höhe von 1.700.000 €<sub>2016</sub> bzw. 5.100.000 €<sub>2016</sub> ermittelt werden.

Ein weiterer angewendeter Schätzer basiert auf der von Alberini et al. (2014) aus der für die ECHA durchgeführten Kontingenten-Bewertungserhebung. In ihrer Untersuchung konzentrierten sich die Autoren auf die Auswirkungen von Krebs auf Mortalität und Morbidität. Die in der Tschechischen Republik, Italien, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich durchgeführte Umfrage ist Grundlage für die Schätzung des VSL-Niveaus der vier Länder. Durch den Benefit Transfer auf die gepoolten Ergebnisse schätzen die Autoren einen VSL von rund 6.000.000 €<sub>2016</sub>, der für den Einsatz im EU-weiten Kontext empfohlen wird. Die Eignung der Schätzungen von Alberini et al. (2014) wurde in einem nach der Studie veröffentlichten Bericht überprüft. Die im Rahmen der Untersuchung durchgeführte Robustheitsprüfung ergab eine niedrigere VSL-Schätzung von rund 4.200.000 €<sub>2016</sub> (ECHA, 2016). Aufgrund der Sensibilität der für die Schätzung zugrundeliegenden Parameter empfehlen die Autoren des Berichts eine höhere sowie niedrigere Schätzung für die Verwendung in der sozioökonomischen Analyse. Diese Werte werden auch in der Better Regulation Toolbox der Europäischen Kommission (European Commission, 2017 S. 245) genannt.

Tabelle 46 gibt einen Überblick über die ausgewählten VSL-Werte.

**Tabelle 46: Für die Analyse ausgewählte VSL-Schätzer (€<sub>2016</sub>)**

Originalwerte wurden angepasst, um dem Preisniveau in 2016 zu entsprechen

Quelle	Unterer VSL-Wert	Mittlerer VSL-Wert	Oberer VSL-Wert
WHO & OECD (2015), basierend auf Meta-Analyse der OECD (2012)	1.700.000 €	3.400.000 €	5.100.000 €
ECHA (2016), basierend auf Alberini et al. (2014)	4.200.000 €	6.000.000 €	kein oberer Wert

Quelle: Ecologic Institut (2019)

### Wahl der VOLY-Werte

Auch die Bandbreite der in der Literatur verfügbaren VOLY-Schätzer ist sehr groß. Die vorgeschlagenen Werte unterscheiden sich erheblich je nach Methode ihrer Ableitung, Todesursache oder dem Gesundheitszustand der bewerteten Lebensjahre. In der Fallstudie wurden die VOLY-Werte von Desaigues et al. (2007) und die der health and environment integrated methodology and toolbox for scenario assessment (HEIMTSA, 2011) ausgewählt.

Die VOLY-Schätzung von Desaigues et al. (2007) wurde im Rahmen des NEEDS-Projekts durchgeführt. Die Autoren haben den VOLY auf der Grundlage einer speziellen Kontingenten-Bewertungsstudie geschätzt, die in neun europäischen Ländern durchgeführt wurde. In der Untersuchung wurden die Teilnehmer nicht nach ihrer WTP zur Reduzierung des Sterberisikos, sondern nach ihrer WTP für das Erlangen zusätzlicher Lebensmonate befragt. Durch die Zusammenführung der Ergebnisse und der Benefit Transfers liefern Desaigues und Koautoren Schätzer, die auf bestimmte Ländergruppen zugeschnitten sind. Ihr mittlerer Schätzer für die EU25 (und die Schweiz), der in dieser Fallstudie übernommen wurde, beläuft sich auf 54.000 €<sub>2016</sub>. Die entsprechenden Schätzer für die untere und obere Grenze belaufen sich auf etwa 34.000 €<sub>2016</sub> bzw. 120.000 €<sub>2016</sub>.

Ein weiterer für diese Analyse ausgewählter VOLY-Wert stammt aus der im Rahmen des HEIMTSA-Projekts durchgeführten Common Case Study, in der die Autoren mögliche gesundheitliche Auswirkungen der Klimapolitik bewerten HEIMTSA (2011). Im Rahmen des Projekts führen die Autoren eine so genannte informelle Meta-Analyse durch, auf deren Grundlage sie die für ihre Analyse verwendeten Basiswerte ermitteln. Für ein erhöhtes Sterberisiko verwenden sie den VOLY-Schätzer in Höhe von 71.000 €<sub>2016</sub> (unterer Wert), 104.000 €<sub>2016</sub> (mittlerer Wert) und 256.000 €<sub>2016</sub> (oberer Wert).

Die für die Fallstudie gewählten VOLY-Werte sind in Tabelle 47 zusammengefasst.

**Tabelle 47: Für die Analyse ausgewählte VOLY-Schätzer (€<sub>2016</sub>)**

Originalwerte wurden angepasst, um dem Preisniveau in 2016 zu entsprechen

Quelle	Unterer VSL-Wert	Mittlerer VSL-Wert	Oberer VSL-Wert
Desaigues et al. (2007)	34.000 €	54.000 €	134.000 €
HEIMTSA (2011)	71.000 €	104.000 €	256.000 €

Quelle: Ecologic Institut (2019)

#### 8.3.4.2 Anpassung der VSL- und VOLY-Werte

Da die in der Analyse verwendeten VSL- und VOLY-Werte auf Benefit Transfer basieren, wurden sie ursprünglich in einer anderen Währung dargestellt oder unter anderen, von dieser Fallstudie divergierenden, wirtschaftlichen Bedingungen erhoben. Um die Präferenzen der deutschen Gesellschaft im Jahr 2016 besser widerzuspiegeln, wurde eine Reihe von Anpassungen vorgenommen, durch die VSL- und VOLY-Werte in Form von €<sub>2016</sub> generiert werden konnten.

Konkret wurden zum einen die Werte (falls erforderlich) unter Verwendung von KKP in Euro umgerechnet. Zum anderen wurden die Schätzer anhand des harmonisierten Verbraucherpreisindex an Preisniveauänderungen angepasst und schließlich die Werte an die Einkommensveränderung in Deutschland, ausgedrückt als reales BIP pro Kopf, angeglichen. Weitere Details sind im Abschnitt 8.2.4.3 der Feinstaub-Fallstudie dargestellt. Hier werden diese Schritte ausführlich beschrieben – einschließlich der Quellen zu den verwendeten Parametern und der zugrundeliegenden Annahmen. Tabelle 48 und Tabelle 49 zeigen die Anpassungen, die für die Fallstudie Ozon durchgeführt wurden.

**Tabelle 48: Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten**

Original-VSL-Werte der ECHA (2016).

	Indexwerte	Unterer VSL-Wert	Mittlerer VSL-Wert
VSL-Wert in € <sub>2012</sub> (ECHA, 2016)		3.500.000 €	5.000.000 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2012	97,0		
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,4		
VSL-Wert in € <sub>2016</sub> - nicht gerundet		3.622.680 €	5.175.258 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland in 2012	29.400 €		
Reales BIP pro Kopf in Deutschland in 2016	34.900 €		
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85		
Einkommensanpassungsfaktor	1,16		
Einkommensangepasster VSL-Wert in € <sub>2016</sub> - nicht gerundet		4.191.181 €	5.987.401 €
<b>Einkommensangepasster VSL-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>4.200.000 €</b>	<b>6.000.000 €</b>

Quelle: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 49: Herleitung der VSL-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten**

Original-VSL-Werte der WHO &amp; OECD (2015).

	Indexwert	Unterer VSL-Wert	Mittlerer VSL-Wert	Oberer VSL-Wert
VSL-Wert in US \$ <sub>2010</sub> (WHO & OECD, 2015)		1.700.000 \$	3.400.000 \$	5.100.000 \$
2005 KKP-Wechselkurs: 1 US \$ ausgedrückt in €	0,852 €			
VSL-Wert in € <sub>2005</sub>		1.448.400 €	2.896.800 €	4.345.200 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2010	92,7			
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,4			
VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		1.568.709 €	3.137.419 €	4.706.128 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2010	32.100 €			
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34.900 €			
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85			
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,07			
Einkommensangepasster VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		1.684.282 €	3.368.564 €	5.052.846 €
<b>Einkommensangepasster VSL-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>1.700.000 €</b>	<b>3.400.000 €</b>	<b>5.100.000 €</b>

Quelle: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts (2019), KKP-Wechselkurs der Weltbank (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 50: Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten**

Original-VOLY-Werte von Desaignes et al. (2007).

	Indexwert	Unterer VOLY-Wert	Mittlerer VOLY-Wert	Oberer VOLY-Wert
VOLY-Wert in € <sub>2005</sub> (Desaignes, 2007)		25.000 €	40.000 €	100.000 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2005	85,5			
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,4			
VOLY-Wert in € <sub>2016</sub> - nicht gerundet		29.357 €	46.971 €	117.427 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2005	29.800 €			
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34.900 €			
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85			
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,14			
Einkommensangepasster VOLY-Wert in € <sub>2016</sub> - nicht gerundet		33.576 €	53.721 €	134.303 €
<b>Einkommensangepasster VOLY-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>34.000 €</b>	<b>54.000 €</b>	<b>134.000 €</b>

Quelle: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts (2019), KKP-Wechselkurs der Weltbank (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

**Tabelle 51: Herleitung der VOLY-Werte für die Monetarisierung von Mortalitätseffekten**

Original VOLY-Werte from HEIMTSA (2011).

	Indexwert	Unterer VOLY-Wert	Mittlerer VOLY-Wert	Oberer VOLY-Wert
VOLY-Wert in € <sub>2010</sub> (HEIMTSA, 2011)		60.820 €	89.715 €	220.000 €
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2010	92,70			
Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex 2016	100,40			
VSL-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		65.872 €	97.167 €	238.274 €
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2010	32.100 €			
Reales BIP pro Kopf in Deutschland 2016	34.900 €			
Angenommene Einkommenselastizität der WTP	0,85			
Anpassungsfaktor des Einkommens	1,07			
Einkommensangepasster VOLY-Wert in € <sub>2016</sub> – nicht gerundet		70.725 €	104.326 €	255.829 €
<b>Einkommensangepasster VOLY-Wert in €<sub>2016</sub> - gerundet</b>		<b>71.000 €</b>	<b>104.000 €</b>	<b>256.000 €</b>

Quelle: Wert des harmonisierten Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts (2019), reales BIP pro Kopf von Eurostat (2019).

### 8.3.5 Darstellung der Monetarisierungsergebnisse

Durch die Multiplikation der Anzahl der Todesfälle bzw. der YLL mit VSL bzw. VOLY wurde der monetäre Wert der aufgrund der Ozonbelastung verursachten Mortalitätseffekte für den Gesundheitsendpunkt COPD in Deutschland im Jahr 2016 geschätzt. Die erzielten Ergebnisse unterscheiden sich erheblich – je nach gewähltem Ansatz und dem bei der Bewertung verwendeten VSL- bzw. VOLY-Wert. Die Werte reichen dabei von 2,3 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 30,8 Mrd. €<sub>2016</sub>. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Monetarisierung näher erläutert.

#### 8.3.5.1 VSL-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten)

Die Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse, die durch die Anwendung des VSL-Ansatzes erzielt wurden. Die VSL-Werte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Quellen und der Schätzungsart (unterer, mittlerer und oberer). Die anhand dieser Werte abgeleiteten Krankheitskosten variieren hierbei stark. Die Monetarisierung auf Basis des VSL der ECHA (2016) liefert die höchsten Ergebnisse von rund 21,6 Mrd. €<sub>2016</sub> - 30,8 Mrd. €<sub>2016</sub>. Die Zahlen auf der Grundlage des von WHO und OECD (2015) verwendeten VSL liegen in der Größenordnung von rund 8,7 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 26,2 Mrd. €<sub>2016</sub>.

**Tabelle 52: VSL-basierte Monetarisierung der Krankheitslast im Jahr 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten in Mrd. €)**

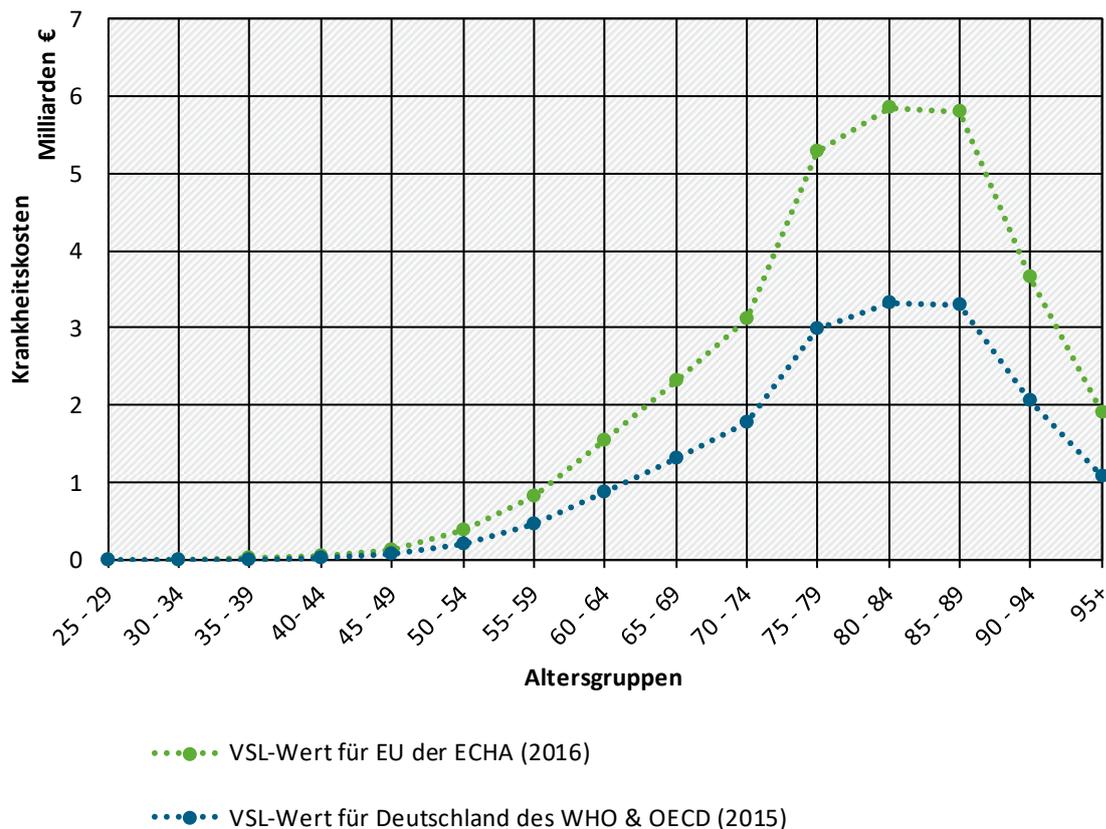
Monetarisierung auf Basis der Krankheitslast wie in der GBD-Studie 2017 aufgeführt (in Mrd. €)

Für die Bewertung verwendeter VSL-Wert	Todesfälle 2016	Bewertung		
		Unterer VSL	Mittlerer VSL	Oberer VSL
VSL-Wert der ECHA (2016)	5.100	21,6 €	30,8 €	kein oberer Wert
VSL-Wert der WHO & OECD (2015)	5.100	8,7 €	17,5 €	26,2 €

Quelle: Todesfälle für das Jahr 2016 aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018), gerundet auf die nächste Hunderterstelle. Bewertung von den Autoren basierend auf VSL-Parameter der ECHA (2016) und WHO & OECD (2015).

Abbildung 17 stellt die Ergebnisse der Monetarisierung auf Basis des mittleren VSL-Schätzers der drei Szenarien pro Altersgruppe dar. Unabhängig vom gewählten VSL sind die Kosten für die Altersgruppen zwischen 75 und 89 Jahren am höchsten. Dies ist in Übereinstimmung mit der Gesamtverteilung der Daten bezüglich der Krankheitslast, wie es im Abschnitt 8.3.3 diskutiert wurde.

**Abbildung 17: Krankheitskosten nach Altersgruppen (Vergleich der mittleren VSL-Schätzer)**



Quellen: Gesundheitsdaten der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018). Bewertung von Autoren basierend auf den VSL-Parametern der ECHA (2016) und der WHO & OECD (2015).

**8.3.5.2 Ergebnisse der VOLY-basierten Analysen**

Tabelle 53 zeigt die Ergebnisse der Analysen, die auf dem VOLY-Ansatz basieren. In diesem Fall wurden zwei Alternativen betrachtet, die auf den VOLY-Werten von Desaignes et al. (2007) bzw.

HEIMTSA (2011) basieren. Darüber hinaus wurde in jedem Fall der untere, mittlere und obere VOLY-Schätzer verwendet. Insgesamt liegen die Ergebnisse zwischen 2,3 Mrd. €<sub>2016</sub> und 17,1 Mrd. €<sub>2016</sub>. Die Ergebnisse der Bewertung, die auf den VOLY-Werten von HEIMTSA beruht, sind rund doppelt so hoch wie die alternative Analyse, die auf Basis der VOLY-Werte von Desaignes et al. (2007) durchgeführt wurde.

**Tabelle 53: VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Ozonbelastung (Mortalitätskosten in Mrd. €)**

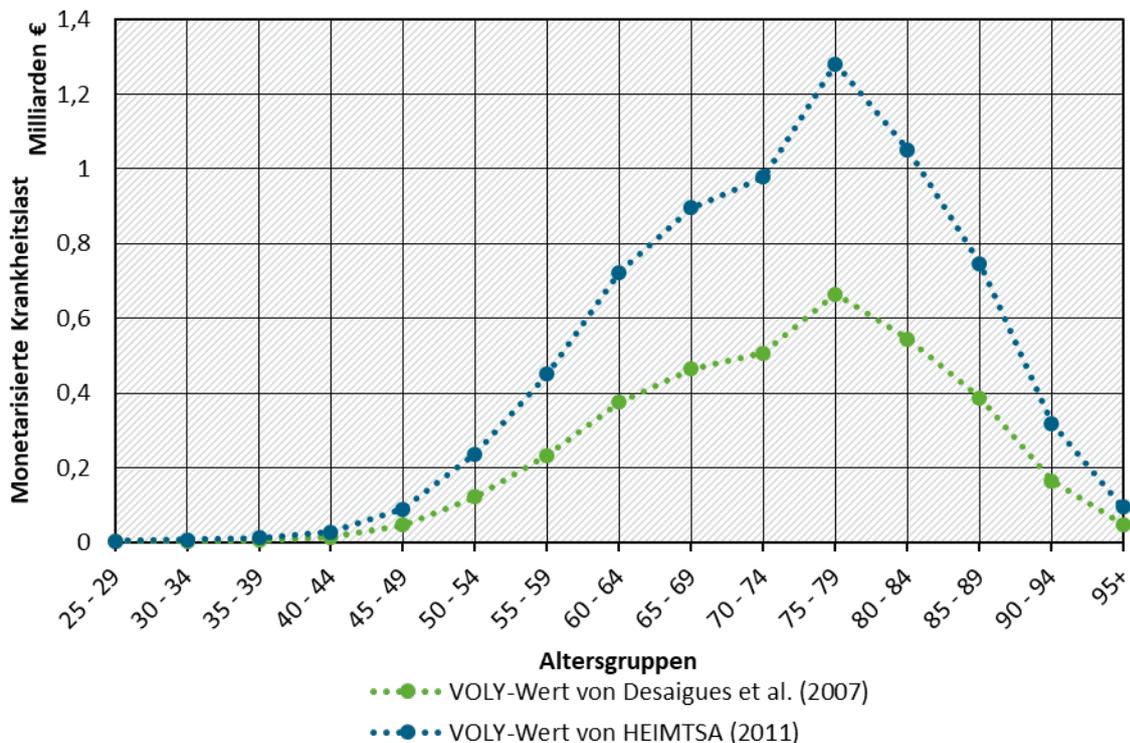
Monetarisierung auf Basis der Krankheitslast wie in der GBD-Studie 2017 aufgeführt

Für die Bewertung verwendeter VOLY-Wert	YLL 2016	Krankheitskosten		
		Unterer VOLY	Mittlerer VOLY	Oberer VOLY
VOLY-Wert von Desaignes et al. (2007)	66.700	2,3 €	3,6 €	8,9 €
VOLY-Wert von HEIMTSA (2011)	66.700	4,7 €	6,9 €	17,1 €

Quelle: YLL 2016 aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018), gerundet auf die nächste Hunderterstelle. Bewertung von den Autoren basierend auf den VOLY-Parametern von Desaignes et al. (2007) und HEIMTSA (2011).

Abbildung 18 zeigt, wie sich die Nutzung der monetarisierten Krankheitslast je nach gewähltem VOLY-Schätzer auf die Altersgruppen verteilt (die Abbildung zeigt die Ergebnisse basierend auf dem mittleren VOLY-Schätzer). In beiden Fällen ist der geschätzte Kostenhöhepunkt in den Bevölkerungsgruppen zwischen 70 - 84 Jahren, wobei hier auch die Differenz zwischen den Ergebnissen der beiden Szenarien am größten ist.

**Abbildung 18: Monetarisierte Krankheitslast nach Altersgruppen (Vergleich der mittleren VOLY-Schätzer)**



Quellen: Gesundheitsdaten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018). Bewertung von den Autoren basierend auf den VOLY-Parametern von Desaignes et al (2007) und HEIMTSA (2011).

### **8.3.5.3 Vergleich der VSL- und VOLY-basierten Schätzungen**

Die Tabelle 54 fasst die Ergebnisse sowohl der VSL- als auch der VOLY-basierten Bewertungen, aufgeteilt nach Quelle des ursprünglichen Einheitswertes und dem Schätzlevel (unterer, mittlerer, oberer Schätzer) zusammen. Man kann feststellen, dass die auf VOLY basierenden Ergebnisse deutlich niedriger sind als diejenigen, die nach Verwendung des VSLs erzielt wurden. Im Allgemeinen ist die Diskrepanz zwischen den Bewertungsergebnissen groß, auch wenn nur die mittleren VSL- und VOLY-Werte berücksichtigt werden. Die Zahlen reichen von rund 3,6 Mrd. €<sub>2016</sub> (Anwendung des VOLY von Desaignes et al. (2007) bis hin zu fast 31 Mrd. €<sub>2016</sub> (VSL aus ECHA (2016)). Dies entspricht einem Unterschied um etwa den Faktor 8,6. Die großen Unterschiede sind auch in der grafischen Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 19 deutlich sichtbar.

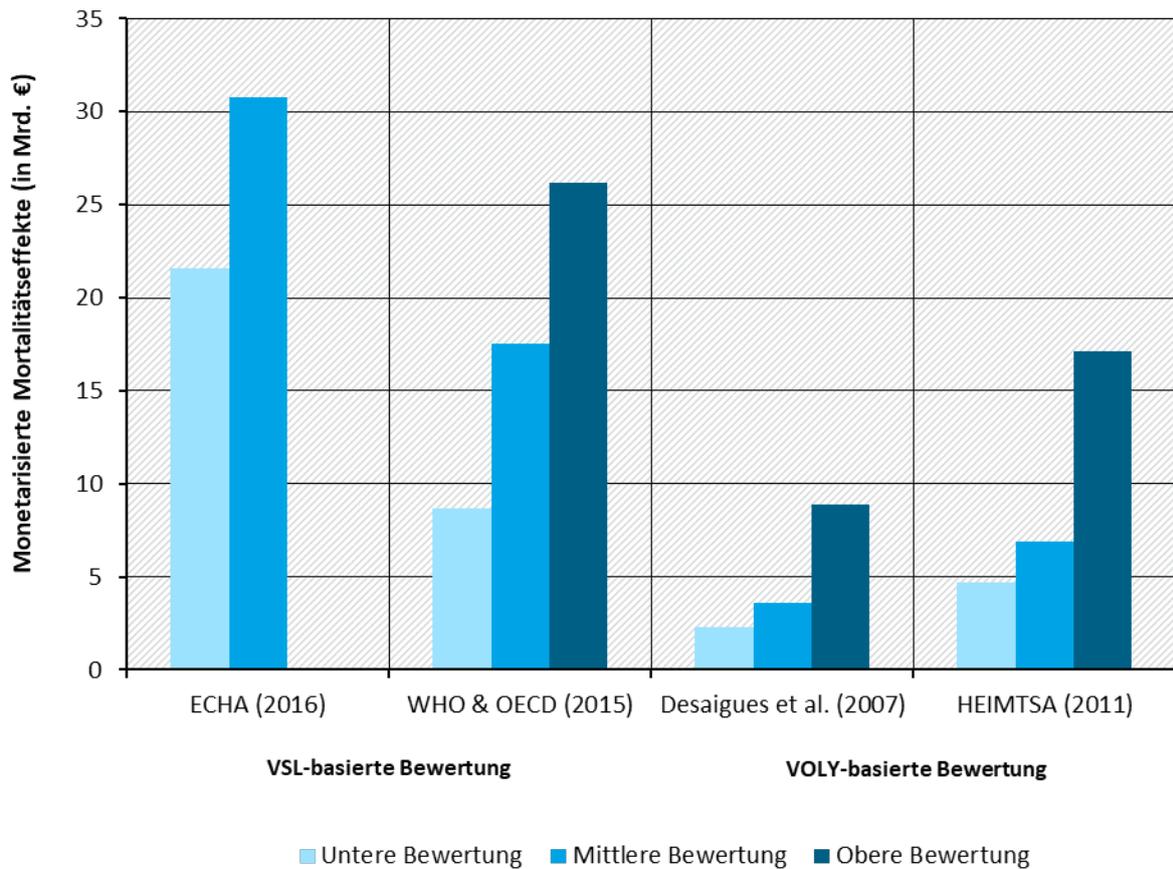
**Tabelle 54: Vergleich der Bewertungsergebnisse: Krankheitskosten in Deutschland in 2016 aufgrund von Ozonbelastung (Mrd. €)**

Monetarisierung auf Basis der Krankheitslast wie in GBD-Studie 2017 aufgeführt

Valuation scenario	Monetarisierungswerte	Untere Bewertung	Mittlere Bewertung	Obere Bewertung
VSL-basierte Bewertung	ECHA (2016)	21,6 €	30,8 €	keine obere Bewertung
VSL-basierte Bewertung	WHO & OECD (2015)	8,7 €	17,5 €	26,2 €
VOLY-basierte Bewertung	Desaigues et al. (2007)	2,3 €	3,6 €	8,9 €
VOLY-basierte Bewertung	HEIMTSA (2011)	4,7 €	6,9 €	17,1 €

Quelle: Bewertung von Autoren basierend auf VSL-Parametern der ECHA (2016) und der WHO & OECD (2015) und basierend auf VOLY-Parametern von Desaigues et al. (2007) und HEIMTSA (2011).

**Abbildung 19: Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitskosten in Deutschland in 2016 aufgrund von Ozonbelastung (in Mrd. €) #ab**



Quellen: Gesundheitsdaten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018). Bewertung von Autoren basierend auf VSL-Parametern der ECHA (2016) und der WHO & OECD (2015) und basierend auf VOLY-Parametern von Desaigues et al (2007) und HEIMTSA (2011).

## 8.4 Risikofaktor Blei: Vergleich VSL, DALY, COI und Bewertung von Produktivitätsverlusten durch IQ-Reduktion

### 8.4.1 Blei – Quellen und Gesundheitseffekte

#### 8.4.1.1 Blei – Eigenschaften, Vorkommen und Verwendung

Blei ist ein chemisches Element aus der 4. Hauptgruppe (Kohlenstoffgruppe) des Periodensystems mit der Ordnungszahl 82 und ein giftiges Schwermetall. Es tritt nur selten in elementarer Form auf. Meistens kommt es in Bleimineralien vor und hier vor allem als Galenit (Bleisulfid; PbS). In Deutschland wird Blei häufig durch Recycling alter Bleiprodukte, insbesondere gebrauchter Autobatterien, gewonnen. Weltweit werden ca. 60 % des Bleis in Akkumulatoren verwendet (vor allem Batterien in Kraftfahrzeugen), weitere 20 % werden in der chemischen Industrie verarbeitet. Zunehmend wird versucht, Blei durch andere ungiftige Elemente oder Legierungen zu ersetzen. Aufgrund seiner Eigenschaften, insbesondere seiner hohen Dichte und Korrosionsbeständigkeit, hat es immer noch eine hohe Bedeutung für die Industrie.

#### 8.4.1.2 Gesundheitseffekte durch Blei

Nach aktuellem Kenntnisstand existiert für Blei kein Schwellenwert, d. h. keine unschädliche untere Grenze der Konzentration. Studien an niedrig belasteten Populationen haben gezeigt, dass auch bei Bleikonzentrationen im Vollblut von deutlich unter 0,1 mg/l schädliche Wirkungen zu erwarten sind (Bayer, et al., 2014). Grundsätzlich können Blei und Bleiverbindungen über die Nahrungskette (einschließlich Trinkwasser), aber auch zu einem geringeren Teil durch Inhalation oder dermale Aufnahme über die Haut aufgenommen werden und dadurch zu akuter oder chronischer Bleivergiftung (Saturnismus) führen. Akute Bleivergiftungen sind auf wenige historische Einzelfälle beschränkt, da bei einmaliger Aufnahme erst vergleichsweise hohe Mengen von Blei oder Bleiverbindungen zu einer Vergiftung führen; 5-30 g Blei(II)acetat stellen eine tödliche Dosis für erwachsene Menschen dar. Historische Fälle chronischer Bleivergiftung sind etwa aus den 1970er Jahren bekannt, die bei Kindern mit hohem Bleianteil im Körper in der Nähe einer Bleihütte bei Aachen aufgetreten sind.

Bis heute in besonderem Maße betroffen sind Jäger und Sportschützen durch die Verwendung von bleihaltiger Munition, insbesondere Schützen mit Großkaliberwaffen (vgl. Demmeler, 2009).

Die folgende Übersicht zeigt die wissenschaftlichen Befunde, die aus der systematischen Literaturübersicht im Rahmen dieser Studie identifiziert und systematisiert wurden. Einzelne Studien, die an anderer Stelle in Reviews erfasst und ausgewertet wurden, sind hierbei nicht separat aufgelistet. Es zeigt sich, dass sie sowohl Mortalitäts- als auch Morbiditätsendpunkte und zum Teil auch indirekte Kosten von Folgeerscheinungen, wie erhöhter Kriminalität erfassen. Die unterschiedlichen Ansätze zur monetären Bewertung werden in Kapitel 8.4.2 explizit veranschaulicht und verglichen.

**Tabelle 55: Gesundheitsendpunkte für die Exposition gegenüber Blei, identifiziert durch Studien anhand einer systematischen Literaturübersicht**

Datenquelle	Mortalität	IQ-Verlust	Weitere Morbiditätsendpunkte und ermittelte Kosten	
IHME 2016, Daten für Deutschland	Kardiovaskuläre Erkrankungen (YLL) Chronische Nierenerkrankung (YLL)	Idiopathische Behinderung in der geistigen Entwicklung	Kardiovaskuläre Erkrankungen (YLD)	Chronische Nierenerkrankung (YLD)
Zhou et al. 2017 (Review zu Bleivergiftung; Blutbleispiegel)		Verringerung des IQ; gemindertetes Einkommen	Kosten bezogen auf medizinische Versorgung Sonderschulkosten pro Kind Therapie von ADHS	Direkte Kriminalitätskosten auf Basis des Blutbleispiegels
NEEDS (2009)		Verringerter IQ von Kindern (verwendet als Stellvertreter für Gesamtneurotoxizität von Blei)		Vielzahl von Auswirkungen auf das Nervensystem
Nedellec und Rabl (2016a und 2016b); Malmgren (2017) EcoValue	Mortalität	IQ-Verlust	Anämie	
Grandjean und Bellanger (2017)		Kognitive Defizite, geistige Behinderung (IQ-Verluste)	Gesamtneurotoxizität	
Hänninen und Knol (2011), Hänninen et al. (2014)		Leichte Entwicklungsverzögerung (IQ-Verlust)	Hypertonie aufgrund von Anstieg des systolischen Blutdrucks	
<b>Optionen für monetäre Bewertung</b>	<b>VSL (Basiswert und Sensitivitätsanalyse) VOLY (Basiswert und Sensitivitätsanalyse) (analog zu Ozon)</b>	<b>Gemindertetes Einkommen pro verlorenem IQ-Punkt WTP pro DALY (Years Lived with Disability) COI (direkte und indirekte Komponenten)</b>	<b>YLD: WTP pro DALY COI (direkte und indirekte Komponenten) (analog zu Feinstaub)</b>	<b>YLD: WTP pro DALY COI (direkte und indirekte Komponenten) (analog zu Feinstaub)</b>

Quelle: eigene Übersicht

Aus den IHME-Daten, die als vorrangige Datengrundlage für physische Endpunkte in den Fallstudien herangezogen werden sollen, sind sowohl Mortalität als auch ein großes Spektrum von Morbiditätssymptomen erfasst und in Form von DALYs quantifiziert.

#### 8.4.1.3 Grenzwerte für Blei – Status Quo

Grenzwerte für Blei beziehen sich zum einen auf das Vorkommen im Trinkwasser, aber auch auf die Luftbelastung und die Belastung am Arbeitsplatz.

Die Richtlinien der WHO (2010b), S. 2, legen für Luft  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jährlichen Durchschnitt vor und für Trinkwasser  $0,010 \text{ mg}/\text{l}$ . Dieser Wert wurde auch ab dem 1. Dezember 2013 in die Trinkwasserverordnung übernommen.

Bei Produktionsverfahren mit Blei soll möglichst wenig bleihaltiger Staub und bleihaltiges Abwasser entstehen. Ist dies unvermeidbar, so müssen Staub und Abwasser abgesaugt bzw. abgefangen, gesammelt, gereinigt und anschließend geeignet entsorgt werden. Um potenziell gefährdete Arbeitskräfte zu schützen, müssen Arbeitsschutzvorschriften eingehalten werden, wie Überwachung der Luftkonzentration, Überwachung des Blutbleispiegels beim Personal, Hygienemaßnahmen und falls erforderlich Schutzausrüstung. Generell gilt eine maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) von  $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

In der EU-Richtlinie 2011/65/EU (RoHS – Restriction of Hazardous Substances) sind die Verwendung und das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen in Elektrogeräten und elektronischen Bauelementen geregelt. Unter anderem ist das Ziel, verbleite Verlotungen elektronischer Bauteile durch unverbleite Verlotungen zu ersetzen. Die maximal zulässige Höchstkonzentration von Blei (Gewichtsprozent in homogenen Werkstoffen) beträgt nach einer Übergangsfrist ab dem 22. Juli 2019  $0,1 \%$ . Allerdings bestehen für Blei noch eine Reihe befristeter Ausnahmeregelungen.

In den vergangenen Jahren ist die Belastung durch Blei bereits durch eine Reihe gesetzlicher Maßnahmen kontinuierlich zurückgegangen. Während vor allem im Norden und Osten Deutschlands bei unsanierten Altbauten heute noch Bleirohre für Trinkwasserleitungen in Betrieb sind, werden in allen Häusern, die nach dem Jahr 1973 in Deutschland errichtet wurden, keine Bleirohre mehr verwendet. Allerdings wurden gelegentlich Verbindungsstücke der Rohrleitungen aus Blei gefertigt, so dass auch hierdurch der aktuelle Grenzwert von  $0,010 \text{ mg}/\text{l}$  überschritten werden kann.<sup>25</sup> Durch die Ankündigung des zum 1. Dezember 2013 reduzierten Grenzwerts von  $0,010 \text{ mg}/\text{l}$  bestand ein erhöhter Druck auf Gebäudeeigentümer und Wasserversorger, noch vorhandene Bleirohre oder Verbindungsstücke zu ersetzen, da ansonsten dieser Grenzwert nicht eingehalten werden kann.

Tetraethylblei (TEL) wurde bis in die 1980er Jahre als Antiklopffmittel für Ottokraftstoffe verwendet. 1988 wurde verbleites Normalbenzin in Deutschland verboten, verbleites Superbenzin 1996. In der EU wurde verbleites Benzin am 1. Januar 2000 mit Ausnahme von Flugbenzin gänzlich aus dem Verkehr gezogen. Weitere Anwendungen für Blei wurden verboten oder stark eingeschränkt, etwa Bleiweiß als Pigment, Bleimennige als Rostschutz oder bleihaltiges Lötzinn. Auch Bleischrot wird zunehmend durch nicht bleihaltige Alternativen ersetzt. Auch durch die verbesserte Abgasreinigung mit Feinstaubfiltern, z. B. in Müllverbrennungsanlagen, sowie bessere Abwasser- und Abluftreinigung in bleiverarbeitenden Betrieben ist die Bleibelastung in der Umwelt in Deutschland kontinuierlich zurückgegangen.

Somit sind die Risikominderungsmaßnahmen weltweit, die die WHO (2010a, S. 4 f.) empfiehlt, in Deutschland bereits weitgehend umgesetzt. Diese umfassen neben dem Ausschluss zahlreicher weiterer Verwendungen für Blei die Verhinderung von Bleiexposition durch Elektro- und Elektronikschrott, Maßnahmen für identifizierte kontaminierte Standorte sowie Nahrungsmittel mit hohem Bleigehalt; eine generelle Schulung der Öffentlichkeit hinsichtlich der Gefahren eines Missbrauchs bleihaltiger Produkte und präventive und erzieherische Maßnahmen, um gerade Kinder vor Blei in der Umgebung zu schützen.

---

<sup>25</sup> <https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/blei-im-trinkwasser> sowie <https://www.blei-wasser.de/bleiwasser/blei-trinkwasser.php>

## 8.4.2 Methoden der Monetarisierung im Vergleich

Auch in dieser Fallstudie über die Kosten der Gesundheitsauswirkungen von Blei können die Mortalitätseffekte, die aus kardiovaskulären Erkrankungen sowie chronischer Nierenerkrankung resultieren, zum einen auf der Basis des VSL-Wertes und zum anderen auf Basis des VOLY-Wertes berechnet werden. Ein Vergleich soll hauptsächlich der Fragestellung dienen, in welchem Ausmaß aufgrund der Altersstruktur der Effekte vorzeitiger Todesfälle durch Blei eine VSL-Bewertung zu einem tendenziell höheren Ergebnis führt als eine VOLY-basierte Bewertung.

Darüber hinaus kann sowohl beim VSL als auch beim VOLY eine Sensitivitätsanalyse mit Ober- und Untergrenzen für monetäre Werte zu einem breiteren Spektrum an Ergebnissen führen. Dies wurde insbesondere bei der Fallstudie zu Mortalität durch Ozonbelastung im Detail durchgeführt. Hier wurde eine Sensitivitätsanalyse lediglich für den VOLY durchgeführt, da eine neuere Studie (Nedellec und Rabl 2016a) identifiziert und ausgewertet wurde, die bei Schadenskostenabschätzungen für Blei und weitere Schwermetalle pro kg Emission in Luft einen eigenen, vergleichsweise hohen monetären Wert für ein VOLY verwendet. Auch die Diskussion, inwieweit die Zahlungsbereitschaft vom Lebensalter abhängt, wurde zum einen in der Fallstudie zu Ozon vertieft. Daraus kann abgeleitet werden, inwiefern sich eine Abhängigkeit des VSL vom Alter oder auch die Abhängigkeit des VOLY vom Alter präzisieren lässt.

Bei Bleivergiftung stellt die Mortalität, also Todesfälle, nur eine Teilmenge der gesamten Krankheitslast dar. Die Abschätzungen des IHME zu Krankheitslasten weisen drei übergeordnete relevante Kategorien aus: kardiovaskuläre Erkrankungen, chronische Nierenerkrankungen sowie mental-psychische Störungen (mental disorders). Bei kardiovaskulären Erkrankungen sowie chronischen Nierenerkrankungen bestehen die ausgewiesenen DALYs jeweils aus einer Mortalitäts- und einer Morbiditätskomponente. Die dritte Kategorie an Effekten, die idiopathische Behinderung in der geistigen Entwicklung, wird der Oberkategorie der mental-psychischen Störungen zugerechnet. Diese führt laut der ausgewiesenen Zahlen ausschließlich zu YLD, aber nicht zu Todesfällen. Es handelt sich also um Fälle, bei denen eine Bleivergiftung im frühen Kindesalter zu einer dauerhaften geistigen Behinderung geführt hat.

Für die Bewertung der Morbidität gibt es zwei Vorgehensweisen: Zum einen ließe sich jeder Morbiditätsendpunkt mit der jeweiligen Zahlungsbereitschaft bewerten. Voraussetzung dafür ist, dass jeder Endpunkt über Dosis-Wirkungs-Beziehungen quantifiziert werden kann. Weiterhin müssen auch spezifische WTP-Werte für die Endpunkte bekannt sein, oder es lässt sich die WTP von anderen Morbiditätsendpunkten mit ähnlicher Schwere übertragen.

Diese Vorgehensweise ist aufgrund der Datenlage der IHME-Quelle nicht möglich, da für die einzelnen Krankheitsbilder nur aggregierte Größen, nämlich YLD und YLL ausgewiesen sind.

Für diese Größen kann jedoch ersatzweise eine durchschnittliche Bewertung vorgenommen werden, indem die YLD mit der Zahlungsbereitschaft für ein DALY bewertet werden. Damit wird unterstellt, dass die Zahlungsbereitschaft für ein DALY bei alle Erkrankungen weitgehend konstant ist. Diese Berechnung wird im Folgenden auf Basis der IHME-Daten durchgeführt.

Es muss hier betont werden, dass die Entscheidung für die Verwendung eines bestimmten monetären Wertes für ein DALY als kombinierter Index für Mortalitäts- und Morbiditätseffekte immer mit impliziten zusätzlichen Annahmen verbunden ist:

- Wird ein Wert, der sich in einer Contingent-Valuation-Befragung lediglich auf Mortalität, also auf YLL bezieht (wie im Folgenden der Wert von 54.000 €<sub>2016</sub> aus Desaignes et al. (2007) oder der von 137.000 €<sub>2016</sub> aus Nedellec und Rabl (2016a und 2016b). auch auf

ein YLD übertragen, so unterstellt man, dass die Zahlungsbereitschaft für beide Komponenten auch gleich hoch ist. Dafür liefert die Originalstudie per se keine Evidenz.

- Wird ein Wert aus einer empirischen Studie für ein DALY entnommen, so ist zu prüfen, ob gemäß der Vorgehensweise der Studie nur die Komponente Mortalität oder auch die der Morbidität eingeschlossen ist. Ist nur ersteres der Fall, so unterstellt man in umgekehrter Richtung, dass die Zahlungsbereitschaft für ein (nach Krankheitsendpunkten bzw. gesundheitlichen Einschränkungen gewichtetes) YLD genauso hoch wäre wie die für ein durch vorzeitigen Tod verlorenes Lebensjahr. Auch dafür fehlt der empirische Beleg.
- Ähnlich verhält es sich, wenn QALYs als Maßzahl für Morbidität verwendet würden und sich die herangezogene Zahlungsbereitschaft für ein QALY lediglich auf Morbidität bezieht, beispielsweise bei Soeteman et al. (2017), aber auch auf Mortalität übertragen würde. Da das QALY-Konzept aufgrund der unterschiedlichen Erzeugung und Interpretation der Gewichte nicht mit dem der DALYs verknüpft werden sollte, sollte auch die Zahlungsbereitschaft für ein QALY nicht auf die für ein DALY übertragen werden.

Auf eine solche implizite Annahme, dass eine Zahlungsbereitschaft von Mortalität auf Morbidität übertragen wurde, ist bei der Bezifferung von Krankheitslasten in Geldeinheiten immer explizit hinzuweisen, da sie eine Limitation der Ergebnisse darstellt.

#### **8.4.3 Beschreibung von Gesundheitsdaten (IHME-Daten zum Burden of Disease)**

Für die Monetarisierung der Krankheitslast durch Bleibelastung in Deutschland im Jahr 2016 wird dieselbe Datenquelle des IHME wie bei Feinstaub und Ozon verwendet. Sie liefert Informationen über Mortalität, ausgedrückt in YLL, und über Morbidität, ausgedrückt in YLD. Die IHME-Gesundheitsdaten sind weiterhin nach Geschlecht und Altersgruppen in 5-Jahres-Klassen untergliedert. Aufgrund der altersspezifischen Daten kann bei Mortalität eine VSL- wie auch VOLY-basierte Bewertung erfolgen.

Hinsichtlich der Belastung mit Blei enthalten die IHME-Daten vollständige Informationen über wesentliche gesundheitliche Auswirkungen. Einige andere Gesundheitsendpunkte, die in anderen Literaturquellen der aktuellen Forschung genannt und untersucht sind (siehe die Übersicht in Tabelle 55), sind in den IHME-Daten nicht enthalten. Grund hierfür ist, dass die Kriterien des IHME für einen Einschluss von Gesundheitsendpunkten relativ streng sind. Im Fall von Blei erfüllen gerade bei den Morbiditätseffekten nicht alle in der Literatur diskutierten Endpunkte die vorgegebenen Kriterien (GBD 2017 Risk Factor Collaborators, 2018).

Gemäß der IHME-Daten (zentrale Schätzwerte) waren im Jahr 2016 deutschlandweit ca. 4.754 Todesfälle bzw. ca. 54.367 verlorene Lebensjahre der Belastung durch Blei zuzurechnen. Davon entfielen ca. 4.398 Todesfälle bzw. ca. 50.859 verlorene Lebensjahre auf kardiovaskuläre Erkrankungen sowie ca. 356 Todesfälle bzw. ca. 3.508 verlorene Lebensjahre auf chronische Nierenerkrankungen. Diese resultieren aus den folgenden Krankheitsendpunkten, die beim IHME zu Mortalität und Morbidität erfasst und quantifiziert wurden (Tabelle 56):

**Tabelle 56: In den IHME-Daten erfasste und quantifizierte Kategorien der Krankheitslast durch Blei für Deutschland im Jahr 2016**

Endpunkt	Todesfälle	YLL	YLD	DALYS insgesamt
Rheumatische Herzerkrankung	27	306	3	308
Ischämische Herzerkrankung	2.629	31.021	1.485	32.505
Schlaganfall	759	9.224	2.845	12.069
Hypertensive Herzerkrankung	558	5.022	624	5.646
Nicht-rheumatische Herzklappenerkrankung	75	822	103	925
Kardiomyopathie und Myokarditis	42	477	49	525
Herzvorhofflimmern und Flattern	122	1.259	875	2.133
Aortenaneurysma	41	608	-	608
Periphere Arterienerkrankung	34	411	72	483
Endokarditis	20	283	13	295
Andere kardiovaskuläre und Durchblutungserkrankungen	91	1.428	1.221	2.648
<b>Summe der kardiovaskulären Erkrankungen</b>	<b>4.398</b>	<b>50.859</b>	<b>7.288</b>	<b>58.147</b>
Idiopathische entwicklungsbedingte geistige Behinderung	-	-	3.946	3.946
<b>Summe der Fälle von geistiger Behinderung</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3.946</b>	<b>3.946</b>
Chronische Nierenerkrankung aufgrund von Diabetes mellitus Typ 1	10	128	32	160
Chronische Nierenerkrankung aufgrund von Diabetes mellitus Typ 2	95	990	244	1.235
Chronische Nierenerkrankung aufgrund von Bluthochdruck	101	865	202	1.067
Chronische Nierenerkrankung aufgrund von Glomerulonephritis	58	600	88	688
Chronische Nierenerkrankung aufgrund anderer und nicht spezifizierter Ursachen	92	924	330	1.255
<b>Summe von Nierenerkrankungen</b>	<b>356</b>	<b>3.508</b>	<b>897</b>	<b>4.405</b>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>4.754</b>	<b>54.367</b>	<b>12.131</b>	<b>66.498</b>

Bevor nun diese Gesundheitsendpunkte aus den IHME-Daten mit unterschiedlichen monetären Werten für einen VSL pro Todesfall oder unterschiedlichen monetären Werten für ein DALY verknüpft und somit diese Krankheitslast in € bewertet werden, wurden auch die anderen Studien, die aus der Literaturanalyse identifiziert und in Tabelle 55 aufgelistet sind, untersucht und sind in den folgenden Kapiteln 8.4.4 und 8.4.5 erläutert. Dies dient letztlich der Entscheidung, welche Bewertungsansätze und zugehörige monetäre Werte aus diesen Studien auch auf die IHME-Daten angewandt werden können.

#### 8.4.4 IQ-Verlust durch Bleibelastung im Kindesalter – Alternative Bewertungsansätze

Zu betonen ist, dass es sich bei den Berechnungen der IHME nur um Fälle einer ausgeprägten geistigen Behinderung handelt, die auf Bleivergiftung zurückzuführen ist, und für die ein disability weight (DW) angesetzt werden kann. Die so ermittelten DALYs aufgrund von geistiger Behinderung können mit den in Kapitel 8.4.2 erläuterten Annahmen und Einschränkungen mit dem VOLY als pragmatischer Ansatz bewertet werden. Ein Einfluss von Blei auf den IQ muss aber nicht so stark sein, dass er zu einer geistigen Behinderung führt, sondern kann zu einer graduellen Beeinträchtigung des Intelligenzquotienten (IQ) führen, die aber noch im normalen Bereich liegt. Die Schäden durch IQ-Beeinträchtigungen, die nicht zu einer geistigen Behinderung führen, werden vernachlässigt. Daher führen die IHME-Zahlen tendenziell zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Schäden.

Ein IQ-Verlust durch Bleibelastung im Kindesalter wird allerdings auch in einer Reihe anderer Studien erfasst, quantifiziert und bewertet (Zhou et al. (2017), NEEDS 2009, Nedellec und Rabl (2016a und 2016b), Grandjean und Bellanger (2017), Hänninen et al. (2014)). Auf diese Ansätze wird im Folgenden eingegangen.

Eine neue Abschätzung von Grandjean und Bellanger (2017) kommt u. a. für die EU zu ökonomischen Kosten für kognitive Defizite durch Blei von 60,6 Mrd. €, was 0,36 % des BIPs der EU darstellt. In Ländern mit niedrigen bis mittleren Einkommen sind die Kosten absolut, aber vor allem in Relation zum BIP, weitaus höher. „Kognitive Defizite“ umfassen hierbei ein weites und graduelles Spektrum von Effekten, von denen nur in sehr schweren Fällen eine ausgeprägte geistige Behinderung vorliegt, wie sie in den IHME-Daten erfasst ist. Die Autoren räumen ein, dass sie auch Risiken, die als unsicher gelten, und subklinische Zustände berücksichtigen.

Die Studie von Zhou et al. (2017) erfasst in einem umfangreichen Review bestehende Abschätzungen zu Bleivergiftung und stellt fest, dass für spezifische Gesundheitsendpunkte durch Bleivergiftung bisher keine WTP-Studien existieren. Allerdings wurde eine Reihe anderer Kosten in der Literatur erfasst und quantifiziert. Die überwiegende Zahl solcher Studien stammt aus den USA.

Eine Folge der IQ-Beeinträchtigung durch Bleivergiftung im Kindesalter stellen spätere Einkommensverluste über die Lebenszeit dar. Dies ist jedoch per se keine Krankheitslast, sondern eine Verringerung der Arbeitsproduktivität durch eine Beeinträchtigung der kognitiven Fähigkeiten. Zhou et al. (2017) zeigen Ergebnisse aus den USA, die vermitteln, dass eine Erhöhung des Blutbleispiegels von 10 µg/dl auf 20 µg/dl zu einem Verlust von 1,7 bis 4,6 IQ-Punkten führt. Hierbei ist die Annahme einer linearen Beziehung unterstellt. Die durchschnittliche Verringerung der Lebenszeiteinkommen pro individuellem IQ-Punkt beträgt 1,8 % - 2,4 %. Somit lässt sich aus der Bleiexposition einer Bevölkerung über diese Expositions-Wirkungs-Beziehung der Schaden in Einkommensverlusten ermitteln.

Für Europa wurde im Rahmen der NEEDS-Studie 2009 die IQ-Reduktion von Kindern als Proxy für alle Neurotoxizitätseffekte von Blei exemplarisch betrachtet. Hier wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung abgeleitet, dass eine Dosis Blei von 1 µg/Jahr für ein Kind im Alter von 0-1 Jahren über die Erhöhung des Blutbleispiegels zu einem Verlust von  $1,14E^{-4}$  IQ-Punkten führt. Hieraus kann ein monetärer Wert von durchschnittlich 600.000 €<sub>2000</sub> pro emittierter Tonne Blei aufgrund von IQ-Verlusten abgeleitet werden. Dieser Wert wird in dem Modell EcoSenseWeb (2008) auch im Rahmen der NEEDS-Studie verwendet (Preiss und Klotz, 2008, S. 22).

#### 8.4.5 Weitere Schäden durch Bleiexposition

Weitere Schäden aufgrund einer Bleivergiftung werden von Zhou et al. (2017) in einer Übersicht aus der bestehenden Literatur dargestellt. Dies sind neben den Einkommensverlusten Kosten

der medizinischen Versorgung, Kosten der Sonderschulbehandlung von Kindern, Kosten der Behandlung von ADHS und Kosten durch erhöhte Kriminalität.

Bei den Kosten der medizinischen Versorgung liegen Studien aus USA und eine Studie aus Frankreich vor. Die Studie von Pichery et al. (2011) ist neben der Dosis-Wirkungs-Beziehung aus der NEEDS-Studie die einzige Studie aus Europa zu COI durch Bleivergiftung. Sie schätzt in Abhängigkeit vom Intervall, in dem der Blutbleispiegel liegt, die folgenden Kosten ab:

- 120 € Kosten für ein Screening bei einem Blutbleispiegel zwischen 1,5 und 10 µg/dL
- 2.932 € Behandlungskosten bei einem Blutbleispiegel höher als 10 µg/dL.

Bei ähnlichen Studien aus den USA werden medizinische Versorgungskosten bei Blutbleispiegeln ermittelt, die sogar höher als 70 µg/dL liegen.

Zwei Studien aus den USA schätzen ab, dass bei Kindern mit einem Blutbleispiegel von mehr als 25 µg/dL Sonderschulkosten von \$ 10.330 (Abschätzung aus dem Jahr 2005) bzw. \$ 14.317 (Abschätzung von Gould, 2009) pro Kind und Jahr über einen Zeitraum von drei Jahren anfallen.

Für Fälle von ADHS, die bei Kindern im Alter von 4 bis 15 Jahren auftreten, wurden von Gould (2009) weiterhin zum einen die Kosten für medikamentöse und psychologische Behandlung abgeschätzt, zum anderen der Arbeitsausfall der Eltern aufgrund der Erkrankung der Kinder in US-\$ pro Jahr. Außerdem werden von Gould (2009) auch die Kosten einer im späteren Leben erhöhten Kriminalität durch Bleibelastung im Kindesalter abgeschätzt. Er errechnet, dass eine Reduktion von 1 µg/dL im durchschnittlichen Blutbleispiegel von Vorschulkindern zu niedrigeren direkten Kosten von durch Blei verursachter Kriminalität von 1,8 Mrd. \$ in den USA führt.

Im Projekt „Environmental Burden of Disease in Europe (EBoDE) (Hänninen und Knol 2011), zusammengefasst bei Hänninen et al. (2014) wurden die Krankheitslasten von neun unterschiedlichen Risikofaktoren, die nach vier festgelegten Kriterien als „high priority“ eingestuft wurden, in DALYs berechnet. Hänninen und Knol (2011) schätzen ab, dass 4 % der Krankheitslast, die insgesamt auf Risiken zurückgeführt werden können (gemessen in DALYs) auf Blei zurückzuführen ist. Den größten Anteil hat mit 68 % PM<sub>2,5</sub>.

Hierbei sind über Dosis-Wirkungs-Beziehungen berücksichtigt:

- IQ-Verlust und leichte Entwicklungsverzögerung bei Kindern
- Erhöhter Blutdruck und bluthochdruckbedingte Krankheiten bei Erwachsenen

Die Schätzung basiert auf den Daten der sechs europäischen Länder, Deutschland, Finnland, Niederlande, Belgien, Italien und Frankreich. Der Gesundheitsendpunkt „Leichte Entwicklungsverzögerung bei Kindern“ ist definiert als ein IQ unter einer Schwelle von 70 IQ Punkten. Dieser Zustand ist mit einem DW von 0,36 bewertet. Bei der Berechnung wird die Dauer der gesundheitlichen Erkrankung mit 77,6 Jahren nach einer Latenzzeit von 3 Jahren zugrunde gelegt. Es handelt sich also um eine Beeinträchtigung, die das gesamte Leben andauert. Für bluthochdruckbedingte Erkrankungen wird ein DW von 0,2 und eine durchschnittliche Dauer der Erkrankung von 3,6 Jahren nach einer Latenzzeit von einem Jahr angenommen.

Aus den nationalen Blutbleispiegeldaten wurde auf Basis eines probabilistischen Simulationsmodells ermittelt, dass in Deutschland 32,5 % der Kinder von 0 bis 4 Jahren einer Exposition höher als 24 µg/l ausgesetzt waren, und 5,5 % der Erwachsenen einer Exposition höher als 50 µg/l (Bezugsjahr war 2004). Damit liegen diese Quoten höher als in Finnland und den Niederlanden, auf gleichem Wert wie in Belgien, aber niedriger als in Frankreich und Italien. Diese beiden Werte wurden gemäß dem WHO-Modell als Schwellenwerte der Dosis-Wirkungs-

Beziehungen angenommen, ab der ein Effekt auf den IQ bei Kindern bzw. den Bluthochdruck bei Erwachsenen auftritt.

Es wird darauf hingewiesen, dass andere Gesundheitsendpunkte durch Blei in dieser Stufe nicht quantifiziert wurden, da keine empirisch hinreichend abgesicherten Expositions-Wirkungs-Beziehungen für die heutigen verhältnismäßig niedrigen Bleiexpositionen verfügbar waren. Das Ausmaß der Unterschätzung ist daher quantitativ nicht ermittelbar. Insbesondere die Mortalität wird zum größten Teil gar nicht erfasst, da zerebrovaskuläre und andere (nicht bluthochdruckbedingte) kardiovaskuläre Erkrankungen nicht berücksichtigt sind. Bei der EBoDE-Studie machen für Blei über die sechs untersuchten EU-Länder YLL nur 0,02 % der gesamten DALYs aus, während bei den IHME-Daten für Deutschland YLL 81,8 % und YLD nur 18,2 % der DALYs betragen.

Da die Studie EBoDE-Studie von Hänninen und Knol (2011) im Wesentlichen eine unterschiedliche quantitative Datengrundlage für die Abschätzung von DALYs für Deutschland und andere EU-Staaten liefert, können damit zwar eine alternative Rechnung der monetären Schadenskosten und ein Vergleich mit den Berechnungen des IHME durchgeführt werden; ein solcher Vergleich ist aber nicht der Fokus der vorliegenden Studie.

In einer neueren Studie von Nedellec und Rabl (2016a und 2016b) wurden monetäre Schadenskostenabschätzungen für Blei und drei weitere Schwermetalle in €<sub>2013</sub> pro kg Emission in Luft durchgeführt.

Die Summe und Aufteilung der Schadenskosten durch Blei in €<sub>2013</sub> ist in Tabelle 57 dargestellt:

**Tabelle 57: Schadenskosten durch Blei in €<sub>2013</sub> pro emittiertem kg Blei in die Luft**

Endpunkt	Fälle pro kg Blei	Undiskontiert (ohne Schwellenwert)	Latenzzeit in Jahren	Diskontfaktor (bei 4 % Diskontrate pro Jahr)	Diskontiert (ohne Schwellenwert)
Mortalität	0,29 (YLL)	36.796 €	10	0,68	24.858 €
IQ-Verlust	0,27 (IQ-Punkte)	4.435 €	0	1	4.435 €
Anämie	1,44E-04	74 €	10	0,68	50 €
<b>Summe in €<sub>2013</sub>/kg</b>		<b>41.305 €</b>			<b>29.343 €</b>

Quelle: Nedellec, et al., 2016b, S. 2101

In Dosis-Wirkungs-Beziehungen für Mortalität wird häufig als abhängige Variable die Änderung des relativen Risikos  $\Delta RR$  in Abhängigkeit von der Exposition verwendet.  $\Delta RR$  gibt die relative Erhöhung der altersspezifischen Sterblichkeitsraten für jede Altersstufe gegenüber dem Basisfall ohne zusätzliche Exposition an. Bei Verwendung bevölkerungsstatistischer Daten von Frankreich für das Jahr 2005, die weitgehend repräsentativ für den Durchschnitt der EU sind, wurde die folgende Beziehung zwischen relativem Risiko und Änderung der Lebenserwartung abgeleitet (Nedellec und Rabl 2016a, S. 2085):

$$\Delta LE / \Delta RR = 0,148 \text{ YLL/Jahr pro } \Delta RR$$

mit  $\Delta LE$  = Änderung der Lebenserwartung

$\Delta RR$  = Änderung des relativen Risikos

Die Änderung der Lebenserwartung gibt also die zu bewertenden YLL wieder, die aus der Exposition resultieren. Über die Intake Fraction von 183.8 mg Pb/kg Pb für Erwachsene, die für

typische Bedingungen in Europa Inhalation, Wasser und die Nahrungsmittelkette berücksichtigt, und eine abgeleitete Dosis-Wirkungs-Beziehung mit einer Steigung von 0.00159 (YLL/Jahr) / (mg Pb/Jahr) errechnet sich ein Durchschnitt von 0,29 YLL pro emittiertem kg Blei.

Der Wert für neurotoxische Effekte basiert auf einem Review der Beziehung zwischen IQ und Lebenszeiteinkommen in den USA. Der Wert für Anämie basiert auf DALYs mit DW von Salomon et al. (2012): 0,058 DALY/Jahr über 70 Jahre, mit einer Latenzzeit von 10 Jahren. Hieraus resultiert ein Wert von 4,06 DALYs pro Fall von Anämie im Kindesalter. Der Beitrag der Anämie ist mit unter 0,2 % der Gesamtkrankheitslast die auf Blei zurückgeführt werden kann vernachlässigbar.

Für Gesundheitsendpunkte, die im Fall von Blei eine Rolle spielen, sind von Nedellec und Rabl (Nedellec, et al., 2016a S. 2087) die folgenden monetären Werte ausgewiesen:

**Tabelle 58: Monetäre Werte pro Einheit in €<sub>2013</sub> für Gesundheitsendpunkte im Fall Blei**

Gesundheitsendpunkt	€ <sub>2013</sub>
VOLY (Wert eines verlorenen Lebensjahres)	126.000 €
Wert eines IQ-Punkts in verlorenem Lebenszeiteinkommen	16.300 €
Anämie im Kindesalter (4,06 DALY/Fall)	512.000 €

Quelle: Nedellec und Rabl 2016a, S. 2087

Der vergleichsweise hohe monetäre Wert für ein VOLY (bzw. DALY) basiert auf einer Empfehlung einer Kommission der französischen Regierung für die Bewertung öffentlicher Projekte (Quinet, 2013), die von 115.000 €<sub>2010</sub> auf 126.000 €<sub>2013</sub> proportional zum Konsumgüterpreisindex und Pro-Kopf-BIP angepasst wurde.

Die monetären Werte für Schadenskosten durch Blei und andere Schwermetalle aus der Abschätzung von Nedellec und Rabl (2016a und 2016b) wurden auch in einem Lebenszyklusanalyse-Modell EcoValue angewandt (Malmgren 2017). In diesem Modell wird, analog zum Treibhauspotenzial, die Humantoxizität von Blei und anderen Schadstoffen auf eine Referenzeinheit, in diesem Fall 1 kg 1,4-Dichlorbenzol (DB), bezogen. Somit ergeben sich normierte Gewichtungsfaktoren für Schadenskostenabschätzungen, die als Schadenskosten pro kg 1,4 DB-Äquivalenten dargestellt werden können.

Malmgren (2017) untersucht die Kompartimente Luft, Boden und Wasser mit Subkompartimenten. Bei der Monetarisierung rechnet sie die Euro-Werte 2013 mit einer Inflationsrate von 0,6 % pro Jahr auf 2017 hoch. Weiterhin führt Malmgren Sensitivitätsanalysen mit unterschiedlichen Werten für einen VOLY durch, z. B. 160.000 €<sub>2000</sub>, entspricht 216.000 €<sub>2017</sub> als Maximum, sowie 1.500 €<sub>2010</sub>, entspricht 1.640 €<sub>2017</sub> als Minimum. Diese sowie weitere Alternativberechnungen unter Verwendung von Value of Prevented Fatality (VPF), Schwellenwerten und Diskontierung führen zu unterschiedlichen Kosten in €(2017) pro kg Blei (Tabelle 59):

**Tabelle 59: Schadenskosten durch Blei in €<sub>2017</sub> pro emittiertem kg Blei in die Luft, Basiswert und Sensitivitätsanalysen**

Endpunkt	Fälle pro kg Blei	€ <sub>2017</sub> basierend auf Nedellec und Rabl (2016a)	€ <sub>2017</sub> mit erhöhtem VOLY	€ <sub>2017</sub> mit verringertem VOLY
Mortalität	0,29 (YLL)	37.425 €	62.640 €	476 €
IQ-Verlust	0,27 (IQ-Punkte)	4.508 €	4.508 €	4.508 €
Anämie	1,44E-04	76 €	126 €	1 €
<b>Summe in €<sub>2013</sub>/kg</b>		<b>42.008 €</b>	<b>67.274 €</b>	<b>4.984 €</b>

Quelle: Malmgren (2017)

Der erhöhte VOLY-Wert von Malmgren (2017) leitet sich aus früheren Ergebnissen der Externe-Studienreihe ab, bei denen der VSL in Lebensjahre umgerechnet wurde. Der minimale Wert stammt hingegen aus einem Review von WTP-Studien zum VOLY von Hein, Roberts und Gonzalez (2016). Allerdings geht bei Malmgren (2017) nicht eindeutig hervor, aus welcher Originalstudie der Wert von 1.500 € entnommen oder abgeleitet ist.

#### 8.4.6 Beschreibung von Monetarisierungsparametern

In dieser Studie wurden Mortalität durch Blei anhand der IHME-Daten alternativ mit dem VSL und dem VOLY bewertet. Neben den Werten, die aus den anderen beiden Fallstudien im Detail abgeleitet wurden, wurde weiterhin anhand eines Vergleichs aktueller Studien untersucht und dargelegt, welche anderen monetären Werte für Krankheitslasten durch Blei aus der Literatur bekannt sind (Kapitel 8.4.4 und 8.4.5). Anhand dieser Werte wurde die Spannweite dargestellt, die monetäre Werte bei einer realistischen Methodik einnehmen können, und somit die Größenordnung einer Schwankungsbreite aufgezeigt.

Für den VSL wurde bereits in den Fallstudien zu Feinstaub (Kapitel 8.2.4) sowie Ozon (Kapitel 8.3.4) im Detail untersucht, welche Bandbreite von monetären Werten aus bestehenden Studien – insbesondere Friedrich et al. (2004) und OECD (2012) – herangezogen und mittels Benefit Transfer auf die vorliegende Situation angepasst werden können. Im Fall von Blei wird aus dieser Bandbreite von 1,4 Mio. €<sub>2016</sub> (Median-Wert bei Friedrich et al. 2004) bis 6,6 Mio. €<sub>2016</sub> (oberer Wert bei OECD 2012) lediglich der auf der OECD-Berechnung basierende Medianwert für Deutschland von 4,4 Mio. €<sub>2016</sub> verwendet.

Für den VOLY wird zum einen zu Vergleichszwecken mit den anderen beiden Fallstudien der zentrale der drei Werte aus der NEEDS-Studie (Desaigues et al. 2007) von 54.000 €<sub>2016</sub> verwendet, der wie auch der verwendete VSL-Wert auf das Berichtsjahr 2016 hochgerechnet wurde. Zum anderen wird als Alternative der in der neueren Studie von Nedellec und Rabl (2016a) verwendete VOLY-Wert von 126.000 €<sub>2016</sub> herangezogen. Für die Bewertung von Morbidität wurden ebenfalls diese beiden Werte von 54.000 €<sub>2016</sub> und 126.000 €<sub>2016</sub> auf ein DALY übertragen, wobei die DALYs hier die drei Krankheitsbereiche kardiovaskuläre Erkrankungen, geistige Behinderung und Nierenerkrankungen umfassen.

Diese Fragestellung wurde in einem Review von Zhou et al. (2017) untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass für Bleivergiftung keine separate WTP-Studie durchgeführt wurde. Allerdings finden sich in einigen Studien COI für eine Reihe von Behandlungskosten. Diese wurden nahezu alle in den USA durchgeführt, abgesehen von einer Studie aus Frankreich, die Screening- und Behandlungskosten im Gesundheitssystem erfasst hat.

Weitere Kostenkategorien spiegeln nicht Krankheitskosten an sich wider, sondern Einkommensverluste durch verringerte Produktivität im Erwachsenenalter aufgrund von Bleibelastung während der Kindheit. Auch diese Kosten beziehen sich auf die USA und kommen tendenziell zu ähnlichen Ergebnissen bzw. werden auch in anderen Schätzungen wie NEEDS oder Nedellec und Rabl (2016a und 2016b) als Quellen herangezogen. Eine weitere Kategorie aus einer amerikanischen Studie stellen erhöhte Kosten durch bleiverursachte Kriminalität dar.

Diesen Bewertungsansätzen ist gemein, dass sie nicht direkt mit den DALY-Daten des IHME verknüpft werden können, sondern Expositions-Wirkungs-Beziehungen erfordern, die die Kosten einer zusätzlichen Bleiexposition berechnen. Eine solche Bottom-up-Betrachtungsweise wurde jedoch bei IHME nicht durchgeführt.

Folgende Aussage ist festzuhalten: Ein IQ-Verlust und eine leichte Entwicklungsverzögerung bei Kindern, wie sie in der Studie „EBoDE“ (Hänninen und Knol 2011) quantifiziert wurden, wird in den IHME-Daten nicht berücksichtigt. Grund dafür ist, dass bei IHME nur die schweren Fälle einer geistigen Behinderung (definiert als IQ < 70 Punkte) erfasst werden, nicht jedoch Fälle zwischen den Extremen, die noch im normalen IQ-Bereich liegen, aber ohne die Bleibelastung einen höheren IQ-Wert aufweisen würden.

Als weitere Kategorien von Krankheitsendpunkten wurden noch genannt und auch quantifiziert: Erhöhter Blutdruck und bluthochdruckbedingte Krankheiten bei Erwachsenen (Hänninen und Knol 2011) sowie Anämie im Kindesalter (Nedellec und Rabl 2016b), die sich chronisch über das ganze Leben fortsetzt. Erstere überlappt sich zum Teil mit den kardiovaskulären Erkrankungen nach Definition des IHME, da Bluthochdruck einer der Ursachen von kardiovaskulären Erkrankungen ist. Anämie ab dem Kindesalter hat im Vergleich zu Mortalität und IQ-Verlust als Kostenkomponente nur einen sehr geringen Anteil von 0,2%.

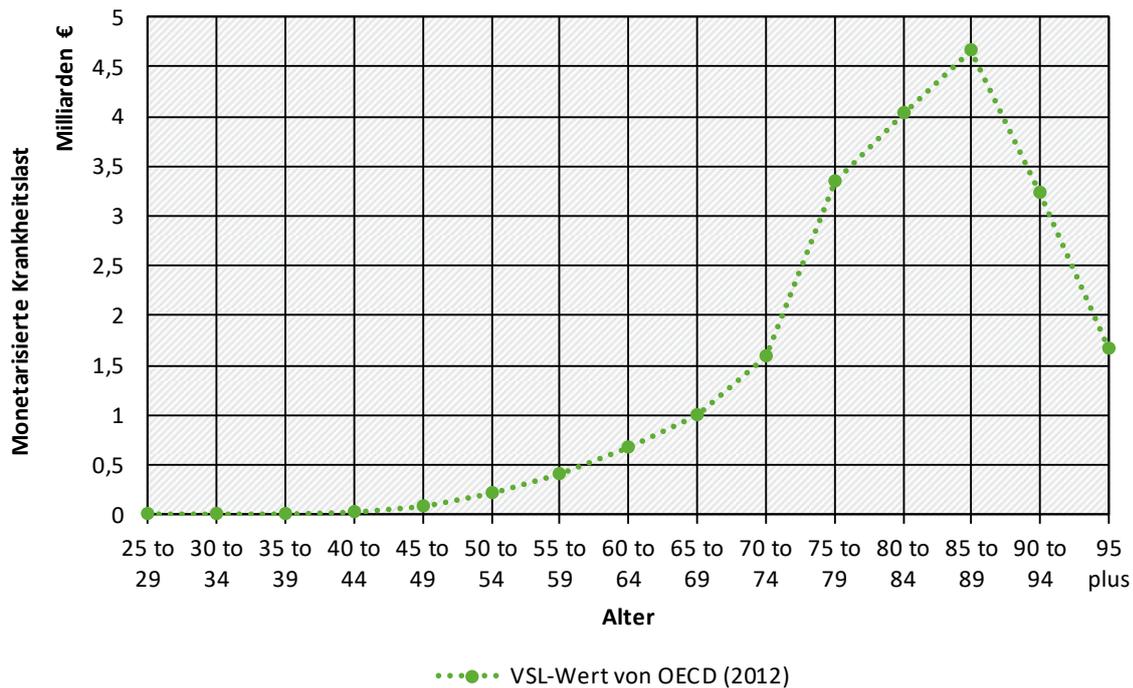
#### **8.4.7 Darstellung der Monetarisierungsergebnisse**

Durch die Multiplikation der Anzahl der Todesfälle bzw. der YLL mit VSL bzw. VOLY wurde der monetärer Wert der aufgrund der Bleibelastung verursachten Mortalitäts- und Morbiditätseffekte von kardiovaskulären Erkrankungen, Nierenerkrankungen und geistiger Behinderung in Deutschland im Jahr 2016 geschätzt. Auch hier unterscheiden sich die erzielten Ergebnisse erheblich – je nach gewähltem Ansatz und dem bei der Bewertung verwendeten VSL- bzw. VOLY-Wert. Die erzielten Zahlen reichen von 2,3 Mrd. €<sub>2016</sub> bis 30,8 Mrd. €<sub>2016</sub>. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Monetarisierung näher erläutert.

##### **8.4.7.1 VSL- und VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast in 2016 aufgrund der Bleibelastung (Mortalitätskosten bzw. Morbidität)**

Wendet man eine Bewertung mit dem VSL an, in diesem Fall den auf der OECD-Analyse (OECD, 2012) basierenden Medianwert für Deutschland von 4,4 Mio. €, so ergibt sich eine gesamte Krankheitslast von 20,9 Mrd. €. Die Altersverteilung der Krankheitslast innerhalb der Bevölkerung zeigt Abbildung 20.

**Abbildung 20: Monetarisierte Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Todesfälle in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland**

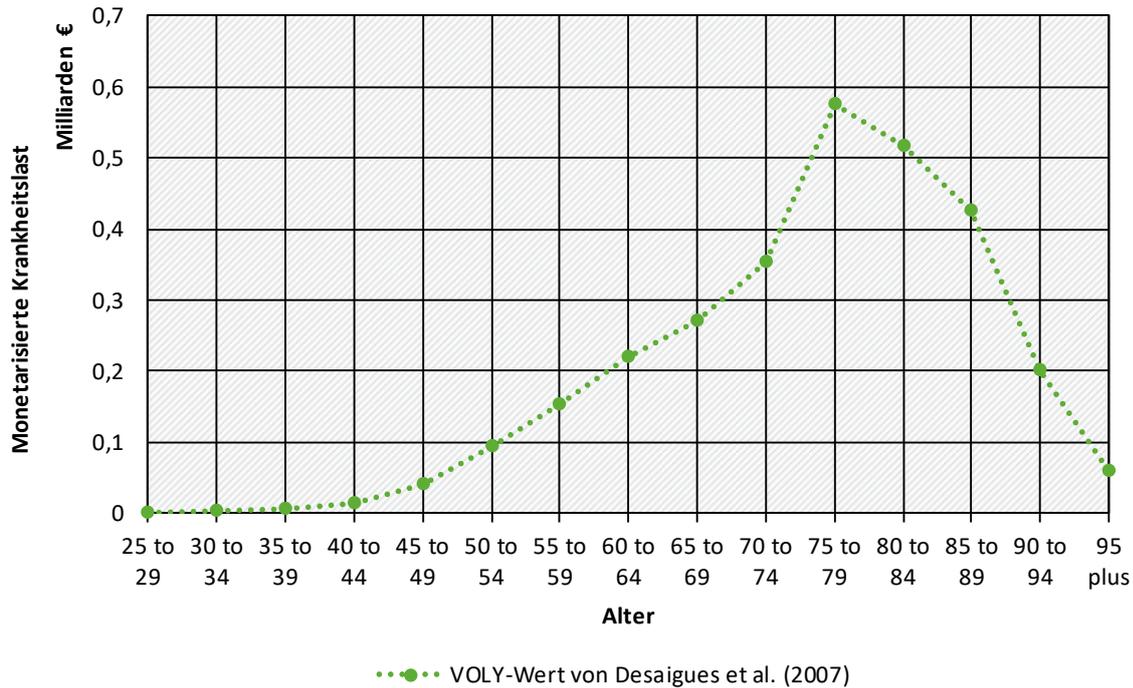


Quelle: Eigene Berechnungen von Ecologic Institut (2019) auf Basis der Daten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)

Aus Abbildung 20 wird ersichtlich, dass der weitaus größte Teil der bleibedingten Todesfälle in den Altersstufen zwischen 75 und 94 Jahren auftritt. Hierbei ist in der Altersgruppe der 85- bis 89-jährigen die Krankheitslast am höchsten. Bis zum Alter von 25 Jahren sind Todesfälle vernachlässigbar und wurden nicht in den Daten des IHME ausgewiesen. In den Zahlen spiegelt sich wider, dass kardiovaskuläre Erkrankungen, aber auch Nierenerkrankungen, meist als Spätfolgen der Bleibelastung erst in hohem Alter zum Tod führen.

Führt man eine Berechnung bezogen auf verlorene Lebensjahre durch, zeigt sich gegenüber den Todesfällen ein nach links verschobenes Bild der altersspezifischen Belastung (Abbildung 21). Dies ist auf eine andere Art der Berechnung zurückzuführen: Bei den YLL wird berücksichtigt, wie viele Jahre im Falle eines vorzeitigen Todes eine Person in diesem Alter im Durchschnitt noch statistisch zu leben gehabt hätte. Diesen Erwartungswert bezeichnet man als die „fernere Lebenserwartung“ in der jeweiligen Altersklasse. Bei einer solchen Berechnung ist die Belastung, gemessen am Verlust an Lebensjahren, in der Altersgruppe der 75- bis 79-jährigen am höchsten.

**Abbildung 21: Monetarisierte Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende verlorene Lebensjahre (YLL) in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland**



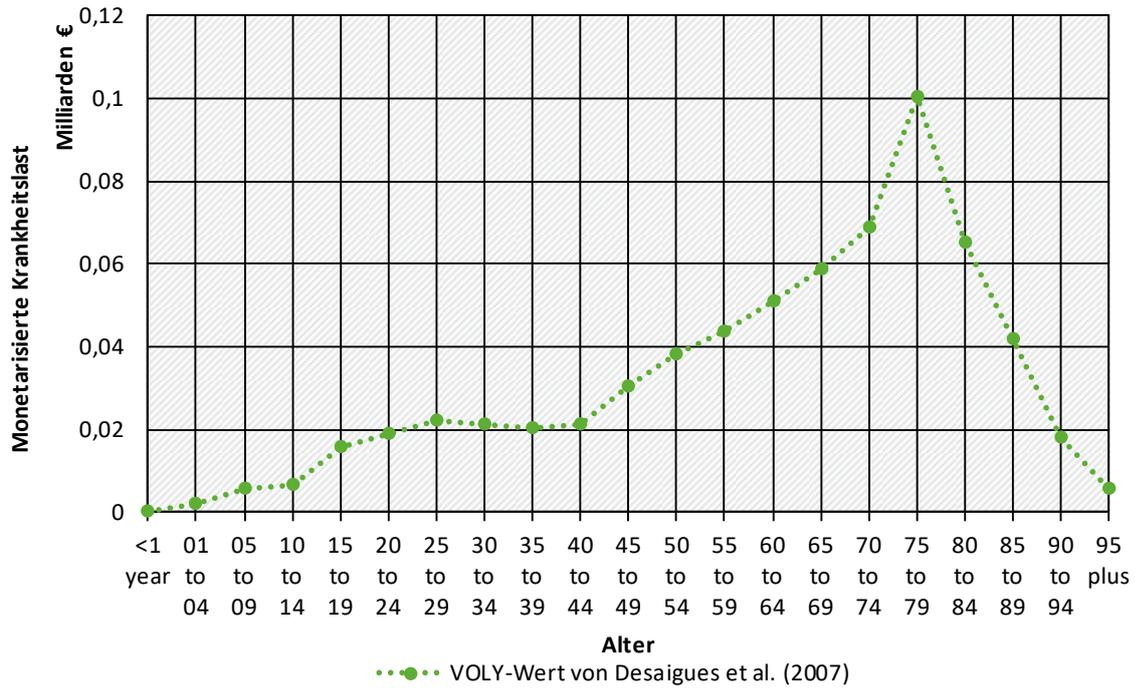
Quelle: Eigene Berechnungen von Ecologic Institut (2019) auf Basis der Daten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)

Wendet man als Wert für ein verlorenes Lebensjahr den zentralen Wert aus der NEEDS-Studie (Desaignes et al. 2007) von 54.000 € an, so ergibt sich eine Summe von 6,46 Mrd. €. Dieser Wert ist wesentlich geringer, er beträgt nur 31 % im Vergleich zur Bewertung, wenn die Anzahl der Todesfälle die Bezugsgröße bildet und diese Todesfälle mit dem VSL bewertet werden. Dies ist dadurch erklärbar, dass bei Belastung durch Blei nicht die gesamte Bevölkerung in gleicher Weise vom Risiko eines vorzeitigen Todesfalls betroffen ist, sondern überwiegend die Bevölkerung im höheren Alter, d. h. über 75 Jahre.

Bei der Bewertung der Morbidität wird vom IHME als zentraler Schätzwert 48.524 YLD ausgewiesen. Von diesen entfallen ca. 29.154 Jahre auf kardiovaskuläre Erkrankungen, ca. 15.784 auf idiopathische Behinderung in der geistigen Entwicklung sowie ca. 3.587 Jahre auf chronische Nierenerkrankungen.

Wendet man eine Bewertung mit der Zahlungsbereitschaft für ein DALY in Höhe von 54.000 € an, was dem zentralen Wert für die Zahlungsbereitschaft für ein VOLY von Desaignes et al. (2007) entspricht, so ergibt sich in der Summe eine Krankheitslast von 655 Mio. €. Eine analoge Darstellung der Krankheitslast nach Altersgruppen zeigt Abbildung 22. Der Verlauf ist tendenziell ähnlich wie bei der Verteilung der YLL, mit einer ausgeprägten Spitze in der Altersgruppe der 75- bis 79-jährigen. Allerdings beginnt die Belastung der YLD bereits in den Altersstufen von Geburt an.

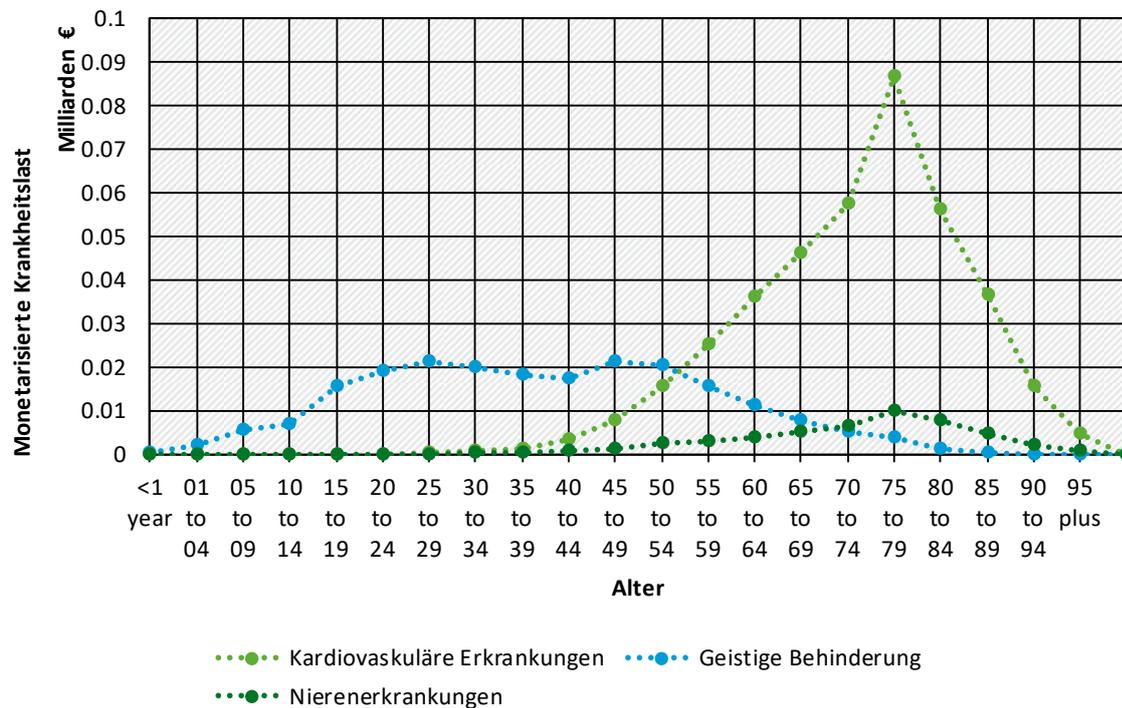
**Abbildung 22: Monetarisierte Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Jahre mit Krankheit bzw. Behinderung (YLD) in Mrd. € nach Altersgruppen in Deutschland**



Quelle: Eigene Berechnungen von Ecologic Institut (2019) auf Basis der Daten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)

Der Grund hierfür wird deutlich, wenn die Altersverteilung nach den drei Kategorien der auftretenden Erkrankungen bzw. Behinderungen dargestellt wird. Dies zeigt Abbildung 23.

**Abbildung 23: Monetarisierter Krankheitslast durch auf Bleibelastung zurückzuführende Jahre mit Krankheit bzw. Behinderung (YLD) in Mrd. € nach Krankheitsarten und Altersgruppen in Deutschland**



Quelle: Eigene Berechnungen von Ecologic Institut (2019) auf Basis der Daten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018)

Aus der Altersstruktur der Krankheitslast ist folgendes zu erkennen: Bei den kardiovaskulären Erkrankungen (hellgrüne Kurve), die auch für Morbidität den Hauptanteil der Krankheitslast ausmacht, und bei den Nierenerkrankungen (dunkelgrüne Kurve) liegt der Höhepunkt der Morbidität in der Altersgruppe der 75- bis 79-jährigen. Eine andere Altersstruktur zeigt allerdings die geistige Behinderung (blaue Kurve). Diese wird bereits im frühen Kindesalter verursacht und führt zu einer lebenslangen Beeinträchtigung. Folglich beginnt die Belastung bereits bei der Geburt und ist in den Altersgruppen von 20 bis 55 Jahren unverändert hoch. Der nur langsame Anstieg in den Altersgruppen der Kinder bis 14 Jahre ist zum einen durch eine Latenzzeit in der geistigen Entwicklung begründet. Hinzu kommt der zeitliche Effekt, dass die Belastung durch Blei in Deutschland in den letzten zwanzig Jahren abgenommen hat durch Maßnahmen wie das Verbot verbleiten Benzins und der Ersatz von Bleirohren in Trinkwasserleitungen. Daher tritt eine solche Behinderung in der heutigen Generation der Kinder und Jugendlichen nicht mehr so häufig auf wie in den älteren Generationen. Die Hauptbetroffenen einer Bleivergiftung im Kindesalter sind heute Erwachsene.

Es gibt zahlreiche empirische Befunde, dass die Bleibelastung in Deutschland tatsächlich deutlich zurückgegangen ist. Ein Beispiel liefert die Langzeitstichprobe aus Münster bei deutschen Studenten von 1981 bis 2009 (Umweltprobenbank des Bundes). Der durchschnittliche Blutbleispiegel betrug in den Jahren 1981 bis 1985 zwischen 70 und 80 µg/l, während er in den Jahren 2002 bis 2009 nur noch zwischen 10 und 20 µg/l lag (Hänninen und Knol 2011, S. 37).

Tabelle 60 zeigt die Monetarisierungsergebnisse, die durch die Anwendung des VSL- bzw. VOLY-Ansatzes erzielt wurden. Auch bei den VSL-Ergebnissen ließen sich alternative Werte hinsichtlich ihrer Quellen und der Schätzungsart ansetzen. Hier wurde lediglich ein Basiswert

von 4,4 Mio. €<sub>2016</sub> verwendet. Die Monetarisierung auf Basis dieses VSL liefert dabei ein Ergebnis von 20,9 Mrd. €<sub>2016</sub>.

Bei Anwendung des VOLY-Ansatzes ergibt sich bei einem Wert von 54.000 €<sub>2016</sub> für ein VOLY eine Summe von 6,5 Mrd. €<sub>2016</sub>, also weniger als ein Drittel im Vergleich zur Bewertung mit dem VSL. Dieser Unterschied würde sich allerdings relativieren, wenn man den neueren VOLY-Wert verwenden würde, der bei Nedellec und Rabl (2016a) zum Einsatz kommt und auf einer Empfehlung einer Kommission der französischen Regierung (Quinet 2013) basiert.

Entsprechend hochgerechnet auf das Jahr 2016 würde sich ein VOLY von etwa 137.000 €<sub>2016</sub> ergeben. Mit diesem Wert würde man Mortalitätskosten von 16,4 Mrd. €<sub>2016</sub> erhalten, was bereits 78 % des VSL-basierten Ergebnisses beträgt. Die Ergebnisse würden sich noch weiter annähern, wenn man den alternativen höheren VOLY-Wert von Malmgren (2017) verwenden würde. Allerdings ist zu bedenken, dass ein Vergleich zwischen VSL- und VOLY-Bewertung auch konsistente VSL- und VOLY-Werte für eine gegebene Bevölkerung verwenden sollte. In diesem Fall wird deutlich, dass die VOLY-Bewertung bei Blei ebenfalls wie bei Feinstaub und Ozon zu deutlich niedrigeren Werten als die VSL-basierte Bewertung führt. Der Grund ist, dass – für Mortalität und für alle Morbiditätsendpunkte außer der geistigen Behinderung – tendenziell Personen in höherem Alter betroffen und die Auswirkungen auf die Generationen der Unter-30-jährigen vernachlässigbar gering sind.

Für Morbidität wird der Wert von 54.000 €<sub>2016</sub> für ein VOLY auf ein DALY übertragen, hier also auf ein year of life lived with disability (YLD). Dasselbe erfolgt mit dem alternativen Wert von 137.000 €<sub>2016</sub> für ein VOLY aus Nedellec und Rabl (2016a und 2016b). Die Ergebnisse sind in der Summe sowie aufgeteilt nach Krankheitskategorien in Tabelle 60 sowie grafisch in Abbildung 24 für Mortalität und in Abbildung 25 für Morbidität dargestellt.

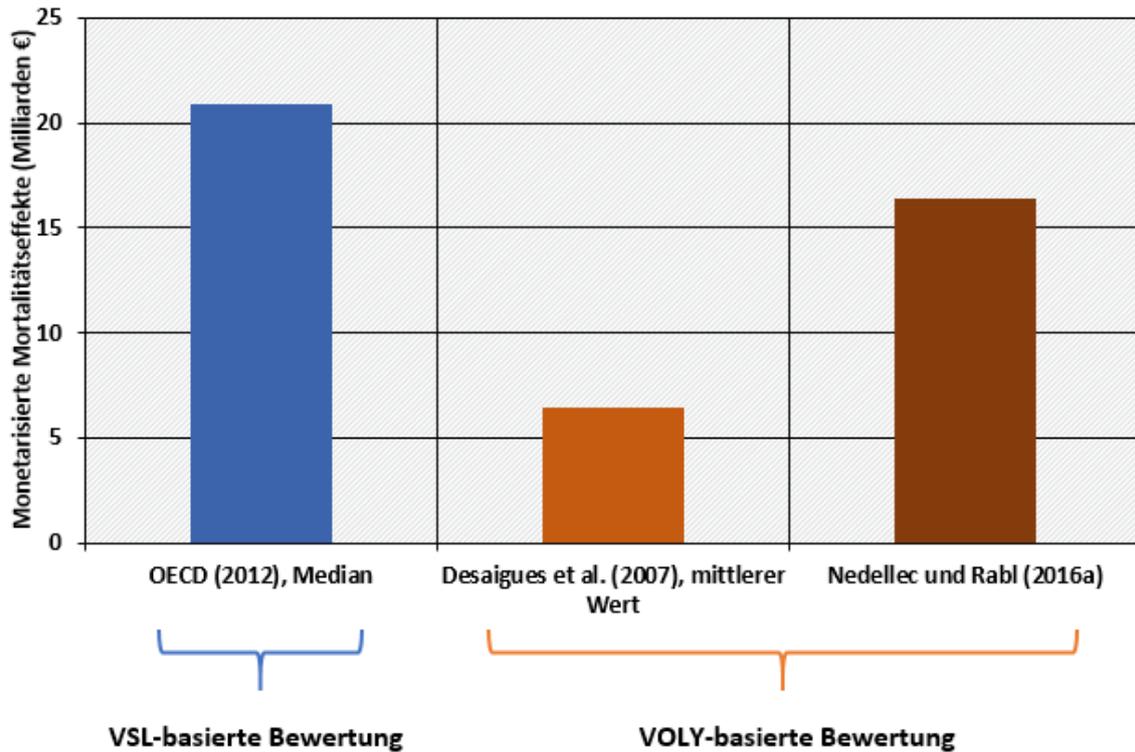
**Tabelle 60: VSL- und VOLY-basierte Bewertung der Krankheitslast durch Blei (Mortalität und Morbidität)**

Endpunkt	Fälle in Deutschland (2016)	€ <sub>2016</sub> mit VSL aus OECD-Berechnung 4,4 Mio. €(2016)	€ <sub>2016</sub> mit VOLY/DALY aus Desaignes et al. (2007)	€ <sub>2016</sub> mit VOLY aus Nedellec und Rabl (2016a)
Mortalität	4.754 (Todesfälle)/ 54.367 (YLL)	20,9 Mrd. €	6,5 Mrd. €	16,4 Mrd. €
Morbidität	Kardiovaskuläre Erkrankungen (7.288 YLD)	n/a	98,4 Mio. €	249,6 Mio. €
	Idiopathische geistige Behinderung (3.946 YLD)	n/a	53,3 Mio. €	135,1 Mio. €
	Chronische Nierenerkrankung (897 YLD)	n/a	12,1 Mio. €	30,7 Mio. €
<b>Summe in €<sub>2013</sub>/kg</b>	<b>Summe Morbidität (12.131 YLD)</b>	<b>n/a</b>	<b>163,8 Mio. €</b>	<b>415,5 Mio. €</b>

Da die Mortalität insgesamt, gemessen in YLL, gegenüber der Morbidität den deutlich höheren Anteil ausmacht, dominiert sie auch in der Summe das Ergebnis. Bei der GBD-Studie werden als

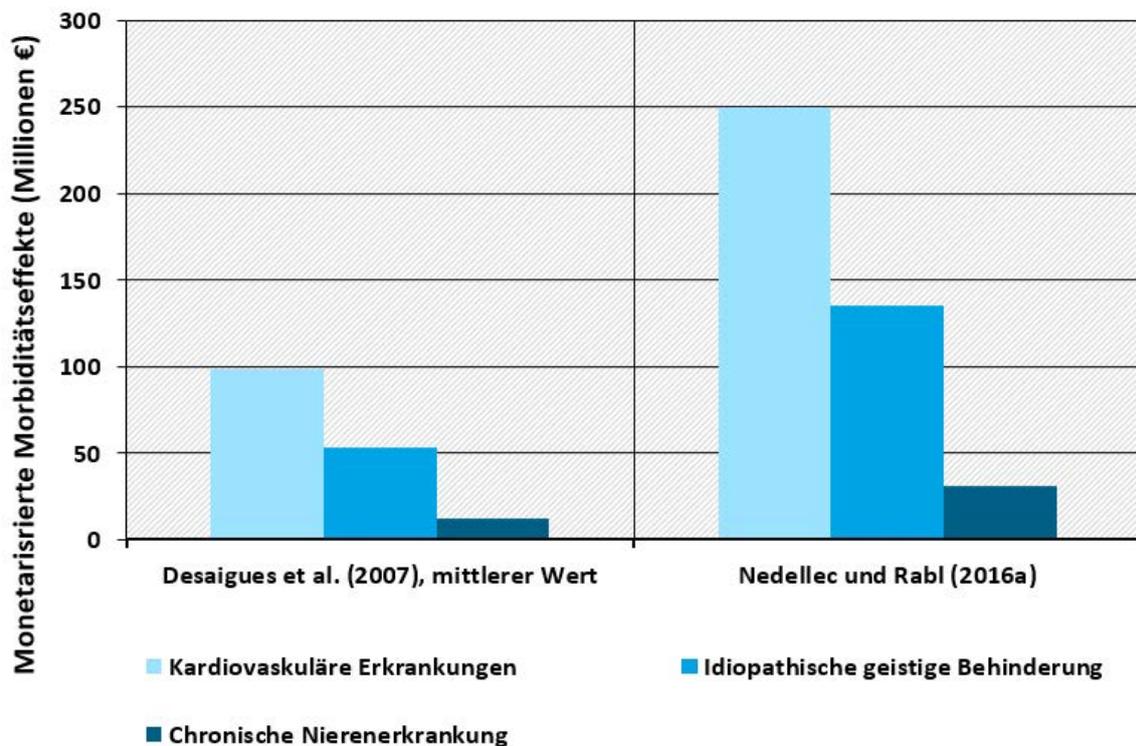
zentrale Schätzwerte 12.131 YLD ausgewiesen. Von diesen entfallen 7.288 Jahre auf kardiovaskuläre Erkrankungen, 3.946 auf idiopathische Behinderung in der geistigen Entwicklung sowie 897 Jahre auf chronische Nierenerkrankungen.

**Abbildung 24: Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitslast in Deutschland in 2016 aufgrund von Bleibelastung – Mortalität (Mrd. €)**



Quellen: Daten zur Krankheitslast aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018). Bewertung von Autoren basierend auf VSL-Parametern der OECD (2012) und VOLY-Parametern von Desaignes et al. (2007) und Nedellec und Rabl (2016a).

**Abbildung 25: Vergleich von Bewertungsergebnissen: Krankheitslast in Deutschland in 2016 aufgrund von Bleibelastung – Morbidität (Millionen €)**



Quellen: Krankheitslastdaten aus der GBD-Studie 2017 (Global Burden of Disease Collaborative Network, 2018). Bewertung von Autoren basierend auf VOLY-Parametern von Desaignes et al. (2007) und Nedellec und Rabl (2016a).

#### 8.4.7.2 Alternativansatz: Schäden pro emittierter Tonne Blei

In der Abschätzung von Nedellec und Rabl (2016a und 2016b) werden Schadenskosten bezogen auf die emittierte Menge an Blei. Dies stellt eine grundsätzlich andere Betrachtungsweise dar. Sie berücksichtigt Dosis-Wirkungs-Beziehungen für die drei untersuchten Schadenskosten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Expositionswege (Inhalation, Wasser und Nahrungsmittelkette) und somit eine durchschnittliche Intake Fraction für Kinder und Erwachsene bezogen auf europäische Verhältnisse.

Wie bereits aus der Fallstudie zu Feinstaub hervorging, lassen sich hieraus – selbst wenn Abschätzungen von Emissionsdaten für Blei für Deutschland verfügbar wären – keine Vergleichszahlen berechnen. Emissionen aus Deutschland führen auch in anderen Staaten innerhalb und außerhalb der EU zu Krankheitslasten, und umgekehrt ist die Mortalität und Morbidität, die in Deutschland durch Blei entsteht, zum Teil auch durch Emissionen in anderen Ländern verursacht. Weiterhin sind derzeit keine Emissionsabschätzungen von Blei in Deutschland verfügbar.

Es konnte daher kein geeigneter Ansatz gefunden werden, der die Ergebnisse basierend auf anderen neueren Quellen für Deutschland anwenden kann und einen Ergebnisvergleich mit den IHME-Daten ermöglicht.

## 8.5 Fallstudie: Erkenntnisse und Forschungsbedarf

### 8.5.1 Erkenntnisse aus der Fallstudie

Gemäß dem Zweck der Projektfallstudien wurden die durchgeführten Monetarisierungen hinsichtlich mehrerer Aspekte analysiert: Genauigkeit, Aussagekraft, Aufwand, Datenqualität. Zudem wurde ein Vergleich mit der Methodenkonvention durchgeführt. Offensichtlich gibt es Überschneidungen zwischen den Analysekatégorien (z. B. wird die Datenqualität die Genauigkeit der Ergebnisse beeinflussen).

Bezüglich der Datenqualität, die den Bewertungen zugrunde liegt, muss zwischen zwei Komponenten unterschieden werden: Gesundheitsdaten, die die Auswirkungen der Umweltverschmutzung darstellen und geeigneten Daten für die Monetarisierung – die in den Berechnungen verwendeten Werte pro jeweiliger Einheit der Gesundheit. Beide Datenkategorien sind von zentraler Bedeutung für die Bewertungsergebnisse und deren Glaubwürdigkeit.

#### Hinweise bezüglich der Gesundheitsdaten

##### Beobachtungen bezüglich der VegAS-Gesundheitsdaten zu Feinstaub

- ▶ **Die Beschaffung umfassender und aktueller Daten stellt eine erhebliche Schwierigkeit dar.** In der Fallstudie zu Feinstaub konnte aus den Ergebnissen des VegAS-Projekts Daten zur Inzidenz der dem Feinstaub zugeschriebenen Gesundheitseffekte abgeleitet werden. Dieser spezifische Datensatz basiert auf einem detaillierten Modellierungsverfahren, beinhaltet eine Reihe von Gesundheitsendpunkten (die für die Fallstudie nur geringfügig angepasst werden mussten) und deckt sowohl die Auswirkungen von PM<sub>2,5</sub> als auch von PM<sub>10</sub> ab. Darüber hinaus konzentriert sich die Studie auf Deutschland und ist somit auf die Besonderheiten des Landes zugeschnitten. Der wesentliche Nachteil ist die Komplexität und die potenziellen Kosten, die entstehen, wenn eine solche gründliche Analyse regelmäßig durchgeführt wird. Die jüngsten Schätzungen, die in der Fallstudie verwendet wurden, beziehen sich auf das Jahr 2009. Die Bereitstellung regelmäßig aktualisierter Daten umweltbedingter Krankheitslasten von guter Qualität erfordert erhebliche Anstrengungen und Investitionen.

#### Hinweise bezüglich der Gesundheitsdaten aus der GBD-Studie

Die Durchführung einer Monetarisierung von Daten zur Krankheitslast aus der GBD-Studie kann im Vergleich zu alternativen Bewertungsmethoden schnell und mit geringem Aufwand erfolgen. Bewertungen, die auf Grundlage dieser Daten durchgeführt werden, können allerdings wichtige Umweltbelastungen außer Acht lassen. Darüber hinaus können nicht alle Arten der Monetarisierung mit dem aktuellen Datensatz durchgeführt werden. Auf Grundlage der Fallstudien lassen sich die folgenden Hinweise zur GBD-basierten Bewertung machen.

- ▶ **Die GBD-Studie bietet standardisierte und aktuelle Gesundheitsdaten, ist aber für viele Fragen zu unspezifisch.** Bewertungen auf der Grundlage der GBD-Daten profitieren von der Existenz eines großen und häufig aktualisierten Datensatzes zur Krankheitslast, die auf umweltbedingte Risiken zurückgeführt werden kann. GBD-Daten werden in der Regel jährlich aktualisiert und öffentlich zugänglich gemacht, was u. a. die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleistet. Auf der anderen Seite hat die Verwendung dieser Daten eine Reihe von Nachteilen. Die globale Ausrichtung der GBD-Daten – ein unbestreitbarer Vorteil in

bestimmten Kontexten – geht zu Lasten verlorener Details, die bei Länderstudien wünschenswert sein können. Angesichts der großen räumlichen Unterschiede bei den Feinstaub-Konzentrationen könnten die Informationen über die regionale Verteilung der Kosten für die lokale Politik von großem Interesse sein, insbesondere in Ländern mit einer föderalen Regierungsstruktur wie Deutschland.

#### **Besondere Hinweise bezüglich der Gesundheitsdaten zu Ozon**

Sowohl für VSL- als auch für VOLY-basierte Monetarisierungen wurden die Ergebnisse der GBD-Studie verwendet. Da dieselbe Quelle benutzt wurde, gelten die folgenden Ausführungen für beide Bewertungsansätze.

- ▶ **Hinsichtlich Ozon enthalten die IHME-Daten nur sehr begrenzte Informationen über gesundheitliche Auswirkungen.** Der Vorteil der einfachen Zugänglichkeit der IHME-Daten steht der Nachteil, der unzureichenden Abdeckung der auf Ozon zurückzuführenden gesundheitlichen Auswirkungen gegenüber, da sie nur die Mortalität im Zusammenhang mit COPD auflisten. Für Ozon und COPD gibt es die beste Evidenz, jedoch liefert die Forschungsliteratur Hinweise auf andere gesundheitsschädliche Auswirkungen des Schadstoffs, beispielsweise Atembeschwerden. Daher wird die vollständige Analyse der Gesundheitskosten, die auf Ozon zurückzuführen sind, auf der Grundlage der IHME-Gesundheitsdaten (in ihrer derzeitigen Abdeckung) zu einer möglichen Unterschätzung führen, die man bei der Präsentation der Ergebnisse berücksichtigen muss.
- ▶ **Während es im EU-Kontext eine stärkere Evidenzgrundlage für die akuten Mortalitätseffekte der Ozonbelastung gibt, berücksichtigen die IHME-Daten die Mortalität nur im Zusammenhang mit der Langzeitbelastung.** Obwohl der Fokus der Fallstudie auf der Auseinandersetzung mit den Monetarisierungsmethoden lag, ist es im Kontext wichtig, hier zu erwähnen, dass hierbei nur ein Teil der Kosten berücksichtigt wurden. So klassifizierte das HRAPIE-Projekt seine Schätzer der chronischen Ozonsterblichkeit in eine Gruppe B von Schadstoff-Wirkungspaaren, die definiert sind als Wirkungszusammenhänge: "für die es mehr Unsicherheit über die Genauigkeit der für die Quantifizierung der Auswirkungen verwendeten Daten gibt". Im Gegensatz dazu wurden die Mortalitätseffekte auf Grund der Kurzzeitexposition gegenüber Ozon in die Gruppe der "Schadstoff-Wirkungspaare eingeteilt, für die genügend Daten vorliegen, um eine zuverlässige Quantifizierung der Effekte zu ermöglichen" (WHO Regional Office for Europe (2013, S. 3).

#### **Besondere Beobachtungen bezüglich der Gesundheitsdaten zu Blei**

Soweit möglich und sinnvoll, wurde die Fallstudie zu Blei weitgehend vergleichbar zu den beiden Fallstudien zu Feinstaub und Ozon durchgeführt. Allerdings wurden ergänzende neuere Quellen zur Abschätzung und monetären Bewertung von Schäden durch Blei gesichtet und berücksichtigt (d. h. über die Daten der GBD-Studie 2017 hinaus). Neben den reinen Krankheitslasten werden auch erweiterte Schäden erfasst und monetarisiert. Solche Begleitschäden einer Bleiexposition sind Produktivitäts- und somit Einkommensverluste aufgrund einer Verringerung der Leistungsfähigkeit als Arbeitskraft, gemessen im Verlust an IQ-Punkten. Betrachtet man die Monetarisierung aus der umgekehrten Perspektive, kann man hier von einem „Co-Benefit“ durch die Reduktion von Blei sprechen, das heißt zusätzlicher ökonomischer Nutzen für die Gesellschaft über die verringerte Krankheitslast hinaus.

Sowohl für VSL- als auch für VOLY-basierte Monetarisierungen wurden die Ergebnisse der GBD-Studie 2017 des IHME für Deutschland im Jahr 2016 verwendet. In dieser Datenquelle werden sowohl Todesfälle als auch DALYs (YLL und YLD) ausgewiesen. Daher gelten die generellen Ausführungen hierzu sowohl für den VSL- als auch für den VOLY-Ansatz.

Die folgenden Effekte sind dagegen nicht in den IHME-Daten als quantifizierte DALY erfasst:

- ▶ Symptome bei Jugendlichen wie ADHS und leichtere Entwicklungsverzögerungen, die in ihrer Schwere nicht das Ausmaß einer geistigen Behinderung erreichen. Dies gilt auch für Anämie, die vom Kindesalter an lebenslang bestehen bleibt, sowie für weitere Neurotoxizitätseffekte bei Jugendlichen und Erwachsenen.
- ▶ Bluthochdruck ist bei IHME über diverse Folgeerkrankungen erfasst, nicht jedoch als eigenständiges Krankheitsbild, soweit er nicht zu den in Tabelle 56 kategorisierten Folgeerkrankungen führt. Dies dürfte zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Krankheitslast durch Bleiexposition führen. Das Ziel der auf IHME beruhenden Berechnungen war es auch nicht, weitere COI zu errechnen, wie sie etwa in dem Review von Zhou et al. (2017) aufgelistet sind. Zusätzlich zu der eigentlichen Krankheitslast kommen ökonomische Folgekosten durch Bleibelastung, die IQ-Verlust sowie Kriminalitätskosten betreffen. Diese stellen aber wie schon betont eine weitere Kostenkategorie dar.
- ▶ Grundsätzlich gilt, dass die Bedeutung von Bleiexposition gegenwärtig an Bedeutung stark abgenommen hat. Dies gilt zumindest für Deutschland und viele EU-Staaten. Heutige Krankheitslasten resultieren somit überwiegend aus historischen Altlasten. Hauptsächlich ist noch das Problem alter Bleirohre für Wasserleitungen relevant, die noch im Rahmen einer Sanierung ersetzt werden sollten, was durch einzelne Human-Biomonitoring-Befunde nach wie vor belegt wird. Weiterhin ist noch eine erhöhte Exposition an bestimmten alten Industriestandorten festzustellen, etwa in Nordrhein-Westfalen (vgl. UBA, (2017a), sowie eine Exposition bestimmter Berufsgruppen am Arbeitsplatz (Industrie, Flaschner- und Dachdeckerhandwerk durch Walzblei, Personen, die Schusswaffen verwenden und entsprechendes regelmäßiges Training absolvieren, wie Polizei, Bundeswehr, Security, Jäger und Sportschützen) und deren Familien durch Transport von Bleikontamination in den Haushalt. Laut einer Studie des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) sind auch Konsumenten von Nahrungsergänzungsmitteln stärker mit Blei belastet. Damit ist aber heute nur noch ein kleiner Teil der Bevölkerung in nennenswertem Maße exponiert.

#### Beobachtungen hinsichtlich der Monetarisierung

- ▶ **Die VSL-basierte Bewertung lieferte deutlich höhere Ergebnisse als die VOLY-basierte Bewertung.** Die mit dem VSL erzielten Ergebnisse im Allgemeinen höher als die auf dem VOLY basierenden. Betrachtet man nur den mittleren Schätzer für Ozon, so sind die Ergebnisse des VSL-Ansatzes etwa 2 - 8,5-mal so groß wie des VOLY-Ansatzes (abhängig von den gewählten Quellen des VSL bzw. VOLY). Für Feinstaub ist dieser Effekt vor allem auf die Tatsache zurückzuführen, dass die meisten durch die PM<sub>2,5</sub>-Belastung verursachten Todesfälle ältere Bevölkerungsgruppen betreffen. In der VSL-Schätzung wurde keine Alterskorrektur vorgenommen, während die VOLY-basierten Bewertungen für junge Menschen höher sind, weil sie mehr von ihren statistisch noch zu erwarteten restlichen Lebensjahren verlieren. Die Höhe der Ergebnisse sowohl mit den VSL- als auch mit den

VOLY-basierten Ansätzen würde auch bei Blei erheblich in Abhängigkeit von den gewählten Quellen und den dortigen Varianten (in Form von unteren, mittleren und oberen Schätzwerten) variieren. Ein hoher Sensitivitätswert für den VOLY, wie er etwa von Malmgren (2017) verwendet wurde, führt im Grenzfall zu höheren Ergebnissen als bei Verwendung des Standardwerts des VSL basierend auf der Vorgehensweise der OECD.

- ▶ **Die Verwendung relevanter WTP-basierter Schätzungen ist in der Literatur die bevorzugte Herangehensweise.** WTP-basierte Werte für bestimmte Endpunkte, einschließlich VSL und VOLY, wurden in nationalen und internationalen Kosten-Nutzen-Analysen und gesundheitspolitischen Entscheidungen weitgehend übernommen. Die Verwendung von WTP-basierten Schätzungen und deren Kombination mit Kosten, die über einen COI-Ansatz erzielt werden, wird auch von Robinson und Hammitt als Best Practice empfohlen (2018).
- ▶ **WTP-basierte Schätzungen sind selten und die übertragenen Werte sind mit hoher Unsicherheit behaftet.** Aufgrund des hohen Ressourcenbedarfs im Zusammenhang mit der Erfassung der Zahlungsbereitschaft von Menschen ist es üblich, sich auf die Übertragung von in der Vergangenheit geschätzten WTP-Werten zu verlassen, anstatt eine Originalstudie durchzuführen (Benefit Transfer). Derartige übertragene Werte sind jedoch in der Regel nicht direkt für einen bestimmten politischen Kontext (z. B. Luftverschmutzung in Deutschland) geeignet und erfordern ebenfalls Anpassungen an zeitliche Wirtschaftsveränderungen, was zu weiterer Unsicherheit führt.
- ▶ **Selbst weit verbreitete Bewertungsparameter unterscheiden sich in der Literatur erheblich.** In diesem Fall der inzidenzbasierten Bewertung unterscheiden sich die Ergebnisse je nach gewähltem VSL-Parameter erheblich. Auch wenn nur die Mediane der VSL von Friedrich et al. (2004) und der OECD (2012) berücksichtigt werden (ohne Ober- und Untergrenze), unterscheiden sich die Ergebnisse um mehr als den Faktor 3. Das führt zu der Problematik zurück, welchen VSL-Wert man wählen sollte oder welcher die Realität am besten widerspiegelt.
- ▶ **Es gibt einen Kompromiss zwischen Aufwand und Aussagekraft.** Ein Großteil der Unsicherheit der Ergebnisse ergibt sich aus den potenziellen Kosten der Beschaffung genauerer Schätzungen des Wertes, z. B. eines VSL-Wertes auf der Grundlage einer aktuellen, auf den deutschen Kontext zugeschnittenen WTP-Umfrage. Die Entscheidung für einen Ansatz im Vergleich zu einem anderen (z. B. die Wahl des Benefit Transfers gegenüber einer Originalstudie) muss unter Berücksichtigung der langfristigen Kosten und des Nutzens getroffen werden.

#### **Besondere Beobachtungen hinsichtlich der Monetarisierung von Feinstaub**

- ▶ **Die VSL-basierte Bewertung von Todesfällen ist einfach, überbewertet aber wahrscheinlich die Kosten für Mortalität aufgrund chronischer Belastungen.** Die Anwendung einer VSL-Bewertung bzgl. der Todesfälle im IHME-Datensatz ist einfach und die durchgeführte VSL-Monetarisierung könnte leicht auf die Bewertung von Todesfällen aufgrund anderer im IHME-Datensatz verfügbarer Umweltbelastungen für ein oder mehrere Länder ausgedehnt werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse für einige

Umweltbelastungen könnten jedoch ihre tatsächlichen gesellschaftlichen Kosten überbewerten, wenn die Umweltbelastungen eine signifikante Ursache für Mortalitätseffekte aufgrund chronischer Belastungen sind, wobei die langfristige Belastung die erwartete Lebensdauer verkürzt. Die Feinstaubbelastung hat vor allem Mortalitätseffekte in Folge einer langfristigen Belastung. In den in der Fallstudie analysierten GBD-Daten sind fast 80 % der auf PM<sub>2,5</sub>-Belastung zurückzuführenden Todesfälle Personen im Alter von 70 Jahren oder älter. Aus diesem Grund wäre bei einer ökonomischen Bewertung der Krankheitslast aufgrund von Feinstaub eine Substitution der VSL-Bewertung durch eine VOLY-Bewertung, die die Anzahl der YLL bewertet, sinnvoll.

- ▶ **Die VOLY-basierte Bewertung von DALYs und YLD bleibt vorerst die zweitbeste Monetarisierungsmethode.** In ihren jüngsten Leitlinien zur Bewertung nicht-tödlicher Risiken empfehlen Robinson und Hammitt (2018), dass mangels einschlägiger WTP-Schätzungen eine Bewertung von DALYs (oder QALYs) in Form einer Sensitivitätsanalyse als Ergänzung zu einem COI-Ansatz durchgeführt werden sollte. Wenn auch unvollkommen, erfasst eine solche Sensitivitätsanalyse Aspekte von Lebensqualität, die eine reine COI-Studie aus methodischen Gründen nicht berücksichtigen kann. Derzeit basieren WTP-basierte VOLY nicht auf dem WTP des Einzelnen für inkrementelle Gewinne in DALYs. Robinson und Hammitt empfehlen zusätzliche Forschung, um eine Bewertungsfunktion zu entwickeln, die die WTP der Menschen für zusätzliche DALYs besser repräsentiert. Möglich wäre eine Unterscheidung der Bewertungsfunktionen für die zugrundeliegenden Komponenten von DALYs: gesundheitliche Einschränkungen, gemessen durch YLD und Mortalität, gemessen durch YLL.

#### **Besondere Hinweise hinsichtlich der Monetarisierung von Ozon**

- ▶ **VSL- und VOLY-Ansätze führen zu sehr großen Bandbreiten der Ergebnisse.** Die Zahlen, die mit den Ansätzen des VSL und VOLY generiert wurden, variierten stark in Abhängigkeit von den gewählten Quellen und den innerhalb dieser bereitgestellten Werten (z. B. in Form von unteren, mittleren und oberen Schätzer). Betrachtet man nur die mittleren VSL-Werte, so liegen die monetarisierten Mortalitätseffekte zwischen 13,6 Mrd. €<sub>2016</sub> und 30,8 Mrd. €<sub>2016</sub>. In absoluten Zahlen bedeutet dies eine Differenz von rund 17,5 Mrd. €<sub>2016</sub> zwischen den beiden Extremen (eine Differenz um den Faktor 2,2). Beim mittleren Schätzer auf der Grundlage des VOLY-Ansatzes (3,6 Mrd. €<sub>2016</sub> und 6,9 Mrd. €<sub>2016</sub> in den beiden untersuchten Szenarien) unterscheiden sie sich um rund 3,3 Mrd. €<sub>2016</sub>. Relativ gesehen entspricht dies einem Unterschied zwischen den beiden Extremen ca. um den Faktor 2, was mit der Bandbreite des VSL vergleichbar ist.
- ▶ **Originäre WTP-Studien erfordern erhebliche Ressourcen.** Aufgrund der hohen Kosten, die mit der Erhebung von originären WTP-Werten verbunden sind, ist es bei der Verwendung des VSL- oder VOLY-Ansatzes üblich, sich auf den Benefit Transfer zu verlassen. Gleiches wurde in der vorliegenden Fallstudie getan. Dieses Verfahren stellt für die Berechnungen, die bereits durch eine hohe Unsicherheit gekennzeichnet sind (wie die große Bandbreite der erzielten Monetarisierungsergebnisse zeigt), eine zusätzliche potenzielle Unsicherheitsquelle dar. Darüber hinaus ist der Benefit Transfer zwar ressourcenschonend, aber nicht unbedingt ein müheloser Vorgang. In Anbetracht der großen Unterschiede

zwischen den in der Literatur verwendeten VSL- und VOLY-Werten entscheidet ein fundiertes Urteil darüber, welche der Schätzer am besten zur Analyse passt.

#### **Besondere Hinweise hinsichtlich der Monetarisierung von Blei**

- ▶ **Eine eigens für Effekte im Kontext einer Bleiexposition durchgeführte WTP-Studie, die spezifische Mortalitäts- und Morbiditätsrisiken sowie Auswirkungen auf die Entwicklung, das Verhalten und insbesondere Intelligenz von Kindern zum Gegenstand hat, ist bisher nicht bekannt.** Eine WTP-Studie, die (auch) den Altruismus von Eltern gegenüber der Gesundheit ihrer Kinder erfasst, wäre grundsätzlich für Deutschland methodisch gut durchführbar. So ist eine ähnliche Contingent-Valuation-Studie in leicht anderem Kontext bekannt (Blomquist, 2010) in den USA, die sich sowohl mit Mortalität durch Asthma, als auch mit der Zahlungsbereitschaft bezogen auf die Kontrolle einzelner Asthmasymptome befasst. Die Stichprobe besteht aus zwei Teilen: einer Stichprobe von Eltern asthmakranker Kinder und Jugendlicher von 4-17 Jahren sowie asthmakranker Erwachsener ab 18 Jahren. Bezogen auf den Blei-Kontext könnten unterschiedliche Effekte wie das Risiko von IQ-Verlust, aber auch Anämie, ADHS und andere psychische Auffälligkeiten in einem geeigneten Befragungsdesign adressiert werden.
- ▶ Aus den genannten Gründen (und der begrenzten Ressourcen) wurde auch in diesem Vorhaben der Benefit Transfer als Vorgehensweise gewählt, und unterschiedliche Morbiditätseffekte über die Indexgröße DALY vereinheitlicht. Diese Vorgehensweise stellt zwar eine Vereinfachung mit einem Unsicherheitsfaktor dar, da man von der grundsätzlichen Annahme ausgehen muss, dass die Zahlungsbereitschaft für die Verringerung von Krankheitsrisiken proportional zum Schweregrad der Erkrankungen ist. Auch hier gilt, dass in Anbetracht der großen Bandbreite zwischen den in der Literatur verwendeten VSL- und VOLY-Werten eine fundierte Entscheidung getroffen werden muss, welche Werte besten für die Analyse geeignet sind.
- ▶ Ähnlich wie bei Mortalitätseffekten, welche auf die Ozon- und Feinstaubbelastung zurückzuführen sind, scheint der VOLY konzeptionell der besser geeignete Ansatz zu sein. Für Deutschland heute relevant sind nahezu ausschließlich die Auswirkungen einer vergleichsweise niedrigen chronischen Bleivergiftung über eine vergleichsweise niedrige Exposition über einen langen Zeitraum. Sie führt zu chronischen Schäden und somit zu einer Verkürzung der Lebenserwartung. Daher ist es auch hier wahrscheinlich, dass die Verwendung des VSL-Ansatzes für Mortalitätseffekte aufgrund von langfristigen Belastungen zu einer Überschätzung führen kann. Akute Vergiftungen durch Blei waren dagegen historische Einzelfälle und spielen heute für Deutschland keine Rolle mehr.

## 8.5.2 Forschungsbedarf

Basierend auf den Erkenntnissen aus diesen Fallstudien wurden mehrere Bereiche identifiziert, die von weiterer Forschung und methodischer Entwicklung profitieren könnten.

### Forschungsbedarf zu GBD-basierten Bewertungen

- ▶ **Verbesserung der Datenqualität.** Die Qualität der von IHME generierten GBD-Daten könnte weiter untersucht und verifiziert werden, mit dem Ziel, die deutschen Daten zu verbessern und zur Weiterentwicklung der GBD insgesamt beizutragen.
- ▶ **Zunehmende Abdeckung der Umweltbelastungen im Datensatz.** Die Anzahl der im Datensatz enthaltenen Umweltbelastungen könnte über die derzeit verfügbaren hinaus erweitert werden. Hinweise auf wichtige, noch nicht abgedeckte Umweltbelastungen könnten leicht zugänglich gemacht werden, damit die Forscher erkennen, welche bekannten umweltbedingten Krankheitslasten noch nicht in den GBD-Daten erfasst sind. Ebenso könnten Hinweise zu allen wichtigen Gesundheitsdimensionen aufgenommen werden, die nicht im GBD-Datensatz erfasst sind, von denen aber bekannt ist, dass sie umweltbedingt sind.

### Forschungsbedarf zur Monetarisierung

- ▶ **Entwicklung von DALY-basierten Bewertungsmethoden.** Weitere Untersuchungen zur Entwicklung einer DALY-basierten Bewertungsmethode mit solider theoretischer Fundierung und Etablierung zuverlässiger WTP-Werte und Wertebereiche könnten die Monetarisierung von DALYs, YLL und YLD ermöglichen. Angesichts der weiten Verbreitung von DALYs und ihrer Standardisierung könnte dies eine relativ einfache Monetarisierung auf einem kontinuierlich aktualisierten Datensatz ermöglichen.
- ▶ **Durchführung von WTP-Studien im deutschen Kontext.** Da die Ergebnisse der Monetarisierung stark von der Wahl der Einheitswerte abhängen, insbesondere von denjenigen, die mit Mortalitätseffekten zusammenhängen, ist es wichtig, Schätzungen zu entwickeln, die gut an den deutschen Kontext angepasst sind. Die Durchführung originärer WTP-Umfragen würde nicht nur aktualisierte Zahlen liefern, sondern auch Bewertungen ermöglichen, wie die spezifischen Werte für Deutschland im Vergleich zu den bisher weit verbreiteten WTP-Schätzungen, z. B. denen der OECD (2012), aussehen.
- ▶ **Verbesserung der Wissensbasis für den Benefit Transfer.** Weitere Fortschritte sind bei der Methodik und den Annahmen bezüglich Benefit Transfers im Bereich der Gesundheitsökonomie erforderlich. So gibt es beispielsweise keinen klaren Konsens darüber, welche Einkommenselastizität bei der Anpassung an Einkommensunterschiede verwendet werden soll. Die weitere Untersuchung dieser Themen wird die Spannweiten verringern und die Vergleichbarkeit von Ergebnissen verbessern.
- ▶ **Weitere Verbesserung der VOLY-Methodik.** Obwohl der VOLY in einigen Fällen konzeptionell besser geeignet erscheint als der VSL, zögern einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Organisationen und Aufsichtsbehörden, diesem Ansatz zu folgen. Einer der Gründe ist die relative Neuartigkeit des VOLY-Ansatzes im Vergleich zum VSL und der damit einhergehenden weniger entwickelten Evidenzbasis im Zusammenhang mit den

zugrundeliegenden methodischen Fragen. Im Hinblick auf möglichst genaue Bewertungsergebnisse ist es sinnvoll, zusätzliche Untersuchungen durchzuführen, um die Erhebungsmethodik des VOLY durch WTP-Umfragen zu verbessern.

- ▶ **Durchführung von WTP-Studien zur Entwicklung des Pools möglicher VOLY-Werte.** Da der VOLY-Ansatz relativ neuartig ist, sind Studien, die VOLY-Werte produzieren, im Vergleich zur VSL-Literatur stark unterrepräsentiert. Dies schränkt die Auswahlmöglichkeiten ein, die Analysen auf der Grundlage von Benefit Transfer durchführen. Darüber hinaus verhindert die geringe Zahl der verfügbaren VOLY-Studien die Analyse der treibenden Faktoren hinter verschiedenen VOLY-Schätzungen und damit auch fundierte Empfehlungen, welche Bewertungsniveaus verwendet werden sollen. So wäre es beispielsweise wünschenswert, eine umfangreiche Meta-Analyse durchzuführen, die grundlegende VOLY-Schätzer vorschlagen könnte, die in bestimmten Kontexten (wie dem der OECD für VSL) verwendet werden sollen. Angesichts der heutigen Knappheit an eigenständig durchgeführten VOLY-Studien scheint dies jedoch vorläufig außer Reichweite zu sein, sofern nicht neue Schätzer demnächst vorliegen sollten.

### **Besonderer Forschungsbedarf hinsichtlich der Monetarisierung von Blei**

- ▶ Als Exkurs aus der Praxis sollte erwähnt werden: Eine korrekte und problemadäquate Methodik zur monetären Bewertung der Gesundheitseffekte von Blei und Bleiverbindungen anzuwenden, spielt auch in einem anderen aktuellen Kontext eine Rolle, der in dieser Fallstudie aufgrund eines unterschiedlichen Blickwinkels auf ein Jahr in der Vergangenheit nicht beleuchtet wurde. Im Rahmen der REACH-Verordnung der Europäischen Union, wird die Durchführung von sozioökonomischen Analysen (SEA) vorgeschrieben. So unterliegen Blei und seine Verbindungen in Schmuckwaren, Bleicarbonate und Bleisulfate zur Verwendung als Farben bereits einer Restriktion gemäß Annex XVII. Im Zuge dieses Beschränkungsverfahrens wurden also bereits eine sozioökonomische Analyse (SEA) zu Kosten und Nutzen solcher Beschränkungen von den zuständigen staatlichen Organen durchgeführt. Darüber hinaus stehen Blei und Bleiverbindungen seit Juni 2018 für weitere Verwendungen auf der Kandidatenliste für eine Zulassung (authorisation). Dies dürfte zur Folge haben, dass für bevorstehende Zulassungen für Deutschland und andere EU-Staaten weitere SEAs durchgeführt werden müssen. Hierfür müsste auch die Methodik für bleispezifische Gesundheitsrisiken weiterentwickelt und angepasst werden, damit die Berechnungen von Gesundheitsrisiken als Entscheidungsgrundlage für eine künftige Zulassung oder Verweigerung einer Chemikalienanwendung durch die Europäische Kommission auch bei allen Beteiligten Akzeptanz findet. Damit würde der Kontext aber auf die EU-Ebene verlagert werden. Fragen zur Bewertung und zur Verwendung geeigneter monetärer Werte müssten hier jedoch schon aus Verfahrensgründen im Dialog mit der ECHA und dem Socio-economic assessment committee (SEAC) entschieden werden.
- ▶ In diesem Zusammenhang spielen auch die Co-Benefits eine Rolle, die im Zusammenhang mit einem „Non-use-Szenario“ entstehen, also dem Verbot von Blei für bestimmte Verwendungen, die aber keine Reduktion der Krankheitslast im engeren Sinne darstellen. Dies wäre die Vermeidung der bereits erwähnten Produktivitätsverluste durch eine relevante IQ-Reduktion innerhalb des Normalbereichs der IQ-Verteilung. Empirische

Ergebnisse zu diesen Fragestellungen sind mit hoher allgemeiner Unsicherheit bezüglich ihrer Annahmen behaftet und stammen ausschließlich aus den USA und sind daher nicht zwingend auf die Struktur und die Anforderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt zu übertragen. Ob ein Zusammenhang zwischen IQ-Wert und individuellem Einkommen in ähnlicher Weise in Deutschland festzustellen ist, bzw. ob eine lineare oder monotone Beziehung besteht, wäre zu überprüfen.

- ▶ Auch die Hypothese erhöhter Kriminalitätskosten als Spätfolge von Bleibelastung im Kindesalter ist zu prüfen. Hieraus resultiert ein konkreter Forschungsbedarf, die Vorgehensweise der Studien und das Ausmaß der Unsicherheit zu überprüfen, die solche Expositions-Wirkungs-Beziehungen sowie monetäre Bewertungen durchgeführt haben (vgl. Tabelle 55). Auch diese Ergebnisse stammen aus den USA, allerdings wurden zu Kriminalitätskosten sowie zu Lohndifferentialen für Deutschland empirische Untersuchungen durchgeführt, insbesondere von Spengler (2004), Schaffner und Spengler (2010) und Spengler (2016). Es wäre auch zu überprüfen, ob ähnliche Studien wie in den USA auf EU- oder deutscher Ebene aus Datenschutzgründen möglich sind, oder welche alternativen Ansätze durchführbar wären.

## 9 Empfehlungen

Die Kommunikation der Auswirkungen von umweltbedingten Krankheitslasten in monetären Werten hat das Potenzial, Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit eine wichtige zusätzliche Entscheidungsgrundlage bei der Bewältigung umweltbezogener Gesundheitseffekte zu bieten. Die Monetarisierung ist jedoch nur eine ergänzende Methode zur Analyse und Kommunikation der gesundheitlichen Auswirkungen von Umweltverschmutzung. Sie ersetzt nicht die direkte Auseinandersetzung mit den gesundheitlichen Folgen im Hinblick auf die Verluste von Menschenleben, besonders betroffener Bevölkerungsgruppen und die Art der langfristigen Beeinträchtigungen, denen Menschen durch nicht beseitigte Umweltrisiken ausgesetzt sind.

Die Empfehlungen in diesem Abschnitt richten sich an ausgewählte Stakeholdergruppen, die jeweils in der Lage sind, Umweltauswirkungen auf die öffentliche Gesundheit positiv zu beeinflussen. Öffentliche Stellen wie das UBA spielen eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Messung ökonomischer Auswirkungen und der damit verbundenen Kommunikation mit der Öffentlichkeit und den Entscheidungsträgern. Diese Empfehlungen sind für ein breites Akteursspektrum im In- und Ausland relevant, insbesondere für Ökonomen, Umweltwissenschaftler, Mediziner und Kommunikationsspezialisten.

### 9.1 Empfehlungen an Ökonomen und Umweltwissenschaftler

#### **Adäquates Verständnis von Umwelt- und Gesundheitsdaten**

Ökonominnen und Ökonomen, die eine Monetarisierung von umweltbedingten Krankheitslasten vornehmen, müssen geeignete Maßnahmen ergreifen, um Fehler bei der Interpretation der ökonomischen Bewertungen zugrundeliegenden Umwelt- und Gesundheitsinformationen zu vermeiden. Für entsprechende Studien erfordert dies häufig einen interdisziplinären Ansatz mit Expertinnen und Experten, welche die Grundlagen und Grenzen der vorhandenen Datensätze und Modelle verstehen. So ist es beispielsweise wichtig zu prüfen, ob man Emissionen oder Immissionen innerhalb einer Region berücksichtigt, ob Doppelzählungen oder Datenlücken adressiert werden müssen und inwiefern die Datenqualität oder das gewählte Modell das ökonomische Bewertungsverfahren einschränken können.

#### **Nutzung von Leitfäden und Konventionen**

Den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern empfehlen wir, grundsätzlich den Empfehlungen von Leitfäden (z. B. die Methodenkonvention) zu folgen, um die Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Gleichzeitig gilt der Vorbehalt, dass die Methodenkonvention als ein Leitfaden und nicht als eine verbindliche Richtlinie zu verstehen ist.

Die im Folgenden aufgeführten Leitfäden unterstützen eine standardisierte und international vergleichbare Durchführung von Monetarisierungen von umweltbedingten Krankheitslasten:

- **EU Better Regulation Toolbox** (European Commission, 2017) ist eine Sammlung der Prinzipien und Empfehlungen bzgl. der EU-Gesetzgebungsprozesse. Tool 31 enthält eine Übersicht der Methoden zur monetären und nichtmonetären Evaluierung von Gesundheitseffekten verschiedener Politikoptionen sowie eine Auswahl der Werte zur Monetarisierung und weitere Informationsquellen.
- **OECD** (2012) ist eine Sammlung und Metaanalyse der Stated Preference Bewertungsstudien, die den VSL in Umwelt-, Gesundheit- und Transportkontexten herleiten. Außer der Empfehlung der VSL-Werte für die OECD- und EU-Kontexte, beinhaltet die Publikation eine gute Anleitung zur Anpassung der resultierenden Werte für andere Studien mittels Benefit Transfers.
- **Robinson and Hammitt** (2018) bietet einen guten Überblick über theoretische Konzepte sowie eine detaillierte Anleitung für GesundheitsökonomInnen, die nicht-tödliche Risikominderungen bewerten. Das Papier enthält bewährte Verfahren für die Durchführung von Analysen in den Fällen, in denen bevorzugte Datensätze nicht verfügbar sind.
- **Die Publikation der U.S. Environmental Protection Agency** (2010) fasst die ökonomischen Bewertungsmethoden in umweltbezogenen Politikprozessen zusammen und präsentiert diesbezügliche Empfehlungen. Kapitel 7 befasst sich speziell mit der Nutzenanalyse, inklusive der Änderungen der menschlichen Gesundheit.
- **WHO Regional Office for Europe, OECD** (2015) berichtet über die ökonomischen Kosten der Auswirkungen der Außenluft- und Innenraumluftverschmutzung auf die Bevölkerungsgesundheit für die europäische Region der WHO auf der Grundlage von VSL.
- **CE Delft** (2018) ist ein niederländisches Handbuch, das methodische Hinweise für ökonomische Bewertungen sowie eine umfangreiche Auflistung von Umweltpreisen im Zusammenhang mit verschiedenen Umweltfragen, einschließlich Umweltverschmutzung, enthält.

### VSL vs. VOLY

Trotz der jahrelangen Debatte darüber, welcher der Ansätze – VSL oder VOLY – passender für die Verwendung im Umweltkontext ist, wurde in diesem Bereich kein Konsens gefunden. Während sowohl der VSL- als auch VOLY-Ansatz ihre Befürworter und Gegner haben, plädieren einige für die Nutzung beider Ansätze. Die mangelnde Übereinstimmung spiegelt sich auch auf der Ebene internationaler Institutionen und Entscheidungsträger wider. Während in der EU eine Neigung zum VOLY besteht (wobei auch VSL gleichzeitig verwendet wird), benutzen andere einflussreiche Institutionen wie OECD oder U.S. Environmental Protection Agency nach wie vor die VSL-Methode.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, beide Ansätze zu verwenden, um die obere und untere Monetarisierungsgrenze festzulegen. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes, empfehlen wir, mithilfe des Benefit Transfers die in der Tabelle 61 aufgelisteten VSL- und VOLY-Werte im deutschen oder europäischen Kontext zu verwenden.

**Tabelle 61: Empfohlene VSL- und VOLY-Werte**

	Für Deutschland im internationalen Kontext	Für Deutschland im inländischen Kontext
VSL-Werte (für Monetarisierung von Mortalitätsrisiken aufgrund akuter Belastungen; für Monetarisierung von Mortalitätsrisiken aufgrund chronischer Belastungen als obere Grenze zu verwenden)	4.400.000 € (OECD, 2012; Basiswert für die EU)	3.400.000 € (WHO&OECD, 2015; Wert für Deutschland)
VOLY-Werte (für Monetarisierung von Mortalitätsrisiken aufgrund akuter Belastungen; für Monetarisierung von Mortalitätsrisiken aufgrund chronischer Belastungen als untere Grenze zu verwenden)	54.000 € (Desaigues et al., 2007)	54.000 € (Desaigues et al., 2007)

Anmerkung: Stand der Empfehlung – April 2019. Es wird empfohlen, die Werte regelmäßig zu aktualisieren. Die OECD empfiehlt unterschiedliche Werte für Länder basierend auf dem geografischen Kontext der Studie (national oder international). Siehe WHO und OECD (2015) für eine Reihe auf Ländern angepasste Schätzer.

### Benefit Transfer

Die Verwendung des Benefit Transfers bleibt weiterhin nicht die erste Wahl bei der Vorgehensweise, da sie zu zusätzlichen Unsicherheiten führen kann. Daher wird empfohlen, standardisierte Vorgehensweisen und Parameter zu verwenden (es sei denn, dass für eine Berechnung besondere Anpassungen benötigt werden). Folgende, von zahlreichen Akteuren vorgeschlagene Anpassungen sollten berücksichtigt werden:

1. Währungskonvertierung anhand des Purchasing Power Parity (PPP)-Wechselkurses
2. Berücksichtigung der Veränderungen des Preisniveaus anhand des Verbraucherpreisindex
3. Berücksichtigung der Einkommensveränderungen anhand des realen BIPs pro Kopf und unter Berücksichtigung der Einkommenselastizität der WTP.

Tabelle 62 listet die Quellen der Parameter auf.

**Tabelle 62: Quellen der Parameterwerte für Benefit Transfer**

Vorgenommene Anpassung	Zu verwendender Parameter	Quelle der Parameterwerte
Währungskonvertierung	PPP-Wechselkurs	Weltbank
Preisänderungen	Angepasster Verbraucherpreisindex	Statistisches Bundesamt (Destatis) für die Analyse in Deutschland
Änderungen von Einnahmen	Reales BIP pro Kopf	Eurostat
Änderungen von Einnahmen	Einkommenselastizität der WTP	Literaturrecherche

Anmerkung: Stand der Empfehlung – April 2019. Es wird empfohlen, die Werte und Quellen unter Berücksichtigung methodischer Fortschritte regelmäßig zu aktualisieren.

Die Wahl des geeigneten Wertes der Einkommenselastizität der WTP bleibt besonders problematisch und umstritten. Hier bedarf es weiterer wissenschaftlicher Forschung. Im Einklang mit der UBA Methodenkonvention 3.0 empfehlen wir, aktuell die Elastizität von 0,85 zu verwenden.

### **Notwendigkeit, aktualisierte Bewertungsparameter abzuleiten**

Es wird empfohlen, weitere wissenschaftliche Beiträge zur Entwicklung von belastbaren Bewertungsparametern zu leisten. Dies bezieht sich vor allem auf den VOLY, bei dem der Wissensstand im Vergleich zu VSL noch niedrig ist. Insbesondere besteht Bedarf bei der Durchführung von umfragebasierten Studien, die insbesondere den Fokus auf die deutsche Bevölkerung legen. So lassen sich ökonomische Analysen noch spezifischer und realitätsnäher für Deutschland erarbeiten. Unerlässlich hierbei ist es, wissenschaftliche Fortschritte der letzten Jahre mit zu berücksichtigen – auch aus verwandten Disziplinen wie z. B. Umfragedesign (unter Berücksichtigung der Entwicklungen im Themenbereich der Online-Befragungen) und Behavioral Economics. Ein weiterer Schritt wäre –sofern genügend VOLY-Werte zur Verfügung stehen – eine umfassende Metaanalyse der VOLY-Werte aus dem Umweltkontext durchzuführen. Eine solche Metaanalyse wäre ein hilfreiches Tool, um ein besseres Verständnis darüber zu erlangen, welchen Mechanismen und Effekten die VOLY-Methodologie unterliegt und um anschließend bessere sowie gezieltere Empfehlungen erarbeiten zu können.

### **Monetarisierung von DALYs**

DALYs haben sich als ein allgemein akzeptiertes standardisiertes Maß zur Beurteilung von Krankheitslasten und Gesundheitseffekten etabliert. Mortalität und Morbidität können dabei in einer einzigen Maßeinheit kombiniert werden. Dies ermöglicht es, komplexe gesundheitspolitische Entscheidungen einfacher zu beurteilen. Die von IHME veröffentlichten Daten zur GBD-Studie verwenden DALYs und führen diese auf Umweltrisikofaktoren zurück. Dieser systematische Ansatz zur Ermittlung der EBD bietet eine statistische Basis für die Monetarisierung an. Bislang gibt es relativ wenige WTP-basierte Monetarisierungsparameter, die spezifisch für die DALY-Metrik geeignet waren. Die Meinung von Robinson und Hammitt (2018) wird geteilt, dass kurzfristig die besten verfügbaren WTP-basierten Metriken als eine Form der Sensitivitätsanalyse für ökonomische Bewertungen angewendet werden sollten, und dass weitere Forschung durchgeführt werden sollte, um ein System robuster und relevanter DALY-basierter Bewertungsparameter für die Bestimmung der Krankheitslasten durch Umweltrisiken zu schaffen.

### **Transparenz der Analyse**

Bei gesundheitsökonomischen Bewertungen soll ein hoher Grad an Transparenz gewährleistet werden. Analytinnen und Analytisten sollen klar darlegen, welche Untersuchungen durchgeführt werden und auf welcher Basis die jeweils gewählte Vorgehensweise ausgewählt wurde und zusätzlich auf die Unsicherheiten der Ergebnisse hinweisen. Die Motivation für die Studie und ihre Relevanz soll klar zu erkennen sein. Sofern Annahmen nötig sind, sollen sie klar anhand von Begründungen aus der Theorie, der gängigen Praxis oder der Evidenzbasis kommuniziert werden. Das Vorhandensein von Analyseoptionen fordert die Analytinnen und Analytisten dazu auf, ihre Entscheidungen auch klar darzustellen und zu begründen. Um die Nachvollziehbarkeit der Kalkulationen zu gewährleisten (z. B. bei den Umrechnungen von monetären Parametern auf aktuelle Eurowerte) sollen die eingesetzte Methodik und die für die Analyse verwendeten Werte in Studienberichten ebenfalls dargestellt sein.

## **9.2 Empfehlungen an Kommunikatoren**

### **Berücksichtigung des Bewertungsschemas in der Kommunikation der Ergebnisse**

Bei der Vermittlung von Ergebnissen zu Gesundheitsschäden ist es von besonderer Bedeutung, welche offenen und ggf. verdeckten Kommunikationsziele vorliegen. Während es in einigen Fällen einen Bedarf gibt, die monetarisierten Werte zu ermitteln, ist es unter anderen Umständen ratsam, den Fokus auf nicht-monetäre Aspekte zu richten. Entscheidungsträger können z. B. monetäre Werte benötigen, um den Einsatz einer risikoreduzierenden Maßnahme

oder die Internalisierung von externen Kosten zu begründen. In solchen Fällen ist es sinnvoll und empfehlenswert die monetären Werte zu ermitteln – selbstverständlich unter Angabe der zugrundeliegenden Unsicherheiten und Annahmen. Auf der anderen Seite ist die Mitteilung der monetarisierten Gesundheitseffekte an die breite Öffentlichkeit nicht immer zielführend. Wenn das Ziel einer Analyse ist, das Bewusstsein der Bevölkerung über die umweltbedingten Krankheitslasten zu steigern und einen Anstoß zur Verhaltensänderung zu geben, kann es ggf. sinnvoll sein, auf die Kommunikation von monetären Werten zu verzichten. Die Information zur Krankheitslast oder zur verminderten Lebensqualität kann diesem Ziel eventuell besser dienen. Gleichzeitig können so Unsicherheiten und Kontroversen über monetäre Größen verringert werden.

#### **Wahl einer der Zielgruppe angemessenen Sprache**

Darüber hinaus spielt für die Kommunikation der Ergebnisse die Zielgruppe eine zentrale Rolle. Während technische Fachtermini für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich mit einer Fragestellung auseinandersetzen, selbsterklärend sind, können diese für Laien unverständlich oder sogar irreführend sein. Insbesondere beim sensiblen Thema Gesundheit besteht dieses Risiko. So kann der Begriff „Wert eines statistischen Lebens“ zu Kontroversen führen oder das sehr komplexe DALY-Konzept für Laien schwer verständlich sein. Aus diesen Gründen empfehlen wir, die Sprache hinsichtlich der Verwendung technischer Begriffe bei der Kommunikation den Zielgruppen entsprechend anzupassen. Dabei ist man mit der Herausforderung konfrontiert, eine gute Balance zwischen fachlicher Genauigkeit und sprachlicher Klarheit und Verständlichkeit zu finden.

#### **Vermeidung von Sensationsmeldungen**

Ein häufiges Ziel von Studien und Analysen im Themenbereich der umweltbedingten Krankheitslasten ist die Sensibilisierung der Entscheidungstragenden und der breiten Öffentlichkeit für die Relevanz von Umweltproblemen. Die Bedeutung des Problems in Verbindung mit Ausdrücken wie „frühzeitige Todesfälle“ oder „Wert eines statistischen Lebens“ bietet leider ein leichtes Einfallstor für eine sensationsorientierte, möglicherweise Panik verursachende Sprachwahl. Obwohl damit auch zusätzliche Aufmerksamkeit und mediale Reichweite erzeugt werden kann, besteht die Möglichkeit, die Glaubwürdigkeit der Analyse und der Autorinnen und Autoren zu untergraben. Deshalb empfehlen wir, besondere Aufmerksamkeit auf die verwendeten Begriffe und den Sprachstil zu legen. Vor allem bei Pressemitteilungen und anderen Medienberichten ist ein angemessenes Gleichgewicht zwischen erzeugter Aufmerksamkeit und wissenschaftlicher Seriosität zu wahren.

## 10 Quellenverzeichnis

- Alberini, A., Bateman, I., Loomes, G., Ščasný, M. (2010): Valuation of Environment-Related Health Risks for Children. OECD Publishing
- Alberini, A., Ščasný, M. (2014): Stated-preference study to examine the economic value of benefits of avoiding selected adverse human health outcomes due to exposure to chemicals in the European Union. Part III: Carcinogens. Service contract for the European Chemicals Agency No. ECHA/2011/123
- Andlin-Sobocki, P., Jönsson, B., Wittchen, H.-U., Olesen, J. (2005): Costs of Disorders of the Brain in Europe. *European Journal of Neurology*, 12(Suppl. 1), S. 1-27
- AOK-Bundesverband (1998): AOK Krankheitsstatistik
- AOLG (Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden) (2003): Indikatorensetz für die Gesundheitsberichterstattung der Länder. Dritte, neu bearbeitete Fassung, Bielefeld
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R., Schuman, H. (1993): Report of the NOAA panel on Contingent Valuation. 58(10), S. 4601-4614
- Atkinson, G., Braathen, N., Groom, B., Mourato, S. (2018): Cost-Benefit Analysis and the Environment. Further Developments and Policy Use. OECD Publishing, Paris
- Bayer, W., Schmidt, K. (2014): Problematik von Grenzwertfestlegungen am Beispiel des toxischen Schwermetalls Blei. *E&M – Ernährung und Medizin*, 2014 (29), S. 152-155
- Benbrahim-Tallaa, L., Baan, R. A., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Guha N., Loomis, D., Straif, K. (2012): Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes. *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, Lyon, France. *Lancet Oncology*, 13(7), S. 663-664
- Bickel, P., Friedrich, R., Droste-Franke, B., Bachmann, T., Greßmann, A., Rabl, A., Hunt, A., Markandya A., Tol R., Hurley, F., Navrud, S., Hirschberg, S., Burgherr, P., Heck, T., Torfs R., de Nocker, L., Vermoote, S., Tidblad, J. (2005): ExternE. Externalities of energy. Methodology 2005 update. DG Research and Innovation
- Blankart, C., Koch, T., Linder, R., Verheyen, F., Schreyögg, J., Stargardt, T. (2013): Cost of illness and economic burden of chronic lymphocytic leukemia. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 8(1)
- Blomquist, G. C. (2010): Willingness to pay for improving fatality risks and asthma symptoms: values for children and adults of all ages. *Resource and Energy Economics*, 33(2), S. 410-425
- Boesch, H.-J., Kalmeier, S., Sommer, H., van Kempen, E., Staatsen, B., Racioppi, F. (2008): Economic valuation of transport-related health effects. Review of methods and development of practical approaches, with a special focus on children. World Health Organization, Copenhagen

- Brandt, S., Perez, L., Künzli, N., Lurmann, F., Wilson, J., Pastor, M., McConnell, R. (2014): Cost of near-roadway and regional air pollution-attributable childhood asthma in Los Angeles County. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 134(5), S. 1028-35
- Bundesamt für Raumentwicklung (2004): Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2000.  
<https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/verkehr/externe-gesundheitskosten-durch-verkehrsbedingte-luftverschmutzu.html> (30.09.2019)
- Bünger, B., Matthey, A. (2018a): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Bünger, B., Matthey, A. (2018b): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Methodische Grundlage. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Chanel, O. (2011): Guidelines on monetary cost calculations related to air-pollution health impacts. Deliverable D6, Aphekom Projekt
- Chestnut, L., De Civita, P. (2009): Economic Valuation of Mortality Risk Reduction: Review and Recommendations for Policy and Regulatory Analysis. Research Paper. PRI Project Regulatory Strategy
- Chilton, S., Covey, J., Jones-Lee, M., Loomes, G., Metcalf, H. (2004): Valuation of health benefits associated with reductions in air pollution. Department for Environmental, Food and Rural Affairs, London
- Cropper, M., Hammitt, J., Robinson, L. (2011): Valuing mortality risk reductions: progress and challenges. National Bureau of Economic Research
- DEC NSW (2005): Air pollution economics. Health costs of air pollution in the Greater Sydney metropolitan region. Department of Environment and Conservation NSW, Sydney
- Demmeler, M. (2009): Schießsport und innere Bleibelastung. Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, München
- Desaigues, B., Ami, D., Hutchison, M., Rabl, A., Chilton, S., Metcalf, H., Hunt, A., Ortiz, R., Navrud, S., Kaderjak, P., Szántó, R., Nielsen, J. S., Jeanrenaud, C., Pellegrini, S., Kohlová, M. B., Scasny, M., Máca, V., Urban, J., Stoeckel, M.-E., Bartczak, A., Markiewicz, O., Riera, P., Farreras, V. (2007): Final report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution. NEEDS. New Energy Externalities Developments Sustainability.  
[http://www.needs-project.org/RS1b/NEEDS\\_RS1b\\_D6.7.pdf](http://www.needs-project.org/RS1b/NEEDS_RS1b_D6.7.pdf) (30.09.2019)
- Diel, R., Rutz, S., Castell, S., Schaberg, T. (2012): Tuberculosis: cost of illness in Germany. *European Respiratory Journal*, 40, S. 143-151
- ECHA (2016): Valuing selected health impacts of chemicals. Summary of the Results and a Critical Review of the ECHA study.  
[https://echa.europa.eu/documents/10162/13630/echa\\_review\\_wtp\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13630/echa_review_wtp_en.pdf) (30.09.2019)

- EFSA (2010): Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. EFSA Guidance for those carrying out systematic reviews. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italien
- eftec (2009): Valuing Environmental Impacts: Practical Guidelines for the Use of Value Transfer in Policy and Project Appraisal. Value Transfer Guidelines. Report prepared for the Department for Environment, Food and Rural Affairs
- EPA Social Science Discussion Group (2000): Handbook for non-cancer health effects valuation. EPA Science Policy Council, Washington, DC
- European Commission (2017): Better Regulation Toolbox. [https://ec.europa.eu/info/better-regulation-toolbox\\_en](https://ec.europa.eu/info/better-regulation-toolbox_en) (30.09.2019)
- European Environment Agency (2013): Hot summer weather exacerbating ozone pollution. <https://www.eea.europa.eu/highlights/hot-summer-weather-exacerbating-ozone-pollution> (30.09.2019)
- Eurostat (2019): Real GDP per capita. [https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=sdg\\_08\\_10&language=en](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=sdg_08_10&language=en) (27. 02 2019)
- Fehling, J. (2009): Die Ethik des Value of a Statistical Life. Die Rolle individueller Risikokompetenz für die Legitimität des VSL. Mering, München
- Foo, J., Landis, S. H., Maskell, J., van der Molen, T., Oh, Y.-M., Han, M. K., Mannino, D. M., Masakazu, I., Punekar, Y. (2016): Continuing to confront COPD International Patient Survey: Economic impact of COPD in 12 countries. PLOS ONE, 11(4)
- Friedrich, R., Rabl, A., Hirschberg, S., Desaignes, B., Markandya, A., de Nocker, L. (2004): New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies. Stuttgart: Final Report to the European Commission, DG Research, Technological Development and Demonstration (RTD)
- GBD 2017 Risk Factor Collaborators (2018): Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017. Lancet, Seattle, USA
- Global Burden of Disease Collaborative Network (2018): Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), Seattle, USA. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool> (30.09.2019)
- Goeree, R., Blackhouse, G., O'Brien, B., Agro, K., Goering, P. (1999): The valuation of productivity costs due to premature mortality: A comparison of the human-capital and friction-cost methods for schizophrenia. The Canadian Journal of Psychiatry, 44(5), S. 455-463
- Gould, E. (2009): Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. Environmental Health Perspectives, 2009; 117(7), S. 1162-1167

- Grandjean, P., Bellanger, M. (2017): Calculation of the disease burden associated with environmental chemical exposures: application of toxicological information in health economic estimation. *Environmental Health*, 16(123)
- Hänninen, O., Knol, A. (2011): European Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Helsinki
- Hänninen, O., Knol, A. (2014): Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environmental health perspectives*, 2014, 122(5):439
- Haucke, F., Holle, R., Wichmann, H. (2009): Epidemiologische Erforschung und ökonomische Bewertung gesundheitlicher Umweltrisiken. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* (12), S. 1166-1178
- HEIMTSA (2011): 5.3.1/2 Methods and results of the HEIMTSA/INTARESE Common Case Study. Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Development
- Hein, L. R. (2016): Valuing a Statistical Life Year in Relation to Clean Air. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, Vol. 18(4), S. 1-24
- Holland, M., Pye, S., Jones, G., Hunt, A., Markandya, A. (2013): The ALPHA Benefit Assessment Model. European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies - EC4MACS
- Hornberg, C., Claßen, T., Steckling, N., Samson, R., McCall, T., Tobollik, M., Mekel, O., Terschüren, C., Schillmöller, Z., Popp, J., Paetzelt, G., Schümann, M. (2013): Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung (Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, VegAS). Umweltbundesamt
- Hornberg, C., Steckling, N., Tobollik, M. et al. (2016): Das Environmental Burden of Disease (EBD)-Konzept und Gesundheitskostenanalysen als Instrumente zur Prioritätensetzung im gesundheitsbezogenen Umweltschutz (Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umweltschutz, GEniUS). Umweltbundesamt
- Hunt, A., Ferguson, J. (2010): A review of recent policy-relevant findings from the environmental health literature. OECD, Paris
- Hunt, A., Ferguson, J., Hurley, F., Searl, A. (2016): Social Costs of Morbidity Impacts of Air Pollution. OECD Environment Working Papers No. 99
- Husereau, D., Drummond, M., Petrou, S. e. (2013): Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (CHEERS)—Explanation and Elaboration: A Report of the ISPOR Health Economic Evaluation Publication Guidelines Good Reporting Practices Task Force. *Value in Health*, 16, S. 231-250
- Hutton, G., Rehfuss, E. (2006): Guidelines for conducting cost-benefit analysis of household energy and health interventions. World Health Organization

- IHME (2016): Rethinking Development and Health. Findings from the Global Burden of Disease Study. Institute for Health Metrics and Evaluation, Seattle, USA
- Jacob, C., Bechtel, B., Engel, S., Kardos, P., Lindner, R., Braun, S., Greiner, W. (2016): Healthcare costs and resource utilization of asthma in Germany: a claims data analysis. *European Journal of Health Economics*, 17, S. 195-201
- Jo, C. (2014): Cost-of-illness studies: concepts, scopes, and methods. *Clinical and Molecular Hepatology*, 20(4), S. 327-337
- Joanna Briggs Institute (2016): Checklist for Economic Evaluations. The Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews
- Johannesson, M., Karlsson, G. (1997): The friction cost method: A comment. *Journal of Health Economics*, 16, S. 249-255
- Kigozi, J., Jowett, S., Lewis, M., Barton, P., Coast, J. (2016): Estimating productivity costs using the friction cost approach in practice: a systematic review. *European Journal of Health Economics*, 17(1), S. 31-44
- Kobelt, G. (2013): *Health Economics: An Introduction to Economic Evaluation*. Third Edition. London: Office of Health Economics
- Koopmanschap, M., van Ineveld, B. (1992): Towards a new approach for estimating indirect costs of disease. *Social Science and Medicine*, 34(9), S. 1005-1010.
- Krupnick, A., Ostro, B., Bull, K. (2004): Peer Review of the Methodology of Cost-Benefit Analysis of the Clean Air for Europe Programme
- Kuipers, Y., Zamparutti, T. B. (2014): Global Megatrend 3: Disease burdens and the risk of new pandemics. Submitted to European Environment Agency by the SEI-Milieu Consortium
- Leiter, A. (2008): Age effects in monetary valuation of mortality risks – The relevance of individual risk exposure. Working Papers in Economics and Statistics 2008-12: University of Innsbruck
- Lensberg, B. R., Drummond, M. F., Danchenko, N., Despiégel, N., François, C. (2013): Challenges in measuring and valuing productivity costs, and their relevance in mood disorders. *ClinicoEconomics and Outcome Research*, 5, S. 565-573
- Leusch, F., Bartkow, M. (2010): A Short Primer on Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes (BTEX) in the Environment and in Hydraulic Fracturing Fluids. Smart Water Res Centre, 189, S. 1-8
- Ligus, M. (2018). Measuring the Willingness to Pay for Improved Air Quality: A Contingent Valuation Survey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2), S. 763-771
- Liljas, B. (1998): How to calculate indirect costs in economic evaluations. *Pharmacoeconomics*, 13(Part 1), S. 1-7
- Lindhjem, H., Navrud, S., Braathen, N. (2010): Valuing lives saved from environmental, transport and health policies: A meta-analysis of stated preference studies. OECD, Paris

- Malmgren, E. (2017): Monetary estimates of human health impacts in weighting sets – The case of EcoValue. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm
- Narain, U., Sall, C. (2016): Methodology for valuing the health impacts of air pollution: Discussion of challenges and proposed solutions. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, DC
- Navrud, S. (2002): The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise. Final Report to European Commission DG Environment
- Navrud, S. (2004): Value transfer and environmental policy. In T. Tietenberg, H. Folmer (eds), The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2004/2005: a survey of current issues. Edgar Elgar Publishers, London
- Nedellec, V., Rabl, A. (2016a): Costs of Health Damage from Atmospheric Emissions of Toxic Metals: Part 1—Methods and Results. Risk Analysis, Vol. 36 (11), November 2016, S. 2081-2095
- Nedellec, V., Rabl, A. (2016b): Costs of Health Damage from Atmospheric Emissions of Toxic Metals: Part 2- Analysis for Mercury and Lead. Risk Analysis, Vol. 36 (11), November 2016, S. 2096-2104
- NIOSH (2013): Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers
- OECD (2010): Valuation of Environment-Related Health Risks for Children. OECD Publishing, Paris
- OECD (2012): Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies. OECD Publishing, Paris
- OECD (2016): The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution. Paris: OECD Publishing, Paris
- OECD (o.J.): Meta-analysis of Value of Statistical Life estimates. <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/env-value-statistical-life.htm> (30.09.2019)
- Ofman, J., Sullivan, S., Neumann, P. (2003): Formulary Management: Examining the Value and Quality of Health Economic Analyses: Implications of Utilizing the QHES. Journal of Managed Care Pharmacy, 9(1), S. 53-61
- Ortiz, R., Hunt, A., Seroa de Motta, R., MacKnight, V. (2011): Morbidity costs associated with ambient air pollution exposure in Sao Paulo, Brazil. Atmospheric Pollution Research, 2(4), S. 520-529
- Ortega-Ortega, M., Oliva-Moreno, J., de Dios Jiménez-Aguilera, J., Romero-Aguilar, A., Espigado-Tocino, I. (2015): Productivity loss due to premature mortality caused by blood cancer: a study based on patients undergoing stem cell transplantation. Gaceta Sanitaria, 29(3), S. 178-183
- Pagano, E., Brunetti, M., Tediosi, F., Garattini, L. (1999): Costs of diabetes. A methodological analysis of the literature. Pharmacoeconomics, 15, S. 583-595

- Pearce, D., Atkinson, G., Mourato, S. (2006): Cost-benefit analysis and the environment: Recent developments. OECD
- Pichery, C., Bellanger, M., Zmirou-Navier, D., Glorennec, P., Hartemann, P., Grandjean, P. (2011): Childhood lead exposure in France: benefit estimation and partial cost-benefit analysis of lead hazard control. *Environmental Health*. 2011 Dezember; 10(1): 44
- Preiss, P., Klotz, V. (2008): EcoSenseWeb V 1.3. User's Manual & Description of Updated and Extended Draft Tools for the Detailed Site-dependent Assessment of External Costs. NEEDS Technical Paper no. 7.4 – RS 1b. IER, University of Stuttgart
- Pritchard, C., Sculpher, M. (2000): Productivity costs: Principles and practice in economic evaluation. Office of Health Economics, London
- Quinet, É. (2013): L'évaluation Socioéconomique des Investissements Publics (Socio-economic evaluation of public investments). Tome 1, rapport final. Président Émile Quinet, Rapporteur general Luc Baumstark, Rapporteurs J. Bonnet, A. Croq, G. Ducos, D. Meunier, A. Rigard-Cerison, Q. Roquigny; Coordinateurs D. Auverlot, A. Rigard-Cerison; avec l.
- Rabl, A. (2003): Interpretation of Air Pollution Mortality: Number of Deaths or Years of Life Lost? *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53(1), S. 41-50
- Rabl, A., Spadaro, J., Holland, M. (2014): How Much is Clean Air Worth? Calculating the Benefits of Pollution Control. Cambridge University Press
- Ready, R., Navrud, B. (2006): International benefit transfer: Methods and validity tests. *Ecological Economics*, 60, S. 429-434
- Robert Koch-Institut (RKI) (2015): Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes gemeinsam getragen von RKI und Destatis, Berlin
- Robinson, L. A., Hammit, J. K. (2018): Valuing Nonfatal Health Risk Reductions in Global Benefit-Cost Analysis. Guidelines for Benefit-Cost Analysis Project. Working Paper No. 2
- Rothemich, E., Pathak, D. (1999): Productivity-cost controversies in cost-effectiveness analysis: review and research agenda. *Clin Ther*, 21, S. 255-267
- Salomon, J. V. (2012): Common values in assessing health outcomes from disease and injury: Disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 2012, Vol. 380, S. 2129–2143
- Scasny, M., Alberini, A. (2012): Valuation of mortality risk attributable to climate change: investigating the effect of survey administration modes on a VSL. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(12), S. 4760-4781
- Schaffner, S., Spengler, H. (2010): Using job changes to evaluate the bias of value of a statistical life estimates. *Resource and Energy Economics* 32(1), S. 15-27
- Soeteman, L., van Exel, J., Bobinac, A. (2017): The impact of the design of payment scales on the willingness to pay for health gains *Eur J Health Econ*, 18(6), S. 743-760
- Spengler, H. (2004): Kompensatorische Lohndifferential und der Wert eines statistisches Lebens in Deutschland. *Zeitschrift für ArbeitsmarktForschung*, 3, S. 269-305

- Spengler, H. (2004): Ursachen und Kosten der Kriminalität in Deutschland. Drei empirische Untersuchungen. Dissertation, Fachbereich für Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Darmstadt
- Spengler, H. (2016): Eine panelökonometrische Evaluation des deutschen Strafverfolgungssystems, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 226(6), S. 687–714
- Statistisches Bundesamt (1998): Statistisches Jahrbuch 1998 für die Bundesrepublik Deutschland. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2012): Statistisches Jahrbuch. Deutschland und Internationales. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2019): Harmonisierter Konsumpreisindex. Indexbasis 2015 = 100. [https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;sid=4946FF2C6CDDC0A56BF8B821F73C8D68.GO\\_1\\_5?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1551257124745&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&ausw](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;sid=4946FF2C6CDDC0A56BF8B821F73C8D68.GO_1_5?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1551257124745&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&ausw) (27. 02 2019)
- Tesler, H. (2002): Nutzenmessung im Gesundheitswesen. Die Methode der Discrete-Choice-Experimente. Schriftenreihe Volkswirtschaftliche Forschungsergebnisse, 78.
- the Bruyn, S., Ahdour, S., Bijleveld, M., de Graaff, L., Schep, E., Schroten, A., Vergeer, R. (2018): *Environmental Prices Handbook 2018. Methods and numbers of valuation of environmental impacts*. CE Delft, Delft
- U.S. Environmental Protection Agency (2007): SAB Advisory on EPA's Issues in Valuing Mortality Risk Reduction. EPA-SAB-0
- U.S. Environmental Protection Agency (2010): Guidelines for Preparing Economic Analysis. National Center for Environmental Economics, Office of Policy
- U.S. Environmental Protection Agency (2014): Mortality Risk Valuation. <https://www.epa.gov/environmental-economics/mortality-risk-valuation> (30.09.2019)
- UBA (2011): Wie und auf welcher rechtlichen Grundlage wird die Höhe der Ozonkonzentration bewertet? Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-auf-welcher-rechtlichen-grundlage-wird-die-0> (30.09.2019)
- UBA (2017a): "Beurteilung der Luftqualität": Blei im Jahr 2016. Umweltbundesamt Fachgebiet II 4.2. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- UBA (2017b): Schwerpunkte 2017 – Landwirtschaft, Innenraumluft, Klimaschutz. Jahrespublikation des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- UBA (2018a): Emission flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in->

- deutschland/emission-fluechtiger-organischer-verbindungen-ohne#textpart-1 (19.03.2019)
- UBA (2018b): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM<sub>2,5</sub>. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25#textpart-1> (14.03.2019)
- UBA (2018c): Feinstaub. Luftschaedstoffe im Überblick. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/feinstaub> (23.01.2019)
- UBA (2018d): Feinstaub-Belastung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/feinstaub-belastung> (04.02.2019)
- UBA (2018e): Luftschaedstoffe im Überblick. Ozon. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/ozon> (19.03.2019)
- UBA (2018f): Luftschaedstoff-Emissionen in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland> (27.02.2019)
- UBA (2018g): Ozon-Belastung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/ozon-belastung#textpart-1> (18.10.2018)
- UBA (2019): Stickstoffoxid-Emissionen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#textpart-1> (19.03.2019)
- University of Glasgow, Dept. of General Practice (1997): Critical Appraisal Checklist for Economic Evaluations. Study Design: Any research design incorporating an economic evaluation. Critical Appraisal Skills Programme (CASP), Public Health Resource Unit, Institute of Health Science, Oxford
- US EPA (2018): 2015 National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Ozone. <https://www.epa.gov/ozone-pollution/2015-national-ambient-air-quality-standards-naaqs-ozone> (18.10.2019)
- US EPA (2018): Health Effects of Ozone Pollution. <https://www.epa.gov/ozone-pollution/health-effects-ozone-pollution> (30.09.2019)
- US EPA (o.J.): Mortality Risk Valuation. <https://www.epa.gov/environmental-economics/mortality-risk-valuation#terminology> (12.02.2019)
- US OMB (2003): Memorandum to the President's Management Council. Subject: Benefit-Cost Methods and Lifesaving Rules. United States Office of Management and Budget Washington, DC
- van der Kamp, J. (2019): Beitrag bei dem Expertenworkshop „Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung“. Ecologic-Institut, 26.03.2019, Berlin

- Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (1997): VDR Statistik Rentenzugang 1996
- Viscusi, W. (1993): The value of risks to life and health. *Journal of Economic Literature*, 31(4), S. 1912-1946
- von Elm, E., Altman, D., Egger, M. (2008): Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 61/2008: S. 344-349
- Weissflog, D., Matthys, H., & Virchow, J. (2001a): Epidemiologie und Kosten des Bronchialkarzinoms in Deutschland. *Pneumologie*, 55(7), S. 333-338
- Weissflog, D., Matthys, H., & Virchow, J. (2001b): Epidemiologie und Kosten von Asthma bronchiale und chronischer Bronchitis in Deutschland. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 126(28/29), S. 803-808
- Welt Bank (2019): PPP conversion factor, private consumption (LCU per international \$). <https://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=PA.NUS.PRVT.PP.05&country=DEU> (11.03.2019)
- WHO (2006): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. World Health Organization, Genf
- WHO (2009): WHO guide to identifying the economic consequences of disease and injury. World Health Organization, Genf
- WHO (2010a): Preventing disease through healthy environments. Exposure to lead: A major public health concern. World Health Organization, Genf
- WHO (2010b): WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf)
- WHO (2018): Ambient (outdoor) air quality and health. World Health Organization. [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (14.03.2019)
- WHO Regional Office for Europe (2005): Air Quality Guidelines. Global Update 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen
- WHO Regional Office for Europe (2013): Health risks of air pollution in Europe - HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen
- WHO Regional Office for Europe (2016): WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting Report. Bonn, Germany, 29 September - 1 October 2015. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen

WHO Regional Office for Europe, OECD (2015): Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen

Wieser, S., Horisberger, B., Schmidhauser, S., Eisenring, C., Brugger, U., Ruckstuhl, A., Dietrich, J., Mannion, A. F., Elfering, A., Tamcan, O., Müller, U. (2011): Cost of low back pain in Switzerland in 2005. *European Journal of Health Economics*, 12(5), S. 455-467

Yetergil, D. (1998): Externe Kosten von Krebserkrankungen durch kanzerogene Luftschadstoffe. Eine Abschätzung für die Schweiz mit besonderer Berücksichtigung von Benzol, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und Dieselrußpartikeln. Zürich

Zhou, Y. N., McCord, M. H. (2017): Economic Valuation of Selected Illnesses in Environmental Public Health Tracking. *Journal of Public Health Management & Practice*, 23 Supplement 5, S. 18-27

## Annex A: Suchalgorithmen in der Codierung der verwendeten Datenbanken

**Tabelle 63: Verwendete Suchalgorithmen in der Codierung der jeweils verwendeten Datenbank – Suchstrings in englischer Sprache; Suchparameter: Titel und Abstract**

Datenbank	Suchpaket/ Variante	Suchalgorithmus (bei PubMed: direkter Suchstringcode als Input)
PubMed	1 a	(economic*[Title/Abstract] AND valu*[Title/Abstract]) AND (morbidity [Title/Abstract] OR mortality[Title/Abstract] OR death[Title/Abstract] OR illness[Title/Abstract] OR disease[Title/Abstract] OR harm[Title/Abstract] OR burden[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT])
	1 b	(monet*[Title/Abstract] AND valu*[Title/Abstract]) AND (morbidity [Title/Abstract] OR mortality[Title/Abstract] OR death[Title/Abstract] OR illness[Title/Abstract] OR disease[Title/Abstract] OR harm[Title/Abstract] OR burden[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT])
	1 c	(economic*[Title/Abstract] AND ("cost of illness"[Title/Abstract] OR "cost of disease" [Title/Abstract])) AND (morbidity [Title/Abstract] OR mortality[Title/Abstract] OR death[Title/Abstract] illness[Title/Abstract] OR disease[Title/Abstract] OR harm[Title/Abstract] OR burden[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT])
	2 a	(economic*[Title/Abstract] AND valu*[Title/Abstract]) AND ("vsl"[Title/Abstract] OR "voly"[Title/Abstract] OR "value of statistical life"[Title/Abstract] OR "value of a statistical life"[Title/Abstract] OR "value of al life year"[Title/Abstract] OR "value of prevented fatality"[Title/Abstract] OR "value of mortality risk reduction"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))
	2 b	(monet*[Title/Abstract] AND valu*[Title/Abstract]) AND ("vsl"[Title/Abstract] OR "voly"[Title/Abstract] OR "value of statistical life"[Title/Abstract] OR "value of a statistical life"[Title/Abstract] OR "value of al life year"[Title/Abstract] OR "value of prevented fatality"[Title/Abstract] OR "value of mortality risk reduction"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))
	2 c	(economic*[Title/Abstract] AND cost[Title/Abstract]) AND ("vsl"[Title/Abstract] OR "voly"[Title/Abstract] OR "value of statistical life"[Title/Abstract] OR "value of a statistical life"[Title/Abstract] OR "value of al life year"[Title/Abstract] OR "value of prevented fatality"[Title/Abstract] OR "value of mortality risk reduction"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))
	3 a	(economic*[Title/Abstract]AND valu*[Title/Abstract])AND ("disability adjusted life year"[Title/Abstract]OR "daly"[Title/Abstract]OR "quality adjusted life year"[Title/Abstract]OR "qaly"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))
	3 b	(monet*[Title/Abstract]AND valu*[Title/Abstract])AND ("disability adjusted life year"[Title/Abstract]OR "daly"[Title/Abstract]OR "quality adjusted life year"[Title/Abstract]OR "qaly"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))
	3 c	economic*[Title/Abstract] AND ("cost of illness"[Title/Abstract] OR "cost of disease"[Title/Abstract] OR "cost-benefit"[Title/Abstract] OR "benefit-cost"[Title/Abstract]) AND ("disability adjusted life year"[Title/Abstract]OR "daly"[Title/Abstract]OR "quality adjusted life year"[Title/Abstract] OR "qaly"[Title/Abstract]) AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/12/31"[PDAT]))

Datenbank	Suchpaket/ Variante	Suchalgorithmus (bei PubMed: direkter Suchstringcode als Input)
Wiley Online Library	-	economic* in Abstract AND valu* in Abstract AND ("value of statistical life" OR "value of a statistical life" OR "value of a life year" OR "value of prevented fatality" OR "value of mortality risk reduction") in Abstract between years 1990 and 2017
Pharmaco-Economics	-	'economic* AND valu* AND ("value of statistical life" OR "value of a statistical life" OR "value of a life year" OR "value of prevented fatality" OR "value of mortality risk reduction") within 1990 – 2017

**Tabelle 64: Eingegebene Suchalgorithmen in der Codierung von LIVIVO – Suchstrings für deutschsprachige Literatur mit Suche nach Titel und Keywords**

Suchpaket/ Variante	Suchalgorithmus	Trefferanzahl in LIVIVO	Bemerkungen
1 a	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(Morbidity OR morbidity OR Mortalität OR mortality OR Tod* OR Krankheit OR Erkrankung OR Schaden) OR (KW=(Morbidity OR morbidity OR Mortalität OR mortality OR Tod* OR Krankheit OR Erkrankung OR Schaden))) AND PY=1990:2017	44	Viele Duplikate und irrelevante Funde
1 b	(TI=monet* OR KW=monet*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(Morbidity OR morbidity OR Mortalität OR mortality OR Tod* OR Krankheit OR Erkrankung OR Schaden) OR (KW=(Morbidity OR morbidity OR Mortalität OR mortality OR Tod* OR Krankheit OR Erkrankung OR Schaden))) AND PY=1990:2017	157	Viele Duplikate und irrelevante Funde
1 c	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=(Krankheitskosten OR cost of illness) OR KW=(Krankheitskosten OR cost of illness)) AND (TI=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction) OR KW=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction)) AND PY=1990:2017	0	
2 a	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction) OR KW=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction)) AND PY=1990:2017	0	

Suchpaket/ Variante	Suchalgorithmus	Trefferanzahl in LIVIVO	Bemerkungen
	year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction)) AND PY=1990:2017		
2 b	(TI=monet* OR KW=monet*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction) OR KW=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction)) AND PY=1990:2017	8	7 Treffer in englischer Sprache, 1 Dissertation in deutscher Sprache von 2009 zum VSL
2 c	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=Kosten OR KW=Kosten) AND (TI=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction) OR KW=(vsl OR WSL OR voly OR value of statistical life OR value of a statistical life OR Wert eines statistischen *Lebens OR value of a life year OR Wert eines statistischen Lebensjahres OR value of prevented fatality OR value of mortality risk reduction)) AND PY=1990:2017	0	
3 a	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly) OR KW=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly)) AND PY=1990:2017	1	Irrelevant (zweiseitiger Beitrag in einer Zeitschrift für Patienten)
3 b	(TI=monet* OR KW=monet*) AND (TI=(Wert OR Bewertung) OR KW=(Wert OR Bewertung)) AND (TI=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly) OR KW=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly)) AND PY=1990:2017	9	Alle Treffer in englischer Sprache
3 c	(TI=ökonomisch* OR KW=ökonomisch*) AND (TI=(Krankheitskosten OR cost of illness OR Kosten-Nutzen OR Nutzen-Kosten) OR KW=(Krankheitskosten OR cost of illness OR Kosten-Nutzen OR Nutzen-Kosten)) AND (TI=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly) OR KW=(disability adjusted life year OR daly OR quality adjusted life year OR qaly)) AND PY=1990:2017	1	Duplikat zu 3 a
<b>Summe</b>		<b>220</b>	

**Tabelle 65: Anzahl der gefundenen Referenzen, differenziert nach Suchstrings, Reviewphasen und Duplikaten**

Datenbank	Davon für jede Suchpaket-Variante der Algorithmen	Anzahl der Referenzen 16.02.2017	Anzahl der Referenzen Update 29.05.2018		
			Ursprüngliche Liste	Ohne Duplikate in ursprünglicher Liste	Ohne Duplikate aus Suche in 2017
PubMed	(insgesamt)	8.977	1.190	1.013	873
PubMed	1 a	6.362	767	766	658
	1 b	349	67	29	27
	1 c	721	119	92	82
	2 a	57	10	4	4
	2 b	29	5	1	1
	2 c	35	8	0	0
	3 a	1.169	167	99	84
	3 b	108	22	6	4
	3 c	147	25	16	13
Wiley Online Library	-	346	16	16	16
Pharmaco Economics Journal	-	19	3	3	2

**Tabelle 66: Distiller-Antwortmasken mit Folgemenüs in Abhängigkeit von der Entscheidung „Yes“ / „No“ / „Doubt“ (Endstand nach dem Update zum 20.06.2018 mit allen Ergänzungen während der Bearbeitung)**

Fragen	Antwortvorgaben
<b>Excluded/included</b>	
Should the reference be included?	Yes No Doubt
<b>(Yes) Why should the reference be included?</b>	
Study type	Primary study Review Used data from another study Related to other study Meeting
Methodology	WTP Market studies/revealed preferences Human Capital COI, real costs / cost rates Unclear QALY monetization cost-effectiveness with monetary evaluation DALY monetization Contingent valuation CBA Cost utility VSL Linear regression models Life-year gained WTA Microcosting analysis economic methodology not specified NPV Value of lost welfare Life time costs opportunity cost Value of life lost Hedonic wage model Subjective well-being (SWB) approach Value of a Prevented Fatality Marginal cost approach Compensating income variation approach Investments in health care External costs
<b>(No) Why should the reference be excluded?</b>	
Exclusion criteria	No reference to health burden/risks for the people No monetization Cost-effectiveness or multi-criteria analysis, without monetary valuation of effects on health Cost estimates without sufficient explanation of the methodology valuation of savings from a new drug use Valuation of savings from a new treatment

Fragen	Antwortvorgaben
	Benefits of routine influenza vaccination Health effects not relevant for Germany or results not transferable to Germany Disease not related to environment Benefits from vaccination Price differentials for drugs Subject not relevant for this study (e.g. CBA for flood risk management) Cost of therapy
<b>(Doubt)</b>	
Why is it not clear?	Presents a cost-effectiveness ratio in dollars Presents DALY weights but not sure if monetisation is performed Unclear if monetary values were collected The cost-effectiveness ratios (CERs), net present values (NPVs), benefit-cost ratios (BCRs), and cost-utility ratios (CURs) were used as outcomes in the health economic analysis. Presents cost-effectiveness ratios in a currency Monetisation of the benefits related to the use a new drug medication Presents methods for economic analysis but not sure if it explains methodology Presents cost effectiveness but not sure if monetisation is performed Not sure if methodology of WTP estimates is explained Cost effectiveness of drug treatment related to other drug treatments (QALYs included) Presents only overall monetised impact on the country's economy The cancer value label (CAVALA) methodology There is a monetisation of benefits Presents a CBA where some kind of life monetisation is necessary carbon burden- footprint- (kg CO2e) Presents costs effectiveness or cost benefits (with ratios or not) but unsure the health impact is monetized Unclear if methodology is explained Monetary valuation of informal care Costs of disease prevention/screening WTP for insurance Valuation of medication errors Savings due to best practices No abstract Value of cure

**Tabelle 67: Systematik und Gliederung der Spalten für das Volltext-Screening**

Übergeordneter Bereich	Spaltenfeld
1. Identifikationsinformation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortierungs-Identifikationsnummer (Sort-ID)</li> <li>• Referenz-Identifikationsnummer (Ref-ID)</li> <li>• Zitat</li> </ul>
2. Information bezüglich Bearbeitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taskleiter Kommentare</li> <li>• Bearbeiter/Reviewer</li> <li>• Datum letzte Bearbeitung</li> <li>• Methodik/Vorgehensweise</li> <li>• Zeit für die Bewertung in Minuten</li> <li>• Wie ist Volltext zugänglich?</li> <li>• URL</li> </ul>

Übergeordneter Bereich	Spaltenfeld
3. Ausschluss (Pre-Screening)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Download (ja/nein, von wem)</li> <li>• Ausschließen (ja/nein)</li> <li>• Begründung für Ausschluss</li> </ul>
4(a). Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autor(en)</li> <li>• Titel</li> <li>• Jahr der Veröffentlichung</li> <li>• Journal / Name der Publikation</li> <li>• Zeitraum der Analyse</li> <li>• Land/Region(en)</li> <li>• Grundpopulation(en)</li> <li>• Ergänzende Infos</li> <li>• Kontext/Design</li> <li>• Studientyp</li> </ul>
4(b). Zusammenfassung nur für Metastudien/ Reviews	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahlkriterien der Primärstudien</li> <li>• Bezug zu anderen Ref-IDs</li> <li>• Welche sonstigen Primärstudien/Daten sind berücksichtigt?</li> </ul>
5. Studiendetails	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikofaktor</li> <li>• Dosis-Wirkungs-Beziehungen</li> <li>• Mortalität</li> <li>• Maßzahl für Mortalität</li> <li>• Morbidität</li> <li>• Maßzahl für Morbidität</li> <li>• Sonstiges / weitere Endpunkte</li> <li>• Maßzahl für weitere Endpunkte</li> <li>• Kostenwerte</li> <li>• Kostenwerte differenziert nach</li> <li>• Umweltbezug</li> </ul>
6. Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernergebnis</li> <li>• Vorgenommene Anpassungen / Benefit transfer u. ä.</li> <li>• Limitationen</li> <li>• Kommentare</li> <li>• Übertragbarkeit auf Deutschland</li> <li>• Information zur Begründung der Übertragbarkeit</li> </ul>
7. Allgemeine Qualitätskriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitrahmen der Studie und der Daten</li> <li>• Kontext</li> <li>• Repräsentativität</li> <li>• Dokumentation</li> <li>• Qualität der Datensätze und Quellen</li> <li>• Beurteilung verwendeter statistischer Parameter</li> <li>• Unsicherheitsfaktoren</li> <li>• Sonstige Qualitätsmerkmale / Fehler</li> </ul>
8. Gesamtfazit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive Aspekte der Studie</li> <li>• Wesentliche Schwächen</li> <li>• Neue Erkenntnisse</li> <li>• Gesamtbewertung mit Begründung</li> </ul>

Übergeordneter Bereich	Spaltenfeld
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezug auf andere herausstechende Studien</li> <li>• Sonstiges / Zusätzliche Kommentare</li> </ul>
9. Ranking nach Relevanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optional, auf einer Skala von 1 bis 5 Sternen<sup>26</sup></li> </ul>

---

<sup>26</sup> Diese Skala stellt eine informelle Zusatzinformation innerhalb des Projekts dar, um solche Studien zu identifizieren und zu kennzeichnen, auf die in der folgenden Bewertung ökonomischer Methoden und Anwendung auf den deutschen Kontext eine besondere Beachtung gelegt werden soll. Sie dient somit der schnelleren Auffindbarkeit dieser Quellen für die weitere Arbeit.

## Annex B: Übersicht der identifizierten Risikofaktoren, Gesundheitsendpunkte und Literaturquellen

**Tabelle 68: Risikofaktoren und Gesundheitsendpunkte, die für Deutschland relevant sind sowie Quellen**

Übersetzung der englischsprachigen einschlägigen Fachbegriffe ins Deutsche durch den Autor.

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
<b>Biologische Risikofaktoren</b>			
Kolibakterien im Trinkwasser	AOLG	WHO: EHEC Serotypen: Durchfall, hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS): akutes Nierenversagen und hämolytische Anämie. ETEC: Durchfall, Bauchkrämpfe, Übelkeit und Kopfschmerz. EPEC: Heftiger, chronischer, nicht blutiger Durchfall, Erbrechen und Fieber bei Kindern. EPEC Durchfall.	WHO, 2008: Guidelines for drinking-water quality incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.1, Recommendations. 3rd Ed., S. 229b-231
Schimmel (Asthma auslösende Substanzen)	GEniUS, RKI, UBA	WHO: Respiratorische Gesundheitseffekte: Entwicklung von Asthma, Verschlimmerung von Asthma, fortlaufendes Asthma, Atemwegsinfektionen, Symptome der oberen Atemwege, Husten, Keuchen und Atemnot.	The Global Asthma Network, 2014: The Global Asthma Report, S. 16-17
<b>Physikalische Risikofaktoren</b>			
Asbest	IHME, RKI, UBA	UBA, RKI: Lungen- und Pleuraasbestose	RKI, 2007: Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, Heft 38, S. 24-25
Nanofasern	UBA	Noch keine validierte, beweiskräftige Evidenz. Vermutet von CDC: Lungeneffekte (Aufbau eines Granuloms, Lungenentzündung, Fibrose)	NIOSH, 2013: Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers, S. 33-35
Lärm	IHME, GEniUS, RKI, UBA	WHO: Gehörschäden und Tinnitus, chronischer Bluthochdruck, Diabetes, ischämische Herzerkrankung, Schlafstörungen, Nervosität	WHO, 2011: Burden of disease from environmental noise, S. 3.
PM (Staubpartikel)	IHME (2016), GEniUS, RKI, UBA	WHO: Lang- und Kurzeffekte: Atmungs- und kardiovaskuläre Erkrankungen, wie beispielsweise Verschlimmerung von Asthma, Atmungssymptome und ein Anstieg von Krankenhauseinweisungen; Mortalität durch kardiovaskuläre und Atemwegserkrankungen und durch Lungenkrebs.	WHO, 2013: Health effects of particulate matter, S. 6. WHO, 2006: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, S. 8

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
Radioaktivität durch Radon (Rn)	IHME, GEniUS, RKI, UBA	WHO: Lungenkrebs, Leukämie (Synergieeffekte mit Rauchen und Passivrauch)	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 357
<b>Chemische Risikofaktoren</b>			
<i>Gase</i>			
Ozon (O <sub>3</sub> )	IHME, GEniUS, RKI, UBA	WHO: Asthma, Atmungserkrankungen bei Kindern, reduzierte Lungenfunktion, chronische Entzündung	WHO, 2008: Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution, S. 71. WHO, 2006: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, S. 13
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	RKI, UBA	UBA: Ammoniak aus der Luft reagiert zu anderen chemischen Verbindungen, die Teil von Staubpartikeln (PM) sind (Atmungs- und kardiovaskuläre Erkrankungen)	WHO, 2003: Ammonia in Drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality), S. 8-9
Kohlenmonoxid (CO) – siehe auch Dieselabgase	GEniUS, RKI	WHO, NTP: karzinogen bei Menschen (Gruppe 1), Lungenkrebs	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 66
Dieselabgase – für Komponenten siehe auch Kohlenmonoxid, Stickoxide (NO <sub>x</sub> ), Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	IHME, UBA, RKI, WHO	WHO: Akute Exposition: Kopfschmerz, Schwindel, Benommenheit, Übelkeit, Husten, schwerer Atem oder Atemnot, Engegefühl in der Brust sowie Reizung der Augen, der Nase und des Rachens. Langzeitexposition: Kardiovaskuläre Erkrankungen, kardiopulmonale Erkrankungen und Lungenkrebs.	NTP, 2009: Diesel Exhaust Particulates, Report on Carcinogens, Fourteenth Edition.
Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) – siehe auch Dieselabgase	GEniUS, RKI	WHO, NTP: karzinogen bei Menschen (Gruppe 1), Lungenkrebs	NTP, 2009: Diesel Exhaust Particulates, Report on Carcinogens, Fourteenth Edition.
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) – siehe auch Dieselabgase	GEniUS, RKI	WHO: für Kinder erhöhtes Risiko für Atemwegserkrankungen. Dies ist von Bedeutung, da wiederholte Lungeninfektionen bei Kindern im späteren Leben einen Lungenschaden verursachen können.	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 215. WHO, 2006: WHO Air quality guidelines for particulate matter,

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
			ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, S. 15
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	GEniUS, RKI	WHO: Atemwegserkrankungen in der Kindheit und Mortalität in allen Altersstufen (epidemiologische Studien)	WHO, 2006: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, S. 16
<b>Metalle</b>			
Arsen (As)	IHME, AOLG	WHO: Akute Effekte: Erbrechen, Bauchschmerzen und Durchfall, gefolgt von Taubheitsgefühl und Kribbeln in den Gliedmaßen, Muskelkrämpfen und Tod (in Extremfällen). Langzeitexposition: Hautveränderungen (Veränderungen der Pigmentierung, anschließend Hautwunden und harte Stellen auf den Handflächen und Fußsohlen. Periphere Neuropathie, Magen-Darm-Symptome, Bindehautentzündung, Diabetes, Auswirkungen auf das Nierensystem, vergrößerte Leber, Schwächung des Knochenmarks, Zerstörung der roten Blutkörperchen, Bluthochdruck und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Verursacht Krebs bei Menschen durch den Konsum von Trinkwasser (kanzerogen Gruppe 1). Schwangere Frauen, die arsenkontaminiertem Trinkwasser chronisch exponiert sind, haben ein erhöhtes Risiko einer Fehlgeburt, Totgeburt und Frühgeburt. Expositionen gegenüber Arsen in der Gebärmutter und in der frühen Lebensphase stehen in Zusammenhang mit der Entwicklung von Lungenkrebs und Bronchiektasie im späteren Leben.	WHO, 2011: Arsenic in Drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water) Quality, S. 5
Cadmium (Cd)	IHME	WHO: Funktionsstörungen der Nieren (Eiweißausscheidung durch die Harnröhre, Funktionsstörung der Harnröhre, Amino-, Glykose- und Phosphatausscheidung im Urin, Nierensteine und Knochenerweichung). Osteoporose.	WHO, 2011: Cadmium in Drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water) Quality, S. 5
Quecksilber (Hg)	GEniUS	WHO: Akute Effekte: Zittern, Schlaflosigkeit, Gedächtnisverlust, neuromuskuläre Effekte,	WHO 2007, Exposure to mercury: a major public health concern, S. 3

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
		Kopfschmerzen und kognitive sowie motorische Funktionsstörungen. Inhalation von Quecksilberdampf kann schädliche Wirkungen auf das Nerven-, Verdauungs- und Immunsystem, die Lunge und Nieren hervorrufen und kann tödlich sein. Die anorganischen Quecksilbersalze wirken verätzend für die Haut, die Augen und den Magen-Darm-Trakt, und können, falls mit der Nahrung aufgenommen, Nierentoxizität verursachen. Fetales Gehirn: Neurologische Symptome beinhalten geistige Behinderung, Krämpfe, Seh- und Hörverlust, verzögerte Entwicklung, Sprachstörungen und Gedächtnisverlust.	
Nickel (Ni)	IHME, GEniUS	WHO: Akute Exposition: Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Schwindelgefühl, Niedergeschlagenheit, Kopfschmerz und Atemnot. Hautreizung und Überempfindlichkeit. Nickelverbindungen sind karzinogen für Menschen (Gruppe 1), während metallisches Nickel möglicherweise karzinogen für Menschen ist (Gruppe 2B).	WHO, 2005: Nickel in Drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water) Quality, S. 12
Blei (Pb)	IHME, AOLG, GEniUS	WHO: Akute Effekte: Magen-Darm-Störungen (Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, Bauchschmerz), Leber- und Nierenschaden, Bluthochdruck und neurologische Effekte (Unwohlsein, Benommenheit, Enzephalopathie). Chronische Effekte: hämatologische Effekte, wie etwa Blutarmut, oder neurologische Störungen, einschließlich Kopfschmerz, Reizbarkeit, Lethargie, Zuckungen, Muskelschwäche, Ataxie, Zittern und Lähmung, kanzerogene Effekte, Unfruchtbarkeit. Kinder: Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom und Aggression, IQ-Verlust. Schwangere: Fehlgeburt, Totgeburt, Frühgeburt und niedriges Geburtsgewicht, ebenso wie kleinere Fehlbildungen.	WHO 2007, Exposure to lead: a major public health concern
Uran (U) im Trinkwasser	GEniUS	WHO: Es gibt ungenügend Daten hinsichtlich der Karzinogenität von Uran bei Menschen und	WHO, 2012: Uranium in Drinking-water (Background document

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
		Versuchstieren. Nephritis ist der hauptsächliche chemisch verursachte Effekt von Uran bei Menschen. Wenig Information ist verfügbar über die chronischen Gesundheitseffekte der Exposition gegenüber Uran in der Umwelt bei Menschen. Eine Anzahl epidemiologischer Studien von Bevölkerungen, die gegenüber Uran im Trinkwasser exponiert waren, haben eine Korrelation mit alkalischer Phosphatase und b-Mikroglobulin im Urin aufgezeigt, einhergehend mit mäßigen Veränderungen in der proximalen Tubulusfunktion.	for development of WHO Guidelines for Drinking-water) Quality, S. 10
<b>Kohlenwasserstoffe</b>			
Formaldehyd (CH <sub>2</sub> O)	GBD Report 2015, GEniUS, UBA	WHO: Systemische (z. B. Anaphylaxie) oder häufiger örtlich begrenzte allergische Reaktionen (z. B. Kontaktdermatitis). Leichte bis mittelmäßige sensorische Reizung von Augen Nase und Rachen. Krebs der Atemwege (Nasenrachenkrebs, Nasalplatteneithelkarzinome, Lungenkrebs). Krebsarten der Nichtatemwege (z. B. multiple Myelome, Non-Hodgkin-Lymphom, okulares Melanom, Gehirn, Bindegewebe, Bauchspeicheldrüse, Leukämie, Lymphom und Blutbildung, Darm)	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 110
VOCs (flüchtige organische Verbindungen)	GEniUS, RKI, UBA	U.S. Environmental Protection Agency: Reizung von Augen, Nase und Rachen, Kopfschmerz, Koordinationsverlust und Übelkeit, Schäden an Leber, Nieren und dem zentralen Nervensystem. Einige organischen Stoffe können bei Tieren Krebs verursachen; einige stehen im Verdacht, oder es ist bekannt, dass sie Krebs bei Menschen verursachen.	EPA, 2017: Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality <sup>27</sup>
Benzol (siehe auch BTEX)	IHME, GEniUS	WHO: Akute myelogene Leukämie. Eingeschränkte Evidenz, dass Benzol auch akute und chronische lymphozytische Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphom und multiples Melanom verursachen kann. WHO: Reduziert die Produktion von sowohl	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 24

<sup>27</sup> [https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality#Health\\_Effects](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality#Health_Effects)

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
		roten als auch weißen Blutkörperchen aus Knochenmark bei Menschen, was aplastische Blutarmut zur Folge hat. Reduzierte B-Zellvermehrung und T-Zellvermehrung. Chromosomenanomalien im menschlichen peripheren Lymphozyten.	
BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylen)	GEniUS, UBA	<p>Benzol: Exposition gegenüber sehr hohen Konzentrationen in der Luft (1% und höher) kann den Tod verursachen. Niedrigere Konzentrationen (0,07% - 0,3%) können Benommenheit, Schwindelanfall, schnelle Herzfrequenz, Kopfschmerzen, Zittern, Verwirrtheit und Bewusstlosigkeit verursachen. Langzeitexposition gegenüber Benzol kann Krebs der blutbildenden Organe (Leukämie) verursachen. Das Essen von Nahrungsmitteln oder Trinken von Flüssigkeiten, die hohe Niveaus an Benzol enthalten, kann Erbrechen, Reizung des Magens, Schwindelanfall, Schläfrigkeit, Zuckungen, schnelle Herzfrequenz, Koma und Tod verursachen.</p> <p>Toluol: Hauptwirkung ist auf das Gehirn und das Nervensystem, mit Erschöpfung und Benommenheit als offenkundigste Symptome.</p> <p>Ethylbenzol: Vergrößerung der Leber und Niere bei hohen Dosen (Tierstudien und Inhalationsstudien). Im Allgemeinen ist die akute und chronische Toxizität niedrig bei Menschen, obwohl Symptome wie Reizung der Augen und der Atemwege bei hohen Expositionsniveaus in der Luft berichtet wurden (IPCS 1996). Möglicherweise irreversibler Schaden des Innenohrs und Hörvermögens von Tieren.</p> <p>Xylen: Effekte auf das Nervensystem, wie etwa Kopfschmerzen, Mangel der Muskelkoordination, Schwindelanfall, Verwirrtheit und Änderungen beim Gleichgewichtssinn ebenso wie</p>	Vgl. Leusch und Bartkow (2010)

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
		Reizung der Augen und der Atemwege. <sup>28</sup>	
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)	GBD-Report, GEniUS, UBA	WHO: Erhöhtes Risiko von Lungen-, Kehlkopf-, Magen- und Darmkrebs.	WHO, 2010b: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, S. 307
Persistente organische Schadstoffe (POPs): polychlorierte Dibenzop-Dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF), Hexachlorbenzol (HCB), polychlorierte Biphenyle (PCB), Dioxin	AOLG, GEniUS	WHO: Kontakt kann Hautausschläge, Anschwellen der Augenlider, Hyperpigmentation (Dunkelverfärbung der Nägel, Haut und Schleimhäute), Kopfschmerzen oder Erbrechen verursachen. Längere Exposition auf hohem Niveau hatte Fälle von Chlorakne zur Folge. Der schwerste Zwischenfall menschlicher Exposition war der Yusho-Unfall im Jahr 1968: 1200 Personen in Japan konsumierten über 20 bis 190 Tage Reisöl, das schwer mit PCBs kontaminiert war. Diese Personen hatten Fortpflanzungsstörungen, schwere Chlorakne, Hyperpigmentation, Augenausfluss, Kopfschmerzen, Erbrechen, Fieber, Sehstörungen und Atemwegserkrankungen. Weibliche Opfer neigen zu Störungen der Fortpflanzungsorgane, und auch zu einem erhöhten Risiko einer Fehlgeburt und Totgeburt. Säuglinge geboren von Frauen, die gegenüber PCBs exponiert worden waren, wiesen zahlreiche Auswirkungen auf, einschließlich neurologischer Verhaltensstörungen, und es wurden niedrigere altersangepasste Gesamtentwicklungs-Punktzahlen unter den exponierten Kindern ausgewiesen. Die wahrgenommenen Effekte wurden auch auf polychlorierte Dibenzofurane (PCDFs) zurückgeführt, die als stärker toxisch als PCBs angesehen werden und eine Hauptverunreinigung der PCBs sind. Einige PCB-Gemische stehen im Verdacht, menschliche Karzinogene zu sein (Ratten und Mäuse können Leberkrebs entwickeln). Potenzielle Effekte von PCBs auf die menschliche Vermehrung müssen noch erforscht	WHO, 2008: Persistent organic pollutants (POPs)

Risikofaktor	Bestätigt durch	Gesundheitswirkung	Quellenangabe
		werden. Die generationenübergreifenden Effekte von PCBs sind noch in Untersuchung.	
<b>Sonstige</b>			
Nitrat im Grundwasser	AOLG, UBA	WHO: Methämoglobinämie; es zeigte sich, dass Nitrit mit nitrosierbaren Stoffen in menschlichen Magen reagiert, um N-Nitrosoverbindungen zu bilden. Viele dieser N-Nitrosoverbindungen erwiesen sich bei allen getesteten Tierarten als karzinogen.	WHO, 2011: Nitrate and Nitrite in Drinking-water (Background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality), S. 10-13
Hormonschädliche Substanzen	GEniUS, UBA	WHO: Veränderte Fortpflanzungs- und Geschlechtsentwicklung und Funktion, verändertes Immun- und Nervensystem und Schilddrüsenfunktion, sowie hormonbedingte Krebsfälle.	WHO 2002, Global assessment of the state-of-the-science of Endocrine disruptors, Chapter 1.
Passivrauch	IHME, GEniUS, RKI	WHO: Erhöhte Risiken von Krankheiten der unteren Atemwege, einschließlich Bronchitis und Lungenentzündung, in den ersten Lebensjahren. Chronische Atmungssymptome bei Kindern im Schulalter. Erhöht den Schweregrad und die Häufigkeit von Symptomen bei Kindern mit Asthma. Erhöhtes Risiko von akuter und chronischer Mittelohrerkrankung. Geringfügige Reduktionen des durchschnittlichen Geburtsgewichts. Trägt zum Risiko eines plötzlichen Kindstods bei. Erhöht das Risiko von Krebs im Kindesalter. Bei Erwachsenen: Herzerkrankungen, Lungenkrebs, Schlaganfall.	WHO, 1999: International Consultation on Environmental Tobacco Smoke (ETS) and Child Health, S. 6
Duftstoffe (E-Zigaretten, Moschus, Nitroarene)	UBA	Noch keine validierte beweiskräftige Evidenz. Vermutung seitens des UBA: Kontaktallergien (Ekzem), multiple chemische Sensitivität (MCS).	UBA, 2017: Fragrances <sup>29</sup>

<sup>29</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/environmental-impact-on-people/chemical-substances/fragrances>

**Tabelle 69: Ausgewählte Artikel mit besonders hoher Relevanz**

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
****	Fehling, J.: Die Ethik des Value of a Statistical Life. Die Rolle individueller Risikokompetenz für die Legitimität des VSL. München/Mering 2009.	Dissertation zum VSL-Konzept und ethischen Aspekten. Verschiedene statistische Ansätze und relevante Literatur werden erläutert und analysiert. Bewertung der VSL-Methodik, kein expliziter Bezug auf Deutschland oder auf Umwelteinflüsse. Neuer Aspekt ist der Bezug zwischen Ökonomie und Ethik.
***	Grandjean, P., Bellanger, M. (2017). Calculation of the disease burden associated with environmental chemical exposures: application of toxicological information in health economic estimation Environ Health, 16(1), 123	Toxikologiebasierte Zuordnung von Krankheitslasten zu Umweltexpositionen. Review toxikologischer Studien zu schädlichen Folgen aufgrund von umweltbedingter Exposition durch Chemikalien: Studien und Berichte, die in englischer Sprache von 2000 bis 2015 publiziert wurden, Abschätzung zurechenbarer Anteile auf Basis von Experten. Die Autoren stellen fest, dass der Environmental Burden of Disease eine Unterschätzung darstellt und Risiken, die als unsicher betrachtet werden, nicht berücksichtigt werden.
***	Mavrodi, A.; Aletras, V.; Spanou, A.; Niakas, D. (2017). Eliciting the Monetary Value of a Quality-Adjusted Life Year in a Greek Outpatient Department in Times of Economic Austerity Pharmacocon Open, 1(4), 291-300	Contingent-Valuation-Studie für die Zahlungsbereitschaft in €/Monat für ein QALY in Griechenland (Stichprobe von 200 Patienten eines Krankenhauses). Die Zahlungsbereitschaft bezieht sich auf ein hypothetisches Szenario für eine neue Behandlung, die es ermöglicht, einen perfekten Gesundheitszustand wiederzuerlangen.
***	Chanel, O.; Luchini, S.: Monetary values for risk of death from air pollution exposure. A context-dependent scenario with a control for intra-familial altruism. Journal of environmental economics and policy Vol. 3, No. 1, p. 67-91, 2014.	Studie zur Zahlungsbereitschaft in Frankreich im Kontext von Luftverschmutzung, die explizit die Anzahl der Erwachsenen und der Kinder im Haushalt erfasst, deren Gewichtungsfaktoren testet und den Zusammenhang zwischen dem invers U-förmigen Einfluss des Alters und dem Altruismus gegenüber Kindern analysiert
***	Luengo-Fernandez, R., Burns, R., Leal, J. (2016). Economic burden of non-malignant blood disorders across Europe: a population-based cost study Lancet Haematol, 3(8), e371-8	Sehr umfangreiche und detaillierte europäische Abschätzung; sehr hilfreich zur Einschätzung der Übertragbarkeit von Ergebnissen auf EU-Staaten und zu den Anteilen unterschiedlicher Kostenkategorien. Umweltrelevanz der (heterogenen) nicht-bösartigen Blutstoffwechselkrankheiten ist unklar. Ein Ergebnis ist, dass die Kosten von Blutkrankheiten gleichmäßig zwischen bösartigen und nicht-bösartigen Blutkrankheiten verteilt waren.
***	Leal, J., Luengo-Fernandez, R., Sullivan, R., Witjes, J. A. (2016). Economic Burden of Bladder Cancer Across the European Union Eur Urol, 69(3), 438-47	Kosten von Blasenkrebs (Ausgaben der Gesundheitsversorgung und Produktivitätsverluste). Bisher hat keine systematische COI-Studie die ökonomischen Auswirkungen von Blasenkrebs in der EU bewertet. Ziel war, die jährlichen ökonomischen Kosten von Blasenkrebs in der EU für das Jahr 2012 abzuschätzen. Die Abschätzung benutzt auch den Friktionszeitraum-Ansatz.

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
***	Ng, C. S., Lee, J. Y., Toh, M. P., Ko, Y. (2014). Cost-of-illness studies of diabetes mellitus: a systematic review <i>Diabetes Res Clin Pract</i> , 105(2), 151-63	Guter weltweiter Überblick zu Kosten und Kostenkomponenten für Diabetes mellitus Typ 1 und 2, die in Studien enthalten sind. Zwei deutsche Studien sind enthalten, die sich auf Versicherungsansprüche und die Datenbank der öffentlichen Krankenversicherung konzentrieren.
***	Kirsch, F., Teuner, C. M., Menn, P., Leidl, R. (2013). Costs of illness for asthma and COPD in adults in Germany <i>Gesundheitswesen</i> , 75(7), 413-23	Systematische Suche für die Jahre 1995–2012, um deutsche COI-Studien für Asthma und COPD in deutscher oder englischer Sprache zu identifizieren. 6 Studien für Asthma, 7 Studien für COPD und eine für beide Erkrankungen erfüllten die Einschlusskriterien. Ergebnisse der Studien wurden auf Preise von 2010 extrapoliert und miteinander verglichen.
**	Chang, A. Y., Robinson, L. A., Hammitt, J. K., Resch, S. C. (2017). Economics in "Global Health 2035": a sensitivity analysis of the value of a life year estimates <i>J Glob Health</i> , 7(1), 010401	Abschätzungen des VOLY und Sensitivitätsanalyse. Verwendet den Ansatz der Lancet Commission on Investing in Health (CIH), Sensitivitätsanalysen in Bezug auf Alter und Einkommenselastizität und alternative Annahmen.
**	Soeteman, L., van Exel, J., Bobinac, A. (2017). The impact of the design of payment scales on the willingness to pay for health gains <i>Eur J Health Econ</i> , 18(6), 743-760	WTP-Design für Gesundheitsverbesserungen (QALY) in den Niederlanden. Der Online-Fragebogen war Teil einer umfangreicheren Studie, die den Wert eines QALYs untersuchte. Das Zahlungsbereitschaftsdesign wird im Detail erläutert; es wird untersucht, dass die Gestaltung der Zahlungsskala (es wurden zwei verschiedene Varianten verwendet) die Zahlungsbereitschaftsergebnisse beeinflusst.
**	Asgeirsdottir, T. L., Birgisdottir, K. H., Olafsdottir, T., Olafsson, S. P. (2017). A compensating income variation approach to valuing 34 health conditions in Iceland <i>Econ Hum Biol</i> , 27(Pt A), 167-183	Ansatz der kompensierenden Einkommensvariation mit den komparativen Skalenvariablen „Glück“ (happiness) und „Zufriedenheit mit dem Leben“ (satisfaction with life). Auswertung auf der Basis von „Health-and-lifestyle“-Umfragedaten in Island aus den Jahren 2007, 2009 und 2012. Theoretischer mikroökonomischer Ansatz auf der Basis der Nutzentheorie, der mittels des Trade-off zwischen Einkommen und Gesundheitszustand für 32 spezifizierte Gesundheitszustände den monetären Wert ermittelt, sich wieder zu vollständiger Gesundheit zu erholen.
**	Morrell, L., Wordsworth, S., Rees, S., Barker, R. (2017). Does the Public Prefer Health Gain for Cancer Patients? A Systematic Review of Public Views on Cancer and its Characteristics <i>PharmacoEconomics</i> , 35(8), 793-804	Review von Studien zu öffentlichen und individuellen Präferenzen bezüglich Krebsfälle. Es wurden weltweit Studien aus den Jahren von 1993 bis 2017 in englischer Sprache bewertet. Empirische Ergebnisse und angewandte Methoden sind sehr heterogen, und es ist keine eindeutige Präferenz für eine "cancer premium" bei der Bewertung von Gesundheitsrisiken festzustellen.

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
**	Boulanger, G., Bayeux, T., Mandin, C., Kirchner, S., Vergriette, B., Pernelet-Joly, V., Kopp, P. (2017). Socio-economic costs of indoor air pollution: A tentative estimation for some pollutants of health interest in France Environ Int, 104, July 2017, 14-24	Kosten verursacht durch Innenraumlufverschmutzung in Frankreich; Bewertung wurde für sechs ausgewählte Schadstoffe durchgeführt: Benzol, Trichlorethylen, Radon, Kohlenmonoxid, Staubpartikel (PM <sub>2.5</sub> -Fraction) und Tabakrauch in der Umwelt. Die Gesundheitsauswirkungen von Innenraumexposition waren entweder bereits in den veröffentlichten Arbeiten verfügbar oder wurden berechnet.
**	Cortaredona, S., Ventelou, B. (2017). The extra cost of comorbidity: multiple illnesses and the economic burden of non-communicable diseases BMC Med, 15(1), 216	Statistische Analyse des Effekts von Komorbidität auf umweltbedingte Krankheitslasten. Auf der Basis einer französischen Datenbank, die mehr als 90% der französischen Bevölkerung abdeckt, wurden zehn chronische Krankheiten ausgewählt. Ein zweistufiges statistisches Modell zeigt eine Überadditivität bei den Kosten im Gesundheitswesen im Fall von Komorbiditäten auf. Eine hypothetische Simulation von jährlichen Ausgaben im Gesundheitswesen unter Eliminierung von Diabetes wurde durchgeführt.
**	Flachenecker, P., Kobelt, G., Berg, J., Capsa, D., Gannedahl, M. (2017). New insights into the burden and costs of multiple sclerosis in Europe: Results for Germany Mult Scler, 23(2_suppl), 78-90	Ergebnisse einer retrospektiven Studie für multiple Sklerose in Deutschland (Teil einer Studie in 16 europäischen Ländern), die eine Stichprobe von 5.475 Antworten von Mitgliedern der deutschen Multiple-Sklerose-Gesellschaft verwendet. Praktischer Ansatz für Deutschland mit direkten und indirekten COI-Kategorien, Aspekte können auf andere Erkrankungen übertragen und angepasst werden.
**	Grange, F., Mohr, P., Harries, M., Ehness, R., Benjamin, L., Siakpere, O., Barth, J., Stapelkamp, C., Pfersch, S., McLeod, L. D., Kaye, J. A., Wolowacz, S., Kontoudis, I. (2017). Economic burden of advanced melanoma in France, Germany and the UK: a retrospective observational study (Melanoma Burden-of-Illness Study) Melanoma Res, 27(6), 607-618	Retrospektive Studie auf Grundlage von Beobachtungen zu Krankheitslasten von Melanomen im fortgeschrittenen Stadium (IIIB/IIIC) in Frankreich, Deutschland und Großbritannien. Daten von 589 Patienten ab 18 Jahren aus Krebszentren, 174 davon wurden zusätzlich befragt. Durchführung von Oktober 2012 bis April 2013, Auswertung der Krankheitsprotokolle von Melanom-Patienten zwischen 01.01.2009 und 31.12.2011; direkte und indirekte COI pro Patient während des Follow-ups (durchschnittlich 26 Monate pro Patient in Deutschland). Methodik ist auch auf andere Krankheiten anwendbar.
**	Moradi, N., Rashidian, A., Rasekh, H. R., Olyaeemanesh, A., Foroughi, M., Mohammadi, T. (2017). Monetary Value of Quality-Adjusted Life Years (QALY) among Patients with Cardiovascular Disease: a Willingness to Pay Study (WTP) Iran J Pharm Res, 16(2), 823-833	Zahlungsbereitschaft pro QALY für eine hypothetische Behandlung, um vollständige Gesundheit zu erlangen; Stichprobe aus zwei Herzkliniken im Iran von 194 Patienten in stationärer Behandlung mit kardiovaskulären Erkrankungen. Dichotome Auswahl mit zwei Angeboten. Praktikable Anwendung des WTP-Instruments, auch für einen spezifischen Krankheitstyp.

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
**	Schirr-Bonnans, S., Costa, N., Derumeaux-Burel, H., Bos, J., Lepage, B., Garnault, V., Martini, J., Hanaire, H., Turnin, M. C., Molinier, L. (2017). Cost of diabetic eye, renal and foot complications: a methodological review Eur J Health Econ, 18(3), 293-312	Methodischer Überblick (Review) von diabetesbezogenen Erkrankungen (Augen-, Nieren- und Fußkomplikationen) aus COI-Studien, die zwischen Januar 2000 und Oktober 2015 weltweit in französischer oder englischer Sprache veröffentlicht wurden; enthält auch zwei Studien aus Deutschland. COI umgerechnet in US-\$ (2015), detaillierte Übersicht, Vergleich und Bewertung der verwendeten Methodiken und Kostenkomponenten.
**	Tompa, E., Kalcevich, C., McLeod, C., Lebeau, M., Song, C., McLeod, K., Kim, J., Demers, P. A. (2017). The economic burden of lung cancer and mesothelioma due to occupational and para-occupational asbestos exposure Occup Environ Med, 74(11), 816-822	Direkte, indirekte und Lebensqualitäts-Kosten verursacht durch Asbestexposition aus gesellschaftlicher Perspektive (neu identifizierte Fälle von Mesotheliom und Lungenkrebs im Jahr 2011 in Kanada aufgrund von Exposition am Arbeitsplatz und Transport vom Arbeitsplatz in den Familienhaushalt).
**	Zhou, Y., Nurmagambetov, T., McCord, M., Hsu, W. H. (2017). Economic Valuation of Selected Illnesses in Environmental Public Health Tracking J Public Health Manag Pract, 23 Suppl 5 Supplement, Environmental Public Health Tracking, 23(September/October 2017), S18-S27	Review und Vergleich von COI und Zahlungsbereitschafts-Schätzungen (Studien seit dem Jahr 1996 weltweit, idealerweise Schätzungen, die auf dieselben Studienteilnehmer angewandt wurden); Beispiele für ausgewählte Gesundheitsendpunkte: Asthma, Kohlenmonoxidvergiftung und Bleivergiftung (einschließlich bleiverursachter IQ-Reduktion).
**	Joo, H., Zhang, P., Wang, G. (2016). Cost of informal care for patients with cardiovascular disease or diabetes: current evidence and research challenges Qual Life Res, December 2016, 8 pages	Metaanalyse von 10 Studien veröffentlicht zwischen 1995 und 2015, die informelle Kosten von kardiovaskulärer Erkrankung und Diabetes abschätzen. Jährliche Kosten der informellen Pflege pro Person sowie nationale Abschätzungen. Die vorgefundenen Studien verwendeten den Opportunitätskostenansatz, den Neubesetzungsansatz und/oder den „proxy good“-Ansatz.
**	Merkesdal, S., Ruof, J., Huelsemann, J. L., Mittendorf, T., Handelmann, S., Mau, W., Zeidler, H. (2005). Indirect cost assessment in patients with rheumatoid arthritis (RA): comparison of data from the health economic patient questionnaire HEQ-RA and insurance claims data Arthritis Rheum, 53(2), 234-40	Abschätzung zu Deutschland (229 Patienten aus Niedersachsen); Humankapitalansatz (Produktivitätsverluste) und Humankapitalansatz mit Anwendung eines Friktionszeitraums. Vergleich von Daten aus gesundheitsökonomischen Patientenfragebögen und Daten aus Versicherungsansprüchen sowie Vergleich der Kosten zwischen Friktionskosten und Humankapital. Methodik ist relevant, aber Gelenkrheumatismus ist keine umweltbezogene Erkrankung.
**	Jonsson, B. (2002). Revealing the cost of Type II diabetes in Europe Diabetologia, 45(7), 5-12	Kosten im Gesundheitswesen von Typ-2-Diabetes für acht europäische Länder, einschließlich Deutschland. Die Studie ermöglicht einen direkten Vergleich der Kosten im Gesundheitswesen für unterschiedliche

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
		EU-Länder. Diabetes ist unter anderem eine umweltbedingte Erkrankung.
**	Schwarzkopf, L., Wacker, M., Ertl, J., Hapfelmeier, J., Larisch, K., Leidl, R. (2016). Impact of chronic ischemic heart disease on the health care costs of COPD patients - An analysis of German claims data <i>Respir Med</i> , 118, 112-8	Jährliche Pro-Kopf-Behandlungskosten für COPD-Patienten mit und ohne ischämische Herzerkrankung (IHD). Kostenabschätzung der Komorbidität von COPD+IHD im Vergleich zu COPD allein. Studie zeigt die Altersabhängigkeit bei Männern und Frauen auf. Pragmatischer Ansatz für Kostenschätzungen aus verfügbaren Daten der gesetzlichen Krankenversicherung für Deutschland.
**	Noda, A. H., Hermsen, A., Berkenfeld, R., Dennig, D., Endrass, G., Kaltoven, J., Safavi, A., Wiehler, S., Carl, G., Meier, U., Elger, C.E., Menzler, K., Knake, S., Rosenow, F., Strzelczyk, A. (2015). Evaluation of costs of epilepsy using an electronic practice management software in Germany <i>Seizure</i> , 26, 49-55	Erfassung der langzeitigen Krankheits- und COI-Daten (direkte und indirekte Kosten) von Epilepsie. Bisher verwendeten frühere COI-Studien einen Bottom-up-Ansatz mit detaillierten Fragebögen, die sich üblicherweise über einen Dreimonatszeitraum erstreckten und Informationen zu Trends und Kosteneinflussgrößen lieferten. Dies ist die erste Bewertungsstudie, die jährliche Krankheits- und COI-Daten bei Patienten mit Epilepsie erfasst mit Hilfe einer elektronischen Anwendung von Managementsoftware im Arbeitsalltag. Zu prüfen wäre, ob diese Software für andere (umweltbezogene) Krankheiten angepasst werden kann.
**	Aumann, I., Prenzler, A., Welte, T., Gillissen, A. (2014). Epidemiologie und Kosten von Asthma bronchiale in Deutschland – eine systematische Literaturrecherche. <i>Pneumologie</i> , 68(8), 557-67	Systematischer Literaturreview zu Asthma in Deutschland; Übersicht der direkten und indirekten Kosten pro Jahr für Deutschland, aber die beurteilten Studien (einschließlich z. B. Weissflog et al. 2001b) verwenden alle Daten aus den Jahren vor 2000.
**	Diepgen, T. L., Scheidt, R., Weisshaar, E., John, S. M., Hieke, K. (2013). Cost of illness from occupational hand eczema in Germany <i>Contact Dermatitis</i> , 69(2), 99-106	Studie in Deutschland; Ekzem ist relevant für Belastungen mit Chrom, Nickel und Duftstoffen (Exposition am Arbeitsplatz). 151 Patienten mit zwei unterschiedlichen Schweregraden in einer spezialisierten Handekzem-Klinik wurden analysiert; direkte und indirekte jährliche Kosten pro Patient sowie Lebensqualitätsindizes. Detaillierte Information über alle Kostenkomponenten, aber begrenzte Grundgesamtheit.
**	Wille, E., Scholze, J., Almería, E., Ferri, C., Langham, S., Stevens, W., Jeffries, D., Uhl-Hochgraeber, K. (2011). Modelling the costs of care of hypertension in patients with metabolic syndrome and its consequences, in Germany, Spain and Italy <i>Eur J Health Econ</i> , 12(3), 205-18	Abschätzung der ökonomischen Belastung für das Gesundheitswesen durch das metabolische Syndrom bei Patienten mit Bluthochdruck in drei europäischen Ländern (Deutschland, Spanien und Italien). Verwendung eines innovativen Krankheitslasten-Modells, das jährliche Kosten für 2008 und 2020 für jedes der Länder berechnet. Die Datenbank des Robert Koch-Instituts für Deutschland aus dem Jahr 1998 wird als Datenbasis zitiert.

Relevanzrang (1-5)	Artikel	Kommentar/Inhalt
**	Weissflog, D., Matthys, H., Virchow, J. C., Jr. (2001b). [Epidemiology and costs of bronchial asthma and chronic bronchitis in Germany] Dtsch Med Wochenschr, 126(28-29), 803-8	COI, retrospektive Analyse auf der Basis von Sekundärdaten. Direkte und indirekte Kosten wurden für 1996 berechnet und von der Krankheitsartenstatistik der AOK extrapoliert auf die Gesamtbevölkerung Deutschlands. Bronchialasthma und chronische Bronchitis (ICD-Nummern 490-494) sind umweltrelevante Erkrankungen.
**	Haucke, F., Holle, R., Wichmann, H. E. (2009). [Epidemiological research on environmental health risks and their economic consequences] Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 52(12), 1166-78	Review und Überblick über den Stand der Diskussion und Literatur in der deutschen und EU-Forschung bis zum Jahr 2008 (Epidemiologie und monetäre Bewertung). Insbesondere das Beispiel der Innenraum-Radonexposition ist relevant.
**	Klug, C., Schreiber-Katz, O., Thiele, S., Schorling, E., Zowe, J., Reilich, P., Walter, M. C., Nagels, K. H. (2016). Disease burden of spinal muscular atrophy in Germany Orphanet J Rare Dis, 11(1), 58	Ökonomische Belastung und krankheitsspezifische gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL) von Patienten mit spinaler Muskelatrophie (SMA) in Deutschland (€/Jahr); 189 Patienten mit SMA Typ I bis III im Alter von unter 1 bis 73 Jahren. COI (direkte, indirekte Kosten und Kosten der informellen Pflege). Erkrankung ist nicht umweltbezogen, aber es handelt sich um die erste Studie, die eine detaillierte Bewertung des Gesundheitswesens durchführt, um die ökonomische Belastung von SMA in Deutschland zu untersuchen.
**	Angelis, A., Kanavos, P., Lopez-Bastida, J., Linertova, R., Oliva-Moreno, J., Serrano-Aguilar, P., Posada-de-la-Paz, M., Taruscio, D., Schieppati, A., Iskrov, G., Brodzsky, V., von der Schulenburg, J. M., Chevreul, K., Persson, U., Fattore, G. (2016). Social/economic costs and health-related quality of life in patients with epidermolysis bullosa in Europe Eur J Health Econ, 17 Suppl 1, 31-42	Querschnittsstudie von Patienten in 8 EU-Ländern einschließlich Deutschland. Diese Studie verwendete Primärdaten auf Patientenebene, die über acht EU-Mitgliedsstaaten erfasst wurden, um die soziale und ökonomische Kostenbelastung von Epidermolysis bullosa in Form von direkten Kosten der Gesundheitsfürsorge, direkten Kosten außerhalb des Gesundheitswesens, und Produktivitätsverlusten (indirekten Kosten) abzuschätzen. Ebenso wurde der Verlust an gesundheitsbezogener Lebensqualität (HRQoL) sowohl für Patienten als auch ihre Pfleger ausgewiesen. Die Erkrankung ist erblich und nicht umweltbezogen.