

Universität Bielefeld
Fakultät für Gesundheitswissenschaften

**Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten:
Anwendungsmöglichkeiten sowie Chancen und Grenzen für die wissen-
schaftliche Politikberatung**

Kumulative Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades „Doctor of Public Health“
der Fakultät für Gesundheitswissenschaften an der Universität Bielefeld

vorgelegt von Myriam Tobollik,
geboren am 26. September 1988 in Neuwied am Rhein

Berlin, März 2021

Begutachtet von:

Prof'in Dr. Claudia Hornberg

Prof. Dr. Hajo Zeeb

Prof. Dr. Dr. Thomas Gerlinger

Zusammenfassung

Einleitung: In Deutschland ist wissenschaftliche Politikberatung ein fester Bestandteil des politischen Apparates. Damit wissenschaftliche Erkenntnisse in den politischen Prozess einfließen können, ist eine adressatengerechte Kommunikation essenziell. Eine gesundheitswissenschaftliche Methode, die mit dem Ziel der wissenschaftlichen Politikberatung entwickelt wurde, ist die Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten. Die theoretischen und wissenschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig, aber die mit dieser Methode erzielten Erkenntnissen werden bei der wissenschaftlichen Politikberatung wenig genutzt.

Forschungsfrage: Worin bestehen die Chancen und Grenzen der Methode zur Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten für die wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland?

Methode: Die Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten quantifiziert Gesundheit in Form verlorener gesunder Lebensjahre und stellt ein Negativmaß der Bevölkerungsgesundheit dar. Lebensjahre können zum einen durch vorzeitiges Versterben vor dem Erreichen eines bestimmten Alters verloren gehen und zum anderen anteilig als mit gesundheitlichen Einschränkungen verbrachte Lebenszeit. In einem weiteren Schritt wird der Anteil der verlorenen Lebensjahre berechnet, der auf einen Umweltrisikofaktor zurückzuführen ist. Die Chancen und Grenzen dieser Methode für die wissenschaftliche Politikberatung werden anhand von vier Anwendungsbeispielen und einem Übersichtsartikel herausgearbeitet. Neben den wissenschaftlichen Erkenntnissen ist deren Vermittlung essenziell. Daher werden zwei Kommunikationsbeispiele mit der Allgemeinbevölkerung als Adressat beschrieben.

Ergebnis: In jedem der Anwendungsbeispiele wird die durch einen oder mehrere umweltbedingte Risikofaktoren verursachte Kranklast in der Einheit verlorener gesunder Lebensjahre berechnet. Unterschiede zwischen den Anwendungsbeispielen sind der geografische Raum, die Expositionsschätzung und dessen Detailtiefe sowie die Datenverfügbarkeit, wobei insbesondere der letztgenannte Aspekt einen Einfluss auf die jeweils durchgeführte Unsicherheits- bzw. Sensitivitätsanalyse hat. Anhand dieser Anwendungsbeispiele konnte die Bedeutung des Zusammenhangs von Umweltfaktoren und Gesundheit aufgezeigt werden. Neben der Flexibilität ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse eine weitere Chance der Methode, wobei diese nur eingeschränkt anhand der Anwendungsbeispiele belegt werden konnte.

Politik muss mitunter schnell handeln und ist auf die rasche Verfügbarkeit von Fachwissen angewiesen. Nicht immer ist ausreichend Zeit vorhanden, um eine Krankheitslasten-Berechnung durchzuführen, denn diese ist sowohl ressourcen- als auch zeitintensiv.

Neben wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Zeitschriften sollten die Ergebnisse der Allgemeinbevölkerung adressatengerecht anhand unterschiedlicher Medien wie Erklärvideos oder einem Fragen-und-Antworten-Katalog vermittelt werden.

Diskussion: Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Politikberatung in Deutschland, auch wenn die Anwendungsbeispiele sich größtenteils nicht auf Deutschland beziehen. Dennoch können hieraus Schlüsse für die Politikberatung in Deutschland gezogen werden. Die Methode ist vielfältig einsetzbar. Ein Aspekt, der als Nachteil im Rahmen der wissenschaftlichen Politikberatung ausgelegt werden kann, ist, dass die Methode mit unterschiedlichen Daten und Annahmen gespeist werden kann, was zu unterschiedlichen Ergebnissen für einen Risikofaktor führt. Für die Nutzung der Ergebnisse muss erklärt werden, warum es zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Die Berechnungsmethode und die Eingangsdaten sollten basierend auf der Forschungsfrage und dem Ziel der Berechnung gewählt werden. Eine Qualitätssicherung sowie Erfassung der Unsicherheiten sollten Teil von Berechnungen der umweltbedingten Krankheitslast sein. Hinsichtlich der Vermittlung der komplexen Berechnungen ist es notwendig, durch verschiedene Kommunikationsmedien ein Grundverständnis für diese Maßzahlen zu schaffen.

Fazit: Die etablierte Methode zur Berechnung von umweltbedingten Krankheitslasten bietet eine Informationsquelle für die wissenschaftliche Politikberatung und kann als ein Kriterium in die politische Entscheidungsfindung einfließen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ii
Tabellenverzeichnis	ii
Abkürzungsverzeichnis.....	ii
1 Einleitung	1
2 Problemhintergrund: wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland	2
3 Forschungsfrage	5
4 Ausgewählte Theorien der Gesundheitswissenschaften	5
5 Methode.....	11
5.1 Entwicklung der Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten.....	11
5.2 Berechnung von verlorenen gesunden Lebensjahren (DALYs)	12
5.3 Berechnung der umweltbedingten Krankheitslasten.....	13
5.4 Gesundheitsfolgenabschätzung.....	15
5.5 Unsicherheitsanalyse.....	15
6 Einordnung der Methode zur Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten.....	16
6.1 Einordnung in die Theorien der Gesundheitswissenschaften	16
6.2 Einordnung in aktuelle nationale und internationale wissenschaftliche Entwicklungen	18
6.3 Einordnung in den institutionellen politischen Rahmen	20
7 Ergebnisse	20
7.1 Anwendungsbeispiele	21
7.2 Umweltbedingte Krankheitslasten in Deutschland	30
7.3 Chancen und Grenzen für die wissenschaftliche Politikberatung.....	31
7.4 Vermittlung von umweltbedingten Krankheitslasten.....	36
8 Diskussion	38
8.1 Beantwortung der Forschungsfrage	38
8.2 Anwendungsbeispiele und Methode	40
8.3 Forschungsbedarf.....	42
8.4 Vermittlung von Ergebnissen.....	44
8.5 Qualität und Standards der wissenschaftlichen Glaubwürdigkeit und fachlichen Eignung.....	47
9 Fazit und Ausblick	48
9.1 Fazit.....	48
9.2 Ausblick.....	49
Quellen.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Driving-Pressure-State-Exposure-Effect-Action-(DPSEEA)-Modell.....	8
Abbildung 2: Komponenten der DALY-Berechnung	13
Abbildung 3: Methode der EBD-Berechnung.....	15
Abbildung 4: Screenshot der Internetseite YouTube mit dem Video „Umweltbedingte Krankheitslasten – wie stark gefährden Risikofaktoren die Gesundheit der Bevölkerung?“	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ziel der Berechnung	22
Tabelle 2: Geografischer Bezug	23
Tabelle 3: Untersuchter Risikofaktoren	24
Tabelle 4: Berechnete Maßeinheiten.....	25
Tabelle 5: Datenverfügbarkeit und Aufgliederung.....	26
Tabelle 6: Unsicherheits- und Szenarioanalyse.....	27
Tabelle 7: Chancen und Grenzen der EBD-Methode zur wissenschaftlichen Politikberatung	34

Abkürzungsverzeichnis

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BoD	Burden of disease
COST	European Cooperation in Science and Technology
CRA	Comparative risk assessment
DALY	Disability-adjusted life year
DGepi	Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie
DGSMP	Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention
DPSEEA	Driving, pressure, state, exposure, effect, action
EBD	Environmental burden of disease
EBoDE	Environmental burden of disease in Europe
GBD	Global burden of disease
HIA	Health impact assessment
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation, Seattle, USA
PAF	Population attributable fraction
PM	Particulate matter
RR	Relatives Risiko
UBA	Umweltbundesamt
YLD	Years lived with disability
YLL	Years of life lost due to premature death
VegAS	Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1 Einleitung

Eine Aufgabe der Gesundheitswissenschaften ist es, den Gesundheitszustand von Bevölkerungen zu beschreiben (Schwartz et al., 2012). Hierzu gibt es unterschiedliche wissenschaftliche Methoden und Maßzahlen. In den Anfängen der Gesundheitswissenschaften wurden meist Sterberaten genutzt, um die Bedeutung von Erkrankungen darzustellen und diese zu vergleichen. Die ausschließliche Berücksichtigung der Mortalität stellt die Krankheitslast von chronischen Erkrankungen und Erkrankungen, die nicht zum Tode führen, nicht adäquat dar. Daher wurde es erforderlich auch die Morbidität bei der Beschreibung des Gesundheitszustandes von Bevölkerungen zu betrachten (Murray, Salomon & Mathers, 2002a). Hierzu wurde in den 1990er Jahren im Rahmen der Global-Burden-of-Disease (GBD)-Studie von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Harvard School of Public Health und der Weltbank die Maßeinheit disability-adjusted life year (DALY) entwickelt (Kapitel 5). Das Ziel war es, auch nicht-tödlich verlaufende Krankheiten in internationale gesundheitspolitische Diskurse aufzunehmen und so den Einfluss von Krankheit und Tod auf die Gesellschaft auf globaler Ebene umfassend anhand einer einheitlichen Maßzahl darzustellen (Tobollik et al., 2018c). In der Einheit DALY werden Informationen zur Morbidität und Mortalität zusammengefasst (Field & Gold, 1998), indem die Krankheitslast anhand von Lebensjahren, die durch vorzeitiges Versterben und das Leben mit Gesundheitseinschränkungen verloren gehen, dargestellt wird (Murray, 1994).

Aufgrund des zunehmenden gesellschaftlichen und politischen Interesses an den Ursachen für Gesundheitseinschränkungen wurde die Methode der vergleichenden Risikoabschätzung in den Krankheitslastenansatz integriert. Mit dieser können negative Auswirkungen von lebensstil- und umweltassoziierten Risikofaktoren auf die menschliche Gesundheit erfasst werden (Mathers, Ezzati, Lopez, Murray & Rodgers, 2002). Für umweltbedingte Risikofaktoren wurde eine eigenständige Methode entwickelt, die Environmental-Burden-of-Disease (EBD)-Methode (Ezzati, 2000; McMichael, Pastides, Prüss, Corvalán & Kay, 2001), bei deren Anwendung ebenfalls das DALY als zentrale Maßeinheit genutzt wird (Malsch, Pinheiro, Krämer & Hornberg, 2006; Prüss-Üstün, Mathers, Campbell-Lendrum, Corvalán & Woodward, 2003). Die Krankheitslastenmethode wird ergänzt, indem der Anteil an der Krankheitslast quantifiziert wird, der auf einen oder mehrere Risikofaktoren zurückgeführt werden kann (Tobollik et al., 2018c). Hinter der Methode steht ein umfassenderes Konzept, bei dem davon ausgegangen wird, dass Gesundheit in Form von gesunden Lebensjahren quantifiziert werden kann indem bestimmte Annahmen getroffen werden.

Diese Informationen können unter anderem für Entscheidungen zur Verbesserung der Bevölkerungsgesundheit und zur finanziellen Ressourcendistribution in der Umwelt- und Gesundheitspolitik genutzt werden (Mathers, Vos, Lopez, Salomon & Ezzati, 2001a; Tobollik et al., 2018c). Darüber hinaus können DALYs aufgrund ihres zusammenfassenden Charakters für weitreichende Vergleiche in Bezug auf zeitliche Veränderungen von Erkrankungen, verschiedenen Nationalitäten und Bevölkerungsgruppen herangezogen werden (McMichael et al., 2001; Murray et al., 2002a; Prüss-Üstün & Corvalán, 2007; Schöffski & Greiner, 2008). Die theoretischen Anwendungsgebiete sind somit vielfältig. Die tatsächliche Nutzung von EBD-

Ergebnissen besonders im Rahmen der wissenschaftlichen Politikberatung hält sich jedoch in Grenzen. Gründe hierfür sind unter anderem die Komplexität der Methode und die indirekte Greifbarkeit durch den Abstraktionsgrad der Maßzahl DALY (Katz, Gajjar, Zwi & Hill, 2018).

An diesen Aspekt setzt die vorliegende Dissertation an: Die EBD-Methode wird anhand von vier Beispielen angewendet, wobei jedes Beispiel auf unterschiedliche Besonderheiten der Datenverfügbarkeit und des geografischen Raums eingeht. Die Beispiele umfassen die Gesundheitsfolgenabschätzung für zwei politische Treibhausgasminimierungsmaßnahmen in der Stadt Rotterdam (Tobollik et al., 2016a), die Berechnung der Krankheitslast von Feinstaub (Particulate Matter, PM) in dem indischen Bundesstaat Kerala (Tobollik, Razum, Wintermeyer & Plass, 2015), die Berechnung der globalen Krankheitslast durch handwerklichen Goldbergbau bedingter chronischer Quecksilberbelastung (Steckling et al., 2017) und die gesundheitlichen Folgen aufgrund der Verkehrslärmbelastung in Deutschland (Tobollik, Hintzsche, Wothge, Myck & Plass, 2019). Darauf aufbauend werden bezogen auf das Themenfeld Umwelt und Gesundheit aus wissenschaftlicher Sicht die Chancen und Grenzen der EBD-Methode für die wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland herausgearbeitet. Die Vermittlung als ein essenzieller Teil der wissenschaftlichen Politikberatung wird herausgegriffen und mithilfe von zwei nicht wissenschaftlichen Arbeiten thematisiert.

Die vorliegende Synopse gliedert sich in die Darstellung des Problemhintergrunds in Kapitel 2, der die wissenschaftliche Politikberatung vorstellt und dabei auf Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit von Politik und Wissenschaft eingeht. Kapitel 3 beinhaltet die Forschungsfrage. Für die vorliegende Arbeit relevante Theorien der Gesundheitswissenschaften werden in Kapitel 4 vorgestellt, wobei zunächst die Begriffe Gesundheit und Krankheit definiert werden. Die EBD-Methode wird zusammen mit deren historischer Entwicklung in Kapitel 5.1 bis 5.3 beschrieben. Eine Anwendungsform der EBD-Methode, eine Gesundheitsfolgenabschätzung, wird in Unterkapitel 5.4 erläutert. Dem folgt ein wichtiger Bestandteil der EBD-Methode, die Unsicherheitsanalyse, in Unterkapitel 5.5. In Kapitel 6 erfolgt eine Einordnung der Methode in die zuvor vorgestellten Theorien der Gesundheitswissenschaften (6.1), in aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen (6.2) und in den institutionellen politischen Rahmen (6.3). Kapitel 7 beinhaltet die Ergebnisse, welche in die Anwendungsbeispiele (7.1) und die EBD-Methode in Deutschland (7.2), die Beantwortung der Forschungsfrage (7.3) und die Vermittlung von EBD-Ergebnissen (7.4) eingeteilt sind. Die Ergebnisse werden in Kapitel 8 diskutiert. Das Kapitel 9 umfasst das Fazit und einen Ausblick.

2 Problemhintergrund: wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland

Wissenschaftliche Politikberatung ist der Erkenntnistransfer von der Wissenschaft in das politische System (Hustedt, Fleischer & Veit, 2010; Schützeichel, 2008) und ist damit zwischen den beiden Systemen Politik und Wissenschaft angesiedelt. Der Transfer ist nicht einseitig, die politische Ebene kann auch wissenschaftliche Erkenntnisse und Lösungsansätze anfragen. Inhalte werden mit wissenschaftlichen Methoden erstellt und erheben damit einen Anspruch auf Neutralität (Falk, Glaab, Römmele, Schober & Thunert, 2019).

In Deutschland ist wissenschaftliche Politikberatung ein fester Bestandteil des politischen Apparates (Falk et al., 2019; Siefken, 2010). Es gibt interne Beratung, bei der wissenschaftliche Erkenntnisse im politischen System selbst generiert werden. Beispiele sind die Ministerien oder persönliche Beraterinnen und Berater. Unter externer Beratung werden alle Informationen und Beratungsleistungen verstanden, die außerhalb des politischen Systems bereitgestellt werden (Grunden, 2009), wie z. B. durch wissenschaftliche Institutionen und Universitäten sowie private und öffentliche Thinktanks. Darüber hinaus gibt es wissenschaftliche Sachverständigenräte, Expertenkommissionen und Enquete-Kommissionen, die die Politik beraten (Weingart et al., 2008). Auch Medienformate wie Talkshows, in denen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler äußern, können als Politikberatung angesehen werden (Böcher, 2019).

Die wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland ist durch das Ressortprinzip geprägt, welches vorgibt, dass Beratung in die Zuständigkeit von Ministerien fällt (Murswiek, 2008). Im Themenfeld Umwelt und Gesundheit sei das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) genannt, das für den „Schutz der Bürgerinnen und Bürger vor Umweltgiften und Strahlung“ zuständig ist (BMU, 2019: o. S.). Für die Aufbereitung wissenschaftlicher Erkenntnisse sind dem BMU vier Bundesoberbehörden unterstellt, die, wie es im Grundgesetz festgeschrieben ist, selbstständig agieren (GG Artikel 87 Absatz 3): das Umweltbundesamt (UBA), das Bundesamt für Naturschutz, das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit sowie das Bundesamt für Strahlenschutz. Die wichtigsten Beratungsgremien des Ministeriums sind der Sachverständigenrat für Umweltfragen und der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen.

Wissenschaftliche Erkenntnissen, die zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden, können anhand von zwei Eigenschaften charakterisiert werden: epistemische und politische Robustheit. Epistemische Robustheit bedeutet, dass das Wissen Geltung besitzt und sachlich richtig ist. Politische Robustheit ist die Akzeptanz und politische Anwendbarkeit von wissenschaftlichen Empfehlungen, bei denen die Bedürfnisse des politischen Systems berücksichtigt werden. Im Beratungsprozess geht es primär darum, einerseits epistemisch angemessene und andererseits politisch vertretbare Lösungen zu finden (Weingart & Lentsch, 2008).

Das Spannungsfeld der wissenschaftlichen Politikberatung kann durch die unterschiedlichen Ziele der beiden Systeme veranschaulicht werden: Wissenschaft strebt maßgeblich nach Wissen und Erkenntnissen, welche die Wahrheit zeigen sollen, und Politik nach Macht bzw. Machterhalt, indem Entscheidungen und verbindliche Regeln basierend auf den bestehenden politischen Rahmenbedingungen getroffen werden (Böcher & Krott, 2010; Hustedt et al., 2010; Murswiek, 1994; Schützeichel, 2008). Bei der wissenschaftlichen Politikberatung sind diese Sach- und Machtfragen ineinander verwoben, was zu Herausforderungen bei der Zusammenarbeit beider Systeme führen kann (Korte, 2006). So muss Politik schnell entscheiden und auf soziale und gesellschaftliche Probleme reagieren und kann nicht immer auf wissenschaftliche Forschung warten, die ausreichend Zeit für die Bereitstellung von fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen benötigt (Sutcliffe & Court, 2005). Hingegen erwarten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, dass

Politikerinnen und Politiker ihren Rat annehmen, doch da diese neben dem wissenschaftlichen Erkenntnissen weitere Aspekte in ihrer Entscheidung berücksichtigen, ist ein direkter Transfer in die politische Praxis meist illusorisch (Davies, 2004; Kielmannseck, 2006). Auch ist die Form, in der wissenschaftliche Wissen erstellt und bereitgestellt wird, oft nicht die Art von Wissen, die direkt in den politischen Prozess einfließen kann. Der Grund ist, dass dieses größtenteils nicht im Sinne von politischen Entscheidungen problemorientiert ist (Weingart & Lentsch, 2008).

Ein häufig auftretendes Problem bei der Zusammenarbeit ist die mangelhafte Kommunikation zwischen Politik und Wissenschaft (Kielmannseck, 2006). Der Ursprung dieses Problems liegt ebenfalls in der Tatsache, dass es sich um zwei unterschiedliche Systeme mit eigenen Kommunikationsarten handelt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben eine eigene Fachsprache entwickelt, die für andere Gruppen nicht voraussetzungslos zu verstehen ist. Daher sollten wissenschaftliche Erkenntnisse so formuliert und vermittelt werden, dass sie von politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern wahrgenommen und verstanden werden können (Böcher, 2012). Ein weiteres Problem ist, dass durch wissenschaftliche Erkenntnisse teilweise mehr Fragen aufgeworfen als Diskussionen beendet werden. Denn wissenschaftlicher Sachverstand führt bei der Beantwortung von politischen Fragen nicht unbedingt zu Entscheidungssicherheit, sondern aufgrund dessen Komplexität und Ungewissheit zu weiteren Fragen (Böcher, 2007; Kropp & Wagner, 2008; Kusche, 2010).

Aus diesen Gründen läuft der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in das politische System weder auf direktem Weg ab noch ist es selbstverständlich, dass wissenschaftliche Erkenntnisse politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern über- und vermittelt werden. Zudem wählen politische Akteurinnen und Akteure nicht unbedingt die aus Sicht der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler besten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus, sondern solche, die der politischen Überzeugung entsprechen (Böcher & Krott, 2014). Aus diesen Gründen reicht das alleinige Vorhandensein von qualitativ hochwertigem wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht aus, um erfolgreich im politischen Beratungsprozess Anwendung zu finden (Böcher & Krott, 2010). Cash et al. (2002) haben Attribute zusammengestellt, die wissenschaftliche Erkenntnisse, die in den Beratungsprozess einfließt, aufweisen sollen:

- > **Relevanz:** Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sollen für die Arbeit der politischen Entscheidungsträgerinnen und -träger relevant sein und für diesen Zweck angemessen vermittelt werden. Hierzu zählen auch die zeitliche Relevanz der Erkenntnisse sowie die zielgruppenspezifische Kommunikation und Sprache.
- > **Glaubwürdigkeit:** Die Erkenntnisse sollen wissenschaftliche Aussagekraft besitzen. Dies kann sich beispielsweise durch das Einhalten wissenschaftlicher Standards und die Verwendung des aktuellen Stands der Technik zeigen. Die Quelle, aus der die wissenschaftlichen Erkenntnisse stammen, beeinflusst darüber hinaus die Einschätzung der Glaubwürdigkeit.
- > **Legitimation:** Der Erstellungsprozess der wissenschaftlichen Erkenntnisse soll fair, transparent und unvoreingenommen ablaufen. Zudem sollen unterschiedliche Personen beteiligt und ihre Bedenken berücksichtigt werden.

Darüber hinaus sollte die Integration und Verwertung der wissenschaftlichen Erkenntnisse Teil der Beratung sein. Bereits die Ausrichtung der Forschung auf Praxisprobleme der Politik und die Auswahl von

Forschungsergebnissen nach deren Relevanz für die Problemlösung sollen im Forschungsprozess bedacht werden (Böcher & Krott, 2010). Die Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse ist von deren Anwend- und Finanzierbarkeit sowie der Prüfung ihrer rechtliche Konformität abhängig (Böcher, 2019). Hierbei wird die wissenschaftliche Ebene verlassen und die Kommunikation mit der politischen Ebene gesucht. Beispiele sind die Beratung von Bürgerinnen und Bürgern, Beratung politischer Akteure und Übermittlung von Informationen für den Vollzug des Umweltrechts (Böcher & Krott, 2010).

Wissenschaftliche Politikberatung lässt sich kaum in die Kategorien erfolgreich und erfolglos einstufen, da der Beratungsprozess nicht linear zwischen der Person, die berät, und der Person, die beraten wird, verläuft und nicht mit einem konkreten messbaren Ergebnis endet. Der politische Prozess und dessen Beratung ist zu komplex, um solch eine Bewertung vorzunehmen (Böcher, 2012). Die EBD-Methode wurde mit dem Ziel der Politikberatung entwickelt. Die darauf aufbauende Forschungsfrage wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

3 Forschungsfrage

Untersucht wird, wie aus wissenschaftlicher Sicht, dazu beigetragen werden kann, dass wissenschaftliche Erkenntnisse erfolversprechend in den Prozess der wissenschaftlichen Politikberatung aufgenommen werden und somit als ein Kriterium in die politische Entscheidungsfindung einfließen kann. Die Entscheidung muss dennoch von der Politik getroffen werden (Böcher, 2019). Nachgegangen wird der Frage, inwiefern sich Ergebnisse, die anhand der EBD-Methode erstellt werden, für wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland eignen, indem sich auf die Chancen und Grenzen der Methode konzentriert wird, da eine Ausrichtung auf eine Erfolgsbewertung illusorisch ist (Böcher 2017).

Die Forschungsfrage lautet: *Worin bestehen die Chancen und Grenzen der Methode zur Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten für die wissenschaftliche Politikberatung in Deutschland?*

Die Chancen und Grenzen der EBD-Methode werden anhand von vier Anwendungsbeispielen und einem Übersichtsartikel herausgearbeitet. Neben den wissenschaftlichen Erkenntnissen ist die Vermittlung essenziell für eine Nutzung in der wissenschaftlichen Politikberatung. Daher werden über die vier Anwendungsbeispiele hinaus zwei Beispiele, welche sich mit der Vermittlung der Ergebnisse von EBD-Studien für die Allgemeinbevölkerung fassen, vorgestellt. Zunächst werden ausgewählte Theorien der Gesundheitswissenschaften und die EBD-Methode beschrieben und erläutert, um die EBD-Methode in diese einordnen zu können.

4 Ausgewählte Theorien der Gesundheitswissenschaften

Für eine Einordnung des EBD-Konzepts in die Theorien der Gesundheitswissenschaften wird zunächst erläutert, wie in den Gesundheitswissenschaften der Begriff Gesundheit definiert ist, um darauf aufbauend relevante Theorien und Modelle der Gesundheitswissenschaften vorzustellen.

Gesundheitswissenschaften, oft auch als Public Health bezeichnet, ist eine multidisziplinäre Wissenschaft, die in den 1980er Jahren in Deutschland für die Querschnittsdisziplinen der Gesundheits- und Gesundheitswesensforschung eingeführt wurde (Franzkowiak, 2018; Kolip, 2002). Es umfasst die Wissenschaft der öffentlichen Gesundheit sowie deren praktische Anwendung (Hurrelmann, Laaser & Razum, 2015). Eine der ältesten Definitionen von Public Health aus dem englischsprachigen Raum formuliert der Biologe und Gesundheitswissenschaftler Charles-Edward A. Winslow bereits im Jahr 1920:

“Public health is the science and the art of preventing disease, prolonging life, and promoting physical health and efficiency through organized community efforts for the sanitation of the environment, the control of community infections, the education of the individual in principles of personal hygiene, the organization of medical and nursing service for the early diagnosis and preventive treatment of disease, and the development of the social machinery which will ensure to every individual in the community a standard of living adequate for the maintenance of health” (Winslow, 1920: 30).

Diese Definition zeigt, dass es sich bei den Gesundheitswissenschaften zum einen um ein umfassendes Forschungsfeld handelt und Gesundheit zum anderen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren beeinflusst wird. Es werden medizinische Aspekte sowie gesellschaftliche und soziale Einflussfaktoren genannt. Ebenfalls wird eine Lebensumwelt erwähnt, die ein Aufrechterhalten von Gesundheit ermöglichen soll. Zentrale Begriffe der Zielerreichung sind Gesundheitsförderung und Prävention. Eine Besonderheit der Gesundheitswissenschaften, welche eine Abgrenzung von der Medizin zeigt, ist deren Fokus. Während in Erstgenannter die Gesellschaft oder Teilgruppen im Zentrum steht bzw. stehen, befasst sich die Medizin mit dem Individuum und dessen persönlicher Genesung. Neben diesem Bevölkerungs- und Systembezug zeichnen sich die Gesundheitswissenschaften ebenfalls durch ihre Multidisziplinarität und Anwendungsorientierung aus (Kolip, 2002).

Im Zentrum der Gesundheitswissenschaften stehen somit bevölkerungs- und systembezogene Analysen von Determinanten und Verläufen von Gesundheits- und Krankheitsprozessen (Hurrelmann, 2010; Schwartz, 2012). Die bevölkerungsbezogene Analyse umfasst die epidemiologische Untersuchung von persönlichen, umweltbedingten und verhaltensbezogenen Risikofaktoren, die den Gesundheitszustand von Bevölkerungen beeinflussen, wohingegen sich der systembezogene Ansatz auf die gesundheitliche Versorgung und die Bedürfnisse der Nutzenden des Gesundheitswesens konzentriert (Hurrelmann, 2010). In beiden Wissenschaftsperspektiven steht das Ziel, Gesundheit zu fördern und Krankheiten zu verhindern, im Mittelpunkt. Gesundheit ist ein vielschichtiges normatives Konstrukt, für das viele Definitionen vorliegen. Eine eindeutige Definition gibt es laut Trojan und Legewie (2000) jedoch nicht. Eine Übersicht über vorhandene Definitionen hat Alexa Franke (2012) zusammengestellt:

Eine weit verbreitete Definition bezeichnet Gesundheit als Störungsfreiheit. Gesundheit ist demnach alles, was nicht krank ist. Diese Definition lehnt sich stark an das Konzept von Krankheit an, zu dem es ebenfalls keine einheitliche Definition gibt. Im Gegensatz zu dieser medizinisch geprägten Definition von Gesundheit steht bei der Gesundheitsdefinition als Wohlbefinden das subjektive Befinden im Mittelpunkt. Damit grenzt diese Definition sich von der professionellen Ebene ab und konzentriert sich auf das subjektive

Befinden. Einer der bekanntesten Vertreter dieser Definition ist die der WHO: „Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen“ (WHO, 1946: 1315). Diese umfassende Sichtweise wird eingenommen, um die Spannbreite von Gesundheit darzustellen. Gleichzeitig wird ein Ideal beschrieben. Eine weitere Definition bezieht Gesundheit auf Leistungsfähigkeit und soziale Rollenerfüllung. Es geht um die Funktionalität des menschlichen Körpers und dessen Bezug zur Gesellschaft. Diese Definition geht damit über die Medizin hinaus und schließt soziale Aspekte wie Arbeitsfähigkeit ein. Eines der ältesten Verständnisse von Gesundheit ist die der Homöostase, also die Ausgeglichenheit und das Gleichgewicht der inneren und äußeren Welt eines Menschen. Eine weitere Definition bezeichnet Gesundheit als Heterostase. Bei dieser Definition stehen Störungen der Gesundheit, die überwunden werden müssen, im Mittelpunkt. Die Definition basiert auf dem Konzept der Salutogenese, nach dem sich der Körper immer dynamisch verändert, weil er auf die Umwelt und darin enthaltene Risiken reagiert. Als sechste Definition nennt Alexa Franke Gesundheit als Anpassung. Dies hat ein vergleichbares Grundverständnis wie die vorangegangene Definition, auch in dieser steht der Austausch mit der Umwelt als sowohl physikalische als auch die soziale und die gesellschaftliche Umgebung im Vordergrund. An diese muss sich der Körper anpassen, um gesund zu bleiben oder es wieder zu werden (Franke, 2012).

Für Krankheit gibt es ebenfalls keine einheitliche Definition. In der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der WHO wird eine Vielzahl an Erkrankungen beschrieben, aber eine allgemeine und übergreifende Krankheitsdefinition fehlt. Gleiches zeigt sich in der deutschen Gesetzgebung, auch hier fehlt eine einheitliche juristische Definition von Gesundheit und Krankheit. Ein Grund hierfür ist die Diskrepanz zwischen Krankheitsbefunden und persönlichem Befinden. Es kann beispielsweise eine Person objektiv als krank bezeichnet werden oder sie erhält medizinische Leistungen nach dem Sozialgesetzbuch, fühlt sich aber gesund. Genauso kann sich eine Person krank fühlen, erhält aber keine Leistungen, die im Leistungskatalog der gesetzlichen oder privaten Krankenkasse enthalten sind. Zudem variieren die Konzepte von Gesundheit und Krankheit nach Lebensalter, Geschlecht, sozio-ökonomischer Lage sowie soziokultureller und religiöser Orientierung (Siegrist & Troschke, 2012).

Trotz fehlender Einigung auf eine Definition von Gesundheit ist es oft erforderlich, den Gesundheitszustand einer Bevölkerung darzustellen und zu beschreiben. Zu diesem Zweck können gesundheitsbezogene Indikatoren oder Gesundheitsindizes verwendet werden (Siegrist & Troschke, 2012). Dabei wird Gesundheit wissenschaftlich zu erfassen und in praktischer Form zu beschreiben versucht. Indikatoren dienen dazu, Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie der Öffentlichkeit Informationen über einen nicht direkt messbaren Gegenstand zu vermitteln (Neus & Mücke, 2005).

Das Driving-Pressure-State-Exposure-Effect-Action-(DPSEEA)-Modell wurde zur Herleitung von Indikatoren im Themenfeld Umwelt und Gesundheit zu entwickelt (Abbildung 1). Es stellt die Einflussnahme von Umweltfaktoren auf die Gesundheit dar. Es beginnt bei der Antriebskraft, wie z. B. das Bevölkerungswachstum, wirtschaftlichen oder technischen Entwicklungen. Diesen folgt ein gewisser Druck auf die

Produktion, da mehr Güter benötigt werden und der Konsum steigt, was zu Veränderungen in der Umwelt führt. So geht mit der Produktion von Gütern der Verbrauch von natürlichen Ressourcen und eine vermehrte Abfallproduktion einher. Diese Faktoren beeinflussen wiederum die Umwelt, sodass es zu Naturkatastrophen und einer größeren Umweltverschmutzung kommen kann. Diese veränderte Umwelt führt zu Änderungen in der Exposition des Menschen, wie beispielsweise die Zunahme der Luftverschmutzung durch eine steigende Anzahl an Automobilen. Die Exposition kann zu gesundheitlichen Auswirkungen und umweltassoziierten Erkrankungen führen. Politische Maßnahmen können an allen fünf Faktoren ansetzen und auf diese einwirken (Tobollik, Kabel, Mekel, Hornberg & Plaß, 2018a). Diese umfassen neben politischen Entscheidungen in der Wirtschafts- oder Sozialpolitik auch direkte Maßnahmen im Umweltsektor und im kurativen System. Für die Ableitung von politischen Maßnahmen ist das DPSEEA-Modell daher geeignet, weil es eine umfassende Einflussnahme von unterschiedlichen Faktoren auf die Gesundheit beinhaltet (Schirnding, 2002).

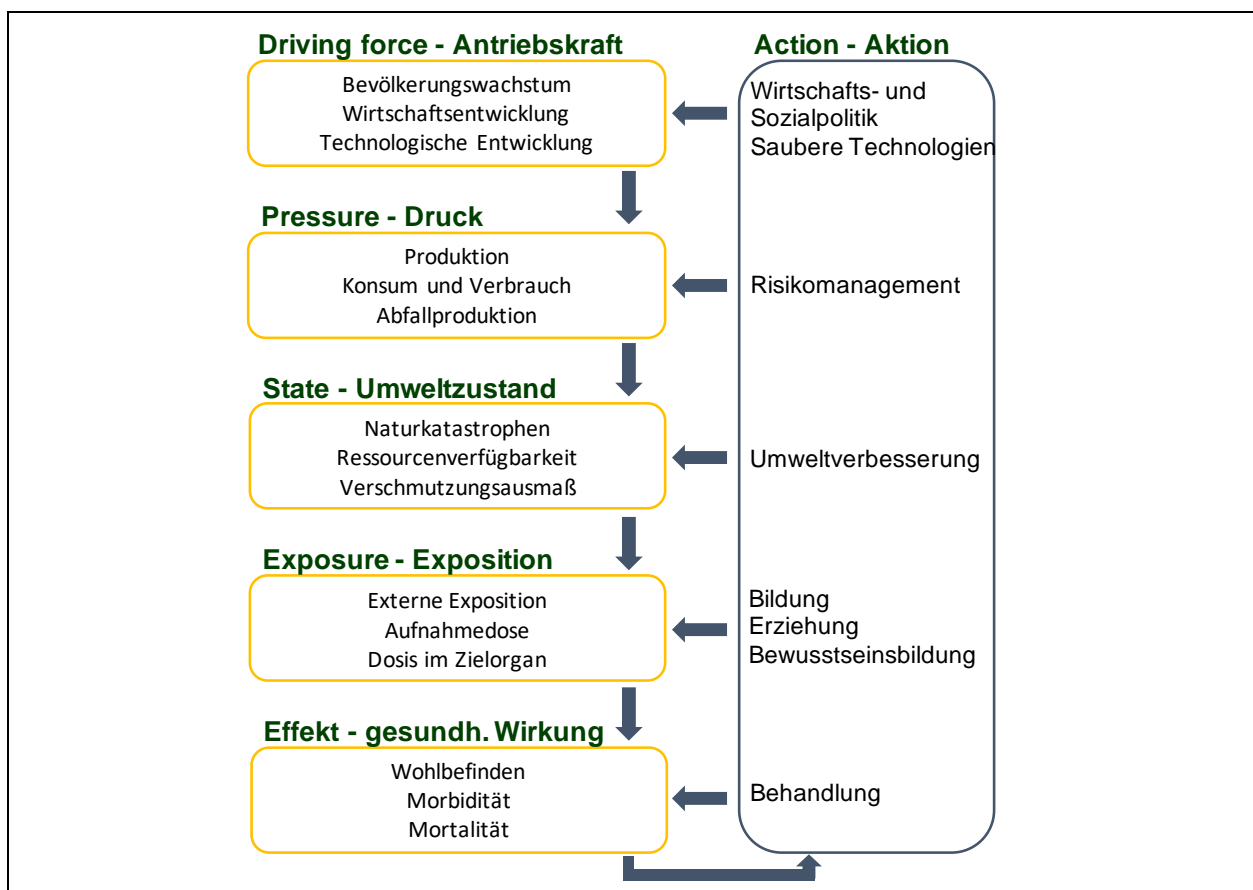


Abbildung 1: Driving-Pressure-State-Exposure-Effect-Action-(DPSEEA)-Modell

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Corvalán, Briggs und Kjellstrom (1996: 28)

Neben den umweltbedingten Risikofaktoren gibt es eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren auf die Gesundheit. Diese werden auch als Gesundheitsdeterminanten bezeichnet, welche die Gesundheit sowohl negativ als auch positiv beeinflussen. Die negative Beeinflussung umfasst das Konzept der Pathogenese. Unter Pathogenese wird die Entstehung und Entwicklung von Krankheiten gefasst. Dem wird zumeist das Konzept der Salutogenese gegenübergestellt. Salutogenese beinhaltet jegliche Prozesse, die Gesundheit

erhalten und fördern (Franke, 2018). Ein grundlegender Unterschied beider Modelle ist das Verständnis des Gesundheits-Krankheits-Verhältnisses. Im Pathogenese-Modell ist Gesundheit die Norm und jegliche Abweichungen werden als krank bezeichnet. Salutogenese hingegen trennt die beiden Konzepte nicht voneinander, sondern sieht diese als Endpunkte eines Kontinuums mit fließenden Übergängen. Eine Zweiteilung findet sich auch in den Konzepten der Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung wieder. So geht es bei der Prävention um die Vermeidung des Auftretens von Krankheiten, indem Krankheitsrisiken reduziert werden, wohingegen Gesundheitsförderung auf die Stärkung der gesundheitlichen Entfaltungsmöglichkeiten abzielt (Hurrelmann, Klotz & Haisch, 2010).

Ein Erklärungsmodell der Pathogenese ist das biomedizinische Krankheitsbild. Dieses Modell fußt auf Erkenntnissen der Bakteriologie, die Ende des 19. Jahrhunderts erzielt wurden (Franke, 2018). Demnach führt das Vorhandensein eines bestimmten Erregers unter bestimmten Umweltbedingungen zur Erkrankung des Wirts. Es besteht somit ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines Keims und dem Auftreten einer Erkrankung. Daraus lässt sich wiederum ableiten, dass einer Erkrankung das Vorhandensein eines Keims vorausgegangen sein muss. Dieser Zusammenhang wird auch als Ursache-Wirkungs-Modell bezeichnet. Krank ist, was vom natürlichen Zustand des Organismus abweicht, und Krankheitssymptome werden als Störungen der Funktion des Organismus Mensch gedeutet (Klemperer, 2015). Die Einteilung in die Dichotome gesund oder krank ist eindeutig, Zwischenstadien oder Dimensionen sind in dem Konzept nicht vorgesehen. Krankheit bedeutet eine biochemische, mechanische oder genetische Störung des Organismus. Dieser Störung ist eine bestimmte Entwicklung vorausgegangen, da laut dem Modell der Störung eine bestimmte Ursache zugrunde liegt. Daher ist es möglich, für jede Krankheit deren spezifische Ätiologie zu bestimmen und ihren Verlauf zu charakterisieren und sie so zu klassifizieren und objektiv zu beschreiben. Krankheiten haben typische Symptome und Manifestationen, die von geschultem medizinischem Personal erkannt werden können, sodass eine Erkrankung diagnostiziert werden kann (Franke, 2018). Darüber hinaus ermöglicht es der kausale Zusammenhang zwischen Keim und Krankheit, die Krankheit durch die Eliminierung des Keimes zu verhindern und Präventionsmaßnahmen durchzuführen.

Nicht jedes Krankheitsauftreten lässt sich mit dem Modell erklären, da nicht jede Krankheit monokausal ist und sich auf eine einzige Ursache zurückführen lässt. Die Verbreitung von chronischen und degenerativen Erkrankungen hat es notwendig gemacht, das Modell weiterzuentwickeln. Im Risikofaktorenmodell wird die Ursache einer Erkrankung als Risikofaktor bezeichnet, der die Wahrscheinlichkeit, dass eine Erkrankung eintritt, beeinflusst (Franke, 2012; Klemperer, 2015). Das Modell fußt auf epidemiologischen Untersuchungen und geht daher – im Gegensatz zum biomedizinischen Modell – von der Erhöhung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Erkrankung aufgrund des Vorhandenseins eines bestimmten Risikofaktors aus. Zudem ist es möglich, dass mehrere Risikofaktoren zu einer Erkrankung führen. Dieser Zusammenhang zwischen Risikofaktor und Krankheit kann in statistischen Korrelationen ausgedrückt werden.

Das Modell der Risikofaktoren verbindet medizinische und sozialwissenschaftliche Sichtweisen (Hurrelmann, 2010). Es werden sowohl medizinische als auch nicht medizinische Ursachen für Krankheiten als bedeutsam angesehen. So sind auch bestimmte Lebensweisen oder Lebenslagen Risikofaktoren für Erkrankungen. Zudem kann das Modell genutzt werden, um die Notwendigkeit von Präventionsmaßnahmen darzulegen, indem gezeigt wird, dass durch Maßnahmen Risikofaktoren minimiert werden und so die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Krankheit eintritt, verringert wird.

Ein weiteres, im Kontext vorliegender Arbeit relevantes Modell ist die Humanökologie, die physische, soziale, kulturelle und politische Aspekte der Mensch-Umwelt-Beziehung analysiert und ihren Einfluss auf die menschliche Gesundheit darstellt (Fehr, 2018). Der Umweltbegriff kann dabei enger gefasst werden und nur die physische Umwelt samt physikalischer, chemischer und biologischer Aspekte umfassen oder auch breiter und damit sowohl die physische als auch die psychosoziale Umwelt einbeziehen (Eis, 2012; Fehr, Hornberg & Wichmann, 2015). Eine weitere Unterscheidung ist die in natürliche Gegebenheiten und in räumliche und bauliche Gestaltungen durch den Menschen (Fehr, Neus & Heudorf, 2005).

Der Einfluss von der Umwelt auf die Gesundheit kann sowohl positiv als auch negativ sein. Zum einen ist die Umwelt eine gesundheitsfördernde Ressource, und zum anderen kann die Umwelt die menschliche Gesundheit durch Risikofaktoren gefährden (Fehr et al. 2012, Eis 2012). Objektiv fassbare Risiken aus der Umwelt werden Noxen genannt, zu denen chemische Schadstoffe, physikalische Faktoren wie Lärm und Strahlung oder mikrobiologische Faktoren, wie z. B. Bakterien und Pilze, zählen (Fehr et al., 2005). Die Vielfalt dieser Faktoren wird in den Gesundheitswissenschaften unter den ökologischen Risikofaktoren zusammengefasst (Hurrelmann et al., 2010).

Diese können anhand von zwei grundsätzlichen Ansätzen untersucht werden: der Umweltepidemiologie und der Toxikologie (Fehr, 2001). In der Umweltepidemiologie werden epidemiologische Konzepte, Studienformen und Methoden angewendet, wobei diese an die Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes angepasst werden. So müssen lange Latenzzeiten und die Exposition gegenüber mehreren Umweltfaktoren ebenso berücksichtigt werden wie die Schwierigkeit einer adäquaten Erhebung solcher Expositionen. Allein mit umweltepidemiologischen Beobachtungsstudien kann keine kausale Wirkungsfunktion belegt werden. Die Toxikologie erforscht diese Kausalität anhand von kontrollierten Experimenten, stößt aber auf das Problem der Übertragbarkeit auf die Realität. Aus diesen Gründen entstand die Methode der Risikoanalyse, die beide Methoden integriert (Fehr, 2001; Fehr et al., 2015).

In der Risikoanalyse wird anhand einheitlicher Methoden das Gefährdungspotenzial und die Wirkung auf die Gesundheit der Bevölkerung systematisch ermittelt und bewertet (Fehr, 2001; Hornberg & Pauli, 2011). Eine quantitative Risikoanalyse umfasst die folgenden Schritte: Gefahrenidentifikation, Expositionsabschätzung, Dosis-Wirkungs-Abschätzung und Risikocharakterisierung. Die Ergebnisse können beim Risikomanagement zur Unterstützung genutzt werden. Risikoanalysen gehen damit meist über reine naturwissenschaftliche Erhebungen hinaus und beinhalten zusätzlich Expertinnen- und Expertenurteile sowie

wertgeleitete Konventionen. Denn aufgrund von Variabilität, Unsicherheit und Ambiguität der komplexen Erfassung eines bestimmten Risikos bedarf diese eine Bewertung, um die Ergebnisse für Entscheidungsträgerinnen und -träger nutzbar zu gestalten (Kappos & Gelbke, 2005).

Um die Methode der umweltbedingten Krankheitslasten in die Theorien der Gesundheitswissenschaften einordnen zu können, wird diese im folgenden Kapitel vorgestellt.

5 Methode

In den folgenden Ausführungen wird die Entwicklung der Krankheitslastenmethode beschrieben, um darauf aufbauend die Berechnungsmethode und die Attribuierung auf umweltbedingte Risiken zu erläutern. Das Kapitel schließt mit einer speziellen Anwendungsmöglichkeit, der Gesundheitsfolgenabschätzung und Unsicherheitsanalysen ab. Eine Zusammenfassung der Methode findet sich auch in dem Artikel Tobollik et al. (2018c).

5.1 Entwicklung der Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten

Das Konzept der Krankheitslast wurde von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der WHO, der Harvard School of Public Health und der Weltbank 1990 im Rahmen der ersten GBD-Studie für die standardisierte Darstellung des Gesundheitszustands der Weltbevölkerung entwickelt (Murray & Lopez, 1996). Erste Berechnungen wurden im Weltentwicklungsbericht präsentiert (World Bank, 1993) und die erste GBD-Studie umfasst Berechnungen für 192 WHO-Mitgliedstaaten (Murray & Lopez, 1996; WHO, 2008). Seit ihrem wegweisenden Einsatz in der ersten GBD-Studie wurde die Methode aufgrund der Kritik aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen weiterentwickelt (Anand & Hanson, 1997; Murray et al., 2002a; Vos et al., 2012). Zunächst geschah dies maßgeblich durch die WHO. Mit der GBD-2010-Studie, die 2012 veröffentlicht wurde, hat das Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) der Universität Washington die Weiterentwicklung der GBD-Studie und die globale Quantifizierung von Krankheitslasten übernommen (Murray et al., 2012a; Plaß et al., 2014).

Zusätzlich zu den GBD-Berechnungen führten und führen einige Länder nationale Studien durch, um spezifische und an die Bedingungen des entsprechenden Landes angepasste Ergebnisse zu erhalten (u.a. Begg et al., 2007; Havelaar & Melse, 2003; Michaud et al., 2006). Für Deutschland gibt es bislang keine umfassende nationale Krankheitslasten-Studie (Hornberg et al., 2013; Plaß et al., 2014). Diese Lücke wird aktuell mittels einer vom Robert Koch-Institut, dem Wissenschaftlichen Institut der Allgemeinen Ortskrankenkasse und dem UBA durchgeführten Studie zu schließen versucht (Rommel et al., 2018).

Aufgrund des politischen und gesellschaftlichen Interesses an den Auslösern der Krankheitslasten wurde das Konzept der vergleichenden Risikoabschätzung eingesetzt, um umwelt- und lebensstilassoziierte Risikofaktoren und deren negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erfassen. Für umweltbedingte Risikofaktoren hat die WHO ein eigenständiges Konzept entwickelt: EBD (Kay, Prüss & Corvalán, 2000; McMichael et al., 2001). Die Methode erweitert dabei den Burden-of-Disease-(BoD)-

Ansatz, indem der Anteil von Risikofaktoren an der Krankheitslast quantifiziert wird (Malsch et al., 2006; Prüss-Üstün et al., 2003).

Der EBD-Ansatz hat zum Ziel, das Verständnis der Wirkungszusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und assoziierten gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu differenzieren und zu erweitern. Die Verwendung einer standardisierten und dadurch vergleichbaren Maßzahl für die umweltbedingte Krankheitslast ermöglicht es zudem, Risikofaktoren miteinander vergleichen zu können und so die Prioritätensetzungen, z. B. hinsichtlich Interventionen und Regulierungen, zu unterstützen. Diese Informationen können zur Planung, Beurteilung und Prüfung von politischen Maßnahmen sowohl im Umwelt- als auch im Gesundheitssektor herangezogen werden (Ezzati, Alan D. Lopez, Rodgers & Murray, 2004; Kay et al., 2000; Prüss-Üstün et al., 2003; Tobollik et al., 2018c).

Krankheitslast ist kein geschützter Begriff. Daher müssen entsprechende Studien nicht immer auf dem Konzept der WHO oder des DALY basieren. Die Krankheitslast kann auch mittels Anzahl der risikofaktorbezogenen Krankheitsfälle oder risikoadjustierte Lebenserwartung dargestellt werden (COMEAP, 2010). Im Folgenden wird sich auf die Berechnung der DALYs anhand der von der WHO entwickelten und vom IHME angewandten Methode konzentriert.

5.2 Berechnung von verlorenen gesunden Lebensjahren (DALYs)

DALYs quantifizieren Gesundheit in Form verlorener gesunder Lebensjahre und stellen ein Negativmaß der Bevölkerungsgesundheit dar. Lebensjahre können zum einen durch vorzeitiges Versterben vor dem Erreichen eines bestimmten Alters (years of life lost due to premature mortality, YLL) und zum anderen durch gesundheitliche Einschränkungen verloren gehen (years lived with disability, YLD). Die mit einer gesundheitlichen Einschränkung verbrachten Lebensjahre gehen mit einer unterschiedlichen Gewichtung je nach Krankheitsschwere in die Berechnung ein. DALYs werden für einen bestimmten Gesundheitsendpunkt, ein Bezugsjahr oder -zeitraum und einen Bezugsraum berechnet (Murray et al., 2012b; WHO, 2008).

Im Folgenden wird sowohl die aktuelle Berechnungsmethode des IHME (GBD 2010) als auch die zuvor beschriebene Methode der WHO (GBD 1990) vorgestellt, da derzeit beide Verfahren Anwendung finden (Abbildung 2).

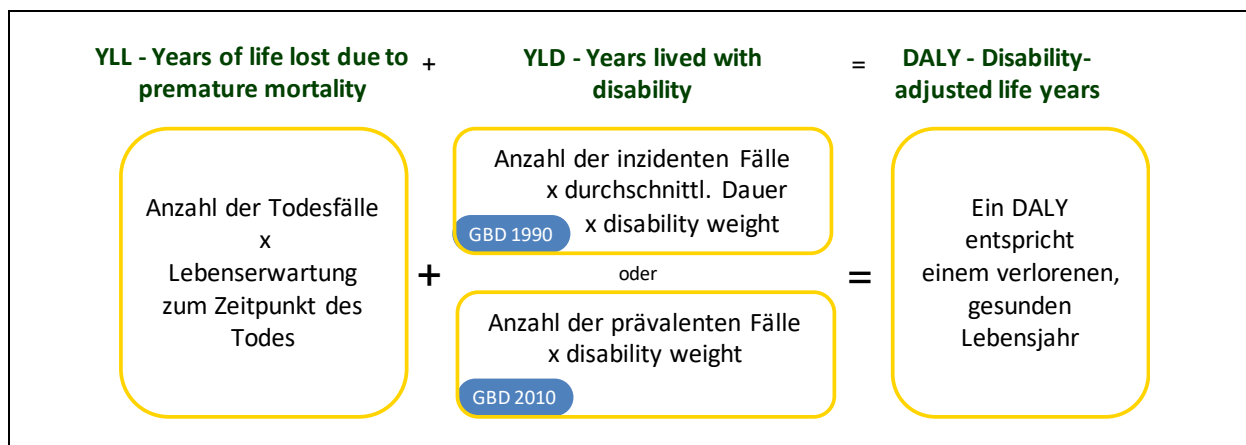


Abbildung 2: Komponenten der DALY-Berechnung

Quelle: Tobollik, Terschüren, Steckling, McCall und Hornberg (2016b: 241) modifiziert nach Prüss-Üstün et al. (2003), Mathers et al. (2004) und Vos et al. (2012)

Für die Mortalitätskomponente (YLL) wird die durchschnittliche statistische Lebenserwartung oder eine standardisierte Lebenserwartung als Referenzwert genommen und berechnet, wie viele Lebensjahre in Bezug auf diese je Altersgruppe oder Altersjahr verloren gehen. Die Berechnung erfolgt durch die Multiplikation der Anzahl an Todesfällen, die je Altersgruppe oder Altersjahr durch eine bestimmte Erkrankung aufgetreten sind, mit der verbliebenen statistischen Restlebenserwartung zum Zeitpunkt des Todes. Anschließend werden die YLLs der einzelnen Altersgruppen oder -jahre aufsummiert (Murray et al., 2012a; Murray et al., 2002a).

Für die Berechnung der Lebensjahre in verminderter Gesundheit (YLD) gibt es zwei Ansätze: In der ursprünglichen Methode (GBD 1990) wird die Anzahl der inzidenten Krankheitsfälle mit der durchschnittlichen Dauer der Erkrankung in Tagen und einem Gewichtungsfaktor für den Schweregrad einer Erkrankung (disability weight) multipliziert (Murray, Salomon, Mathers & Lopez, 2002b). Alternativ zu dieser Vorgehensweise kann auch die Anzahl prävalenter Fälle einer Erkrankung mit dem entsprechenden disability weight multipliziert werden, um die YLDs zu errechnen (GBD 2010) (Vos et al., 2012). Ein disability weight ist eine Zahl zwischen 0 (optimaler Gesundheitszustand) und 1 (Zustand vergleichbar mit dem Tod), die den Schweregrad von einer Erkrankung darstellt (Mathers et al., 2001a; Tobollik et al., 2016b).

Darüber hinaus hat im Rahmen der ersten GBD-Studie eine unterschiedliche Gewichtung der Altersjahre (die Krankheitslast von Personen im arbeitsfähige Alter wurde am höchsten und die jüngere und ältere Personen wurde geringer bewertet) sowie eine Diskontierung zukünftiger Krankheitslasten (DALYs, die in der Zukunft auftreten, werden niedriger gewichtet als aktuelle DALYs) Anwendung gefunden (Murray, 1994). Weil beide Parameter kritisch diskutiert werden, finden diese in aktuellen Studien kaum noch Anwendung (z. B. Anand & Hanson, 1997; Hornberg et al., 2013; Murray et al., 2012a).

5.3 Berechnung der umweltbedingten Krankheitslasten

Die Identifikation der gesundheitlichen Wirkungen von Umweltfaktoren ist der erste Schritt von EBD-Berechnungen. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Exposition gegenüber Umweltfaktoren

und den daraus folgenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen kann eine grafische Darstellung hilfreich sein (Malsch et al., 2006; Murray & Lopez, 1999; Prüss-Üstün et al., 2003). Jede der Verbindungen von Ursache und Wirkung kann als mathematische Funktion beschrieben und somit berechnet werden. Dabei kann sowohl von der Ursache ausgegangen und geprüft werden, in welchem Ausmaß die Gesundheit beeinträchtigt wird, als auch – beginnend bei der gesundheitlichen Beeinträchtigung – geprüft werden, wie hoch der Anteil ist, der auf umweltbedingte Risiken zurückzuführen ist (Prüss-Üstün et al., 2003).

Zur Berechnung der EBD wird der attributable Anteil der Krankheitslast berechnet, der auf einen Umwelt-
risikofaktor zurückzuführen ist. Dieser bezeichnet den (prozentualen) Anteil, um den die Krankheitslast reduziert werden könnte, wenn der ursächliche umweltbezogene Risikofaktor auf ein bestimmtes Niveau reduziert werden würde (Smith, Corvalán & Kjellstrom, 1999). Prüss-Üstün et al. (2003) definieren das attributable Risiko als den Unterschied im Risikolevel zwischen nicht exponierten und dem Risikofaktor exponierten Personen. Dieser Unterschied gibt Aufschluss darüber, wie viele Sterbefälle und Erkrankungen vermieden werden könnten, wenn das bestimmte Niveau der Exposition vorliegen würde. Dieses Niveau ist ein Vergleichswert, der den gewünschten oder einen hypothetischen Zustand der Exposition beschreibt und im Deutschen als untere Quantifizierungsgrenze bezeichnet wird. Das kann z. B. der geringste gemessene Wert (z. B. keine Luftverschmutzung durch menschliche Quellen), ein erreichbarer Wert durch Maßnahmen (z. B. Verminderung der Luftverschmutzung durch weniger Straßenverkehr) oder ein politisch gesetzter Grenzwert sein (Murray & Lopez, 1999; Tobollik et al., 2018c). Zur Berechnung der EBD werden die folgenden Daten benötigt (Prüss-Üstün & Corvalán, 2006):

Expositionsangaben: Daten zur Verteilung des Risikofaktors in der betrachteten Bevölkerung können in verschiedenen Formaten und in einer unterschiedlichen Detailtiefe vorliegen bzw. erhoben werden. Dies sind beispielsweise Messungen der Schadstoffbelastung in Umweltmedien oder im Human Biomonitoring. Falls keine Messungen möglich sind, können auch Bevölkerungsbefragungen zum Vorhandensein eines Risikofaktors durchgeführt werden. Zudem können Expositionsszenarien, die verschiedenen Expositionsmöglichkeiten von keiner bis zu einer hohen Exposition darstellen, entwickelt und genutzt werden.

Expositions-Wirkungsfunktion: Expositions-Wirkungsfunktionen beschreiben den mathematischen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber einem Risikofaktor und dem damit in Zusammenhang stehenden Auftreten von Gesundheitseffekten. Diese Daten stammen meist aus umweltepidemiologischen Studien (Tobollik et al., 2018c). Für die Berechnung des attributablen Anteils muss die Expositions-Wirkungsfunktion entsprechend dem Formats und der Detailtiefe der Expositionsdaten ausgewählt werden.

Krankheitsspezifische DALYs, YLLs oder YLDs: Die Krankheitslast wird zunächst risikounabhängig, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, berechnet.

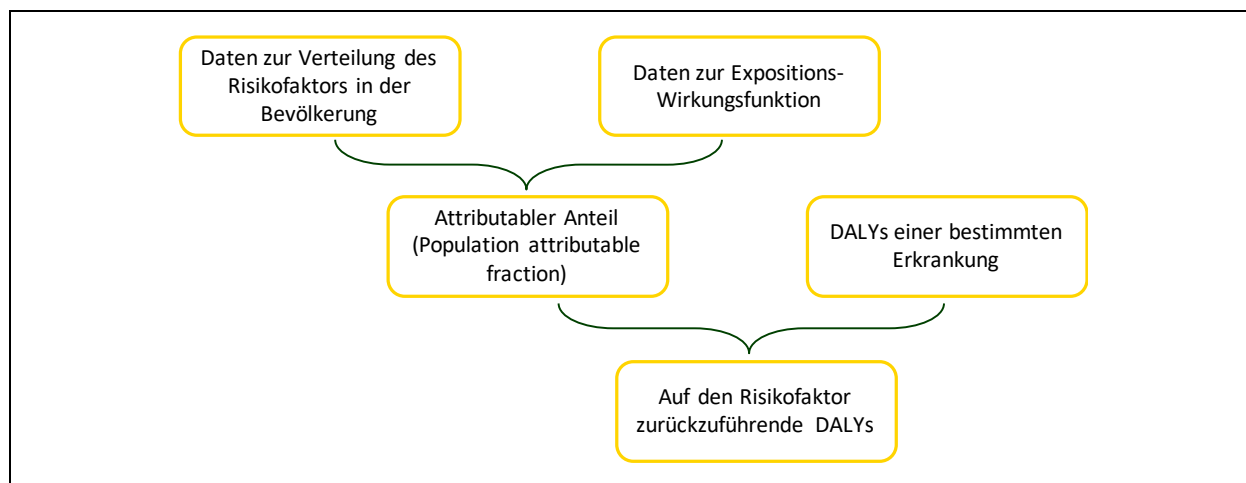


Abbildung 3: Methode der EBD-Berechnung

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Prüss-Üstün et al. (2003: 42)

Die Expositionsangaben und die Expositions-Wirkungsbeziehung werden anhand der Population-attributable-fraction-(PAF)-Formel zu einem attributablen Anteil kombiniert. Mit diesem werden die krankheitsspezifischen DALYs, YLLs oder YLDs, multipliziert (Abbildung 3). Das Ergebnis ist der Anteil der Krankheitslast, der auf einen Risikofaktor und eine Krankheit zurückzuführen ist.

5.4 Gesundheitsfolgenabschätzung

Eine Gesundheitsfolgenabschätzung, meist in Deutsch auch mit dem englischen Begriff health impact assessment (HIA) bezeichnet, ist eine wissenschaftliche Methode zur Schätzung von gesundheitlichen Effekten von politischen Maßnahmen oder Projekten (WHO European Centre for Health Policy, 1999). Diese gesundheitlichen Effekte können sowohl positiv als auch negativ sein und mithilfe von DALYs quantifiziert werden. Anhand der DALYs kann der Einfluss vor und nach der Einführung der Maßnahme verglichen werden. Durch das Aufzeigen der Effekte der zumeist noch nicht implementierten Maßnahme sollen Gesundheitsgewinne maximiert und Gesundheitsverluste minimiert werden (Kemmer & Parry, 2004; Mindell, Ison & Joffe, 2003). Die Maßnahmen beschränken sich nicht auf den Gesundheitssektor, sondern sollen auch weitere Sektoren umfassen, um die direkten und indirekten Einflüsse auf die Gesundheit aufzuzeigen (Dahlgren & Whitehead, 1991). Das Ziel besteht darin, Gesundheitseinflüsse in die Entscheidungsfindung über Maßnahmen aufzunehmen (Dora & Racioppi, 2003; Kemmer, 2007), wobei beispielsweise die WHO-Strategie Health-in-all-policy in eine Methode überführt wird (Ståhl, Wismar, Ollila, Lahtinen & Leppo, 2006), indem die Bedeutung von nicht direkt gesundheitsbezogenen Sektoren einschließlich ihrer Einflussnahme auf die Gesundheit aufgezeigt wird.

5.5 Unsicherheitsanalyse

Teil jeder Krankheitslastenberechnung sollte eine Unsicherheitsanalyse sein, da EBD-Schätzungen sowohl Annahmen und Konventionen umfassen als auch die verschiedenen Eingangsdaten Unsicherheiten enthalten (Knol, Petersen, van der Sluijs & Lebret, 2009; Tobollik et al., 2018c). Zur Darstellung der

Unsicherheiten ist eine umfassende und vollständige Dokumentation des gesamten Berechnungsverfahrens sowie aller Annahmen, Eingangsdaten und Quellen notwendig (Devleeschauwer et al., 2014).

Die Vielzahl an Unsicherheiten in EBD-Berechnungen haben Knol et al. (2009) umfassend und detailliert in kontext-, modell-, parameter- und eingangsdatenbezogene Unsicherheiten typisiert. Diese ausführliche Unsicherheitserfassung wird derzeit kaum ausgeführt, da sie zeit- und ressourcenaufwendig ist. Zumeist wird ein auf dem Konfidenzintervall der Expositions-Wirkungsfunktion basierendes Konfidenzintervall berechnet. Dies reicht jedoch nicht aus, um die Unsicherheiten der gesamten EBD-Berechnung darzustellen (Mathers et al., 2006). Mit der Entwicklung der BoD- und EBD-Methode hat sich auch die Unsicherheitsanalyse entwickelt, so wurden zu Anfang meist lediglich Punktschätzer zum Teil mit Konfidenzintervallen angegeben. Der aktuelle Stand, der maßgeblich vom IHME entwickelt wurde, umfasst eine komplexe Monte-Carlo-Simulation aller Eingangsvariablen (GBD 2017 Risk Factor Collaborators, 2018).

Unsicherheiten in den Eingangsdaten können auch mit einer Sensitivitätsanalyse dargestellt werden. Anhand dieser wird der Einfluss von Eingangsdaten auf das Ergebnis abgeschätzt, indem Eingangsdaten systematisch variiert werden (Mathers et al., 2006). Der Unterschied zur in Kapitel 5.3 erläuterten Szenarioanalyse ist, dass bei dieser der Einfluss von Szenarien auf das Ergebnis, z. B. inwiefern sich die Krankheitslast ändert, wenn von einer Reduktion der Exposition um 25 % ausgegangen wird, abgeschätzt wird und nicht die Sensitivität des Modells an sich geprüft wird.

6 Einordnung der Methode zur Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten

Im Folgenden wird die zuvor vorgestellte Methode zur Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten (Kapitel 5) zum einen in die Theorien der Gesundheitswissenschaften (Kapitel 4) und zum anderen in aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen und in den institutionellen politischen Rahmen in Deutschland eingeordnet (Kapitel 2).

6.1 Einordnung in die Theorien der Gesundheitswissenschaften

Die in Kapitel 5 vorgestellten Konzepte BoD und EBD erfassen Gesundheit im Sinne der erstgenannten Gesundheitsdefinition, Gesundheit als Abwesenheit von Krankheit. Es wird von einem optimalen Zustand (einer gewissen Lebenserwartung) ausgegangen und von diesem festgelegten Lebensalter werden die durch Mortalität verlorenen Lebensjahre subtrahiert. Es handelt sich somit um ein Negativmaß der Bevölkerungsgesundheit. Das Optimum ist vollkommene Gesundheit in Form eines gewissen zu erwartenden Alters, welches frei von Erkrankungen erreicht wird. Individuelle Sichtweisen von Gesundheit wie Wohlbefinden oder Salutogenese können mit dem Konzept nicht abgebildet werden, was auch für die Gesundheitsdefinitionen der Homöostase und Heterostase gilt. Für eine weitere Diskussion der Definition von Gesundheit und Krankheit im Rahmen von EBD kann die Publikation von Hornberg et al. (2013) herangezogen werden. Die Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der WHO kann für BoD und EBD-Berechnungen genutzt werden, um epidemiologische Studien und

Krankheitsdaten miteinander zu verknüpfen. Auch ist die Todesursachenstatistik in Deutschland nach dieser Klassifikation eingeteilt.

Mithilfe der disability weights wird der Schweregrad einer Erkrankung dargestellt. Auch werden soziale Implikationen von Erkrankungen und gesundheitlichen Einschränkungen berücksichtigt, jedoch handelt es sich nicht um ein mehrdimensionales Kontinuum von Gesundheit und Krankheit wie im Salutogenese-Konzept, sondern um eine medizinisch orientierte Bewertung. Disability weights werden auf einer Skala von 0 bis 1 verortet, dennoch handelt es sich um eine eindeutige Einteilung in Gesund oder Krank, lediglich der Schweregrad einer Erkrankung ist variabel. Auch ist es möglich, dass eine Person an mehreren Erkrankungen leidet (Multimorbidität). Dies kann durch die Kombination verschiedener disability weights ausgedrückt werden. Dass eine Person jedoch gleichzeitig gesund und krank ist, kann mit den disability weights und im EBD-Konzept nicht abgebildet werden.

Das Summenmaß DALY kann als Indikator genutzt werden, um das abstrakte Konstrukt Gesundheit darzustellen. Die Funktion von Indikatoren, Zustände zu beschreiben, Problemfelder zu analysieren und Veränderungen anzuzeigen (Neus & Mücke, 2005), kann vom DALY-Konzept als erfüllt angesehen werden. Mithilfe des Maßes DALY kann der Gesundheitszustand von Bevölkerungen beschrieben und vergleichend dargestellt werden. Zudem können Problemfelder, in diesem Fall Krankheiten oder Risikofaktoren mit einer großen Krankheitslast, identifiziert werden. Auch können zeitliche Veränderungen in der Krankheitslast dargestellt werden sowie verschiedene geografische Räume oder Bevölkerungsgruppen miteinander verglichen werden. Die individuelle Ebene wird nicht abgedeckt, was auch nicht Ziel dieses Maßes zur Darstellung der Bevölkerungsgesundheit ist.

Das Konzept der umweltbedingten Krankheitslasten lässt sich in das Risikofaktorenmodell einordnen, da bei diesem bestimmte Risikofaktoren für Erkrankungen identifiziert werden und deren Anteil an der gesamten Krankheitslast berechnet wird. Hierzu werden wie im Risikofaktorenmodell epidemiologische Maßzahlen verwendet, welche die statistische Erkrankungswahrscheinlichkeit bei Vorhandensein eines Risikofaktors darstellen. Auch sind die Ergebnisse von Krankheitslastenberechnungen lediglich für eine deskriptive Beschreibung der Bevölkerungsgesundheit gültig. Einzelne Personen und persönliche Einschätzung ihres Gesundheitszustandes werden nicht adäquat abgebildet, wobei zu betonen ist, dass BoD- oder EBD-Berechnungen diesen Anspruch auch nicht erheben. Vielmehr dienen sie dazu, den Gesundheitszustand von Bevölkerungen deskriptiv zu beschreiben, wie es im bevölkerungsbezogenen Analysestrang der Gesundheitswissenschaften verfolgt wird und nicht wie im systembezogenen Ansatz die Bedürfnisse der Nutzenden des Gesundheitswesens fokussiert werden. Die Ergebnisse von EBD-Berechnungen können genutzt werden, um Präventionsbedarfe zu erkennen, indem Risikofaktoren, die eine große Krankheitslast verursachen, identifiziert werden. Hingegen ist das Konzept weniger dazu geeignet, Gesundheitsförderung zu unterstützen. Denn gesundheitsförderliche Ressourcen können nicht adäquat in Form des Negativmaßes verlorene gesunde Lebensjahre quantifiziert werden.

Zudem kann das EBD-Konzept als Instrument der Risikoanalyse klassifiziert werden. Das Risiko von Umweltfaktoren wird quantitativ anhand der Anzahl an verlorenen gesunden Lebensjahren dargestellt. Dazu wird anhand einer einheitlichen Methode die Wirkung von Umweltfaktoren auf die Gesundheit quantifiziert. Nach der Gefahrenidentifikation werden Daten zur Verteilung des Risikofaktors in der untersuchten Bevölkerung gesammelt (Expositionsschätzung), um sie anschließend zusammen mit Daten zur Expositions-Wirkungsfunktion zum Wirkungsanteil zu vereinen (Abbildung 3). Abschließend bedarf es einer Risikocharakterisierung, die eine Interpretation der Ergebnisse sowie der Unsicherheiten, die in den vorherigen Schritten auftreten können, umfasst.

6.2 Einordnung in aktuelle nationale und internationale wissenschaftliche Entwicklungen

Die EBD-Methode ist nun circa 30 Jahre alt und wurde von verschiedenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern weiterentwickelt, insbesondere sind solche der WHO und des IHME an der Weiterentwicklung beteiligt. Im Folgenden werden insbesondere aktuelle Entwicklungen und Studien mit Bezug auf Deutschland vorgestellt.

Die WHO stellt unterschiedliche Veröffentlichungen zu EBD-Ergebnissen für die Mitgliedsländer (z. B. Prüss-Üstün, Wolf, Corvalán, Bos & Neira, 2016) sowie methodische Anleitungen für die Durchführung eigener Berechnungen bereit (Prüss-Üstün et al., 2003). Das IHME bietet mit der GBD-Studie eine immense Datenquelle für eine Vielzahl gesundheitsbezogener Indikatoren für fast alle Länder dieser Welt. Auch für Deutschland hat das IHME die Krankheitslast von 87 Risikofaktoren berechnet (Stand GBD-2019-Studie). Davon haben zehn einen Umweltbezug: unsauberes Trinkwasser, schlechte sanitäre Bedingungen, keine Handwaschmöglichkeit, Außenluftverschmutzung in Form von Feinstaub (Particulate Matter, $PM_{2.5}$), Ozon in der Außenluft, Innenraumluftverschmutzung durch Nutzung von Festbrennstoffen, Blei, Radon im Wohnumfeld, zu hohe und zu niedrige Temperaturen (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020). Auch wenn die Krankheitslast dieser Risikofaktoren speziell für Deutschland berechnet wurde, ist deren Aussagekraft zu hinterfragen, wie es von der Verfasserin bereits getan wurde (Tobollik et al., 2018b).

Hinsichtlich der Unterstützung der Politikberatung erstellt das IHME Policy-translations und Länderprofile (IHME, o. J.). Zudem gibt es ein eigenes Netzwerk, in dem es um den Austausch von Kollaboratorinnen und Kollaborateuren hinsichtlich der Nutzung der Ergebnisse der GBD-Studie geht. Es werden regelmäßig Webinare durchgeführt, in denen Teilnehmende von ihren Erfahrungen berichten und Fragen gestellt werden können. In einigen Ländern werden die Ergebnisse der GBD-Studie zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt, z. B. in Portugal (Direção-Geral da Saúde & Institute for Health Metrics and Evaluation, 2018), Indien (ICMR, PHFI & IHME, 2017) und USA (IHME, 2017).

Da für bestimmte Erkrankungen insbesondere für subnationale Auswertungen nicht alle Daten zur Verfügung stehen, modelliert das IHME diese Daten, wobei es zu Diskrepanzen zwischen den vom IHME veröffentlichten Daten und den offiziellen deutschen Statistiken kommt. So geht das IHME von weniger

Todesfällen mit 899.610 (Unsicherheitsintervall: 850.327- 951.882) aus als das Statistische Bundesamt mit 925.200 Fällen für 2015 veröffentlicht (Rommel et al., 2018). Grund hierfür ist unter anderem eine Korrektur der Todesursachenstatistik seitens des IHME sowie eine Modellierung von fehlenden Daten, die auf vorhandenen Daten mit einem anderen Zeit- oder Regionalbezug basiert. Diese methodischen Anpassungen sind für Außenstehende nicht immer nachvollziehbar und können die Akzeptanz der Ergebnisse für nationale Entscheidungen behindern.

Das deutsche Projekt Burden2020 hat zum Ziel, darüber Aufschlüsse zu geben und eine an die Situation in Deutschland angepasste BoD-Pilotstudie durchzuführen. Diese wird von Mitarbeitenden des Robert-Koch-Instituts, dem Wissenschaftlichen Institut der Allgemeinen Ortskrankenkassen und dem UBA durchgeführt. Zudem sollen regionale Besonderheiten berücksichtigt und möglichst dargestellt werden. Ein Ranking der Erkrankungen ist ebenso ein Ziel wie die Attribuierung der Krankheitslast auf bestimmte Risikofaktoren. In dem Projekt werden zudem Datenquellen, die dem IHME nicht zur Verfügung stehen, wie Daten einer deutschen gesetzlichen Krankenkasse zur Schätzung von Prävalenzdaten, geprüft und angepasst, sodass diese zur Berechnung von YLDs genutzt werden können. Es werden kleinräumigere Analysen erstellt, da diese Informationen für politische Entscheidungen besonders im Gesundheitswesen von Relevanz sind. Es werden drei umweltbedingten Risikofaktoren untersucht: Feinstaub, Lärm und Blei (Gruhl, Tobollik, Wengler, Wintermeyer & Plass, 2019; Rommel et al., 2018).

Für Luftschadstoffe, Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon, veröffentlicht die Europäische Umweltagentur jährlich deren Krankheitslast in Form von YLL und attributablen Todesfällen für alle EU Mitgliedstaaten (EEA, 2019).

Im Rahmen des Projektes Umweltbedingte Krankheitslasten - Analyse und Bewertung sozialer und Ökonomischer Zusammenhänge / Zusammenhangsanalyse zwischen Umwelteinflüssen und gesundheitlichen Parameter, wird die Krankheitslast von Kindern und Jugendlichen für 16 umweltbedingte Risikofaktoren berechnet. Hierbei wird auf Basis der fünften Umweltstudie zur Gesundheit in Deutschland die Exposition berechnet um darauf aufbauend die Krankheitslast berechnen zu können (Tobollik, Wintermeyer, Fischer, Gies & Plass, 2016c).

Um die Zusammenarbeit zwischen den europäischen Ländern bezüglich Krankheitslasten zu stärken, wurde von der WHO zusammen mit dem IHME und Public Health England das European Burden of Disease Network im Jahr 2016 gegründet. Das Ziel ist eine Harmonisierung der Methode sowie ein Wissensaustausch (WHO, 2016). Daneben gibt es seit 2019 das Netzwerk European-Cooperation-in-Science-and-Technology (COST) mit dem Ziel, Expertinnen und Experten zusammenzubringen, um die BoD-Methode zu harmonisieren, Wissens- und Datenlücken zu identifizieren und Kapazitäten aufzubauen (Devleeschauwer, 2020).

6.3 Einordnung in den institutionellen politischen Rahmen

Ressortforschungseinrichtungen kommt bei der wissenschaftlichen Politikberatung eine besondere Funktion zu (Weingart & Lentsch, 2008). Diese befinden sich an der Schnittstelle von Politik, Wissenschaft und Praxis. Zentrale Merkmale von Ressortforschungseinrichtungen bestehen darin, dass einerseits wissenschaftliche Erkenntnisse kurzfristig abgerufen werden können und andererseits langfristige Forschung durchgeführt wird, da sie institutionell verankert sind (Deutscher Bundestag, 2018). Im Folgendem wird diskutiert, in welchem Format EBD in Deutschland institutionell und politisch verankert ist.

In Bezug auf EBD kommt dem UBA eine zentrale Funktion zu, da dieses für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz zuständig ist. Zudem hat das UBA als Bundesoberbehörde langjährige Erfahrung in der wissenschaftlichen Politikberatung, da sich seine Forschungstätigkeit an der Integration der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Politik orientiert (Böcher & Krott, 2010). Dabei richtet sich das UBA nicht an Parteivorgaben, sondern verfolgt das Ziel objektiver Forschung. Diese Unabhängigkeit erhöht die Legitimation der Forschungsergebnisse. Das BMU als übergeordnetes Ministerium kann das UBA gezielt zur Beratung hinzuziehen, was wiederum für eine hohe Relevanz spricht. Das UBA hat laut dem Gesetz über die Errichtung eines Umweltbundesamtes (BGBl. I S. 1505 von 1974), bestimmte Aufgaben und ist dauerhaft mit personellen Ressourcen ausgestattet, was sowohl die Legitimation als auch die Glaubwürdigkeit stärkt (Böcher & Krott, 2010).

Das UBA hat bereits unterschiedliche Forschungsprojekte zum Thema EBD im Rahmen des Ressortforschungsplans gefördert, wobei für einzelne Risikofaktoren deren Krankheitslast berechnet wurde, aber auch die Methode kritisch reflektiert wurde (Hornberg et al., 2013; Hornberg et al., 2015; Schneider et al., 2018a; Srebotnjak, Porsch, Friedrich, Fantke & Preiss, 2015). Das UBA erstellte zudem eigene EBD-Berechnungen und publizierte diese unter anderem in Form der Daten zur Umwelt (Hänninen et al., 2014; UBA, 2017a, 2017b). Zusammen mit dem Robert Koch-Institut führte das UBA zwei Workshops zum Thema Krankheitslast durch (Scheidt-Nave et al., 2016). Das UBA leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur wissenschaftlichen Politikberatung mithilfe der EBD-Methode.

7 Ergebnisse

Vier Anwendungsbeispiele der EBD-Methode bilden das Kernstück der vorliegenden Dissertation (Kapitel 7.1). Zusätzlich wird ein Übersichtsartikel zur umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland herangezogen, der unterschiedliche publizierte Ergebnisse der Krankheitslast von umweltbedingten Risikofaktoren für Deutschland zusammenfasst (Kapitel 7.2). Im Anschluss werden die Erkenntnisse der vier Anwendungsbeispiele und des Übersichtsartikels genutzt, um die Forschungsfrage zu den Chancen und Grenzen der EBD-Methode zu beantworten (Kapitel 7.3). Daran anschließend wird auf einen essenziellen Faktor bei der wissenschaftlichen Politikberatung, die Vermittlung der wissenschaftlichen Erkenntnisse, eingegangen (Kapitel 7.4).

7.1 Anwendungsbeispiele

Der erste Teil der Dissertation besteht aus vier Anwendungsbeispielen der EBD-Methode. Jedes Beispiel verfolgt ein anderes Ziel:

- > *Beispiel 1: Health impact assessment of transport policies in Rotterdam: Decrease of total traffic and increase of electric car use, kurz HIA Rotterdam* (Tobollik et al., 2016a); mit dem Ziel: „The aim of our study was to present an assessment of health co-benefits of GHG [greenhouse gas] mitigation policies in the transport sector in Rotterdam. Effects of these policies were evaluated by comparing the burden of disease attributable to air pollution and traffic noise in 2010, chosen as a baseline, and the modeled burden when the policies will be implemented in 2020. Additionally, the impact of the interventions is compared to the BAU [business as usual] development. This article also describes the steps that allow addressing a general issue such as GHG mitigation policies in a realistic scenario of planned interventions in a medium size European city and its indirect co-benefits on population health“ (Tobollik et al., 2016a: 351).
- > *Beispiel 2: Burden of Outdoor Air Pollution in Kerala, India – A First Health Risk Assessment at State Level, kurz Feinstaub Kerala* (Tobollik et al., 2015); mit dem Ziel: „In this study we aim to test the feasibility of the environmental burden of disease at state level in India. In addition, we quantify a first set of disease burden estimates due to ambient air pollution in urban areas of Kerala“ (Tobollik et al., 2015: 10604).
- > *Beispiel 3: Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining, kurz Quecksilber* (Steckling et al., 2017); mit dem Ziel: „The objective of this project is a rough estimate of the number of DALYs attributable to chronic metallic mercury vapor intoxication in gold miners caused by the use of mercury in ASGM [artisanal and small-scale gold mining] on a global level and for a set of selected countries“ (Steckling et al., 2017: 235).
- > *Beispiel 4: Burden of Disease Due to Traffic Noise in Germany, kurz Verkehrslärm* (Tobollik et al., 2019); mit dem Ziel: „The aim of this study is to use the current body of evidence on the adverse health effects of traffic noise to quantify the burden of disease resulting from noise attributable to road, railway and air traffic in Germany. For this purpose, the results of the German noise mapping according to the EU Environmental Noise Directive (2002/49/EC) are used to estimate the number of people exposed to the different kinds of traffic noise“ (Tobollik et al., 2019: 2).

Zur Darstellung der Anwendungsbeispiele werden die folgenden Aspekte herangezogen:

- > Ziel der Berechnung,
- > geografischer Bezug,
- > untersuchter Risikofaktor,
- > berechnete Maßeinheit bzw. Maßeinheiten,
- > Datenverfügbarkeit und Aufgliederung sowie
- > Unsicherheits- und Szenarioanalyse.

Diese Aspekte wurden basierend auf den vier Anwendungsbeispielen ausgewählt, um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszufiltern. Zudem wird sich an der Anleitung der WHO zur Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast auf nationalem und lokalem Level orientiert (Prüss-Üstün et al., 2003). Des Weiteren wird herausgearbeitet, welchen Einfluss diese Aspekte auf die Berechnung und deren Aussagekraft haben.

Eine explizite und eindeutige Formulierung des Ziels der EBD-Berechnung ist essenziell für die Interpretation der Ergebnisse und somit auch für die Nutzbarkeit für die wissenschaftliche Politikberatung. Die Ziele der Anwendungsbeispiele sind vergleichbar, da in allen Beispielen die Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten angewandt wird (Tabelle 1). Es handelt sich in allen vier Fällen um eine Risikoquantifizierung, wobei unterschiedliche Risikofaktoren untersucht werden.

Tabelle 1: Ziel der Berechnung

Anwendungsbeispiel	Ziel	Gemeinsamkeiten	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	Gesundheitsfolgenabschätzung von zwei politischen Maßnahmen in Rotterdam, die Niederlande	Quantifizierung des Einflusses von Risikofaktoren auf die Gesundheit in der Einheit verlorene gesunde Lebensjahre	Berechnung der Effekte von zwei politische Maßnahmen, die nicht das direkte Ziel der Gesundheitsverbesserung haben	Berechnung und Vergleich von verschiedenen Szenarien (verlorene Lebensjahre im Jahr 2010, 2020 ohne Maßnahmen und 2020 mit Einführung der Straßenverkehrsmaßnahmen)
Feinstaub Kerala	Gesundheitliche Risikoabschätzung von Feinstaub in Kerala, Indien		Anwendung der EBD-Methode für ein Bundesstaat in Indien	Aufgrund fehlender Daten ist nur eine grobe Berechnung möglich (vgl. Tabelle 5)
Quecksilber	Gesundheitliche Risikoabschätzung von Quecksilbervergiftung aufgrund handwerklichem Goldbergbau, global		Erstmaligen Berechnung der globalen Krankheitslast von chronischer Quecksilbervergiftung durch handwerklichen Goldbergbau	Aufgrund fehlender Daten ist nur eine sehr grobe Berechnung möglich (vgl. Tabelle 5)
Verkehrslärm	Gesundheitliche Risikoabschätzung von Verkehrslärm in Deutschland		Berechnung der Krankheitslast von Verkehrslärm mit aktuell verfügbaren Daten	Berechnung war möglich, jedoch ist die Evidenz für die Gesundheitsendpunkte unterschiedlich

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Der geografische Raum der Berechnung muss zu Beginn festgelegt werden, da sich die Datenrecherche auf diesen Raum bezieht und die Ergebnisse dementsprechend zu interpretieren sind (Prüss-Üstün et al., 2003). Tabelle 2 umfasst die unterschiedlichen geografischen Bezüge der Anwendungsbeispiele.

Tabelle 2: Geografischer Bezug

Anwendungsbeispiel	Geografischer Bezug (eingegrenzter Personenkreis)	Gemeinsamkeiten	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	Rotterdam, die Niederlande	keine	Eine Stadt	Keine kleinräumigen Todesursachenstatistik für Rotterdam vorhanden → Unsicherheiten durch die Annahme, dass die nationalen Daten repräsentativ für Rotterdam sind, Fort- und Zuzüge konnten nicht berücksichtigt werden
Feinstaub Kerala	Kerala, Indien (urbane Bevölkerung)		Ein Bundesstaat	Keine todesursachenspezifische Statistik für Kerala vorhanden → Unsicherheiten durch die Annahme, dass die nationalen Daten repräsentativ für die urbane Bevölkerung in Kerala sind; keine Expositionsdaten für die ländlichen Gebiete
Quecksilber	Weltweit (handwerkliche Goldbergbauarbeiterinnen und -arbeitern)		global	Keine Daten zur Anzahl an Minenarbeiterinnen und -arbeitern für viele Länder vorhanden; Schätzungen zur Prävalenz von chronischer Quecksilbervergiftung fehlen
Verkehrslärm	Deutschland (mit Abdeckung der Direktive 2002/49/EC)		Ein Land	Nur für Belastete in Gebieten mit mehr als 100.000 Einwohnende, Straßen mit mehr als 3 Millionen Fahrzeugen, Flughäfen mit mehr als 50.000 Flügen, Schienen mit mehr als 30.000 Zügen pro Jahr

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Laut WHO sollte die Auswahl der analysierten Risikofaktoren einer EBD-Berechnung bereits die politische Relevanz im Blick haben: „As the primary aim of EBD estimates is to inform policy, the assessment of risk factors that are most directly relevant to policy would be the most useful“ (Prüss-Üstün et al., 2003: 10). In den vorliegenden Studien war dies im ersten und vierten Anwendungsbeispiel der Fall. Beim zweiten Beispiel ergab sich das Ziel aus einem wissenschaftlichen Kontext und in Anwendungsbeispiel drei kam das Forschungsinteresse von einer Nicht-Regierungsorganisation. Tabelle 3 gibt die Umweltfaktoren, die in den Anwendungsbeispielen untersucht werden, wieder.

Tabelle 3: Untersucher Risikofaktoren

Anwendungsbeispiel	Umweltbedingter Risikofaktor	Gemeinsamkeit	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	Feinstaub (PM _{2.5}), Elementarer Kohlenstoff, Straßenverkehrslärm	Relativ gut untersuchte Risikofaktoren hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung, detaillierte Expositionsschätzung	Elementarer Kohlenstoff wurde bisher kaum in EBD-Berechnungen betrachtet; detaillierte Expositionsschätzung, die bereits zuvor getestet wurde	Zusammenspiel von Luftverschmutzung und Lärm unklar, eine verlässliche Berechnung war daher nicht möglich
Feinstaub Kerala	Feinstaub (PM _{2.5})	Relativ gut untersuchter Risikofaktor hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung, limitierte Expositionsschätzung	Keine bevölkerungsgewichtete Expositionsschätzung, nur Messdaten von urbanen Stationen; PM ₁₀ auf PM _{2.5} Umrechnung	Keine aussagekräftige Expositionsschätzung führt zu Unsicherheiten in den Ergebnissen
Quecksilber	Quecksilber	Relativ gut untersuchter Risikofaktor hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung, Sehr limitierte Expositionsschätzung	Bisher relativ vernachlässigter Risikofaktor im Zusammenhang mit der Exposition, keine detaillierte Expositionsschätzung möglich; Nutzung von Sekundärdaten um eine ungefähre Abschätzung der Anzahl der Belasteten zu erhalten	Keine gute Expositionsschätzung führt zu großen Unsicherheiten in den Ergebnissen
Verkehrslärm	Straßen-, Schienen-, Flugverkehrslärm	In Europa relativ gut untersuchter Risikofaktor hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkung, Expositionsschätzung nur für einen Teil der Bevölkerung	Nutzung von bereits akzeptierten Indikatoren und Expositionsmodellierung für die Lärmbelastung; aktuelle Datenbasis für den Zusammenhang zwischen Lärm und gesundheitlichen Effekten	Die Evidenz zum Zusammenhang zwischen Lärm und den betrachteten Gesundheitsendpunkte ist unterschiedlich → Interpretation der Ergebnisse sollte dies berücksichtigen

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die Krankheitslast kann in unterschiedlichen Maßeinheiten, z. B. DALYs, YLLs, YLDs, restricted-activity-days oder attributable Todesfälle, ausgedrückt werden. Die Wahl hängt von verschiedenen Faktoren ab wie die Datenverfügbarkeit von verlässlichen Expositions-Wirkungsfunktionen sowie disability weights, Morbiditäts- und Mortalitätsdaten. Zum Teil lässt sich lediglich die Mortalitätskomponente berechnen (Anwendungsbeispiel Feinstaub Kerala) und für andere Risikofaktoren zeigt die Evidenz nur Hinweise auf Einflüsse auf die Morbidität (Anwendungsbeispiel Quecksilber). Die Datenverfügbarkeit hinsichtlich Morbiditäts- und Mortalitätsdaten beeinflusst zudem, ob die jeweilige Krankheitslast quantifiziert werden kann. Für die Anwendungsbeispiele zeigt sich ein unterschiedliches Bild (Tabelle 4).

Tabelle 4: Berechnete Maßeinheiten

Anwendungsbeispiel	Maßeinheit	Gemeinsamkeit	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	YLL, YLD		Health Impact Assessment, Vergleich von verschiedenen Szenarien; für Feinstaub nur Mortalität und restricted-activity-days, für Lärm nur Morbidität	Vergleich von unterschiedlichen Szenarien → keine umfassende Berechnung für die zukünftige Krankheitslast
Feinstaub Kerala	YLL	Prävalenzansatz für die Berechnung der YLD; Identische Berechnungsmethode der YLL	Keine Prävalenzraten vorhanden; Expositions-Wirkungsfunktion nur für Mortalität	Nur Mortalitätsanteil der Krankheitslast berechnet, obwohl davon ausgegangen werden kann, dass es auch YLDs aufgrund von Feinstaub gibt
Quecksilber	YLD		Es werden keine Mortalitätseffekte angenommen	Annahme, dass chronische Quecksilbervergiftung nicht zum Tode führt und somit zu keinen YLLs
Verkehrslärm	YLL, YLD, DALY		Soweit möglich wurden YLDs und YLLs berechnet; für Belästigung und Schlafstörung werden keinen Mortalitätseffekte angenommen	Der Anteil an Personen, die sich belästigt fühlen oder Schlafstörungen berichten wird berechnet → speziell für Deutschland erhobene Daten zeigen eine wesentlich höhere Krankheitslast; Vergleich von schwerwiegenden Erkrankungen (Ischämische Herzerkrankung), mit selbstberichteten Einschränkungen (Belästigung und Schlafstörung) möglich

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die Eingangsdaten beeinflussen das Ergebnis einer EBD-Berechnung maßgeblich (Prüss-Üstün et al., 2003). Daher sind die Datenverfügbarkeit und die Gliederung der Daten wesentlich für die Detailtiefe der Berechnung und somit auch für deren Aussagekraft (Tabelle 5).

Tabelle 5: Datenverfügbarkeit und Aufgliederung

Anwendungsbeispiel	Datenverfügbarkeit und Aufgliederung	Gemeinsamkeit	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	Sterberaten nicht auf lokaler Ebene vorhanden, daher Annahme, dass Raten von den Niederlanden auf Rotterdam anwendbar sind, die Quelle sind offizielle Statistiken; Aufteilung nach 5-Jahres Altersgruppen und dem Geschlecht		Berechnung von restricted-activity-days aufgrund von Feinstaub	Gute Datenbasis, mit Einschränkung, dass keine Stratifizierung nach sozio-ökonomischem Status erfolgt ist, was für das Thema von Relevanz ist
Feinstaub Kerala	Sterbefälle (natürliche und kardiovaskuläre Mortalität), aufgegliedert nach Altersgruppen und dem Geschlecht von unterschiedlichen amtlichen Statistiken	Es gibt weitere Gesundheitsendpunkte, die mit der Exposition gegenüber dem Risikofaktor assoziiert sind, aber aufgrund fehlender Daten (z. B. Expositions-Wirkungsfunktion) kann die Krankheitslast nicht in DALYs berechnet werden; Wenn vorhanden wurden offizielle Registerdaten verwendet	Keine Morbiditätsdaten	Zusammenführen der Statistiken kann zu einer fehlerhaften Annahme der Anzahl an natürlichen und kardiovaskulären Todesfällen an der Gesamtanzahl der Todesfälle führen
Quecksilber	Daten zum Gesundheitsendpunkt chronische metallische Quecksilberdampf Vergiftung nur sehr begrenzt verfügbar, Schätzung mithilfe von Sekundärdaten; Anzahl an Minenarbeiterinnen und -arbeitern wurde geschätzt, da keine offiziellen Statistiken vorhanden; Keine Aufgliederung möglich		Sehr unsichere Datenlage	Grobe Schätzung; Nur die Krankheitslast von Minenarbeiterinnen und -arbeitern berechnet, jedoch sind meist weitere Personen belastet
Verkehrslärm	Offizielle Statistiken für die Anzahl an Todesfällen; Kein Register für Morbiditätsdaten vorhanden; aufgegliedert nach Altersgruppen und dem Geschlecht		Gute Datenbasis mit unterschiedlicher Bewertung der Evidenz zum Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Gesundheitsendpunkt	Robuste Ergebnisse mit Einschränkungen aufgrund der Evidenzbewertung

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Jede EBD-Berechnung enthält Unsicherheiten, daher sollte eine Unsicherheitsanalyse Teil jeder EBD-Berechnung sein (Knol et al., 2009). In Sensitivitätsanalysen kann der Einfluss einzelner Eingangsvariablen auf die Genauigkeit und Validität der Ergebnisse abgeschätzt werden. Ebenso helfen Szenarioanalysen bei der Darstellung des Einflusses von Risikofaktoren auf die Gesundheit und etwaiger Änderungen der Krankheitslast bei Veränderung der Exposition. Inwiefern dies Teil der Anwendungsbeispiele war, ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Unsicherheits- und Szenarioanalyse

Anwendungsbeispiel	Unsicherheitsanalyse oder Szenarioanalyse	Gemeinsamkeit	Unterschiede	Einfluss auf die Berechnung und deren Aussagekraft
HIA Rotterdam	U: Konfidenzintervall der Expositions-Wirkungsfunktion, Unsicherheitsintervall der disability weights	Konfidenzintervall der Expositions-Wirkungsfunktion, Unsicherheitsintervall der disability weights (wenn YLD berechnet)	Keine Sensitivitätsanalyse	Keine Szenarien- oder Sensitivitätsberechnung indem andere Eingangsparameter verwendet wurden
Feinstaub Kerala	U: Konfidenzintervall der Expositions-Wirkungsfunktion, zwei Expositions-Wirkungsfunktionen, drei Umrechnungsfaktoren, zwei Werte für die untere Quantifizierungsgrenzen, S: zwei Szenarien zur Änderung der Exposition		Unterschiedliche Szenarien (10 % Anstieg und Abfall der Feinstaub Konzentration)	Einfluss der Eingangsparameter auf das Ergebnis konnten dargestellt werden
Quecksilber	U: Drei Werte für die Anzahl der Minenarbeiterinnen und -arbeiter, zwei Prävalenzraten, Unsicherheitsintervall der disability weights		Kein Konfidenzintervall um die Expositions-Wirkungsfunktion, da keine Expositions-Wirkungsfunktion genutzt wurde	Die Unsicherheiten in der Annahme wurden durch die Breite des Unsicherheitsintervalls dargestellt
Verkehrslärm	U: Zwei Expositionsschätzungen, vier Expositions-Wirkungsfunktionen, zehn disability weights, zwei untere Quantifizierungsgrenzen		Viele verschiedene Sensitivitätsanalysen, keine Szenarioanalyse	Viele verschiedene Ergebnisse, die jeweils interpretiert werden müssen

U= Unsicherheitsanalyse, S= Szenarioanalyse

Quelle: Eigene Zusammenstellung

In jedem der präsentierten Anwendungsbeispiele wird die durch einen oder mehrere umweltbedingte Risikofaktoren verursachten verlorene gesunden Lebensjahren berechnet (Tabelle 3). Die Berechnung erfolgt in jedem Beispiel anhand der Prävalenzmethode (Tabelle 4). Unterschiede zwischen den Anwendungsbeispielen sind der geografische Raum (Tabelle 2), die Expositionsschätzung und dessen Detailtiefe (Tabelle 3) sowie die Datenverfügbarkeit (Tabelle 5), wobei insbesondere der letztgenannte Aspekt einen Einfluss auf die jeweils durchgeführte Unsicherheits- bzw. Sensitivitätsanalyse hat (Tabelle 6).

Trotz einiger Unterschiede in den Anwendungsbeispielen lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Methode zur Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast bei verschiedenen Risikofaktoren und geografischen Bezüge anwendbar ist. Die Eingangsdaten haben einen maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis der Berechnungen. Z. B. hängt die Möglichkeit der Berechnung sowohl von YLLs als auch YLDs von verlässlichen Eingangsdaten ab, wie z. B. der Anzahl spezifischer Todes- und Krankheitsfälle oder Expositions-Wirkungsfunktionen. Im Falle der Berechnung für Kerala wurde von PM_{10} auf $PM_{2,5}$ umgerechnet, da Expositionsdaten für PM_{10} vorlagen, die Expositions-Wirkungsfunktion aber für $PM_{2,5}$ verlässlicher ist. Durch diese Umrechnung erhöht sich wiederum die Unsicherheit der Ergebnisse, da der angenommene Umrechnungsfaktor nicht immer der Realität entspricht. Diese Unsicherheit wurde durch die Verwendung von drei unterschiedlichen Werten für die Umrechnung zum Ausdruck gebracht.

Jedes Anwendungsbeispiel verfolgt mit der Anwendung der EBD-Methode ein eigenes Ziel (Tabelle 1), wobei allen gemeinsam ist, dass die gesundheitlichen Folgen, die auf die Exposition mit einem Risikofaktor zurückzuführen sind, anhand einer standardisierten Methode berechnet und in der Maßeinheit verlorene gesunde Lebensjahre ausgedrückt werden. Jedes Beispiel verfolgt zusätzlich das Ziel, Forschungslücken aufzuzeigen. Anwendungsbeispiel Feinstaub Kerala war bis dato die erste der Verfasserin bekannte Berechnung der Krankheitslast von Feinstaub auf Bundeslandebene in Indien. Es wurde der Bedarf gesehen, für ein Land mit über einer Milliarde Einwohnende eine kleinräumige EBD-Berechnung durchzuführen und zu prüfen, inwiefern die Daten für eine solche Berechnung zur Verfügung stehen. Es konnte trotz der limitierten Expositionsschätzung eine Aussage über die Höhe der Krankheitslast getroffen werden und die Genauigkeit mithilfe von Unsicherheitsanalysen abgeschätzt werden.

Ein Ziel der Krankheitslasten-Methode ist die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Risiken (Murray et al., 2002b; Prüss, Corvalán, Pastides & De Hollander, 2001). Dies ist in Bezug auf die vier Anwendungsbeispiele nur begrenzt möglich. Gründe hierfür sind die unterschiedliche Verfügbarkeit der Eingangsdaten (Tabelle 5) und die geografischen Bezugsräume (Tabelle 2). Bei Feinstaub handelt es sich um einen gut untersuchten Risikofaktor, für den es eine Vielzahl an Expositions-Wirkungsfunktionen gibt, wohingegen es für die durch Einatmen von Quecksilberdampf verursachte chronische Quecksilbervergiftung keine verlässliche Expositions-Wirkungsfunktion gibt, die in der Berechnung angewendet werden konnte. Auch wenn beide Berechnungen sich auf Feinstaub beziehen ist ein Vergleich von Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam und Feinstaub Kerala nur begrenzt möglich, da für die urbane Bevölkerung in Kerala die gesamte Krankheitslast aufgrund von Feinstaub in der Außenluft anhand einer limitierten

Expositionsschätzung berechnet wurde, für Rotterdam hingegen wurden die positiven Effekte von Treibhausgasminimierungsmaßnahmen im Verkehrssektor anhand eines detaillierten Expositionsmodells berechnet. Hier ist somit das Ziel der beiden Berechnungen der Grund, warum ein Vergleich nicht zielführend ist (Tabelle 1).

In Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam wurde keine Krankheitslastenberechnung durchgeführt, in der die gesamte Krankheitslast, die auf einen oder mehrere Risikofaktoren zurückzuführen ist, berechnet wird (Kapitel 5.3). Stattdessen wurde nur der Anteil an DALYs berechnet, der reduziert werden würde, wenn die beiden verkehrsbezogenen Maßnahmen eingeführt würden (Kapitel 5.4). Hierzu wurden verschiedene Szenarien berechnet und miteinander verglichen. Die Anwendung einer Gesundheitsfolgenabschätzung, wie es in dem Anwendungsbeispiel erfolgt ist, ist kein Novum. Aber die detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens sowie die Berücksichtigung von drei Risikofaktoren (Feinstaub, elementarer Kohlenstoff und Lärm) ist ein Alleinstellungsmerkmal. Feinstaub ist der bis dato am besten untersuchte Luftschadstoff hinsichtlich der gesundheitlichen Effekte. Daher gibt es für diesen die meisten epidemiologischen Studien und Expositions-Wirkungsfunktionen. Feinstaub hat neben dem Straßenverkehr noch weitere Quellen wie die Industrie oder die Landwirtschaft und wird hauptsächlich von den regionalen Bedingungen beeinflusst. Daher ist Feinstaub allein kein geeigneter Indikator, um die gesundheitlichen Effekte des Straßenverkehrs abzuschätzen (Tobollik et al., 2016a). Aus diesem Grund wurde zusätzlich elementarer Kohlenstoff als straßenverkehrsbezogener Luftschadstoff berücksichtigt. Diesbezüglich ist die Erforschung der gesundheitlichen Effekte noch nicht so weit vorangeschritten, jedoch konnte eine Studie identifiziert werden, deren Expositions-Wirkungsfunktion zur Berechnung der Krankheitslast genutzt werden kann. Diese ist rund zehnmal höher als die von Feinstaub bei einem Anstieg je Maßeinheit. Da elementarer Kohlenstoff ein Indikator für Straßenverkehr ist, kann die Krankheitslast nur für Personen, die diesem unmittelbar ausgesetzt sind, berechnet werden. Dieses Beispiel zeigt, dass das Ziel der Berechnung auch die Wahl der Risikofaktoren beeinflusst. Feinstaub wird meist als Indikator für die Luftqualität verwendet und ist daher für die Darstellung der durch Luftverschmutzung bedingten Krankheitslast geeignet. Wenn das Ziel, wie in Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam jedoch die Quantifizierung der Krankheitslast ist, die auf Verkehrsmaßnahmen zurückgeführt werden kann, ist ein Risikofaktor, der speziell die Belastung des Verkehrs darstellt, geeigneter.

Wie in Kapitel 5.3 vorgestellt wird in EBD-Berechnungen der Anteil an der Krankheitslast der auf einen Risikofaktor zurückzuführen ist, mithilfe der PAF-Formel berechnet. Dies ist in den Anwendungsbeispielen HIA Rotterdam, Feinstaub Kerala und Verkehrslärm erfolgt. In Anwendungsbeispiel Quecksilber konnte die PAF aufgrund des Fehlens einer Expositions-Wirkungsfunktion, die den Zusammenhang zwischen Quecksilberbelastung und chronischer Quecksilbervergiftung darstellt, nicht angewendet werden. Bei dieser Berechnung wurde daher ein gewisser Prozentsatz, der Personen die an chronischer Quecksilberbelastung leiden, der direkt aus Studien gewonnen wurde, als Proxy für die PAF verwendet.

Das Beispiel für chronische Quecksilberbelastung im handwerklichen Goldabbau zeigt dennoch, dass die Methode auch angewendet werden kann, wenn nur wenige Daten zur Verfügung stehen. Die adversen gesundheitlichen Auswirkungen von Quecksilber sind wissenschaftlich gut belegt, aber der handwerkliche Goldbergbau ist aufgrund seines informellen und meist auch illegalen Charakters nicht gut untersucht (Hentschel, Hruschka & Priester, 2002). Es fehlen offizielle Statistiken. Aus diesem Grund wurden sowohl bei der Anzahl der Arbeiterinnen und Arbeiter als auch bei den Prävalenzraten auf Schätzungen zurückgegriffen, wobei von Letztgenannten in einzelnen Studien auf die gesamte Welt geschlossen wurde. Dies ist mit großen Unsicherheiten behaftet, jedoch bietet dieses Verfahren die einzige Möglichkeit, Zahlen für das vorliegende Gesundheitsproblem zu generieren. Die großen Unsicherheitsspannen sollten daher unbedingt bei der Vermittlung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die Gegenüberstellung der Anwendungsbeispiele zeigt, dass die EBD-Methode bei speziellen Fragestellungen angewandt werden kann, wenn sie entsprechend angepasst wird. Die Eingangsdaten sind für die Aussagekraft der Ergebnisse von Bedeutung.

7.2 Umweltbedingte Krankheitslasten in Deutschland

Neben den vier Anwendungsbeispielen beinhaltet die vorliegende Dissertation eine Zusammenfassung von Krankheitslast-Studien zu unterschiedlichen Risikofaktoren in Deutschland. Der in der Zeitschrift „Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz“ veröffentlicht Artikel „Umweltbedingte Krankheitslast in Deutschland“ (Tobollik et al., 2018b) stellt unterschiedliche EBD-Ergebnisse gegenüber und benennt mögliche Gründe für Unterschiede. Dies soll zum einen das Verständnis für die Maßzahl DALY erhöhen und zum anderen die Akzeptanz der Methode vergrößern, sodass eine Verwendung in der wissenschaftlichen Politikberatung möglich ist. Neben den internationalen Studien des IHME und der WHO gibt es auch einzelne auf Deutschland bezogene nationale Studien. Im Rahmen des Projektes „Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren“ (VegAS) wurde für sechs Risikofaktoren die Krankheitslast für Deutschland berechnet (Hornberg et al., 2013). Sofern verfügbar, wurden Daten für Deutschland verwendet (z. B. Lebenserwartung, Todesfälle, Krankheitsdaten und Expositionsangaben), um die nationale Situation möglichst adäquat widerzuspiegeln. Daneben wurde in einem multinationalen Projekt (Environmental Burden of Disease in Europe, EBoDE) für neun umweltbedingte Risikofaktoren die Krankheitslast für Deutschland sowie für fünf weitere europäische Länder für das Jahr 2004 berechnet (Hänninen & Knol, 2011; Hänninen et al., 2014).

Für Deutschland gibt es mit Stand Mitte 2018 für folgende umweltbedingte Risikofaktoren EBD-Berechnungen (Anzahl der vorhandenen Studien in Klammern): Feinstaub (6), Ozon (4), Radon (2), Blei (2), Wasserassozierte Risiken (3), Lärm (5), Benzol (2), Cadmium (1), Passivrauch (3), Formaldehyd (1), Dioxine (1), Stickstoffdioxid (1). Die Quellen sind der Veröffentlichung Tobollik et al. (2018b) zu entnehmen.

Zwecks Erläuterung der herangezogenen Zahlen wurden in dem Artikel detaillierte Ergebnisse für die umweltbedingten Risikofaktoren Feinstaub, wasserassozierte Risiken und Umgebungslärm beschrieben und

interpretiert. Deutlich wird darin, dass sich die Ergebnisse zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Für Feinstaub beispielsweise gab es in den letzten 15 Jahren sechs Berechnungen. Diese variieren von rund 610 DALYs bis 840 DALYs pro 100.000 Personen, wobei ein direkter Vergleich aufgrund der unterschiedlichen Eingangsdaten nicht zulässig ist. Da dieser jedoch oft vorgenommen wird, ist es wichtig, die Gründe für die Unterschiede zu benennen. Diese sind für Feinstaub:

- > die Auswahl und Anzahl der berücksichtigten Gesundheitsendpunkte,
- > die Wahl der Maßzahl (teilweise wurden ausschließlich YLLs berechnet),
- > die verwendete Expositions-Wirkungsfunktion,
- > die Verwendung von PM_{10} oder $PM_{2,5}$ bzw. Umrechnung von PM_{10} zu $PM_{2,5}$,
- > die zugrunde gelegte Expositionsschätzung für Feinstaub,
- > das Bezugsjahr der Berechnung und damit der Eingangsdaten,
- > die Wahl der unteren Quantifizierungsgrenze (z. B. Ein-oder Ausschluss von natürlichem Feinstaub),
- > die angenommene Lebenserwartung zur Berechnung der YLLs sowie
- > die Verwendung unterschiedlicher disability weights für die Berechnung der YLDs.

Diese Liste kann größtenteils auch für weitere umweltbedingte Risiken und die Erklärung von Unterschieden zwischen den berechneten Ergebnissen herangezogen werden. Für Umgebungslärm zeigt die Zusammenstellung noch größere Unterschiede. Das Anwendungsbeispiel Verkehrslärm, das nach dem Übersichtsartikel erstellt und veröffentlicht wurde, bestätigt dies. Gründe hierfür sind unterschiedliche Bezugsjahre und damit unterschiedliche Datenbasen der Expositionsschätzung. Die Expositionsdaten umfassen in den Abschätzungen von 2016 mehr Personen als noch für den Berichtszeitraum 2012 und 2007. Der Grund sind Vorgaben, die in der entsprechenden EU Verordnung festgelegt sind. Auch die Expositions-Wirkungsfunktionen wurden aktualisiert, was für die meisten Gesundheitsendpunkte zu einer höheren Krankheitslast führt. So wurden in der Studie VegAS für Belästigung und Straßenverkehrslärm 18.843 DALYs berechnet, wohingegen in Anwendungsbeispiel Verkehrslärm bei Verwendung der gleichen Expositions-Wirkungsfunktion 31.612 DALYs berechnet wurden. Die Anwendung der aktuellsten Expositions-Wirkungsfunktion führt zu noch höheren Werten, 58.469 DALYs (Tobollik et al., 2019).

7.3 Chancen und Grenzen für die wissenschaftliche Politikberatung

In den folgenden Ausführungen werden basierend auf den zuvor dargestellten Anwendungsbeispielen und dem Übersichtsartikel die Chancen und Grenzen der Methode für die Politikberatung herausgearbeitet. Zudem wird auf themenbezogene Fachliteratur zurückgegriffen, um weitere Chancen und Grenzen darzulegen. Die Eigenschaften der epistemischen und politischen Robustheit, die wissenschaftliche Erkenntnisse charakterisieren (Kapitel 2), werden ebenfalls aufgegriffen. An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den berechneten Maßzahlen lediglich um eine weitere Information für die wissenschaftliche Politikberatung handelt und diese nicht allein darauf beruhen sollte.

Chancen

Mittels der vier Anwendungsbeispiele konnte die Bedeutung des Zusammenhangs von Umweltfaktoren und Gesundheit aufgezeigt werden. Der Einfluss von Feinstaub, Lärm, elementarem Kohlenstoff und

Quecksilberbelastung auf die Gesundheit der untersuchten Bevölkerungen konnte anhand von verlorenen Lebensjahren dargelegt werden. Die EBD-Methode kann somit für unterschiedliche umweltbedingte Risikofaktoren angewendet werden. Sie bietet eine gewisse Flexibilität, die in der politischen Entscheidungsfindung benötigt wird. So kann die Methode sowohl für die Berechnung der aufgrund von umweltbedingten Risikofaktoren verlorenen Lebensjahre angewendet werden als auch für die Evaluation von Maßnahmen, die wiederum einen Einfluss auf Risikofaktoren und damit auf die Gesundheit haben können. Ebenso kann der Einfluss von lebensstil- und stoffwechselassoziierten Risikofaktoren auf die Bevölkerungsgesundheit quantifiziert und mit anderen Risikofaktoren verglichen werden, wie es z. B. in der GBD-Studie des IHME erfolgt (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020).

Neben der Flexibilität ist die Vergleichbarkeit eine Chance der Methode. Die Maßeinheit verlorene Lebensjahre ermöglicht es verschiedene Krankheiten, Risikofaktoren und Bevölkerungen miteinander zu vergleichen sowie die Krankheitslast über einen Zeitraum vergleichend zu beschreiben. Durch die Kombination von YLLs und YLDs können sowohl Erkrankungen, die schnell zum Tode führen, als auch chronische, nicht tödlich verlaufende Erkrankungen berücksichtigt und miteinander verglichen werden. Die Vergleichbarkeit konnte nur bedingt durch die Anwendungsbeispiele bestätigt werden, da es sich um singuläre Studien handelt, die sich auf unterschiedliche Bezugsräume und -jahre beziehen. Zudem schränkt die Datenverfügbarkeit Vergleiche verschiedener Risikofaktoren ein. Wie anhand der Anwendungsbeispiele gezeigt werden konnte, sollte vorab geprüft werden, inwiefern ein Vergleich möglich und sachdienlich ist. Ebenfalls können mit der Methode annähernde Zahlen zur Krankheitslast generiert werden, die für die Entscheidungsfindung besser geeignet sind als die Abwesenheit jeglicher Angaben. Neben den numerischen Ergebnissen beinhaltet die Anwendung der EBD-Methode eine intensive Datenprüfung. Diese umfasst zum einen die Recherche nach geeigneten Daten, die Prüfung der Daten hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit zur Berechnung der Krankheitslast und zum anderen eine Zusammenführung der Daten je nach gewählter Klassifizierung. Bei diesem Prozess werden zudem Datenlücken identifiziert.

Es handelt sich bei der EBD-Methode um eine etablierte Methode, die bereits mehrfach von international angesehenen Institutionen (z. B. Europäische Umweltagentur, IHME, WHO, Weltbank) angewendet wurde. Dies erhöht die Akzeptanz auf politischer Ebene und damit die Legitimation der Methode und der Ergebnisse. Die Legitimation wird als ein wesentlicher Erfolgsfaktor der wissenschaftlichen Politikberatung angesehen (Cash et al., 2002). Darüber hinaus ist ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Institutionen möglich, was für die Überprüfung ihrer Plausibilität essenziell ist sowie der gängigen wissenschaftlichen Praxis entspricht. Dies erfolgte in allen vier Anwendungsbeispielen im Rahmen der Diskussion.

Grenzen

Politik muss zum Teil schnell handeln und ist daher auf die rasche Verfügbarkeit von Fachwissen angewiesen. Nicht immer ist ausreichend Zeit vorhanden, um eine EBD-Berechnung durchzuführen, denn die Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast ist sowohl ressourcen- als auch zeitintensiv. Als Beispiel sei hier das Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam genannt. In diesem wurden die Gesundheitseffekte konkreter

politischer Maßnahmen der Stadt Rotterdam berechnet. Die Maßnahmen wurden von politischer Ebene bei der Planung der Studie ausgewählt. Die Studie hatte eine Laufzeit von rund fünf Jahren. In dieser Zeit haben sich die Randbedingungen der Maßnahmen bereits geändert und das ambitionierte Ziel eines Anteil von 50% Elektroautos an der privaten Fahrzeugflotte im Jahr 2020 ist kaum zu erreichen, da zum Zeitpunkt der Artikelveröffentlichung lediglich 5% der Autos elektrisch betrieben wurden. Dieses Beispiel zeigt, dass wissenschaftliche Prozesse zum Teil wesentlich langwieriger sind als politische Entscheidungen.

Während die Berechnung von DALYs nur die Anwendung einer einfachen Summenformel erfordert, ist die Datenrecherche und -aufbereitung aufwendig und insbesondere dann, wenn Daten fehlen, komplex. Je detaillierter und umfassender die Berechnung ist, desto mehr bzw. detailliertere Eingangsdaten werden benötigt. Sollen beispielsweise Berechnungen für bestimmte Altersgruppen, das Geschlecht oder vulnerable Gruppen erfolgen, müssen für diese entsprechend Eingangsdaten recherchiert und aufbereitet werden. In den Anwendungsbeispielen wurden die Berechnungen so weit wie möglich nach Geschlecht und Altersgruppen aufgegliedert, was ein Mindestmaß sein sollte.

Bei dem DALY handelt sich um ein auf statistischen Angaben basierendes Maß, welches für viele nicht direkt greifbar ist. Eine direkte Validierung, beispielsweise durch Messungen, ist nicht möglich. Diese Einschränkungen und alle enthaltenen Annahmen sollten vermittelt werden. Ebenso ist die Vermittlung der Ergebnisse auf die Vielschichtigkeit der Berechnung abzustimmen, damit sie entsprechend interpretiert werden können. So ist anzugeben, wie viele Lebensjahre (YLLs, YLDs oder DALYs) aufgrund welches Risikofaktors und welchen Erkrankungen in einer definierten Bevölkerung für ein Bezugsjahr verloren gehen.

Die Anwendungsbeispiele zeigen, dass die Methode für die Berechnung der Krankheitslast von gut erforschten Risikofaktoren wie Feinstaub geeignet ist. Weniger sicher sind die Angaben beispielsweise für Quecksilber. Dennoch leisten diese Ergebnisse einen Erkenntnisbeitrag, auch wenn die berechneten Zahlen mit wesentlich mehr Unsicherheiten behaftet sind.

Wie in Kapitel 6 dargelegt, liegt der EBD-Methode ein dichotomes Verständnis von Gesundheit zugrunde. Entweder ist eine Person gesund und verliert damit keine Lebensjahre oder sie ist krank und verliert damit eine gewisse Anzahl an Lebensjahren. Eine individuelle Sichtweise hinsichtlich des Wohlbefindens ist nicht abgebildet. Auch können gesundheitsförderliche Ressourcen nicht adäquat in dem Negativmaß DALY abgebildet werden.

Eine Grenze bezüglich der wissenschaftlichen Politikberatung, die nicht speziell für die EBD-Methode ist, auf diese aber wie auf die Mehrheit wissenschaftlicher Methoden zutrifft, ist, dass Wissenschaft sich stets weiterentwickelt und damit vorangegangene Erkenntnisse widerlegt. Angewendet auf die EBD-Methode bedeutet dies, dass neuere Eingangsdaten zu einer anderen Anzahl an DALYs führen können (Kapitel 7.2). Dies zeigen auch die Anwendungsbeispiele. In Anwendungsbeispiel Verkehrslärm werden die aktuellsten Expositions-Wirkungsfunktionen zur Berechnung der Krankheitslast verwendet sowie ältere, die auch

bereits bei vorherigen Berechnungen der Krankheitslast verwendet wurden (Hänninen et al., 2014; Hornberg et al., 2013; Tobollik et al., 2019; Tobollik et al., 2018b), wodurch deutlich wird, dass die Krankheitslast mit Verwendung der aktuellen Expositions-Wirkungsfunktion wesentlich höher ist. Als Beispiel sei hier Schlafstörung aufgrund von Schienenverkehrslärm genannt. Bei der Verwendung der Expositions-Wirkungsfunktion von Basner und McGuire (2018) liegt die Krankheitslast bei 39.548 YLDs, bei der Verwendung der Expositions-Wirkungsfunktion von Miedema, Passchier-Vermeer und Vos (2003) hingegen bei 14.639 YLDs.

Eine Zusammenfassung der Chancen und Grenzen zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7: Chancen und Grenzen der EBD-Methode zur wissenschaftlichen Politikberatung

Chancen	Grenzen
<ul style="list-style-type: none"> > Quantifizierung von Gesundheit in Form eines oder mehrerer Indikatoren > Die Methode weist eine gewisse Flexibilität auf, da sie für verschiedene Fragestellungen anwendbar ist > Die Methode ermöglicht den Vergleich mit anderen Risiken > Es handelt sich um eine etablierte Methode, die stetig weiterentwickelt wird 	<ul style="list-style-type: none"> > Es handelt sich um eine ressourcen- und zeitintensive Berechnung > Dem Konzept liegt ein dichotomes Verständnis von Gesundheit zugrunde > Anhand der Methode berechnete Krankheitslasten sind für gut untersuchte Risikofaktoren tendenziell höher als für weniger gut untersuchte > Die Vermittlung der Methode und deren Ergebnisse in Form von Summenmaßen ist anspruchsvoll

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Epistemische und politische Robustheit

Wie in Kapitel 2 erläutert zeichnen sich wissenschaftliche Erkenntnisse, die zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden, durch zwei Eigenschaften aus: epistemische und politische Robustheit (Weingart & Lentsch, 2008). Bezogen auf die Anwendungsbeispiele und ihre epistemische Robustheit kann gesagt werden, dass die EBD-Methode in allen Beispielen erfolgreich angewandt wurde, es jedoch eine Vielzahl an Einschränkungen aufgrund der Verfügbarkeit von Eingangsdaten gab. Beispielsweise ist die Expositionsschätzung für Kerala unzureichend, was sich wiederum auf das Ergebnis, die Anzahl der DALYs, die auf die Feinstaubbelastung zurückzuführen sind, auswirken kann. Auch das Beispiel zu der durch Quecksilbervergiftung im handwerklichen Goldbergbau verursachten globalen Krankheitslast ist durch einen Mangel an verlässlichen Daten geprägt, was wiederum die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt.

Eine Definition von Mindestanforderungen, die für eine Berechnung der Krankheitslast erforderlich sind, gibt es nicht. Vielmehr wird zumeist die Ansicht vertreten, dass annähernde Zahlen für die Entscheidungsfindung besser sind als die Abwesenheit jeglicher Angaben. Es ist von der Wissenschaftlerin oder dem Wissenschaftler einzuschätzen, ob die Datenlage ausreicht, um aussagekräftige Berechnungen durchzuführen, und inwiefern die Ergebnisse zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden sollten. Ein Mindestmaß, das die epistemische Robustheit widerspiegelt, sollte die Veröffentlichung in einer Zeitschrift mit Peer-Review-Verfahren sein. Dies garantiert, dass die Berechnung von zwei externen Wissenschaftlerinnen

oder Wissenschaftlern als veröffentlichungswürdig begutachtet wurde. Dies ist der Fall für alle vier vorgestellten Anwendungsbeispiele.

Das Anwendungsbeispiel Feinstaubbelastung in einem indischen Bundesstaat zeigt anschaulich, dass die epistemische Robustheit eines Forschungsthemas mit der Zeit zunehmen kann. Als der Artikel veröffentlicht wurde, stellte dies die erste Berechnung der Krankheitslast von Feinstaub für einen indischen Bundesstaat dar. Dieses Manko hat die GBD-Studie aufgegriffen und führt seit der GBD-Studie 2016 Berechnungen der Krankheitslast für alle indischen Bundesstaaten durch (India State-Level Disease Burden Initiative Air Pollution Collaborators, 2019). Diese sind wesentlich detaillierter und genauer als die Berechnungen in Beispiel Feinstaub Kerala.

EBD-Berechnungen beinhalten immer Entscheidungen und Annahmen, die von den involvierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern getroffen werden müssen. Diese umfasst z. B. die Wahl der Referenzlebenserwartung, die wiederum die Anzahl der YLLs maßgeblich beeinflusst oder die Wahl der unteren Quantifizierungsgrenze, welche die Höhe der PAF und damit der DALYs beeinflusst. Die Wahl der Eingangsparameter sollte immer wissenschaftlich begründet und transparent dargestellt werden. Wie Anwendungsbeispiel Verkehrslärm zeigt, kann die Wahl der Eingangsparameter einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben. Die Einschätzung, ob und welche Ergebnisse sachlich richtig und damit epistemisch robust sind, kann komplex sein und bedarf des möglichst aktuellen Kenntnisstandes.

Die politische Robustheit kann nur bedingt von wissenschaftlicher Seite beeinflusst werden. Ein beeinflussbarer Aspekt ist die Wahl des Risikofaktors und der Fragestellung. So wurde in Beispiel HIA Rotterdam die Fragestellung zusammen mit der Regierung in Rotterdam festgelegt, was die politische Akzeptanz erhöht. Zentral für die Akzeptanz ist die Ausrichtung der jeweiligen Partei bzw. der Politikerin oder des Politikers. So dienen wissenschaftliche Erkenntnisse oft der Legitimierung eigener Interessen, ohne dass die wissenschaftlichen Inhalten notwendigerweise eine angemessene Bedeutung zugemessen wird (Böcher, 2012). Wesentlich für die Akzeptanz der Ergebnisse ist die adressatengerechte Vermittlung, welche in Kapitel 7.4 thematisiert wird. Neben der Akzeptanz ist auch die politische Anwendbarkeit maßgebend für die politische Robustheit. Diese ist in den vier Beispielen nicht direkt gegeben. Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam zielt darauf ab, konkrete Maßnahmen zu bewerten. Die politische Realisierung sollte, wie es in einer Gesundheitsfolgenabschätzung angestrebt wird, durch den frühzeitigen Einbezug der politischen Ebene in den Untersuchungsprozess berücksichtigt werden. Das Beispiel zeigt, dass trotz eines Einbezugs von politischen Interessen in die Ausgestaltung der Forschungsfrage die spätere Verwendung von weiteren nicht planbaren Aspekten abhängt. Die Ergebnisse der Berechnung deuten darauf hin, dass die Effekte von anspruchsvollen Treibhausgasminimierungsmaßnahmen auf die Luftqualität und Umgebungslärm gering sind, da Rotterdam bereits auf dem Weg zu einer nachhaltigen Stadt ist.

Die politische Relevanz der Anwendungsbeispiele Feinstaub Kerala, Quecksilber und Verkehrslärm ist nicht direkt gegeben, da es das Ziel dieser Berechnung war, die Krankheitslast der jeweiligen

Risikofaktoren aufzuzeigen und keine direkten Maßnahmen daraus abzuleiten. Hier bedarf es eines weiteren Schrittes, um die Erkenntnisse in Maßnahmen zur Reduktion des Risikofaktors und damit der Krankheitslast überführen zu können, wozu ein Diskussion notwendig ist, der mit wissenschaftlichem Erkenntnissen angestoßen werden kann.

7.4 Vermittlung von umweltbedingten Krankheitslasten

Die Vermittlung der wissenschaftlichen Erkenntnisse ist ein entscheidendes Element der wissenschaftlichen Politikberatung, weil nicht nur politische Entscheidungsträgerinnen und -träger adressiert werden, sondern auch die Allgemeinbevölkerung, welche unter anderem durch die Medien erreicht werden kann. Vor dem Hintergrund, dass eine zielgruppenspezifische Vermittlung angestrebt werden soll, ist es notwendig, die wissenschaftlichen Kommunikationsmuster zumindest partiell zu überwinden, als sie auf die Zielgruppen abgestimmt wird. Zudem ist es erstrebenswert, bereits während des wissenschaftlichen Prozesses der EBD-Berechnung die Vermittlungsmöglichkeiten und -arten mitzudenken und vorzubereiten.

Im Folgenden werden zwei Möglichkeiten der Vermittlung an Politik und Öffentlichkeit vorgestellt, die im Rahmen vorliegender Arbeit erstellt wurden. Sie sollen als Ergänzung zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen gesehen werden.

Erklärvideo

Es wurde ein animiertes 8-minütiges Video erstellt, das die Berechnungsmethode anhand des Beispiels Feinstaub und Lungenkrebs für Deutschland erklärt. Das Ziel des Videos ist den Bekanntheitsgrad der Methode zu erhöhen, indem diese in einem einfach zugänglichen Format eines Videos erklärt wird. Die Berechnungsschritte sind mit Beispielen und Animationen hinterlegt. Das Erklärvideo ist auf YouTube in englischer und deutscher Sprache verfügbar (Tobollik, 2017). Die Inhalte und das Skript wurden von der Verfasserin erstellt. Die Zeichnungen, die Animationen und die Vertonung wurden professionell ausgeführt. Die Zielgruppe ist die interessierte Allgemeinbevölkerung. Daher wurde bewusst auf wissenschaftliche Termini verzichtet bzw. wurden diese erläutert. Unter dem Video befindet sich ein Erläuterungstext inklusive Quellen und Links zu weiteren Informationen. Das deutschsprachige Video wurde 2.643- und das englischsprachige 2.759-mal aufgerufen (Stand 04. März 2021).

Das Video wurde im Rahmen einer Pilotphase von sechs Personen auf Verständlichkeit geprüft und entsprechend überarbeitet. Zudem wurde dieses auf der achten International-Conference-on-Children's-Health-and-the-Environment-Konferenz präsentiert und anhand der erhaltenen Rückmeldung angepasst.



Abbildung 4: Screenshot der Internetseite YouTube mit dem Video „Umweltbedingte Krankheitslasten – wie stark gefährden Risikofaktoren die Gesundheit der Bevölkerung?“

Aufgerufen am 14. Dezember 2020, (Tobollik, 2017)

Fragen-und-Antworten-Katalog: Umweltbedingte Krankheitslasten

Für die Vermittlung und Verbreitung der Methode wurde ein weiteres Kommunikationsmedium erstellt. Ein Fragen-und-Antworten-Katalog beantwortet 15 häufig gestellte Fragen zum Thema umweltbedingte Krankheitslast. Die Adressatinnen und Adressaten sind die Allgemeinbevölkerung sowie Medienvertreterinnen und -vertreter. Für die Erstellung des Fragen-und-Antworten-Katalogs wurden elf leitfadengestützte Expertinnen- und Experteninterviews durchgeführt. In fast allen Interviews wurde sich dafür ausgesprochen, dass eine Übersetzung der englischsprachigen Begriffe als zielführend für die Akzeptanz der Methode in der wissenschaftlichen Politikberatung angesehen wird. In dem Fragen-und-Antworten-Katalog wurden daher bewusst neben den englischen Begriffen auch die deutschen verwendet. Da die Fachliteratur zu dem Thema nahezu ausschließlich in englischer Sprache vorliegt, wurde zu der deutschen Übersetzung, beispielsweise untere Quantifizierungsgrenze, auch der englische Begriff counterfactual-value genannt. Manche Begriffe können nicht adäquat übersetzt werden, z. B. der Begriff disability, der mit Behinderung übersetzt wird. Beim BoD-Konzept geht der Begriff darüber hinaus und bezieht sich auf jegliche Abweichung von einem optimalen Gesundheitszustand (Platz et al., 2014). Für die Abkürzungen DALY, YLL, YLD und EBD wurde keine deutschsprachige Abkürzung eingeführt, da diese in der deutschen Sprache verwendet werden und ein Wiedererkennungswert besteht.

Komplizierte Begriffe werden möglichst allgemeinverständlich erläutert. Unter den Antworten gibt es Querbezüge, die durch eine grüne Schriftfarbe markiert sind. Die Antworten erklären einzelne Begriffe

sowie Berechnungsschritte und geben notwendige Informationen zur Einordnung der (umweltbedingten) Krankheitslast.

Das Dokument befindet sich als PDF-Dokument zum Herunterladen auf der UBA-Homepage (Tobollik, 2019). Dieses Dokument kann offline gelesen und zitiert werden. Zudem sind die Fragen als anklickbare Elemente auf der UBA-Internetseite zu finden, sodass Lesende die Fragen anklicken können, die von Interesse sind. Diese Fragen sind mit weiteren Texten zum Thema Krankheitslast auf der UBA-Homepage verknüpft, sodass auf diesen keine Hintergrundinformationen zu dem Konzept stehen, sondern gesammelt von dem Fragen-und-Antworten-Katalog erklärt werden.

8 Diskussion

Die Umwelt als relevanter Einflussfaktor auf die menschliche Gesundheit wird in der politischen Entscheidungsfindung zu wenig berücksichtigt und häufig in ihrer Bedeutung unterschätzt (Niemann & Straff 2018). Die EBD-Methode kann genutzt werden, um Umwelteinflüsse auf die Gesundheit zu verdeutlichen. Das Ziel vorliegender Synopse ist die Erörterung der Chancen und Grenzen der EBD-Methode zur wissenschaftlichen Politikberatung. Die Anwendung der Methode ist ein wissenschaftlicher Prozess, der in Form von vier Anwendungsbeispielen erfolgt (Steckling et al., 2017; Tobollik et al., 2019; Tobollik et al., 2016a; Tobollik et al., 2015). Zudem beschreibt und interpretiert ein Artikel vorhandene EBD-Ergebnisse für Deutschland (Tobollik et al., 2018b). Die Vermittlung ist ein zentraler Faktor bei der wissenschaftlichen Politikberatung. Daher wurden neben der klassischen wissenschaftlichen Veröffentlichungsform zwei weitere Kommunikationsformate, ein animiertes Video (Tobollik, 2017) und ein Fragen-und-Antworten-Katalog, erstellt (Tobollik, 2019). Die Brücke zwischen den Artikeln und der wissenschaftlichen Politikberatung wurde in der vorliegenden Synopse durch die Herausarbeitung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Anwendungsbeispiele sowie die daraus abgeleiteten Chancen und Grenzen für die wissenschaftliche Politikberatung geschlagen. Dies wird in Kapitel 8.1 diskutiert. Die Anwendungsbeispiele (8.2) und der aus ihnen abgeleitete Forschungsbedarf (8.3) wird nachfolgend behandelt. Weitere für die wissenschaftliche Politikberatung relevante Aspekte werden in Kapitel 8.4 Vermittlung von Ergebnissen und 8.5 Qualität und Standards der wissenschaftlichen Glaubwürdigkeit und fachlichen Eignung diskutiert.

8.1 Beantwortung der Forschungsfrage

Die EBD-Methode bietet einerseits Chancen für die wissenschaftliche Politikberatung und ist andererseits durch bestimmte Faktoren limitiert (Kapitel 7.3). Andererseits ergeben sich Grenzen aus der Zusammenarbeit der beiden Systeme Politik und Wissenschaft. Die Durchführung von EBD-Berechnungen ist ressourcen- und zeitintensiv. Die Politik muss häufig schnell entscheiden und kann nicht immer einige Jahr auf die Fertigstellung einer Studie warten. Diese Einschränkung kann verringert werden, indem Vorlaufforschung betrieben wird, dass also Risikofaktoren untersucht werden, die potenziell zukünftig von politischer Relevanz sein können. Eine weitere Möglichkeit, die Ergebnisse von EBD-Studien für die wissenschaftliche Politikberatung nutzbar zu machen, ist eine Ausrichtung der wissenschaftlichen Arbeit bereits im

Forschungsprozess. Es kann auf spezifische Fragen, wie z. B. die Untersuchung von politischen Maßnahmen, eingegangen werden.

Neben der nationalen Ebene sind die lokale und bundeslandbezogene Ebene für politische Entscheidungen relevant. Je nach Ebene ist zu prüfen, ob entsprechende Daten für den Bezugsraum vorliegen und ob Maße der Bevölkerungsgesundheit berechnet werden können. Im Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam wurden Raten von den Niederlanden für die Stadt Rotterdam verwendet, weil keine Daten speziell für die Stadt vorlagen. Ebenso wurde geprüft, inwiefern die verwendeten Expositions-Wirkungsfunktionen auf lokaler Ebene anzuwenden sind.

Die EBD-Methode ist, wie an den Anwendungsbeispielen gezeigt, vielfältig einsetzbar. Ein Aspekt, der als Nachteil im Rahmen der wissenschaftlichen Politikberatung ausgelegt werden kann, ist, dass die Methode mit unterschiedlichen Daten und Annahmen gespeist werden kann, was zu unterschiedlichen Ergebnissen für einen Risikofaktor führen kann. Es handelt sich somit nicht um rein deskriptive Maßzahlen. Für die Nutzung der Ergebnisse zur wissenschaftlichen Politikberatung muss erklärt werden, warum es zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Zudem ist es hinsichtlich der Vermittlung der komplexen Berechnungen notwendig, ein gewisses Verständnis für diese Maßzahlen zu entwickeln, was Folgendes umfasst:

- > Die Ergebnisse sind anwendungsbezogen und relativ zu interpretieren.
- > Die quantitativen Ergebnisse hängen von den Eingangsparametern und getroffenen Annahmen ab.
- > Es handelt sich um Maße der Bevölkerungsgesundheit.
- > Meist gilt: Je besser ein Risikofaktor erforscht ist, desto umfassender kann die Krankheitslast berechnet werden.
- > Die Zahlen können nicht durch Zählungen oder Messungen validiert werden
- > Es handelt sich um ein Negativmaß, das Verlust an Lebenszeit darstellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Forschungsfrage zu den Chancen und Grenzen der Methode zur wissenschaftlichen Politikberatung beantwortet werden konnte (Kapitel 7.3). Die Beantwortung erfolgte anhand einer wissenschaftlichen Perspektive, die von einem gesundheitswissenschaftlichen Studium geprägt ist. Es wurden Erkenntnisse der Politikwissenschaft aufgenommen, jedoch keine Methoden dieser Wissenschaft angewandt. Auch wurde die politische Ebene und inwiefern diese bzw. politische Entscheidungsträgerinnen und -träger die EBD-Methode und ihren Nutzen zur wissenschaftlichen Politikberatung bewerten, nicht einbezogen. Eine weitere Möglichkeit, die Forschungsfrage zu beantworten, ist daher eine qualitative Befragung von politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern hinsichtlich ihrer Bedürfnissen und Anforderungen an wissenschaftliche Erkenntnisse, die in den Beratungsprozess einfließt. Im Anschluss kann überprüft werden, inwiefern die EBD-Methode diesen Anforderungen gerecht wird und eine Integration in die Entscheidungsfindung möglich ist.

Eine weitere Möglichkeit der Beantwortung der Forschungsfrage wäre zu untersuchen, inwiefern EBD-Ergebnisse in anderen Ländern zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden und welche Faktoren die Erfolgchancen erhöhen. Ein weiterer Ansatz könnte darin bestehen, EBD-Berechnungen im Sinne einer Produktlinie zu prüfen (Böcher & Krott, 2010), indem eine EBD-Berechnung von Beginn an, also der

Initiierung der Forschungsfrage, bis zum Schluss, inwiefern die Ergebnisse in eine Verwertung auf politische Ebene münden, beschrieben wird, um daraus Chancen und Grenzen abzuleiten. Dabei wäre zu diskutieren, inwiefern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sich dazu legitimiert sehen, außerhalb der Wissenschaft tätig zu werden, indem sie, wie in dem Ansatz vorgesehen, aktiv Akteure identifizieren und sie mit wissenschaftlichen Erkenntnissen bedienen. Dieser Arbeitsschritt verlässt die wissenschaftliche Ebene und begibt sich in die Politikgestaltung. Hierdurch wird ein Spannungsfeld zwischen Wahrheitsstreben und Legitimation eröffnet. Dieses Spannungsfeld wurde in der vorliegenden Arbeit bewusst nicht untersucht. Zum Thema Legitimation von Umweltpolitik sei auf die Publikation des Sachverständigenrats für Umweltfragen (2019) hingewiesen.

Als Zwischenfazit ist zu formulieren: Die mittels der Methode der Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten erzielten Ergebnisse können zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden.

8.2 Anwendungsbeispiele und Methode

Wie in Kapitel 7.1 dargelegt, weisen die Anwendungsbeispiele Unterschiede auf, die sich unter anderem aus dem gewählten Ziel und der verwendeten Eingangsdaten ergeben. Im Folgenden wird der Einfluss dieser Parameter auf die Methode diskutiert.

Quecksilberbelastung bei Goldbergbauarbeiterinnen und -arbeitern ist ein wenig gut untersuchter Risikofaktor, was sich in der Datenverfügbarkeit widerspiegelt. Das Anwendungsbeispiel Quecksilber zeigt auch, dass aufgrund des Datenmangels eine Vielzahl von Annahmen getroffen werden musste (Tabelle 1), wie die Anzahl an Minenarbeiterinnen und -arbeitern oder die Prävalenzrate von chronischer Quecksilbervergiftung. Die fehlenden Eingangsdaten und die getroffenen Annahmen beinhalten große Unsicherheiten, die durch einen Unsicherheitsbereich dargestellt werden. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass zur Darstellung der Unsicherheit die Spannbreite des Unsicherheitsintervalls sowie eine qualitative Beschreibung verwendet werden sollten. Im Anwendungsbeispiel Quecksilber ist beispielsweise kein Punktwert, sondern lediglich ein großer Ergebnisbereich angegeben, um die Unsicherheit zu verdeutlichen.

EBD-Berechnungen spiegeln den aktuellen Erkenntnisstand wider. Dieser wird stets erweitert und somit sind die Ergebnisse von EBD-Berechnungen im Kontext des Wissensstands zum Zeitpunkt der Erstellung zu sehen und zu interpretieren. Das Anwendungsbeispiel Feinstaub Kerala war bei Veröffentlichung die erste Krankheitslastenschätzung von Feinstaub für einen Bundesstaat in Indien. Inzwischen hat sich das IHME diesem Thema zugewandt und führt Berechnungen auf Bundeslandebene für Indien durch (India State-Level Disease Burden Initiative Air Pollution Collaborators, 2019). Es handelt sich beim Anwendungsbeispiel Feinstaub Kerala um eine sehr limitierte Berechnung ohne adäquate Expositionsmodellierung. Grund ist, dass diese Arbeit im Rahmen eines Studienaustauschs stattgefunden hat. Die GBD-Studie des IHME hingegen ist ein großes Projekt, dem wesentlich mehr Ressourcen zur Verfügung stehen und somit weitaus komplexere Modellierungen möglich sind. Aufgrund dessen sind auch die Ergebnisse der GBD-Studie valider und aussagekräftiger.

Die Verwendung von allgemein akzeptierten Indikatoren wie z. B. die Lärmbelastung am Tag (L_{den}) und in der Nacht (L_{night}) kann die Akzeptanz der Ergebnisse erhöhen. Diese politisch akzeptierten Indikatoren sind in der Common-Noise-Assessment-Methods-in-the-EU-Direktive definiert. Jedoch werden auch hier, wie bei den DALYs, Informationen zusammengefasst, wodurch gewisse Informationen verloren gehen (Tobollik et al., 2018a). Durch die Verwendung mehrere Indikatoren kann es zu einem weiteren Informationsverlust kommen.

In einer Kleinen-Anfrage erkundigten sich Politikerinnen und Politiker der Partei Die Linke nach durch Schienenverkehrslärm bedingten vorzeitigen Todesfällen bzw. verlorenen gesunden Lebensjahren (Deutscher Bundestag, 2019), was in Anwendungsbeispiel Verkehrslärm berechnet wurde. Dies zeigt, dass das politische Interesse an dem Thema steigt und die Maßzahlen bestimmten Politikerinnen und Politikern bekannt sind.

Im Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam wird eine spezifische Form der EBD-Berechnung angewendet, eine Gesundheitsfolgenabschätzung. Die Spezifikation der EBD-Methode durch die Konzentration auf Maßnahmen in Form einer Gesundheitsfolgenabschätzung hat die Erhöhung der politischen Akzeptanz zum Ziel. Die politischen Maßnahmen können von Entscheidungsträgerinnen und -trägern ausgewählt werden und so die Themen und Probleme behandeln, die derzeit im politischen Interesse liegen. Jedoch ist dieses auch nur begrenzt möglich, da die wissenschaftlichen Erkenntnisse meist schnell benötigt werden, aber eine Gesundheitsfolgenabschätzung eine zeitaufwendige Untersuchung beinhaltet.

Feinstaub ist einer der relevantesten umweltbedingten Risikofaktoren (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020; Tobollik et al., 2018b). Im Rahmen des Anwendungsbeispiels HIA Rotterdam konnte gezeigt werden, dass für die Abschätzung von Maßnahmen im Straßenverkehr Feinstaub nur bedingt geeignet ist, da die Belastung stark vom regionalen Hintergrund beeinflusst wird. Aus diesem Grund wurde die Krankheitslast im Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam für einen weiteren Risikofaktor, der den Einfluss des Straßenverkehrs besser abschätzt, berechnet. Das Ziel der Krankheitslastenberechnung ist somit grundlegend für die Auswahl der Risikofaktoren. Zudem ist es maßgebend für die Auswahl weitere Parameter. Das Ziel der GBD-Studie ist ein einheitliches Vorgehen, sodass ein globaler Vergleich möglich ist. Um dies umzusetzen, wurde angenommen, dass alle Menschen auf der Welt die gleiche Lebenserwartung haben. In der GBD-Studie aus dem Jahr 2017 wird für Frauen und Männer eine einheitliche Lebenserwartung bei Geburt von 87,89 Jahren für die Berechnung der YLL genutzt (GBD 2017 Causes of Death Collaborators, 2018). Diese Zahl liegt über der Lebenserwartung der Bevölkerung in Deutschland für die Jahre 2016 bis 2018 (Frauen 83,27 Jahre, Männer 78,48 Jahre, (Destatis, 2019) und spiegelt somit nur bedingt das Versterbe geschehen in Deutschland wider.

Die Krankheitslast kann mittels verschiedener Methoden berechnet werden (Kapitel 5.2). Es gibt den Prävalenzansatz, der in allen vier Anwendungsbeispielen angewendet wurde (Kapitel 7.1), und den Inzidenzansatz, der beispielsweise für Infektionskrankheiten geeignet ist. Eine weitere Methode zur Berechnung

von YLLs und der risikoadjustierten Lebenserwartung ist der Sterbetafelansatz (COMEAP, 2010; Miller & Hurley, 2006). Aus der Sterbetafel kann das allgemeine Sterberisiko für jedes Lebensjahr berechnet werden. Sie kann angepasst werden, sodass der Einfluss eines Risikofaktors auf die Sterberate berechnet werden kann. Infolgedessen können realistische Einbuße oder Gewinne der Lebenszeit pro Individuum, die durch die Exposition gegenüber einem Risikofaktor beeinflusst werden, berechnet werden. Diese Methode berücksichtigt, dass alle Personen bei der Reduktion des Risikofaktors eine höhere Lebenserwartung haben, diese aber nicht gleichverteilt ist. So wird die Lebenserwartung älterer Menschen weniger verlängert als die Lebenserwartung jüngerer Personen (COMEAP, 2010; Miller & Hurley, 2006). Diese Methode ist insbesondere geeignet, um Zukunftsberechnungen zu erstellen, wie es im Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam erfolgt ist.

Als Zwischenfazit ist festzuhalten, dass basierend auf der Forschungsfrage und dem Ziel der EBD-Berechnung eine entsprechende Berechnungsmethode und dazu passende Eingangsdaten auszuwählen sind.

8.3 Forschungsbedarf

Die Qualität einer EBD-Berechnung hängt maßgeblich von den verwendeten Eingangsdaten ab. Daher sollten die im Verlauf der Untersuchung festgestellten Forschungsbedarfe und Datenlücken aufgezeigt werden. Dies ermöglicht es nicht nur, die Datenbasis für EBD-Studien zu verbessern, sondern auch, die routinemäßig erhobenen Daten wie die Todesursachenstatistik zu überprüfen und gegebenenfalls Verbesserungsbedarfe aufzuzeigen. Für die vier Anwendungsbeispiele wurde der Forschungsbedarf benannt. Datenlimitationen, die nicht nur für die Anwendungsbeispiele relevant sind, sondern auch auf weitere EBD-Berechnungen zutreffen sowie eine besondere Relevanz für die wissenschaftliche Politikberatung haben, werden im Folgenden genannt.

Die Interaktion von Feinstaub und Lärm sollte untersucht werden, sodass eine gemeinsame Abschätzung möglich ist. Derzeit werden diese beiden Risikofaktoren im Rahmen von EBD-Studien getrennt berechnet. Aufgrund der teilweise identischen Quellen, wie beispielsweise der Straßenverkehr, ist eine gemeinsame Berechnung anzustreben. Auch könnten politische Maßnahmen, die sich auf identische Quellen beziehen, realistischer bewertet werden. Der größte Teil der Risikoschätzer für Feinstaub stammt aus Ein-Schadstoff-Modellen. Jedoch liegt meist ein Gemisch aus unterschiedlichen Luftschadstoffen vor. Das Zusammenwirken der verschiedenen Luftschadstoffe wie Ozon und Stickstoffdioxid sowie Feinstaubgrößen und Lärm sollte daher weiter erforscht werden. Hierzu bedarf es differenzierter Mehrschadstoffmodelle sowie eine umfassende Expositionsschätzung, welche die verschiedenen Risikofaktoren umfasst.

Die Datenverfügbarkeit von Quecksilberbelastung bei kleinhandwerklichen Goldbergbauarbeiterinnen und -arbeiten ist sehr limitiert. Dieses Forschungsfeld profitiert von einer besseren Datenlage. Jedoch ist aufgrund des informellen und zum Teil illegalen Charakters des kleinhandwerklichen Goldbergbaus die Datenverfügbarkeit und -erhebung eingeschränkt. Z. B. wäre eine detaillierte Schätzung der Krankheitslast für die unterschiedlichen Bearbeitungsprozesse wie Gesteinsmahlen, Schmelzen und Goldveredeln hilfreich,

um die Belastung der einzelnen Arbeitsschritte besser abschätzen und geeignete Minderungsmaßnahmen ableiten zu können. Kinder sind aufgrund des Tätigkeitsortes, der meist nahe dem Lebensort liegt, ebenfalls von einer Quecksilberbelastung betroffen. Für eine Schätzung ihrer Belastung fehlen aussagekräftige Daten (Kampalath & Jay, 2015).

Es kann nur die Krankheitslast in DALYs ausgedrückt werden, wenn für den Risikofaktor Expositions-Wirkungsfunktionen sowie für die assoziierten Erkrankungen ausreichende Mortalitäts- und Morbiditätsdaten vorliegen. Für alle Risikofaktoren, die im Rahmen dieser Dissertation untersucht wurden, kann gesagt werden, dass es Hinweise auf weitere Erkrankungen gibt, die im Zusammenhang mit dem Risikofaktor stehen, deren Krankheitslast jedoch aufgrund fehlender Expositions-Wirkungsfunktionen nicht berechnet werden konnte. Zudem gibt es weitere umweltbedingte Risikofaktoren, für die eine Berechnung der Krankheitslast wünschenswert, aber derzeit nicht realisierbar ist, weil Daten fehlen, wie beispielsweise für perfluorierte Chemikalien (Hornberg et al., 2013) und den Klimawandel (Hu, Landrigan, Fuller, Lim & Murray, 2018).

Im Rahmen von EBD-Berechnungen werden Daten, die nicht speziell für den ausgewählten Bezugsraum erhoben wurden, verwendet. Für Deutschland sind dies beispielsweise die Expositions-Wirkungsfunktionen und die disability weights. Die im Rahmen der GBD-Studie ermittelten disability weights werden global angewendet, um internationale Vergleiche zu ermöglichen (Murray & Acharya, 1997; Salomon et al., 2015). Da diese Auffassung nicht von allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geteilt wird (James & Foster, 1999; Reidpath, Allotey, Kouame & Cummins, 2003; Üstün, Saxena, Rehm & Bickenbach, 1999) wurden für einige Länder eigene disability weights abgeleitet, um nationale Besonderheiten zu berücksichtigen, wie z. B. Australien (Mathers, Vos & Stevenson, 1999; Mathers, Vos, Stevenson & Begg, 2001b), Burkina-Faso (Baltussen, Sanon, Sommerfeld & Wurthwein, 2002), Estland (Lai, Habicht & Kiivet, 2009) und Südkorea (Ock et al., 2019). Für die europäischen Länder Dänemark, England und Wales, Frankreich, die Niederlande, Spanien und Schweden wurden gleichfalls disability weights ermittelt (Melse, Essink-Bot, Kramers & Hoeymans, 2000; Stouthard, Essink-Bot & Bonsel, 2000; Stouthard et al., 1997). Wenn EBD-Berechnungen die Verhältnisse und Gegebenheiten speziell in Deutschland darstellen sollen, ist die Festlegung von disability weights für Deutschland anzuregen, wobei zu betonen ist, dass diese methodisch komplex sowie sehr kostenintensiv und zeitaufwendig ist (Tobollik et al., 2016b). Es ist somit abzuwägen, ob es für die wissenschaftliche Politikberatung notwendig ist, eigene disability weights festzusetzen oder ob die disability weights der GBD-Studie auf Deutschland anzuwenden sind.

In Deutschland gibt es eine Vollerhebung der Todesursachenstatistik, in der alle Todesfälle nach Todesursache erfasst sind. Diese Erfassung ist für die Berechnung der Krankheitslast nur partiell geeignet. Es sind rund 26 Prozent der Todesfälle in Deutschland mit dem Bezugsjahr 2015 laut IHME nicht so kodiert, dass sie ohne Anpassung für die Berechnung der Krankheitslast geeignet sind (Wengler et al., 2019). Dies umfasst sowohl ungültige als auch nicht näher spezifizierte Codes.

In Deutschland gibt es kein dem Todesursachenregister äquivalentes Register, in dem alle Erkrankungen erfasst sind. Das Robert Koch-Institut als nationale Einrichtung der Krankheitsüberwachung und -prävention führt in regelmäßigen Zeiträumen Erhebungen durch, um Aussagen über die Prävalenz und Inzidenz der wichtigsten Krankheiten zu geben. Einen Überblick über epidemiologische Studien und Gesundheitsmonitoringsysteme mit Umweltbezug in Deutschland geben Schneider et al. (2018b).

EBD-Berechnungen sind immer so detailliert wie die genutzten Eingangsdaten. So kann nur die Krankheitslast getrennt nach dem Alter oder dem Geschlecht berechnet werden, wenn entsprechende Eingangsdaten vorliegen. Insbesondere für die Entscheidungsfindung hinsichtlich Präventionsmaßnahmen sind solche detaillierten Ergebnisse beispielsweise für Kinder oder vulnerable Gruppen von Interesse. Ein weiterer Faktor, der einen Einfluss auf die Belastung durch umweltbedingte Risikofaktoren hat, ist der soziale Status. Das Einkommen und die Bildung können sowohl die Lebens- und Wohnbedingungen als auch den Lebensstil und die Ressourcen beeinflussen, die wiederum die Exposition und die Gesundheit beeinflussen können (Bunge, Hornberg & Pauli, 2011). Differenzierte EBD-Berechnungen, die den sozio-ökonomischen Status berücksichtigen, liegen für Deutschland derzeit nicht vor. Es wird derzeit ein Forschungsvorhaben von der Technischen Universität Hamburg durchgeführt, das die räumliche Belastung durch Feinstaub nach sozio-ökonomischem Status darstellt, indem Indikatoren für den sozio-ökonomischen Status recherchiert und räumlich mit Feinstaubdaten verknüpft werden (Schuster, Tobollik & Plaß, 2020).

Die Anwendungsbeispiele zeigen, dass es zusätzlich zu der GBD-Studie notwendig ist, die Krankheitslast bestimmter Risikofaktoren zu berechnen. Denn würde allein die GBD-Studie als Quelle für die Bedeutung eines Risikofaktors herangezogen, würde Verkehrslärm als nicht relevant erachtet werden, da durch ihn keine Lebensjahre verloren gehen (Tobollik et al., 2018b). Es ist somit notwendig, auch unabhängig von großen wegweisenden Studien zu prüfen, welche Risikofaktoren für bestimmte geografische Räume relevant sind. Ebenso trifft dies auf die Krankheitslast der chronischen Quecksilbervergiftung im handwerklichen Goldbergbau zu. Für diesen wurde bisher, soweit bekannt, nicht die globale Krankheitslast berechnet. Der zentrale Grund hierfür ist der Mangel an Eingangsdaten. Für die wissenschaftliche Politikberatung können aber genau diese Daten von Relevanz sein.

Folgendes Zwischenfazit kann festgehalten werden: Die Anwendung der EBD-Methode ist ein wissenschaftlicher Forschungsprozess, der neben der Berechnung der Krankheitslast auch Datenlücken aufzeigen sollte.

8.4 Vermittlung von Ergebnissen

Die Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse ist ein Schlüsselement in der wissenschaftlichen Politikberatung (Böcher & Krott, 2010). Daher sollte die Vorbereitung der Vermittlung bereits Teil der EBD-Studie sein, denn die durchführenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind für die Interpretation der von ihnen erstellten Ergebnisse einschließlich der Einschätzung deren Aussagekraft am geeignetsten. Teil davon sollte auch sein, dass antizipiert wird, wie die Ergebnisse in das aktuelle politische Geschehen

passen und wahrscheinlich bei Veröffentlichung aufgenommen werden. Als Beispiel für die Bedeutung der Vermittlung sowie Art und Ausmaß der medialen Interpretation der Ergebnisse kann die Studie von Schneider et al. (2018a) genannt werden. Diese wurde in der politischen und medialen Diskussion des Autosoftware-Manipulations-Skandals veröffentlicht. In den Medien wurden aus den berechneten Todesfällen, die auf die Hintergrundbelastung mit Stickstoffdioxid zurückzuführen sind, „Diesel-Tote“. Das UBA hat die Debatte in Form eines wissenschaftlichen Kolloquiums auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Epidemiologie aufgegriffen und mit eingeladenen Expertinnen und Experten diskutiert (DGEpi, 2018). Die Diskussionen wurden in Form von wissenschaftlichen Artikeln zur PAF (Morfeld & Erren, 2019c) und Erwiderungen (Afshin & Murray, 2019; Morfeld & Erren, 2019a; Morfeld & Erren, 2019b; Plaß et al., 2019) sowie einem Positionspapier (Köhler, 2018; Köhler, Hetzel, Klingner & Koch, o. J.) weitergeführt. Zusätzlich haben weitere Personen und Institutionen Stellung bezogen (DGEpi, DMDS, DGPH & DGSMP, 2019; Möhner, 2019) und die WHO hat einen Fragen-und-Antworten-Katalog erstellt (WHO, 2019). Dies mediale und wissenschaftlich geführte Diskussion zeigt, dass die Methode und ihre Anwendung umstritten sind.

Eine Herausforderung ist neben der allgemeinverständlichen Sprache und partiell vereinfachten Darstellung der wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse die Kürze, in der die wissenschaftlichen Erkenntnisse dargestellt werden müssen. Gefordert sind einfache und kurze Botschaften. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler müssen diese aus den komplexen und vielschichtigen EBD-Studien ableiten, ohne die Ergebnisse zu sehr zu vereinfachen. Zudem handelt es sich beim EBD-Konzept um ein statistisches Modell mit dem Rückschlüsse auf das tatsächliche Versterbe- und Krankheitsgeschehen getroffen werden. Eine Validierung der attributablen Todesfälle durch Obduktionen ist nicht möglich. Diese immer wieder angeführte Kritik an dem EBD-Konzept sollten daher grundsätzlich auch Teil der Vermittlung sein. Der erstellte Fragen-und-Antworten-Katalog (Kapitel 7.4) kann hierfür als Hilfestellung genutzt werden.

Anhand der EBD-Methode können verschiedene Maßzahlen der Bevölkerungsgesundheit berechnet werden. Die Aussage der einzelnen Maßzahlen ist unterschiedlich und sollte daher auch entsprechend erläutert werden. YLDs, YLLs und DALYs können in absoluten Zahlen, Raten, pro Altersgruppe und getrennt nach dem Geschlecht präsentiert werden. Zudem kann der prozentuale Anteil der YLDs oder YLLs an den DALYs angegeben werden, um darzustellen, wie viele Lebensjahre jeweils im Verhältnis verloren gehen. Der prozentuale Anteil (PAF) der DALYs gibt den Anteil an verlorenen Lebensjahren an, der auf einen Risikofaktor zurückzuführen ist. Je nach Berechnung sind geeignete Indikatoren für die Vermittlung auszuwählen, da meist nicht alle Indikatoren im gleichen Ausmaß vermittelt werden sollten, um die Adressatin oder den Adressaten nicht zu überfordern.

Das Anwendungsbeispiel HIA Rotterdam zeigt die Herausforderungen bei der Vermittlung von EBD-Ergebnissen. Das Ziel der politischen Maßnahmen war eine Reduktion von Treibhausgasen. In dem Projekt wurden die bei Einführung auftretenden positiven Gesundheitseffekte quantifiziert. Diese waren jedoch gering bis nicht vorhanden, da andere Entwicklungen, wie beispielsweise das Inkrafttreten von

Abgasnormen und das Wachstumsbestreben der Stadt größere Effekte auf die Luftqualität und die Lärmbelastung und damit die Gesundheit haben als die untersuchten Maßnahmen. Die Schlussfolgerung muss deshalb mit gewissen Einschränkungen formuliert werden:

„The results indicate that in a city with long-term patterns of sustainable policies even ambitious transport interventions to reduce GHG cannot produce large health gains related to reduction of air pollution and noise. This suggests the need to consider various sectorial interventions, beside traffic, and a larger spectrum of potential health and well-being benefits, than the classic health outcome usually considered. Additionally, this also means that taking into account health effects in developing and monitoring policies in “mature” cities requests further efforts to (1) discuss alternatives, (2) collect data, (3) integrate methodologies, and (4) refine techniques. These four points are a fundamental aspect for future planning and to orient public health tasks in policies that affect the environment. They can be beneficial to progress in the way we can inform the public, policy makers and stakeholders on the co-benefits of policies developed with the primary aim of reducing GHG emissions. In this case, the policies were discussed and considered relevant by the city of Rotterdam and the results and their discussion can be readily employed in the decision making process to improve urban policies“ (Tobollik et al., 2016a: 357).

Der Begriff vorzeitige Todesfälle in Verbindung mit EBD-Studien war in den letzten Jahren des Öfteren in den Medien zu finden. Auch wurde das Konzept der vorzeitigen Todesfälle zur „Unstatistik des Monats“ gewählt (Krämer & Schäfer, 2018). Die Gründe sind zum einen der fehlende Nachweis durch medizinisches Personal, dass die Person tatsächlich an der entsprechenden Belastung verstorben ist, und zum anderen ist nicht eindeutig, was „vorzeitig“ bedeutet. Der erste Aspekt wird trotz der wiederholten Betonung, dass es sich bei EBD-Berechnungen um Modellrechnungen und keine Messungen oder Zählungen handelt, immer wieder kritisiert. Daher sollte bei jeder Veröffentlichung betont werden, dass es sich um statistische Berechnungen handelt und nicht um einen gemessenen oder erhobenen Wert. Einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen auch so weit zu sagen, dass DALYs nur als relative Zahl interpretiert werden können und absolute Zahlen bedeutungslos sind (Kamp et al., 2018). Der zweite Kritikpunkt ergibt sich aus der Berechnung der YLLs. Dieser liegt zugrunde, dass jede Person bei Versterben noch eine gewisse Restlebenserwartung hat. Daher sind in diesem Konzept alle Todesfälle vorzeitig. Zudem gibt es andere Definitionen von vorzeitigen Todesfällen, z. B. das Versterben vor dem 65. Lebensjahr (LZG.NRW, 2018). Um einen eindeutigen Sprachgebrauch zu verfolgen, wird daher angeregt, den Begriff attributable Todesfälle in Bezug auf EBD-Studien zu verwenden.

Der Fokus der vorliegenden Dissertation liegt auf den beiden Systemen Wissenschaft und Politik und ihrer Interaktion, der wissenschaftlichen Politikberatung, in der es weitere Akteure gibt, die Einfluss nehmen. Dazu zählen die Medien, die Wirtschaft und die Allgemeinbevölkerung. Die Medien sind ein wichtiger Adressat bei der Vermittlung von EBD-Ergebnissen, denn die Medien beeinflussen die politische Agenda. Zudem präsentieren sie wissenschaftliche Inhalte in einer allgemeinverständlichen Sprache, wobei diese teilweise auch interpretiert werden. Die Kommunikation mit den Medien und der Allgemeinbevölkerung sollte daher ebenso im berücksichtigt werden wie die mit politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern. Neben den klassischen wissenschaftlichen Veröffentlichungen sollten auch adressatengerechte Medienbeiträge für die Allgemeinbevölkerung und die politische Ebene erstellt werden.

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden: Eine adressatengerechte Vermittlung und Erläuterung von Maßen der Bevölkerungsgesundheit ist essenziell für das Verständnis der Maßzahlen. Es sollten die folgenden Punkte als ein Mindestmaß werden:

- > Verwendung unterschiedlicher Maßzahlen, wie z. B. YLL, YLD, PAF, DALY, DALY pro 100.000 Personen, standardisierte DALY, attributable Todesfälle,
- > Interpretation und Einordnung der Ergebnisse, z. B. in Relation zu anderen (umweltbedingten) Risikofaktoren,
- > Darstellung der enthaltenen Unsicherheiten, z. B. Unsicherheitsintervall,
- > Einschätzung der Aussagekraft der Ergebnisse,
- > Übersetzung bzw. Erläuterung der englischsprachigen Begriffe,
- > Verweis auf die Studie, aus der die Ergebnisse stammen.

8.5 Qualität und Standards der wissenschaftlichen Glaubwürdigkeit und fachlichen Eignung

Eine essenzielle Voraussetzung für die Akzeptanz und Verwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Politikberatung ist dessen Qualität. Für EBD-Berechnungen gibt es keine eigenen (Qualität-)Standards. Es gibt Hinweise, wie mit Unsicherheiten umzugehen ist (Knol et al., 2009), und für Bestandteile gibt es Bewertungstools, z. B. Guidelines for Accurate and Transparent Health Estimates Reporting, die sich auf die Berichterstattung von Indikatoren beziehen (Stevens et al., 2016).

Das IHME hat eigene Ziele formuliert (IHME, 2018). Einige dieser Ziele beziehen sich auf die Vollständigkeit und eindeutige Zuordnung von Todesfällen, die insbesondere für vollständige Krankheitslastenstudien von Relevanz sind. Da EBD-Studien lediglich die Krankheitslast für eine Auswahl an Krankheiten berechnen, sind die Ziele nicht auf diese anwendbar.

Die beiden Fachgesellschaften Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSM) sowie Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie (DGepi), haben allgemeingültige epidemiologische Qualitätskriterien für den Bereich der Sekundärdatenforschung formuliert (DGepi, 2014). Die elf Leitlinien sollten bei der Berechnung der EBD berücksichtigt werden, um einem gewissen Qualitätsstandard zu genügen und so auch die Glaubwürdigkeit in der wissenschaftlichen Politikberatung zu erhöhen. Die Gute-Praxis-Datenlinkage, ebenfalls erstellt von Mitgliedern der DGepi, konzentriert sich auf die Verknüpfung unterschiedlicher Datensätze und ist damit auch für EBD-Berechnungen relevant (March et al., 2019). Die Einhaltung von solchen seitens offizieller Fachgesellschaften anerkannten formalen Leitlinien sind eine gute Unterstützung bei der Qualitätssicherung. Zudem gibt es einen allgemeineren Kodex zur Gute-wissenschaftlichen-Praxis von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG, 2019), welcher für die Qualitätssicherung herangezogen werden kann.

Ein weiterer relevanter Faktor für die Qualität der Ergebnisse ist der Umgang mit Unsicherheiten. Unsicherheiten können sowohl qualitativ beschrieben werden, wie es in allen vorgestellten Anwendungsbeispielen der Fall ist, als auch in Form von Sensitivitätsanalysen berechnet werden, indem Eingangsvariablen verändert und deren Einfluss auf die Ergebnisse geprüft und diskutiert wird. Dies wurde für die Anwendungsbeispiele Feinstaub Kerala, Quecksilber und Verkehrslärm in unterschiedlichem Maße getan. Für Kerala wurden aufgrund der fehlenden Daten für Feinstaub verschiedene Umrechnungsfaktoren für PM_{10}

auf PM_{2.5} sowie verschiedene Werte für die Expositions-Wirkungsfunktionen verwendet. Darüber hinaus wurde das Konfidenzintervall der Expositions-Wirkungsfunktion verwendet, um ein Konfidenzintervall für die YLLs zu berechnen. Die berechneten Ergebnisse zeigen die Spannweite und damit die großen Unsicherheiten, die mit den Ergebnissen verbunden sind mit 1,22 (Konfidenzintervall: 0,87-1,61) bis 2,39 (Konfidenzintervall: 1,69-3,14) Millionen DALYs.

Qualitätssicherung und Erläuterung der Unsicherheiten sind Aufgaben der Wissenschaft, da bei der wissenschaftlichen Politikberatung der akademische Anspruch nicht immer im Vordergrund steht (Siefken, 2010). Eine angesehenes Vorgehen in der Wissenschaft ist die Veröffentlichung in Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren. Durch die Begutachtung von Gutachterinnen oder Gutachtern werden Artikel und damit auch die Inhalte einer gewissen Qualitätsprüfung unterzogen. Wenn möglich, sollten die Artikel frei zugänglich veröffentlicht werden, um diese einer breiten Leserschaft zur Verfügung zu stellen.

Zwischenfazit: Qualitätssicherung und Erfassung der Unsicherheiten sollten Teil von Berechnungen der umweltbedingten Krankheitslast sein. Hierbei sollte beachtet werden:

- > Einhaltung der guten Praxis Sekundärdatenanalyse und Datenlinkage,
- > Darstellung und Interpretation von Unsicherheits- und/oder Sensitivitätsanalysen,
- > Veröffentlichung in einer Zeitschrift mit Peer Review

9 Fazit und Ausblick

Im abschließenden Kapitel wird ein Fazit gezogen und es wird basierend auf den Ergebnissen der Synopse ein Ausblick gegeben.

9.1 Fazit

Abschließend ist festzuhalten, dass die etablierte Methode zur Berechnung von umweltbedingten Krankheitslasten eine Informationsquelle für die wissenschaftliche Politikberatung bietet. Mithilfe der EBD-Methode kann die Entscheidungsgrundlage für politische Entscheidungen verbessert werden. Die Methode verknüpft verschiedene Daten und berechnet die Krankheitslast qualitativ in Form von Maßen der Bevölkerungsgesundheit. Gezeigt werden konnte, dass die Methode flexibel bei verschiedenen Risikofaktoren angewendet werden kann, wobei die Höhe der berechneten Krankheitslast nicht nur von der Gefährlichkeit des betrachteten Risikofaktors abhängt, sondern auch von der Datenverfügbarkeit und den getroffenen Annahmen. Denn eine Grenze der Methode ist, dass diese nur den aktuellen Erkenntnisstand zusammenfasst. Eine weitere Grenze ist, dass die Anwendung der Methode ressourcen- und zeitintensiv ist und daher Ergebnisse nicht immer direkt zur Verfügung stehen, wenn sie von Entscheidungsträgerinnen und -trägern benötigt werden. Dennoch kann mithilfe der Ergebnisse die Bedeutung von Risikofaktoren für die menschliche Gesundheit aufgezeigt werden. Um diese Informationen für die wissenschaftliche Politikberatung nutzbar machen können, muss zum einen ein gewisses Verständnis für die Methode vorhanden sein und zum anderen sollte die Vermittlung der Ergebnisse adressatengerecht gestaltet werden und anschlussfähig an die Ressourcen und Handlungsoptionen der Politik sein. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass

die Methode Chancen für die wissenschaftliche Politikberatung bietet, aber durch wissenschaftliche Grenzen beschränkt ist.

9.2 Ausblick

Ein zentrales Ergebnis der vorliegenden Dissertation besteht darin, dass die mit der EBD-Methode generierten Ergebnisse zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden können. Neben den aufgezeigten Chancen und Grenzen der Methode, die aus den Anwendungsbeispielen abgeleitet wurden, können weitere Aspekte die Nutzung beeinflussen. Um verlässliche und wissenschaftlich akzeptierte Ergebnisse zu produzieren, bedarf es einer Zusammenarbeit verschiedener wissenschaftlicher Einrichtungen. In Deutschland gibt es unterschiedliche Institute, die sich mit der Methode theoretisch auseinandergesetzt oder diese angewandt haben, wie z. B. die Universität Bielefeld, das Ecologic Institute, das Helmholtz-Zentrum München und die Universität München sowie auf Behördenebene das Robert-Koch-Institut, das Bundesinstitut für Risikobewertung und das UBA. Auf internationaler Ebene sind die Europäische Umweltagentur, das IHME und die WHO als zentrale Institutionen zu nennen. Von diesen werden zum Teil unterschiedliche Ergebnisse zur Krankheitslast eines umweltbedingten Risikofaktors berechnet und veröffentlicht. Für die wissenschaftliche Politikberatung ist es notwendig zu erklären, woher die Unterschiede kommen und wie die Ergebnisse einzuordnen sind (siehe als ein wissenschaftliches Beispiel Tobollik et al., 2018b). Hierbei sollte das UBA als eine die Politik beratende wissenschaftliche Behörde tätig werden und in Zusammenarbeit mit den genannten Institutionen deren jeweilige Berechnungen der politischen Ebene adressatengerecht vermitteln. Neben dem UBA sollten auch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Methode anwenden und die Berechnung erstellen, die Ergebnisse veröffentlichen, und zwar sowohl in wissenschaftlichen Journalen als auch darüber hinaus. Hierbei sollten neben der Politik auch die Medien und die Allgemeinbevölkerung Adressaten sein.

Auf Grundlage der identifizierten Grenze, dass EBD-Berechnungen ressourcen- und zeitintensiv sind, lässt sich der Bedarf der finanziellen Förderung von EBD-Studien ableiten. Hier kommt in Deutschland dem BMU und dem UBA eine zentrale Funktion zu (vgl. Kapitel 6.3), da sie im Rahmen des Ressortforschungsplans finanzielle Mittel für Drittmittelforschung im Forschungsbereich Umwelt und Gesundheit bereitstellen. Darüber hinaus befindet sich das UBA an der Schnittstelle zwischen Politik und Wissenschaft und kann somit den geförderten Institutionen die Bedürfnisse der politischen Ebene in Zusammenarbeit mit dem BMU übermitteln, sodass die Studien problemorientiert durchgeführt werden können. Zusätzlich bieten sich Kooperationen mit weiteren internationalen Forschungseinrichtungen und die Nutzung von internationalen Förderprogrammen wie dem europäischen Förderprogramm Horizont Europa an, das Anfang 2021 startete.

Ausgehend von den vorgestellten Ergebnissen lässt sich der Bedarf an verlässlichen und aktuellen Eingangsdaten für die EBD-Berechnung ableiten. Bei der Erhebung und Bereitstellung ist neben dem UBA als zuständige Institution für umweltbedingte Risikofaktoren das Robert-Koch-Institut als Behörde für

Krankheitsüberwachung und -prävention die relevante Einrichtung. Ebenso ist das Statistische Bundesamt zu nennen, das beispielsweise Bevölkerungsdaten und Sterbetafeln für Deutschland erstellt. Im Rahmen von EBD-Studien sollten konkrete Anforderungen an Eingangsdaten formuliert und an die jeweiligen Institute herangetragen werden. Speziell für umweltbedingte Risikofaktoren könnte beispielsweise die VegAS-Studie aktualisiert werden, da eines ihrer Ziele die Verbesserung der empirischen Basis zur Bestimmung der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland war (Hornberg et al., 2013).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass es sich bei der Berechnung der (umweltbedingten) Krankheitslast um einen ressourcenaufwendigen und komplexen Prozess handelt, da eine Vielzahl an Daten benötigt und verarbeitet werden muss. Um diese Untersuchungen qualitativ hochwertig und damit für die wissenschaftliche Politikberatung glaubwürdig durchzuführen (vgl. Kapitel 8.5), bedarf es profunder wissenschaftlicher Fähigkeiten. Um ein State-of-the-Art-Vorgehen gewährleisten zu können, ist eine Vernetzung mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die ebenfalls in dem Feld arbeiten, notwendig. Hierzu sollten die in Kapitel 6.2 vorgestellten Netzwerke weiter gestärkt und neue Mitglieder eingeladen werden. Zudem sollten Workshops für Studierende angeboten werden, in denen die Methode erläutert und praktisch angewandt wird. Ergänzend sollten zusammen mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen auch die Berechnungstabellen oder -codes allgemein zugänglich veröffentlicht werden. So kann zum einen die Berechnung repliziert werden und zum anderen können sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anhand der Beispiele die Methode praktisch aneignen.

Die wissenschaftliche Politikberatung kann unterstützt werden, indem EBD-Ergebnisse in aktuelle politische Entwicklungen eingebettet werden. Eine Möglichkeit stellen die Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen dar. Diese internationalen Ziele können mithilfe der DALYs als Indikator auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft werden (Fullman et al., 2017). Die Sustainable Development Goals können somit ein Momentum darstellen, um die Nutzbarkeit der DALYs für die wissenschaftliche Politikberatung auf globaler Ebene praktisch zu zeigen, indem dargelegt wird, in welchem Ausmaß welche Länder bestimmte Ziele erreicht haben und wo noch Handlungsbedarf besteht. Auch diesbezüglich ist wieder die wissenschaftliche Gemeinschaft gefragt, um die DALYs auf verständliche Art mit den Sustainable Development Goals zu verknüpfen und der Allgemeinbevölkerung zu präsentieren. In diesem Zusammenhang wäre lohnenswert zu untersuchen, ob die Erfolgchancen in der wissenschaftlichen Politikberatung durch solch eine Kontextualisierung erhöht werden können.

Quellen

- Afshin, A. & Murray, C. J. L. (2019). Uncertainties in the GBD 2017 estimates on diet and health – Authors' reply. *The Lancet*, 394(10211), 1802-1803.
- Anand, S. & Hanson, K. (1997). Disability-adjusted life years: A critical review. *Journal of Health Economics*, 16(6), 685-702.
- Baltussen, R. M., Sanon, M., Sommerfeld, J. & Wurthwein, R. (2002). Obtaining disability weights in rural Burkina Faso using a culturally adapted visual analogue scale. *Health Econ*, 11(2), 155-163.
- Basner, M. & McGuire, S. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 519.
- Begg, S. J., Vos, E. T., Barker, B., Stevenson, C. E., Stanley, L. & Lopez, A. D. (2007). *The burden of disease and injury in Australia 2003*. Canberra: Australian Institute of Health and Welfare.
- BMU. (2019, 25.03.2019). *Das Ministerium: Aufgaben und Struktur* Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/ministerium/aufgaben-und-struktur/> [Zugriff: 14.12.2020].
- Böcher, M. (2007). Wissenschaftliche Politikberatung und politischer Prozess. In M. Krott & M. Suda (Hrsg.), *Macht Wissenschaft Politik?: Aspekte wissenschaftlicher Beratung im Politikfeld Wald und Umwelt* (S. 14-42). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Böcher, M. (2012). Wissenschaftsbasierte Politikberatung auf Abruf. Zur Rolle von Ressortforschungseinrichtungen für Ministerien am Beispiel der Politikberatung des Umweltbundesamtes. *dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management*, 2/2012(5), 459-480.
- Böcher, M. (2019). *Wissenschaftliche Politikberatung: Modelle und Kontroversen*. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität.
- Böcher, M. & Krott, M. (2010). Umsetzung des Konzepts einer modernen Ressortforschung im Geschäftsbereich des BMU. Dessau: Umweltbundesamt (UBA).
- Böcher, M. & Krott, M. (2014). Mit Wissen bewegen! Erfolgsfaktoren für Wissenstransfer in den Umweltwissenschaften. München: oekom e.V.
- Bunge, C., Hornberg, C. & Pauli, A. (2011). Auf dem Weg zu mehr Umweltgerechtigkeit – Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* (2).
- Cash, D., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N. & Jäger, J. (2002). *Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making*: KSG Working Papers Series RWP02-046.
- COMEAP. (2010). The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Chilton: Committee on the Medical Effects of Air Pollution.
- Corvalán, C., Briggs, D. & Kjellstrom, T. (1996). Development of Environmental Health Indicators. In D. Briggs, C. Corvalán & M. Nurminen (Hrsg.), *Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines; A report of the Health and Environment Analysis for Decision-making (HEADLAMP) project* (S. 19-54). Geneva: United Nations Environment Programme, United States Environmental Protection Agency, Office of Global and Integrated Environmental Health, World Health Organization.
- Dahlgren, G. & Whitehead, M. (1991). *Policies and strategies to promote social equity in health*. Stockholm: Institut for future studies.
- Davies, P. (2004). Is Evidence-Based Government Possible?, *Campbell Collaboration Colloquium*. Washington DC: Jerry Lee Lecture.

- Destatis. (2019). Sterbetafeln. Ergebnisse aus der laufenden Berechnung von Periodensterbetafeln für Deutschland und die Bundesländer 2014/2016. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Deutscher Bundestag. (2018). Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bundesbericht Forschung und Innovation 2018. Drucksache 19/2600. Berlin: Bundesregierung.
- Deutscher Bundestag. (2019). Kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Leidig, Dr. Gesine Löttsch, Lorenz Gösta Beutin, Heidrun Bluhm-Förster, Jörg Cezanne, Kerstin Kassner, Caren Lay, Ralph Lenkert, Michael Leutert, Victor Perli, Ingrid Remmers, Dr. Kirsten Tackmann, Andreas Wagner, Hubertus Zdebel und der Fraktion DIE LINKE. Lärmschutz an Schienenstrecken. Drucksache 19/16181. Berlin: Bundesregierung.
- Devleesschauwer, B. (2020). European burden of disease network: strengthening the collaboration. *Eur J Public Health*, 30(1), 2-3.
- Devleesschauwer, B., Maertens de Noordhout, C., Smit, G. S., Duchateau, L., Dorny, P., Stein, C. et al. (2014). Quantifying burden of disease to support public health policy in Belgium: opportunities and constraints. *BMC Public Health*, 14, 1196.
- DFG. (2019). *Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis*. Bonn: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).
- DGEpi. (2014). *Gute Praxis Sekundärdatenanalyse (GPS) Leitlinien und Empfehlungen*: Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS), Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSM), Deutschen Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (DR-IBS).
- DGEpi. (2018). Kolloquium des Umweltbundesamtes zum Thema: Rolle von epidemiologischen Untersuchungen bei der Bewertung gesundheitlicher Auswirkungen von Luftschadstoffen auf der 13. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie. Bremen: Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi).
- DGEpi, DMDS, DGPH & DGSM. (2019). Gemeinsame Stellungnahme zur Debatte um Luftschadstoffe der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS), der Deutschen Gesellschaft für Public Health (DGPH) und der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSM). *Gesundheitswesen*, 81(02), 80-81.
- Direção-Geral da Saúde & Institute for Health Metrics and Evaluation. (2018). *Portugal: The Nation's Health 1990–2016: An overview of the Global Burden of Disease Study 2016 Results*. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- Dora, C. & Racioppi, F. (2003). Including health in transport policy agendas: the role of health impact assessment analyses and procedures in the European experience. *Bull World Health Organization*, 81(6), 399-403.
- EEA. (2019). *Air quality in Europe - 2019 report*. Copenhagen: European Environment Agency (EEA).
- Eis, D. (2012). Welchen Einfluss hat die Umwelt? In F. W. Schwartz, U. Walter, J. Siegrist, P. Kolip, R. Leidl, M. L. Dierks, R. Busse & N. Schneider (Hrsg.), *Public Health: Gesundheit und Gesundheitswesen* (S. 93-120). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Ezzati, M. (2000). Annex 4.1: Comparative Risk Assessment in the Global Burden of Disease Study and the Environmental Health Risks. In D. Kay, A. Prüss & C. Corvalan (Hrsg.), *Methodology for assessment of Environmental burden of disease* (S. 31-33). Geneva: World Health Organization (WHO).
- Ezzati, M., Alan D. Lopez, Rodgers, A. & Murray, C. J. L. (2004). Comparative Quantification of Health Risks - Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Falk, S., Glaab, M., Römmele, A., Schober, H. & Thunert, M. (2019). Politikberatung – eine Einführung. In S. Falk, M. Glaab, A. Römmele, H. Schober & M. Thunert (Hrsg.), *Handbuch Politikberatung* (S. 1-22). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Fehr, R. (2001). *Ökologische Gesundheitsförderung: Analysen - Strategien - Umsetzungswege*. Bern: Huber.
- Fehr, R. (2018). Ökologische und humanökologische Perspektive. In S. Blümel, P. Franzkowiak, L. Kaba-Schönstei, G. Nöcker, M. Plaumann & A. Trojan (Hrsg.), *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention* (S. 678-690): Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA).
- Fehr, R., Hornberg, C. & Wichmann, H.-E. (2015). Umwelt und Gesundheit. In O. Razum & K. Hurrelmann (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitswissenschaften* (6. Aufl., S. 573-608). Weinheim: Beltz Juventa.
- Fehr, R., Neus, H. & Heudorf, U. (Hrsg.). (2005). *Gesundheit und Umwelt*. Bern: Huber.
- Field, M. J. & Gold, M. R. (1998). *Summarizing Population Health: Directions for the Development and Application of Population Metrics*. Washington DC: National Academy of Sciences.
- Franke, A. (2012). *Modelle von Gesundheit und Krankheit*. Bern: Huber.
- Franke, A. (2018). Salutogenetische Perspektive. In S. Blümel, P. Franzkowiak, L. Kaba-Schönstei, G. Nöcker, M. Plaumann & A. Trojan (Hrsg.), *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung* (S. 878-882): Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA).
- Franzkowiak, P. (2018). Gesundheitswissenschaften / Public Health. In S. Blümel, P. Franzkowiak, L. Kaba-Schönstei, G. Nöcker, M. Plaumann & A. Trojan (Hrsg.), *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung* (S. 550-559): Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA).
- Fullman, N., Barber, R. M., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M. et al. (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1423-1459.
- GBD 2017 Causes of Death Collaborators. (2018). Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1736-1788.
- 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, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1923-1994.
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 396(10258), 1223-1249.
- Gruhl, H., Tobollik, M., Wengler, A., Wintermeyer, D. & Plass, D. (2019). Schätzung der umweltbedingten Krankheitslast im Rahmen des Projektes BURDEN 2020 - Projekthintergrund und methodisches Vorgehen. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst*, 2(1).
- Grunden, T. (2009). *Politikberatung im Innenhof der Macht*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hänninen, O. & Knol, A. (2011). *European Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries*. Helsinki: National Institute for Health and Welfare (THL).
- Hänninen, O., Knol, A. B., Jantunen, M., Lim, T. A., Conrad, A., Rappolder, M. et al. (2014). Environmental burden of disease in europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect*, 122(5), 439-446.
- Havelaar, A. H. & Melse, J. M. (2003). *Quantifying public health risks in the WHO Guidelines for Drinking-water quality: a burden of disease approach*. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).

- Hentschel, T., Hruschka, F. & Priester, M. (2002). *Global Report on Artisanal & Small-Scale Mining*. England: Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED).
- Hornberg, C., Claßen, T., Steckling, N., Samson, R., McCall, T., Tobollik, M. et al. (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). Dessau: Umweltbundesamt (UBA).
- Hornberg, C. & Pauli, A. (2011). Stellenwert und Aufgabenfelder von „Umwelt und Gesundheit“ in Public Health. In T. Schott & C. Hornberg (Hrsg.), *Die Gesellschaft und ihre Gesundheit. 20 Jahre Public Health in Deutschland: Bilanz und Ausblick einer Wissenschaft* (S. 191-217). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hornberg, C., Steckling, N., Tobollik, M., Mertes, H., Gerullis, M., Claßen, T. et al. (2015). Das Environmental Burden of Disease (EBD)-Konzept und Gesundheitskostenanalysen als Instrumente zur Prioritätensetzung im gesundheitsbezogenen Umweltschutz (Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umwelt-Schutz, GEniUS). Dessau: Umweltbundesamt (UBA).
- Hu, H., Landrigan, P. J., Fuller, R., Lim, S. S. & Murray, C. J. L. (2018). New Initiative aims at expanding Global Burden of Disease estimates for pollution and climate. *The Lancet Planetary Health*, 2(10), e415-e416.
- Hurrelmann, K. (2010). *Gesundheitssoziologie: Eine Einführung in sozialwissenschaftliche Theorien von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung*. Weinheim: Juventa-Verlag.
- Hurrelmann, K., Klotz, T. & Haisch, J. (2010). Einführung: Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. In K. Hurrelmann, T. Klotz & J. Haisch (Hrsg.), *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 13-23). Bern: Huber.
- Hurrelmann, K., Laaser, U. & Razum, O. (2015). Entwicklung und Perspektiven der Gesundheitswissenschaften in Deutschland. In K. Hurrelmann & O. Razum (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitswissenschaften* (S. 15-54). Weinheim: Beltz Juventa.
- Hustedt, T., Fleischer, J. & Veit, S. (2010). Wissen ist Macht? Wissenschaftliche Politikberatung der Bundesregierung. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 19, 15-21.
- ICMR, PHFI & IHME. (2017). *India: Health of the Nation's States - The India State-Level Disease Burden Initiative*. New Delhi: Indian Council of Medical Research (ICMR), Public Health Foundation of India (PHFI), Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- IHME. (2017). *The State(s) of Cancer in America. A Special Report for The Association of Health Care Journalists*. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- IHME. (2018). *Protocol for the global burden of diseases, injuries, and risk factors study (GBD), Version 3.0*. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- IHME. (o. J.). *Country Profiles: Germany*. Verfügbar unter: <http://www.healthdata.org/germany> [Zugriff: 14.12.2020].
- India State-Level Disease Burden Initiative Air Pollution Collaborators. (2019). The impact of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across the states of India: the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Planetary Health*, 3(1), e26-e39.
- James, K. C. & Foster, S. D. (1999). Weighing up disability. *Lancet*, 354(9173), 87-88.
- Kamp, I. v., Schreckenber, D., Kempen, E. v., Basner, M., Clark, A. B., Houthuijs, D. et al. (2018). *Study on methodology to perform an environmental noise and health assessment - a guidance document for local authorities in Europe*. RIVM Report 2018-0121. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).

- Kampalath, R. A. & Jay, J. A. (2015). Sources of Mercury Exposure to Children in Low- and Middle-Income Countries. *J Health Pollut*, 5(8), 33-51.
- Kappos, A. D. & Gelbke, H.-P. (2005). Risikoanalyse als Grundmethodik. In R. Fehr, H. Neus & U. Heudorf (Hrsg.), *Gesundheit und Umwelt. Ökologische Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 105-115). Bern: Huber.
- Katz, A., Gajjar, D., Zwi, A. B. & Hill, P. S. (2018). Great expectations: An analysis of researchers' and policy makers' perceptions of the potential value of the Australian indigenous burden of disease study for policy. *Int J Health Plann Manage*, 33(1), e181-e193.
- Kay, D., Prüss, A. & Corvalán, C. (2000). *Methodology for assessment of Environmental burden of disease*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Kemm, J. R. (2007). What is HIA and why might it be useful? In M. Wismar (Hrsg.), *The effectiveness of health impact assessment. Scope and limitations of supporting decision making in Europe* (S. 3-14). Copenhagen: World Health Organization (WHO).
- Kemm, J. R. & Parry, J. (2004). What is HIA? Introduction and overview. In J. R. Kemm (Hrsg.), *Health impact assessment. concepts, theory, techniques, and applications* (S. 1-14). Oxford: Oxford University Press.
- Kielmannseck, P. G. (2006). Einleitung. In P. G. Kielmannseck, K. Biedenkopf, K. Pinkau & O. Renn (Hrsg.), *Politikberatung in Deutschland* (S. 9-14). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Klemperer, D. (2015). *Sozialmedizin - Public Health - Gesundheitswissenschaften*. Bern: Hogrefe.
- Knol, A. B., Petersen, A. C., van der Sluijs, J. P. & Lebet, E. (2009). Dealing with uncertainties in environmental burden of disease assessment. *Environmental Health*, 8(21), 1-13.
- Köhler, D. (2018). Feinstaub und Stickstoffdioxid (NO₂): Eine kritische Bewertung der aktuellen Risikodiskussion. *Dtsch Arztebl International*, 115(38).
- Köhler, D., Hetzel, M., Klingner, M. & Koch, T. (o. J.). Stellungnahme zur Gesundheitsgefährdung durch umweltbedingte Luftverschmutzung, insbesondere Feinstaub und Stickstoffverbindungen (NO_x). Schmallebenberg.
- Kolip, P. (2002). Entwicklung der Gesundheitswissenschaften in Deutschland: Ausgangspunkte, Definitionen und Prinzipien. In P. Kolip (Hrsg.), *Gesundheitswissenschaften. Eine Einführung* (S. 7-22). Weinheim: Juventa-Verlag.
- Korte, K.-R. (2006). Politikberatung von innen: Beratung der Regierungszentralen-Bund. In S. Falk, D. Rehfeld, A. Römmele & M. Thunert (Hrsg.), *Handbuch Politikberatung* (S. 175-188). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krämer, W. & Schäfer, J. (2018). *Diesel, Stickstoff und 6000 Tote*. Dortmund/Essen/Berlin: RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung.
- Kropp, C. & Wagner, J. (2008). Wissensaustausch in Entscheidungsprozessen: Kommunikation an den Schnittstellen von Wissenschaft und Agrarpolitik. In R. Mayntz, F. Neidhardt, P. Weingart & U. Wengenraoth (Hrsg.), *Wissensproduktion und Wissenstransfer* (S. 173-196). Bielefeld: Transcript.
- Kusche, I. (2010). Ökologische Politikberatung als Gesellschaftsberatung? In C. Büscher & K. P. Japp (Hrsg.), *Ökologische Aufklärung* (S. 259-280). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Lai, T., Habicht, J. & Kiivet, R. A. (2009). Measuring burden of disease in Estonia to support public health policy. *Eur J Public Health*, 19(5), 541-547.
- LZG.NRW. (2018). Factsheets zur Gesundheit der Bevölkerung Vermeidbare Sterblichkeit. Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen (LZG.NRW). Verfügbar unter: www.lzg.nrw.de/10020642 [Zugriff: 14.12.2020].

- Malsch, A. K. F., Pinheiro, P., Krämer, A. & Hornberg, C. (2006). *Zur Bestimmung von "Environmental / Burden of Disease" (BoD/EBD) in Deutschland. Materialien "Umwelt und Gesundheit"*. Bielefeld: Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (lögd) NRW.
- March, S., Andrich, S., Drepper, J., Horenkamp-Sonntag, D., Icks, A., Ihle, P. et al. (2019). Gute Praxis Datenlinkage (GPD). *Gesundheitswesen*, 81(08/09), 636-650.
- Mathers, C., Ezzati, M., Lopez, A., Murray, C. & Rodgers, A. (2002). Causal decomposition of summary measures of population health. In C. Murray, J. Salomon, C. Mathers & A. Lopez (Hrsg.), *Summary measures of population health. Concepts, ethics, measurement and applications* (S. 273 -290). Geneva: World Health Organization (WHO).
- Mathers, C., Vos, T., Lopez, A., Salomon, J. & Ezzati, M. (2001a). *National Burden of Disease Studies: A Practical Guide*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Mathers, C. D., Bernard, C., Iburg, K. M., Inoue, M., Fat, D. M., Shibuya, K. et al. (2004). Global Burden of Disease in 2002: data sources, methods and results. Global Programme on Evidence for Health Policy Discussion Paper. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Mathers, C. D., Salomon, J. A., Ezzati, M., Begg, S., Hoorn, S. V. & Lopez, A. D. (2006). Sensitivity and Uncertainty Analyses for Burden of Disease and Risk Factor Estimates. In M. C. Lopez AD, Ezzati M, et al (Hrsg.), *Global Burden of Disease and Risk Factors*. Washington (DC): The World Bank.
- Mathers, C. D., Vos, E. T. & Stevenson, C. E. (1999). *The burden of disease and injury in Australia*. Canberra: Australian Institute of Health and Welfare.
- Mathers, C. D., Vos, E. T., Stevenson, C. E. & Begg, S. J. (2001b). The burden of disease and injury in Australia. *Bull World Health Organ*, 79(11), 1076-1084.
- McMichael, A., Pastides, H., Prüss, A., Corvalán, C. & Kay, D. (2001). Update on World Health Organization's initiative to assess environmental burden of disease. *Epidemiology*, 12(2), 277-279.
- Melse, J. M., Essink-Bot, M. L., Kramers, P. G. & Hoeymans, N. (2000). A national burden of disease calculation: Dutch disability-adjusted life-years. Dutch Burden of Disease Group. *Am J Public Health*, 90(8), 1241-1247.
- Michaud, C. M., McKenna, M. T., Begg, S., Tomijima, N., Majmudar, M., Bulzacchelli, M. T. et al. (2006). The burden of disease and injury in the United States 1996. *Population Health Metrics*, 4, 11.
- Miedema, H. M. E., Passchier-Vermeer, W. & Vos, H. (2003). *Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance*. Delft: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO).
- Miller, B. G. & Hurley, F. (2006). *Comparing estimated risks for air pollution with risks for other health effects*. Edinburgh: Institute of Occupational Medicine (IOM).
- Mindell, J., Ison, E. & Joffe, M. (2003). A glossary for health impact assessment. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(9), 647-651.
- Möhner, M. (2019). Zum Mortalitätsrisiko durch Stickstoffdioxid. Eine kritische Bewertung aus epidemiologisch-statistischer Sicht. *ASU Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, 54, 394–396.
- Morfeld, P. & Erren, T. (2019a). Antwort auf Kommentar von Plaß et al zu Attributable Fraktionen und vorzeitige Todesfälle: Wichtige Klärung von Missverständnissen. *Gesundheitswesen*, 81(5), 448-452.
- Morfeld, P. & Erren, T. C. (2019b). Uncertainties in the GBD 2017 estimates on diet and health. *Lancet*, 394(10211), 1802.
- Morfeld, P. & Erren, T. C. (2019c). Warum ist die „Anzahl vorzeitiger Todesfälle durch Umweltexpositionen“ nicht angemessen quantifizierbar? *Gesundheitswesen*, 81(02), 144-149.

- Murray, C. J. (1994). Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bull World Health Organization*, 72(3), 429-445.
- Murray, C. J. & Acharya, A. K. (1997). Understanding DALYs. *Journal of Health Economics*, 16(6), 703-730.
- Murray, C. J., Ezzati, M., Flaxman, A. D., Lim, S., Lozano, R., Michaud, C. et al. (2012a). GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet*, 380(9859), 2063-2066.
- Murray, C. J. & Lopez, A. D. (1999). On the comparable quantification of health risks: lessons from the Global Burden of Disease Study. *Epidemiology*, 10(5), 594-605.
- Murray, C. J., Vos, T., Lozano, R., Naghavi, M., Flaxman, A. D., Michaud, C. et al. (2012b). Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380(9859), 2197-2223.
- Murray, C. J. L. & Lopez, A. D. (1996). The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge: Harvard School of Public Health, World Health Organization, World Bank.
- Murray, C. J. L., Salomon, J. A. & Mathers, C. D. (2002a). A critical examination of summary measures of population health. In C. J. L. Murray, J. A. Salomon, C. D. Mathers & A. D. Lopez (Hrsg.), *Summary measures of population health: concepts, ethics, measurements and applications* (S. 13-40). Geneva: World Health Organization (WHO).
- Murray, C. J. L., Salomon, J. A., Mathers, C. D. & Lopez, A. D. (2002b). *Summary measures of population health: concepts, ethics, measurement and applications*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Murswieck, A. (1994). Einleitung. In A. Murswieck & R. Mayntz (Hrsg.), *Regieren und Politikberatung* (S. 9-14). Opladen: Leske + Budrich.
- Murswiek, A. (2008). Politikberatung der Bundesregierung. In S. Bröchler & R. Schützeichel (Hrsg.), *Politikberatung. Ein Handbuch* (S. 369-388). Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Neus, H. & Mücke, G. (2005). Indikatoren. In R. Fehr, H. Neus & U. Heudorf (Hrsg.), *Gesundheit und Umwelt. Ökologische Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 159-168). Bern: Huber.
- Ock, M., Park, B., Park, H., Oh, I. H., Yoon, S. J., Cho, B. et al. (2019). Disability Weights Measurement for 289 Causes of Disease Considering Disease Severity in Korea. *J Korean Med Sci*, 34(Suppl 1), e60.
- Pläß, D., Tobollik, M., Devleeschauwer, B., Grill, E., Hoffmann, B., Hurraß, J. et al. (2019). Kritik an Population Attributable Fraction bei genauerem Hinsehen nicht gerechtfertigt. *Gesundheitswesen*, 81(05), 444-447.
- Pläß, D., Vos, T., Hornberg, C., Scheidt-Nave, C., Zeeb, H. & Krämer, A. (2014). Entwicklung der Krankheitslast in Deutschland: Ergebnisse, Potenziale und Grenzen der Global Burden of Disease-Studie. *Dtsch Arztebl International*, 111(38), 629-638.
- Prüss, A., Corvalán, C. F., Pastides, H. & De Hollander, A. E. (2001). Methodologic considerations in estimating burden of disease from environmental risk factors at national and global levels. *Int J Occup Environ Health*, 7(1), 58-67.
- Prüss-Üstün, A. & Corvalán, C. (2006). Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Prüss-Üstün, A. & Corvalán, C. (2007). How much disease burden can be prevented by environmental interventions? *Epidemiology*, 18(1), 167-178.
- Prüss-Üstün, A., Mathers, C., Campbell-Lendrum, D., Corvalán, C. & Woodward, A. (2003). *Introduction and methods. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*. Geneva: World Health Organization (WHO).

- Prüss-Üstün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. & Neira, M. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Reidpath, D. D., Allotey, P. A., Kouame, A. & Cummins, R. A. (2003). Measuring health in a vacuum: examining the disability weight of the DALY. *Health Policy Plan*, 18(4), 351-356.
- Rommel, A., von der Lippe, E., Plass, D., Wengler, A., Anton, A., Schmidt, C. et al. (2018). BURDEN 2020- Burden of disease in Germany at the national and regional level. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 61(9), 1159-1166.
- Salomon, J. A., Haagsma, J. A., Davis, A., de Noordhout, C. M., Polinder, S., Havelaar, A. H. et al. (2015). Disability weights for the Global Burden of Disease 2013 study. *Lancet Glob Health*, 3(11), e712-723.
- Scheidt-Nave, C., Ziese, T., Fuchs, J., Plass, D., Achoki, T., Leach-Kemon, K. et al. (2016). Proceedings of the International Workshop 'From Global Burden of Disease Studies to National Burden of Disease Surveillance': Berlin, Germany. 1-2 December 2015. *BMC Proceedings*, 10(Suppl 5), 5.
- Schirnding, Y. v. (2002). *Health in Sustainable Development Planning: The role of indicators*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Schneider, A., Cyrus, J., Breitner, S., Kraus, U., Peters, A., Diegmann, V. et al. (2018a). *Quantifizierung von umweltbedingten Krankheitslasten aufgrund der Stickstoffdioxid-Exposition in Deutschland*. Dessau: Umweltbundesamt (UBA).
- Schneider, A., Ruckerl, R., Standl, M., Markevych, I., Hoffmann, B., Moebus, S. et al. (2018b). Epidemiologische Studien mit Umweltbezug in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 61(6), 697-709.
- Schöffski, O. & Greiner, W. (2008). Das QALY-Konzept als prominentester Vertreter der Kosten-Nutzwert-Analyse. *Gesundheitsökonomische Evaluationen*, 3, 95-135.
- Schuster, C., Tobollik, M. & Plaß, D. (2020). Differenzierung der Feinstaubexposition nach sozioökonomischem Status in Deutschland, 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi).
- Schützeichel, R. (2008). Beratung, Politikberatung, wissenschaftliche Politikberatung. In S. Bröchler & R. Schützeichel (Hrsg.), *Politikberatung. Ein Handbuch* (S. 5-32). Stuttgart: UTB.
- Schwartz, F. W. (2012). Public Health - Zugang zu Gesundheit und Krankheit der Bevölkerung, Analysen für effektive und effiziente Lösungsansätze. In F. W. Schwartz & T. Abelin (Hrsg.), *Public health : Gesundheit und Gesundheitswesen* (S. 3-6). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Schwartz, F. W., Walter, U., Siegrist, J., Kolip, P., Leidl, R., Dierks, M. L. et al. (2012). *Public health: Gesundheit und Gesundheitswesen*. München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Siefken, S. (2010). Ist denn alles Politikberatung? *Politische Vierteljahresschrift*, 51, 127-136.
- Siegrist, J. & Troschke, J. (2012). Gesundheit und Krankheit in der Bevölkerung. In F. W. Schwartz, U. Walter, J. Siegrist, P. Kolip, R. Leidl, M. L. Dierks, R. Busse & N. Schneider (Hrsg.), *Public health: Gesundheit und Gesundheitswesen* (S. 37-70). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Smith, K. R., Corvalán, C. F. & Kjellstrom, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10(5), 573-584.
- Srebotnjak, T., Porsch, L., Friedrich, R., Fantke, P. & Preiss, P. (2015). Methodische Grundlagen des Environment Burden of Disease (EBD)-Ansatzes der WHO zur quantitativen Bewertung von umweltbedingten Krankheitslasten. Chancen, Risiken und Grenzen der Methodik aus naturwissenschaftlicher, rechtlicher und ethischer Perspektive (EBDreview). Dessau: Umweltbundesamt (UBA).

- SRU. (2019). *Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen – Zur Legitimation von Umweltpolitik*. Berlin: Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU).
- Stähl, T., Wismar, M., Ollila, E., Lahtinen, E. & Leppo, K. (Hrsg.). (2006). *Health in All Policies. Prospects and potentials*. Helsinki: Ministry of Social Affairs and Health.
- Steckling, N., Tobollik, M., Plass, D., Hornberg, C., Ericson, B., Fuller, R. et al. (2017). Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining. *Ann Glob Health*, 83(2), 234-247.
- Stevens, G. A., Alkema, L., Black, R. E., Boerma, J. T., Collins, G. S., Ezzati, M. et al. (2016). Guidelines for Accurate and Transparent Health Estimates Reporting: the GATHER statement. *The Lancet*, 388(10062), e19-e23.
- Stouthard, M. E. A., Essink-Bot, M.-L. & Bonsel, G. J. (2000). Disability weights for diseases. A modified protocol and results for a Western European region. *Eur J Public Health*, 10(1), 24-30.
- Stouthard, M. E. A., Essink-Bot, M.-L., Bonsel, G. J., Barendregt, J. J., Kramers, P. G. N., Water, H. P. v. d. et al. (1997). *Disability weights for diseases in the Netherlands*. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.
- Sutcliffe, S. & Court, J. (2005). *Evidence-Based Policymaking: What is it? How does it work? What relevance for developing countries?* : Overseas Development Institute.
- Tobollik, M. (2017). *Video: Umweltbedingte Krankheitslasten – wie stark gefährden Risikofaktoren die Gesundheit der Bevölkerung?* Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=vEe5jCGYrpl> [Zugriff: 14.12.2020].
- Tobollik, M. (2019). *Umweltbedingte Krankheitslasten - Fragen und Antworten -*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheitsbelastung-des-menschen-ermitteln/umweltbedingte-krankheitslasten/faq-umweltbedingte-krankheitslasten> [Zugriff: 14.12.2020].
- Tobollik, M., Hintzsche, M., Wothge, J., Myck, T. & Plass, D. (2019). Burden of Disease Due to Traffic Noise in Germany. *Int J Environ Res Public Health*, 16(13).
- Tobollik, M., Kabel, C., Mekel, O., Hornberg, C. & Plaß, D. (2018a). Übersicht zu Indikatoren im Kontext Umwelt und Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 61(6), 710-719.
- Tobollik, M., Keuken, M., Sabel, C., Cowie, H., Tuomisto, J., Sarigiannis, D. et al. (2016a). Health impact assessment of transport policies in Rotterdam: Decrease of total traffic and increase of electric car use. *Environ Res*, 146, 350-358.
- Tobollik, M., Plaß, D., Steckling, N., Mertes, H., Myck, T., Ziese, T. et al. (2018b). Umweltbedingte Krankheitslasten in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 61(6), 747-756.
- Tobollik, M., Plaß, D., Steckling, N., Zeeb, H., Wintermeyer, D. & Hornberg, C. (2018c). Das Konzept der umweltbedingten Krankheitslast. *Gesundheitswesen*, 80(02), 154-159.
- Tobollik, M., Razum, O., Wintermeyer, D. & Plass, D. (2015). Burden of Outdoor Air Pollution in Kerala, India-A First Health Risk Assessment at State Level. *Int J Environ Res Public Health*, 12(9), 10602-10619.
- Tobollik, M., Terschüren, C., Steckling, N., McCall, T. & Hornberg, C. (2016b). Disability Weight - ein umstrittenes Maß zur Bewertung von Gesundheitsbeeinträchtigungen. In R. K. László Kovács, Ralf Lutz (Hrsg.), *Lebensqualität in der Medizin* (S. 237-257). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Tobollik, M., Wintermeyer, D., Fischer, T., Gies, A. & Plass, D. (2016c). Quantify the burden of disease due to environmental risk factors in children and adolescents in Germany – the UKAGEP project, 8th *International Network on Children's Health, Environment and Safety Conference*. Barcelona, Spain.
- Trojan, A. & Legewie, H. (2000). *Nachhaltige Gesundheit und Entwicklung*. Frankfurt/Main: VAS-Verlag für Akademische Schriften.

- UBA. (2017a). *Daten. Umwelt und Gesundheit. Gesundheitsrisiken der Bevölkerung durch Feinstaub*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-der-bevoelkerung-durch-feinstaub> [Zugriff: 14.12.2020].
- UBA. (2017b). *Indikatorenbericht. Daten zur Umwelt*. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2017> [Zugriff: 14.12.2020].
- Üstün, T. B., Saxena, S., Rehm, J. & Bickenbach, J. (1999). Are disability weights universal? *Lancet*, 354(9186), 1306.
- Vos, T., Flaxman, A. D., Naghavi, M., Lozano, R., Michaud, C., Ezzati, M. et al. (2012). Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380(9859), 2163-2196.
- Weingart, P., Kielmansegg, P. G., Ash, M. G., Hüttl, R. F., Kurth, R., Mayntz, R. et al. (2008). *Leitlinien Politikberatung*. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- Weingart, P. & Lentsch, J. (2008). *Wissen - Beraten - Entscheiden*. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Wengler, A., Rommel, A., Plass, D., Gruhl, H., Leddin, J., Porst, M. et al. (2019). ICD-Codierung von Todesursachen: Herausforderungen bei der Berechnung der Krankheitslast in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 62(12), 1485-1492.
- WHO. (1946). Constitution of the World Health Organization. Geneva: World Health Organization (WHO).
- WHO. (2008). *The Global Burden of Disease: 2004 update*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- WHO. (2016). First meeting of the European Burden of Disease Network (EBoDN). London, United Kingdom 20-21 September 2016. Copenhagen: World Health Organization (WHO).
- WHO. (2019). *Frequently asked questions on estimations of attributable burden of disease due to a risk factor*. Verfügbar unter: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/faqs/en/ [Zugriff: 14.12.2020].
- WHO European Centre for Health Policy. (1999). *Health impact assessment: main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper*. Brussels: World Health Organization (WHO).
- Winslow, C. E. (1920). The untilled fields of public health. *Science*, 51(1306), 23-33.
- World Bank. (1993). *World Development Report 1993*. Oxford: World Bank.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende schriftliche Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die anderen Werken entnommen sind, sind unter Angaben der Quellen kenntlich gemacht.

Zudem versichere ich, dass keine früheren Promotionsversuche mit dieser Dissertation erfolgt sind und ich bisher auch keine weiteren Versuche zur Promotion unternommen habe.

Ort, Datum

Unterschrift