

## **Saubere Luft als Menschenrecht? Wie durch positive Gesundheitseffekte einer ambitionierten Luftreinhaltepolitik der Weg aus der klimapolitischen Krise gelingen kann**

**Claudia Traidl-Hoffmann, Clemens Heuson**

### **Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:**

Traidl-Hoffmann, Claudia, and Clemens Heuson. 2020. "Saubere Luft als Menschenrecht? Wie durch positive Gesundheitseffekte einer ambitionierten Luftreinhaltepolitik der Weg aus der klimapolitischen Krise gelingen kann." In *Umwelt und Gesundheit*, edited by Jens Soentgen, Alexandra Manzei, Ulrich M. Gassner, and Julia von Hayek, 245–76. Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783845296951-245>.

### **Nutzungsbedingungen / Terms of use:**

**licgercopyright**



# Saubere Luft als Menschenrecht?

Wie durch positive Gesundheitseffekte einer ambitionierten Luftreinhaltepolitik der Weg aus der klimapolitischen Krise gelingen kann

*Claudia Traidl-Hoffmann und Clemens Heuson*

## Inhaltsübersicht

0. Einleitung	246
1. Luftverschmutzung, anthropogener Klimawandel und NCDs	248
1.1 Globale Dimension und Bedeutung	248
1.1.1 Luftverschmutzung	248
1.1.2 Klimawandel	250
1.1.3 NCDs	253
1.2 Interdependenzen	254
1.2.1 Direkter Einfluss der Luftverschmutzung auf NCDs	255
1.2.2 Indirekter Einfluss via Klimawandel	257
2. Nutzung der ‚doppelten Dividende‘ einer ambitionierten Luftreinhaltepolitik	258
2.1 Hintergrund	258
2.2 (Menschen-) Recht auf saubere Luft als Wegbereiter global konzertierter Luftreinhaltepolitiken	259
2.3 Eckpunkte einer effektiven politischen Agenda für saubere Luft, Klimaschutz und NCD-Prävention	261
2.3.1 Klassisches umweltpolitisches Instrumentarium als Kernelement	262
2.3.1.1 Klassifikation der Instrumente	262
2.3.1.2 Bewertung und Empfehlungen zur Ausgestaltung der Instrumente	263
2.3.2 Integrativer Rahmen – Mainstreaming und Verteilungspolitik	269
3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	270
Literatur	272

## 0. Einleitung

Die sog. „noncommunicable diseases“ (kurz NCDs, nichtübertragbare Erkrankungen) werden von der WHO als die aktuell größte globale medizinische Herausforderung eingestuft.<sup>1</sup> Diese chronischen Erkrankungen entwickeln sich im Zusammenwirken von Umweltfaktoren auf der Grundlage der individuellen genetischen und metabolischen Ausstattung. NCDs wie Krebs, Herz-Kreislaufkrankheiten, Diabetes und Atemwegskrankheiten sind global die Hauptursache für verlorene Lebensqualität und vorzeitigen Tod.<sup>2</sup> So sterben weltweit jedes Jahr rd. 41 Mio. Menschen aufgrund von NCDs.<sup>3</sup> Neben dem großen Leidensdruck der Betroffenen verursachen NCDs beträchtliche volkswirtschaftliche Kosten in Form von Behandlungskosten und Produktionseinbußen – gemäß Schätzung des *World Economic Forum* rd. 47 Bill. US\$ im Zeitraum 2011 bis 2030.<sup>4</sup> Aufgrund ihrer Verwurzelung in beeinflussbaren Umweltfaktoren lassen sich NCDs primär durch präventive Ansätze bekämpfen.

Eine zentrale, aber bislang kaum adressierte Ursache der NCDs begründet die Luftverschmutzung.<sup>5</sup> Schadstoffemissionen aus Verbrennungsprozessen sind maßgebliche Treiber der NCD-bedingten Mortalität.<sup>6</sup> Ferner führen die Treibhausgase (kurz THG) unter den Luftschatdstoffen den anthropogenen Klimawandel herbei, der wiederum Inzidenz und Symptomschwere von NCDs befördert.<sup>7</sup>

Da Luftverschmutzung, Klimawandel und NCDs eng verwobene Bedrohungen für Umwelt und Gesundheit darstellen, bedarf es dringend eines integrierten Lösungsansatzes. Vor diesem Hintergrund haben jüngst die Nationalen Akademien der Wissenschaften bzw. der Medizin Südafrikas, Brasiliens, Deutschlands und der USA zusätzliche Anstrengungen gefordert, um die Konzentration von Luftschatdstoffen weiter zu reduzieren.<sup>8</sup> Der vorliegende Beitrag unterstreicht diese Notwendigkeit und legt dar, weshalb ambitionierte Luftreinehaltepolitiken als Kernelement eines solchen Ansatzes fungieren sollten. Luftreinhaltung verspricht eine „doppelte

---

1 WHO 2014a.

2 GBD 2017.

3 WHO 2018.

4 Bloom et al. 2011.

5 Figueres et al. 2018.

6 Landrigan et al. 2018.

7 Kinney 2018.

8 The National Academies of Sciences and Medicine from South Africa, Brazil, Germany, and the United States of America 2019.

Dividende‘: Neben den unmittelbaren ökologischen Vorteilen wirkt sich eine höhere Luftqualität positiv auf die Gesundheit aus. In Form der damit verbundenen Einsparung volkswirtschaftlicher Kosten resultiert ein beträchtlicher Co-Benefit von Umwelt- bzw. Klimaschutzmaßnahmen, dessen Bedeutung im klimapolitischen Prozess bislang kaum berücksichtigt wurde. Sofern es gelingt, diese Synergieeffekte im klimapolitischen Bewusstsein zu verankern, kann den stockenden globalen Klimaschutzbemühungen neuer Schub verliehen werden.

Die Ermangelung konzenterter globaler Luftreinhaltepolitiken erklärt sich v. a. durch den fehlenden institutionellen Rahmen. Saubere Luft als sog. ‚Allmende-Gut‘ kann nur erhalten werden, sofern klare, durchsetzbare (Nutzungs-)Rechte an diesem Gut definiert sind. Ist dies, wie in der aktuellen globalen umweltpolitischen Lage, nicht der Fall, resultiert eine ‚Übernutzung‘, die sich in der gegenwärtigen Luftverschmutzung manifestiert. Jüngst werden vermehrt Forderungen laut, saubere Luft als Menschenrecht zu deklarieren.<sup>9</sup> Dies mag als hehres Ziel erscheinen. Allerdings kann darin ein probates Mittel begründet liegen, um weltweit standardisierte, strikte Luftreinhaltestandards durchzusetzen. Zum einen wird damit die rechtliche Grundlage für eine weltweit abgestimmte Luftreinhaltepolitik geschaffen, die im Hinblick auf global wirksame Emissionen wie THG von entscheidender Bedeutung ist. Zum anderen wird der vernachlässigten ethischen Dimension der Luftverschmutzung Rechnung getragen. So leiden insbesondere ärmere Länder aufgrund mangelnder Umweltstandards oder fehlender Kapazitäten für die Anpassung an den Klimawandel unter den Folgen der Luftverschmutzung.<sup>10</sup> Aber auch in Industrieländern sind vornehmlich sozial schwächere Bevölkerungsschichten schlechter Luftqualität ausgesetzt.

Dieser Beitrag skizziert eine standardisierte (menschen-)rechtsbasierte Luftreinhaltepolitik, die gesundheits- und klimapolitische Ziele vereint. Abschnitt 1 fasst den aktuellen Stand der Wissenschaft bzgl. Klimawandel, Luftverschmutzung und NCDs zusammen (1.1), geht dabei auf deren Interdependenzen ein und unterstreicht damit die Notwendigkeit eines integrierten Lösungsansatzes (1.2). Abschnitt 2 beschreibt die Voraussetzungen der o. g. Luftreinhaltepolitik als Kernelement einer NCD-Präventionsstrategie. Abschnitt 2.1 begründet das dabei zugrunde liegende Konzept der ‚doppelten Dividende‘. Abschnitt 2.2 legt die notwendigen institutionellen Voraussetzungen für die Realisierung dieser Dividende dar und plädiert für

---

<sup>9</sup> Samet/Gruskin 2014.

<sup>10</sup> WHO 2014a.

die Deklaration von sauberer Luft als Menschenrecht. Darauf aufbauend werden Eckpunkte einer effektiven politischen Agenda für saubere Luft, Klimaschutz und NCD-Prävention entworfen (Abschnitt 2.3). Abschnitt 3 fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen.

## 1. Luftverschmutzung, anthropogener Klimawandel und NCDs

### 1.1 Globale Dimension und Bedeutung

#### 1.1.1 Luftverschmutzung

Luftverschmutzung umfasst die Freisetzung umwelt- und gesundheitsschädlicher Stoffe in die Luft. Ihre Ausprägungen lassen sich hinsichtlich Ursprung (anthropogen vs. natürlich) und Wirkungsraum (Außen- vs. Innenluft, d. h. Luft im Gebäudeinneren) unterscheiden – siehe Abb. 1.

	Außenluft	Innenluft
<b>Anthropogen</b>	<p><i>Energieerzeugung durch fossile Brennstoffe in Verkehr, Industrie und Haushalten</i>  → Ammoniak, Feinstaub, Flüchtige Organische Verbindungen (volatile organic compounds, kurz VOCs), <u>Kohlendioxid</u>, Kohlenmonoxid, <u>Lachgas</u>, <u>Methan</u>, Schwefeldioxid, Stickoxide</p> <p><i>Industrielle Produktionsprozesse</i>  → Feinstaub, Stickoxide, VOC, <u>Kohlendioxid</u></p> <p><i>Landwirtschaft</i>  → <u>Kohlendioxid</u>, <u>Lachgas</u>, <u>Methan</u>, Stickoxide, Stickstoff, Ammoniak</p> <p><i>Abfallbehandlung</i>  → <u>Kohlendioxid</u>, Kohlenmonoxid, <u>Lachgas</u>, <u>Methan</u>, Schwefeloxide, Stickoxide</p>	<p><i>Verbrennungsprozesse bzgl. Kochen, Heizen und Beleuchtung</i>  → Feinstaub (particulate matter, kurz PM), Kohlenstoffmonoxid, <u>Methan</u>, Ruß</p> <p><i>Emissionen bzw. Ausdünstungen von Baustoffen und Reinigungs- oder Hygieneprodukten</i>  → Asbest, Blei, Radongas, VOCs</p>
<b>Natürlich</b>	<p><i>Vulkanausbrüche</i>  → <u>Kohlendioxid</u>, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff</p> <p><i>Aeroallergene</i>  → Pollen, Pilzsporen</p>	<p><i>Aeroallergene</i>  → Pollen, Pilzsporen</p> <p><i>Feuchtigkeits-bedingte Emissionen durch Schimmel- und Bakterienbefall</i>  → Div. Allergene und Reizstoffe</p>

Abb. 1: Klassifizierung der wesentlichen Quellen und Ausprägungen der Luftverschmutzung nach Ursprung und Wirkungsraum (unterstrichen: THG gem. Definition des Kyoto-Protokolls) (Quelle: eigene Darstellung).

Mit der Luftverschmutzung werden v. a. Schadstoffemissionen in die Außenluft assoziiert, die durch anthropogene Aktivitäten wie Energieerzeugung, Produktionsprozesse, Landwirtschaft oder Abfallbehandlung entstehen. Die Qualität der Außenluft kann aber auch durch natürliche Prozesse wie Vulkanausbrüche oder luftgetragene Allergene beeinträchtigt werden. Gleichermassen kann die Luft im Gebäudeinneren Gegenstand anthropogener oder natürlicher Emissionen sein.

Fortan wird die anthropogene Außenluft-Verschmutzung fokussiert. Zum einen, da nur Emissionen anthropogenen Ursprungs durch politische Eingriffe adressiert werden können. Zum anderen kommt den anderen Verschmutzungsformen hinsichtlich der ökologischen und gesundheitlichen Auswirkungen nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Obgleich politische Maßnahmen und technische Innovationen die Luftqualität verbessert haben, sind die Schadstoffkonzentrationen in vielen Regionen weiterhin deutlich zu hoch. Dies betrifft v. a. urbane Gebiete in industrialisierten Ländern sowie Entwicklungs- und Schwellenländer. Weltweit leben immer noch große Bevölkerungsteile gemäß den WHO-Standards in einer nicht gesunden Umgebung. Auch die ökologischen Schäden, wie Versauerung und Eutrophierung<sup>11</sup> von Ökosystemen, spielen nach wie vor eine ernstzunehmende Rolle. Die ökonomische Dimension dieser adversen Effekte ist beträchtlich. Für 2015 wurden für die OECD-Staaten die einschlägigen Schadenskosten pro Kopf auf rd. 1.100 € beziffert, wobei bis 2020 mit einem Anstieg auf bis zu 2.540 € zu rechnen ist.<sup>12</sup>

Der resultierende Bedarf ambitionierterer Luftreinhaltepolitiken sieht sich mit zwei besonderen Herausforderungen konfrontiert. Zum einen gilt es komplexe Wechselwirkungen verschiedener Schadstoffe zu berücksichtigen. Zum anderen muss der räumlichen Wirkung der Schadstoffe Rechnung getragen werden. Die Schadenswirkung lokaler Schadstoffe, wie Schwefeldioxid, beschränkt sich prinzipiell auf die unmittelbare Umgebung der Emissionsquelle. Allerdings können diese durch meteorologische Prozesse über große Distanzen transportiert werden und somit eine überregionale Wirkung entfalten. Demgegenüber zeichnen sich Schadstoffe mit einer globalen Wirkung, wie THG, dadurch aus, dass deren Schadenspotential völlig unabhängig vom Ort der Emissionsquelle zu Tage tritt. Luftreinhaltepolitiken erfordern daher oft überregional bzw. international konzertierte Maßnahmen.

---

11 Eutrophierung bezeichnet einen übermäßigen, unerwünschten Nährstoffeintrag in Ökosysteme und daraus resultierendes schädliches Pflanzenwachstum.

12 EEA 2018.

### 1.1.2 Klimawandel

Das Klimasystem ist Gegenstand natürlicher äußerer Einflussfaktoren und interner Prozesse. Dennoch ist nach dem Stand der Wissenschaft zu konstatieren, dass die anthropogenen THG-Emissionen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit die Hauptursache für die seit Mitte des 20. Jahrhunderts verzeichnete Erderwärmung sind.<sup>13</sup> Deren Auswirkungen sind allgegenwärtig. So ist der Januar 2019 mit einer globalen Durchschnittstemperatur von 0,88°C über dem Mittel des 20. Jahrhunderts der drittwärmste Januar seit Beginn der weltweiten Temperaturaufzeichnungen im Jahre 1880. Die zehn wärmsten Januare haben sich allesamt seit 2002 zugetragen.<sup>14</sup> Im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter stieg die globale Durchschnittstemperatur um ca. 1°C an. Dies spiegelt auch die Zunahme der atmosphärischen THG-Konzentrationen von ca. 280 ppm<sup>15</sup> auf ca. 410 ppm wider. Die Erwärmung wird v. a. von dem langlebigen THG Kohlendioxid verursacht, das sich über Jahrhunderte in der Erdatmosphäre hält. Aber auch kurzlebigere Gase, wie Methan oder Lachgas, tragen zum Treibhauseffekt bei. Derzeit steigt die globale Durchschnittstemperatur mit einer Rate von ca. 0,2°C pro Jahrzehnt.<sup>16</sup>

Dadurch wächst einerseits die Wahrscheinlichkeit der nachteiligen bzw. schädlichen ökologischen Effekte des Klimawandels. Wärmere Luft trägt mehr Feuchtigkeit, mit der Folge veränderter Niederschlagsmuster. Diese können sich in Form von Starkregen bis hin zu Dürreperioden auswirken. Zudem beschleunigt der Temperaturzuwachs den Anstieg des Meeresspiegels und erschwert so die Anpassung sensibler Ökosysteme oder Kulturlandschaften. Schließlich verschlechtern sich die Lebensbedingungen für viele Tier- und Pflanzenarten, mit unmittelbaren Nachteilen für Wirtschaft und Gesellschaft.

Andererseits birgt der Temperaturanstieg erhöhte Risiken für die menschliche Gesundheit.

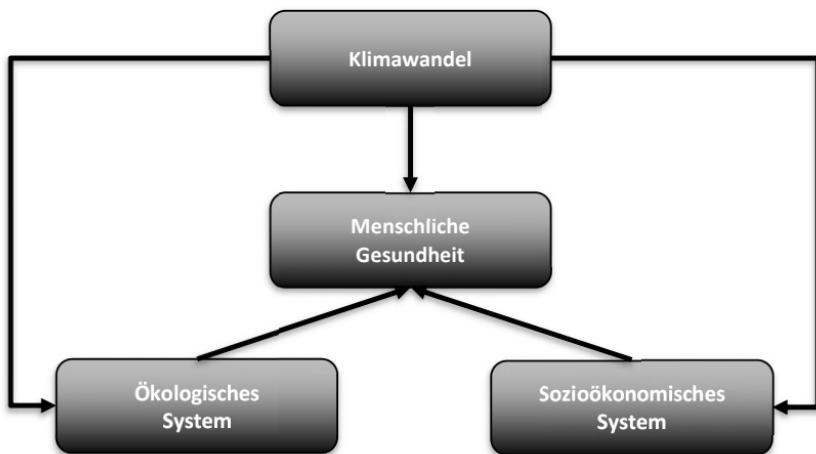
---

13 IPCC 2014.

14 NOAA 2019.

15 Maßeinheit für die THG-Konzentration in der Atmosphäre, gemessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Die Abkürzung ppm steht dabei für „parts per million“, d. h. für den millionsten Teil einer Einheit.

16 IPCC 2018.



*Abb. 2: Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Haines/Ebi 2019).*

Auf direktem Wege ist infolge einer größeren Häufigkeit von Extremwetterereignissen mit vermehrten Verletzungen, Todesfällen und mentalen Beeinträchtigungen zu rechnen. Hitzestress in Verbindung mit dem demografischen Wandel zieht vermehrte Krankheits- und Todesfälle nach sich. Auf indirektem Wege sind zum einen über das ökologische System vermittelte Gesundheitsbeeinträchtigungen zu verzeichnen. So begünstigt der Klimawandel die Ausbreitung übertragbarer Krankheiten wie Malaria<sup>17</sup>, befördert aber auch die Inzidenz von NCDs, z. B. von Atemwegs-Erkrankungen (siehe Abschnitt 1.2.2). Zum anderen begründen sozioökonomische Auswirkungen des Klimawandels nicht zu vernachlässigende Gefahren für die menschliche Gesundheit. Dies betrifft v. a. wirtschaftlich schwache Länder. Mit dem Klimawandel einhergehende Ernteausfälle oder Produktivitätseinbußen sind der ohnehin geringen Wirtschaftskraft dieser Länder abträglich. Folglich stehen weniger Ressourcen für Investitionen in das Gesundheitssystem oder Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung. Dies erhöht das Potential für Migration und kriegerische Konflikte, mit offensichtlichen adversen Gesundheitseffekten. Die Dimension dieser Effekte ist

<sup>17</sup> Vgl. dazu den Beitrag von Elke Hertig in diesem Band.

beträchtlich. Die WHO rechnet bis zur Mitte des Jahrhunderts mit weltweit 250.000 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr.<sup>18</sup>

Die ökonomische Bewertung der genannten Schäden bringt methodische Herausforderungen mit sich, ist aufgrund der komplexen Wirkungspfade mit Unsicherheiten behaftet und zudem abhängig von den zugrunde gelegten Szenarien. Dennoch decken sich die Ergebnisse der einschlägigen Studien dahingehend, dass auf globaler Ebene mit erheblichen Schadenkosten zu rechnen ist. Je nach Szenario wird ein Anstieg der jährlichen globalen Kosten des Klimawandels bis 2060 auf 1,0-3,3% des globalen Bruttoinlandsprodukts (relativ zu 2010) prognostiziert.<sup>19</sup>

In Anbetracht dessen sind die internationalen Klimaschutzbemühungen unzureichend. Das Ziel des Pariser Abkommens, die Erwärmung auf 1,5°C zu drosseln, scheint kaum erreichbar. Die bis dato kumulierten THG-Emissionen haben Stand 2015 bereits eine Erwärmung von 1,0°C hervorgerufen. Die Auswertung der nationalen Vermeidungsanstrengungen belegt, dass die notwendige Trendumkehr ausbleibt – vielmehr ist eine Zunahme der globalen Emissionen zu verzeichnen.<sup>20</sup> Die Ursachen dieser Diskrepanz zwischen klimapolitischen Versprechen und tatsächlichem Handeln sind vielfältig. Verantwortlich gemacht wird zum einen der Nachholbedarf an wirtschaftlichem Wachstum der Schwellenländer in Verbindung mit einer unzureichenden Gewichtung ökologischer Aspekte; zum anderen die heterogene Interessenlage der am Abkommen beteiligten Länder. So sind die für Emissionen hauptverantwortlichen Industrieländer – relativ zu Entwicklungsländern – weniger von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen und betreiben somit zu wenig Klimaschutz. Ein möglicher Ausweg aus diesem Dilemma begründen bislang kaum berücksichtigte Co-Benefits von Klimaschutzmaßnahmen, die deren Attraktivität erhöhen. Insbesondere positive Gesundheitseffekte erweisen sich als gewichtiges Argument für eine ambitioniertere Klima- und Umweltpolitik (siehe Abschnitt 2.1).<sup>21</sup>

---

18 WHO 2014b.

19 Dellink et al. 2019.

20 Dröge/Rattani 2019.

21 Haines 2017.

### 1.1.3 NCDs

NCDs lassen sich in die Krankheitsgruppen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs, chronische Atemwegserkrankungen, Diabetes und psychische Erkrankungen untergliedern. Herz-Kreislauf-Erkrankungen beziehen sich auf Herz, Blutgefäße oder die Folgen verminderter Blutversorgung. Sie manifestieren sich in ischämischen, koronaren und hypertensiven Herzerkrankungen, kongestiver Herzinsuffizienz und Schlaganfall und begründen weltweit die größte monokausale Todesursache (rd. 30% aller Todesfälle).<sup>22</sup> Risikofaktoren betreffen vor allem den Lebensstil. So erklären Tabakkonsum, ungesunde Ernährung und mangelnde körperliche Aktivität rd. 80 % der NCD-Krankheitslast.<sup>23</sup>

Krebserkrankungen gehen auf das schnelle Wachstum abnormaler Zellen im Körper zurück. Diese verdrängen gesunde Zellen und haben die Fähigkeit zu metastasieren. So vielfältig wie die Ausprägungen der Krebserkrankungen sind auch deren Ursachen, die sich grob in Umweltgifte, Strahlung, und biologische Faktoren untergliedern lassen. Krebs ist die weltweit zweitgrößte Todesursache (rd. 9,6 Mio. Todesfälle 2018).<sup>24</sup>

Chronische Atemwegserkrankungen betreffen Atemwege und andere Strukturen der Lunge. Zu den wesentlichen Ausprägungen zählen Asthma, chronisch obstruktive Lungenerkrankungen (COPD), allergisch bedingte Rhinitis oder Asthma und berufsbedingte Lungenkrankheiten, die in der Summe für ca. 7% aller Todesfälle verantwortlich sind.<sup>25</sup> Risikofaktoren sind Tabakrauch, Luftverschmutzung sowie berufsbedingte Exposition gegenüber Chemikalien und Stäuben.

Diabetes als Stoffwechselkrankung bedingt, dass der Körper nicht imstande ist, den Glukose-Gehalt im Blut in geeigneter Form zu regulieren. Die damit verbundene Mortalität ist vergleichsweise gering. Allerdings begründet die Krankheit einen wesentlichen Risikofaktor für andere Todesursachen und Erkrankungen (z. B. Herz-, Nieren- und neurologische Erkrankungen).<sup>26</sup>

Unter psychischen Erkrankungen sind Krankheitsbilder zu subsumieren, die das Denken, Fühlen, die Stimmung oder die sozialen Fähigkeiten einer Person einschränken. Weltweit sind Millionen Menschen von Störungen betroffen.

---

22 WHO 2014a.

23 Gaziano et al. 2009.

24 Bray et al. 2018.

25 WHO 2007.

26 Ebd. 2019a.

gen wie Depressionen oder Schizophrenie betroffen, die u. a. in Alkohol- und Drogenmissbrauch oder Suizid münden (weltweit ca. 900.000 Todesfälle jährlich).<sup>27</sup>

NCDs entstehen aus dem Zusammenspiel nichtbeeinflussbarer Faktoren wie der genetischen und metabolischen Ausstattung des jeweiligen Individuums und beeinflussbaren (Umwelt-)Faktoren. Letztere umfassen individuelle Lebensstilfaktoren sowie Einflüsse der ökologischen bzw. biologischen Umwelt und auch der sozialen Umwelt (wie bspw. belastende Arbeitsbedingungen). Die WHO richtete den Fokus bisher auf den Bereich der Lebensstilfaktoren.<sup>28</sup> Als zentrale NCD-Risikofaktoren werden dabei Alkohol- und Tabakkonsum, ungesunde Ernährung und mangelnde körperliche Aktivität identifiziert. Jüngste Studien betonen jedoch den bislang vernachlässigten Aspekt, dass schädliche anthropogene Einflüsse auf die ökologische bzw. biologische Umwelt maßgeblich zur Entstehung von NCDs beitragen. Dabei spielt die anthropogene Luftverschmutzung eine zentrale Rolle. Im Jahr 2016 wurde diese als zweitgrößter NCD-Risikofaktor identifiziert und für weltweit 5,6 Mio. Todesfälle verantwortlich gemacht.<sup>29</sup> Basierend auf diesen Erkenntnissen hat die WHO ihre Strategie zur Prävention von NCDS um den Aspekt der Luftverschmutzung erweitert.<sup>30</sup>

## 1.2 Interdependenzen

Der direkte Wirkungspfad (siehe #1 in Abb. 3) zwischen Luftverschmutzung und NCDs ist Gegenstand von Abschnitt 1.2.1, der indirekte Pfad über den Klimawandel (#2, 3) wird einschließlich dabei auftretender Rückkopplungseffekte (#4) in Abschnitt 1.2.2 analysiert.

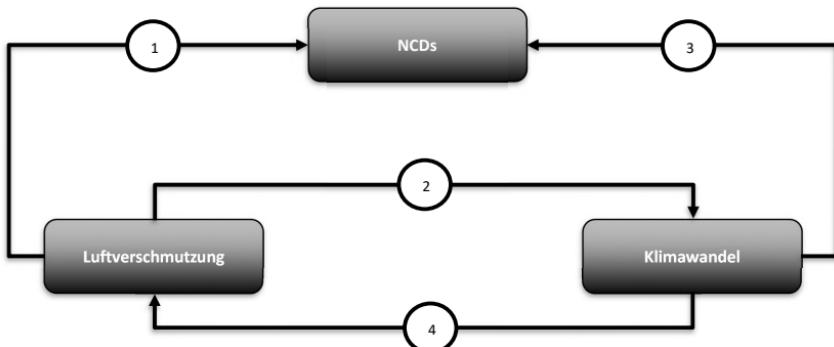
---

27 WHO 2019a, 2014a.

28 Ebd. 2013.

29 Ebd. 2019a.

30 Ebd. 2018.



*Abb. 3: Interdependenzen (Ziffern 1-4) der gesellschaftlichen Herausforderungen „NCDs“, „Luftverschmutzung“ und „Klimawandel“ (Quelle: eigene Darstellung).*

### 1.2.1 Direkter Einfluss der Luftverschmutzung auf NCDs

Zu den zentralen anthropogenen Luftschaadstoffen mit unmittelbarer gesundheitsschädlicher Wirkung zählen Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Stickoxid, Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), VOCs und Kohlenmonoxid (CO). Diese primären Schadstoffe werden von Industrie und Verkehr direkt in die Atmosphäre emittiert. Ferner können sich sekundäre Schadstoffe in der Atmosphäre aus dem Zusammenspiel von Primärschadstoffen formieren. Beispielsweise entsteht Ozon ( $\text{O}_3$ ) aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen.<sup>31</sup>

Die Schadenswirkung dieser Stoffe für das menschliche Gewebe hängt neben der individuellen Anfälligkeit von mehreren Determinanten (u. a. Wasserlöslichkeit, Konzentration und Oxidierungsfähigkeit) ab – siehe Abb. 4.

---

<sup>31</sup> Schraufnagel et al. 2019.

Schadstoff	Ausprägung der Schadenswirkungs-Determinanten	Geschädigte Gewebestrukturen
Schwefeldioxid	Hochlöslich	Obere Atemwege und Haut
Stickstoffdioxid Ozon Kohlenmonoxid	Weniger löslich (Stickstoffdioxid und Ozon wirken reizend)	Tieferliegende Bereiche der Lunge Bronchiale & Bronchiolare Schäden Gewebehypoxie
Feinstaub (große – PM <sub>10</sub> , feine – PM <sub>2,5</sub> und ultrafeine Partikel – PM <sub>0,1</sub> ; tiefgestellte Zahl: Durchmesser in µm)	Schadenswirkung abhängig von Größe, Struktur und Zusammensetzung	Große Partikel: Schleimhäute, obere Atemwege Kleine Partikel: Bronchien, Alveolen Ultrafeine Partikel: Systemische Gewebereaktionen

*Abb. 4: Ausprägung der Schadenswirkungs-Determinanten wesentlicher Luftsabdstoffe und die von ihnen geschädigten Strukturen des menschlichen Gewebes (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Schraufnagel et al. 2019: 411).*

Neben diesen direkten Schädigungen von Gewebestrukturen und Organen verursachen Luftsabdstoffe Entzündungen mit systemischen Auswirkungen. Diese Entzündungen, häufig in der Lunge verwurzelt, bedingen oxidativen Stress, der über freigesetzte Antioxidantien eine Ausweitung des Entzündungsherdes und somit die Mitleidenschaft anderer Organe hervorruft.<sup>32</sup> Im Falle wiederholter Schadstoffexposition können vaskuläre Schäden, Beeinträchtigungen des Stoffwechsels und chronische Entzündungen resultieren.

Darüber hinaus spielen Umwelt-Gen-Interaktionen eine zentrale Rolle. Bei Kindern wurde z. B. eine erhöhte Anfälligkeit für durch Luftverschmutzung verursachte Einschränkungen der Lungenfunktion bei Vorliegen von genetischen Veränderungen im Gluthation-Synthese-Weg gefunden. Lungen und Hautalterung zeigten sich ebenfalls stärker assoziiert mit spezifischen Genvarianten.<sup>33</sup> Individuelle Suszeptibilität beruht also auf genetischer Grundlage. Die Folge daraus allerding ist, dass sich Grenzwerte immer nach den vulnerablen Gruppen richten sollten.

Luftsabdstoffe nehmen ferner Einfluss auf das angeborene und erworbene Immunsystem. Mitunter stören sie das Gleichgewicht der Th1- und Th2-Zellen und bereiten so den Weg für asthmatische Erkrankungen.<sup>34, 35</sup>

Schließlich deuten Studien darauf hin, dass eine wiederholte Luftsabdstoffexposition epigenetische Prozesse beeinflusst und bedingt, die wiede-

32 Madl et al. 2014.

33 Vierkötter et al. 2015.

34 Alessandrini et al. 2006.

35 Schaumann et al. 2014.

rum genetische und physiologische Reaktionen auf Schadstoffe steuern, wodurch eine größere Anfälligkeit in Bezug auf Schadstoffe resultiert.<sup>36</sup>

In der Summe bedingen diese physiologischen Wirkungspfade der Luftsabdstoffe mannigfache adverse Gesundheitseffekte. Einerseits sind grundlegende körperliche Beeinträchtigungen, wie verminderte Leistungsfähigkeit oder Schlafstörungen, zu verzeichnen. Andererseits stellen sich schwerwiegende Entwicklungsstörungen und Krankheitsbilder ein. Dabei sind Kinder aus ökologischen und biologischen Gründen besonders betroffen. Sie atmen im Vergleich zu Erwachsenen mehr Schadstoffpartikel pro Körpergewichtseinheit ein und verbringen oft mehr Zeit mit Freiluftaktivitäten. Auch in biologischer Hinsicht sind Kinder anfälliger für Luftsabdstoffe. Diese können sowohl in der prä- als auch in der postnatalen Entwicklungsphase irreversible Schädigungen der Lunge und anderer Organe verursachen, bis hin zu einer erhöhten Kindersterblichkeit. Konkret können in der Kindheit Wachstumsstörungen der Lunge auftreten, die Lungenbeeinträchtigungen im Erwachsenenalter nach sich ziehen. Komplikationen im Verlauf der Schwangerschaft und fötale Fehlentwicklungen sind weitere Konsequenzen.<sup>37</sup> Die zentralen NCDs bilden sich aus dem Zusammenspiel der Luftsabdstoffe, weiterer Umweltfaktoren sowie der (epi-)genetischen und metabolischen Ausstattung des jeweiligen Individuums heraus. Dazu kommen erschwerend additive oder multiplikative Effekte – z. B. erhöhen Herzerkrankungen die Empfänglichkeit für die adversen Gesundheitswirkungen der Luftverschmutzung.

### *1.2.2 Indirekter Einfluss via Klimawandel*

Analog zu den generellen Gesundheitswirkungen des Klimawandels (vgl. Abschnitt 1.1) lassen sich auch NCD-spezifisch direkte und indirekte Effekte unterscheiden:

---

36 Ladd-Acosta et al. 2019.

37 Clemens et al. 2017.

Auswirkungen des Klimawandels	Wirkungspfad Klimawandel - NCD	NCD-spezifische Auswirkung
<b>Direkt</b>		
Größere Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen	Hitzzestress	Herz-Kreislauferkrankungen Atemwegserkrankungen
Extremwetterereignisse (Stürme, Starkregen, Feuer)	Infrastrukturelle Schäden Traumata	Verletzungen Psychische Erkrankungen (PTBS)
<b>Indirekt – natürliche Systeme</b>		
Erhöhte Temperaturen und verminderter Niederschlag	Erhöhte Konzentration von bodennahem Ozon und anderen Luftschadstoffen; dadurch erhöhte Allergenität von Pollen	Herz-Kreislauferkrankungen Atemwegserkrankungen
Erhöhte Temperaturen und verminderter Niederschlag	Erhöhte Konzentration und längere Flugphasen von Pollen; Verbreitung allergener Neophyten	Atemwegserkrankungen
Veränderungen des stratosph. Ozons, des Niederschlags und der Bewölkung	Verstärkte Exposition ggü. UV-Strahlung	Autoimmunerkrankungen, Krebs
<b>Indirekt – sozioökonomische Systeme</b>		
Dürreperioden, Überflutungen	Beeinträchtigungen der Landwirtschaft, Ernteausfälle, Nahrungsmittel-Unsicherheit	Schlechter allgemeiner Gesundheitszustand
Extremwetterereignisse (Stürme, Starkregen, Feuer)	Beeinträchtigung der Lebensgrundlagen, Verarmung	Psychische Erkrankungen (Angstzustände, Depressionen)

Abb. 5: Wesentliche Auswirkungen des Klimawandels auf NCDs (Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an Friel et al. 2011: 135).

## 2. Nutzung der ‚doppelten Dividende‘ einer ambitionierten Luftreinhaltepolitik

### 2.1 Hintergrund

Ursprünglich bezieht sich das Konzept der ‚doppelten Dividende‘ auf das umweltpolitische Instrument der Umweltsteuer. Neben der primären Dividende, der durch die Lenkungswirkung der Steuer vermiedenen Umweltschäden, kann ein volkswirtschaftlicher Zusatznutzen generiert werden, indem der Staat das Steueraufkommen rückerstattet und so den Produktionsfaktor ‚Arbeit‘ entlastet.<sup>38</sup>

Im weiteren Sinne lässt sich diese zweite Dividende auch realisieren, sofern beim Einsatz umweltpolitischer Instrumente weitere gesellschaftliche Herausforderungen adressiert werden und so ein Zusatznutzen entsteht, der über die Linderung des Umweltproblems hinausgeht. Im vorliegenden

---

38 Goulder 1995.

Fall der Luftreinhaltepolitik können Co-Benefits in Form eingesparter Gesundheitskosten generiert werden. Diese manifestieren sich direkt in Form vermiedener Behandlungskosten oder Produktivitätszuwächse aufgrund eines verbesserten Gesundheitszustands der Bevölkerung und indirekt in Form einer erhöhten durchschnittlichen Lebensdauer und -qualität. Die exakte ökonomische Bewertung ist aufgrund der Komplexität mit großen Unsicherheiten behaftet. Nichtsdestotrotz kann aus einschlägigen Studien gefolgert werden, dass der beschriebene Zusatznutzen von beträchtlichem Ausmaß ist. So veranschlagt die Internationale Energieagentur, dass mittels eines umfassenden Programms für Luftreinhaltung und Klimaschutz bis 2040 jährlich 3 Mio. vorzeitige NCD-bedingte Todesfälle vermieden werden könnten. In monetären Werten würde sich der damit verbundene Zusatznutzen im Bereich zwischen 50 und 380 US\$ pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub> bewegen.<sup>39</sup> Hinzu kommen die schwer zu beziffernden Kosteneinsparungen hinsichtlich der nicht letalen Gesundheitsschäden.

Die beschriebene ‚doppelte Dividende‘ liefert also ein gewichtiges Argument für ambitionierte internationale Anstrengungen im Klimaschutz bzw. in der Luftreinhaltung. Allerdings findet dieses bislang kaum Berücksichtigung im politischen Prozess. So würde die vollumfängliche Umsetzung der Klimaschutzvereinbarungen des Pariser Abkommens von 2015 den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts lediglich auf 3°C begrenzen.<sup>40</sup>

## *2.2 (Menschen-) Recht auf saubere Luft als Wegbereiter global konzertierter Luftreinhaltepolitiken*

Die wesentliche Ursache für dieses Versäumnis besteht darin, dass die grundeliegende Zielgröße ‚saubere Luft‘ die Charakteristika eines sog. Allmende-Guts, d. h. einer frei zugänglichen, aber begrenzten Ressource aufweist. Die Kosten für die Nutzung dieses Gutes werden nicht vom Marktmechanismus erfasst und finden somit keine Berücksichtigung in den Entscheidungen der Marktteilnehmer. Im vorliegenden Fall wird die Funktion der Luft als Aufnahmemedium für Schadstoffe überstrapaziert, was die genannten ökologischen und gesundheitlichen Probleme nach sich zieht. In ihrer wegweisenden Arbeit hat Elinor Ostrom einen einfachen Ausweg aus

---

39 West et al. 2013.

40 UNEP 2018.

diesem Dilemma aufgezeigt.<sup>41</sup> Sofern es gelingt, klare und durchsetzbare Nutzungsrechte an dem Allmende-Gut zu definieren, werden die beteiligten Akteure das Gut aus eigenem Antrieb auf nachhaltige Weise verwalten, d. h. derart bewirtschaften, dass keine Überbeanspruchung resultiert. Die Definition und Durchsetzung dieser Nutzungsrechte erfolgt dabei durch umweltpolitische Eingriffe. Wird z. B. eine Emissionssteuer auf Luftschatzstoffe erhoben, werden die Rechte implizit den Geschädigten der Schadstoffemission zugeteilt. Die ‚Schädiger‘ bzw. Emittenten müssen hingegen im Sinne des umweltpolitischen Verursacherprinzips die Rechte gegen ein Entgelt in Form des Steuersatzes erwerben.

Obgleich sich dieser Lösungsansatz als probat erwiesen hat, ermangelt es auf internationaler Ebene eines abgestimmten und standardisierten Einsatzes entsprechender umweltpolitischer Instrumente. Offenbar fehlt zur Überwindung dieses Hemmnisses ein allgemeiner, kulturenübergreifender Zugang. Eine Schlüsselrolle könnte dabei der menschenrechtlichen Dimension sauberer Luft zukommen.<sup>42</sup> Ausgangspunkt dieser Überlegungen ist das (Menschen-)Recht auf Gesundheit, wie es in der Verfassung der WHO eingefordert wird: „The enjoyment of the highest attainable standard of health is one of the fundamental rights of every human being.“<sup>43</sup> Freilich lässt sich daraus unmittelbar kein grundsätzliches Recht auf eine gesundheitsfördernde Umwelt bzw. saubere Luft ableiten. Allerdings ist eine intakte Umwelt offensichtlich essentielle Voraussetzung um die Menschenrechte – sei es in Bezug auf Gesundheit, Versorgung mit Lebensmitteln und Wasser bis hin zur Selbstbestimmung – umzusetzen. Dieser Zusammenhang findet in der „UN Convention on the Rights of the Child“ erstmalig Anerkennung.<sup>44</sup> Konkret wird darin die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Umweltproblemen zur Bekämpfung von Krankheiten von Kindern hervorgehoben. Die wissenschaftliche Evidenz für die adversen Gesundheitseffekte der Luftverschmutzung bzw. des Klimawandels untermauert diese Forderung. Darauf aufbauend können aus den beiden genannten, auf globaler Ebene größtenteils anerkannten Rechtsnormen, umfassendere (Menschen-)Rechte auf eine saubere, ‚gesunde‘ Luft abgeleitet werden, welche die einzelnen Staaten als einheitliche und verbindliche Normen zur Umsetzung konkreter Luftreinhaltemaßnahmen verpflichten.

---

41 Ostrom 2015.

42 Samet/Gruskin 2014.

43 WHO 1948: 1.

44 UN General Assembly 1989.

So kann einerseits das Hemmnis zur Implementierung ambitionierter, international koordinierter Luftreinhaltepolitiken überwunden werden. Andererseits trägt die Definition eines (Menschen-)Rechts auf saubere Luft dazu bei, der ethischen Dimension der Luftverschmutzung gerecht zu werden. Das grundlegende moralische Dilemma besteht dabei darin, dass die Emittenten zu ihrem eigenen Vorteil die Luft als Schadstoff-Aufnahmemedium nutzen und Gesundheitsschäden Dritter billigend in Kauf nehmen. Verschärfend kommt hinzu, dass insbesondere ärmere Bevölkerungsschichten unter der Luftverschmutzung leiden, die daher eines besonderen, rechtlich untermauerten Schutzes bedürfen. Dies gilt sowohl in regionaler Hinsicht, da typischerweise sozial schwache Schichten gezwungen sind, in Umgebungen mit schlechter Luftqualität zu wohnen. Aber auch auf globaler Ebene sind die Burden der Luftverschmutzung ungleich verteilt. Länder mit geringer Wirtschaftskraft sind relativ zu den Industriestaaten deutlich stärker betroffen. Hier spielen ökologische Ziele in Anbetracht des niedrigen Wohlstandniveaus nur eine untergeordnete Rolle. Zudem fehlen finanzielle Mittel für Investitionen in saubere Technologien, Klimaanpassungsmaßnahmen oder in den Gesundheitssektor.<sup>45</sup>

### *2.3 Eckpunkte einer effektiven politischen Agenda für saubere Luft, Klimaschutz und NCD-Prävention*

Ausgehend vom globalen Konsens bzgl. des Menschenrechts auf Gesundheit und dessen Weiterentwicklung hin zu einem Recht auf saubere Luft werden nunmehr Eckpunkte einer politischen Agenda skizziert, mit der eine Durchsetzung dieses Rechts gelingen kann. Prädestiniert als Kernelement dieser Agenda ist das klassische umweltpolitische Instrumentarium (Abschnitt 2.3.1). Dieses fungiert als effektiver Hebel, um die Luftscha-dstoffemissionen als gemeinsame Ursache von Klimawandel und NCDs zu adressieren. In Anbetracht der komplexen Interdependenzen dieser drei Probleme setzt der Erfolg der Agenda voraus, dass dieses Instrumentarium in einen integrativen Rahmen eingebettet wird, der einschlägige Synergieeffekte nutzt und verteilungspolitischen Aspekten Rechnung trägt (Abschnitt 2.3.2).

---

45 Friel et al. 2008.

### 2.3.1 Klassisches umweltpolitisches Instrumentarium als Kernelement

Basierend auf einer Klassifikation der wesentlichen umweltpolitischen Instrumente (Abschnitt 2.3.1.1) werden diese einer vergleichenden Bewertung unterzogen und Empfehlungen zu deren Ausgestaltung abgeleitet (Abschnitt 2.3.1.2).

#### 2.3.1.1 Klassifikation der Instrumente

Umweltpolitische Instrumente beschreiben Maßnahmen des Staates, die dieser zur Umsetzung seiner umweltpolitischen Ziele einsetzt. Sie verfolgen die Intention, das Verhalten von Wirtschaftsakteuren in nachhaltiger Weise zu verändern. Diese Einflussnahme kann über die verfügbaren Handlungsoptionen (ordnungsrechtliches Instrumentarium), ökonomische Anreize (ökonomisches Instrumentarium), oder Informationsweitergabe und Wertevermittlung (suasorisches Instrumentarium) erfolgen – siehe Abb. 6.

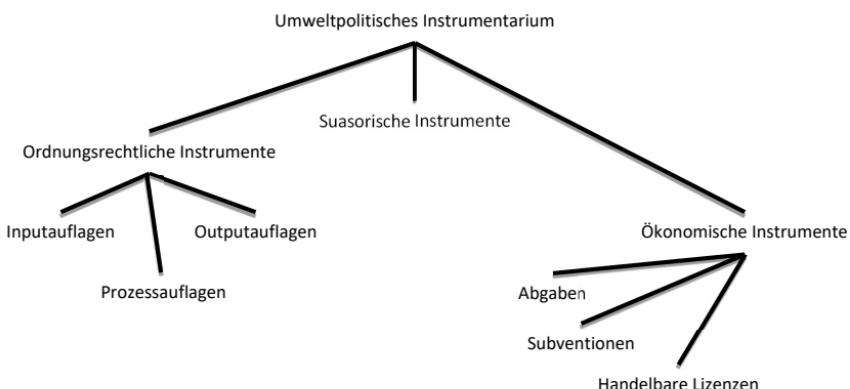


Abb. 6: Klassifikation umweltpolitischer Instrumente (Quelle: Michaelis 1996).

Ordnungsrechtliche Instrumente stellen den restriktivsten Eingriff in den Entscheidungsspielraum der Wirtschaftsakteure dar. Die Verhaltenssteuerung erfolgt direkt in Form von Ge- oder Verboten, die sich auf Produktionsfaktoren (Inputauflagen), Produktions- bzw. Reinigungsverfahren (Prozessnormen) oder Produkte und Emissionen (Outputauflagen) beziehen.

Im Gegensatz dazu nehmen die ökonomischen Instrumente indirekt Einfluss auf das Verhalten der Akteure, indem sie finanzielle Anreize schaffen. Abgaben erheben einen Preis auf die Umweltschädigung. Demgegenüber erhalten die Akteure im Falle von Subventionen eine Zahlung für unterlassene Schädigungen. Das Lizenz-Instrument kontingentiert bestimmte Umweltbeanspruchungen und macht diese dem freien Handel am Markt zugänglich.

Am wenigsten restriktiv operieren die suasorischen Instrumente, die auf eine Verhaltenssteuerung über Informationsgrundlagen und Werte abstehen. Konkret geschieht dies über die Bereitstellung von Informationen, Verhaltensappelle oder soziale Sanktionen.

### *2.3.1.2 Bewertung und Empfehlungen zur Ausgestaltung der Instrumente*

Eine umfassende umweltpolitische Instrumentenanalyse, die den spezifischen Charakteristika aller NCD- und Klimawandel-relevanten Luftschadstoffe und deren Quellen Rechnung trägt, würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Daher beschränkt sich dieser Abschnitt darauf, die grundsätzliche Eignung der klassischen umweltpolitischen Instrumente zur Addressierung der zentralen, für NCDs und Klimawandel gemeinsam verantwortlichen Schadstoff-Quellen zu prüfen und dabei die Rahmenbedingungen der wichtigsten zugrundeliegenden Sektoren zu berücksichtigen. Dabei werden die gängigen Bewertungskriterien der ökologischen Effektivität (zielgenaue Durchsetzung bestimmter Emissionsmengen), der ökonomischen Effizienz (Erreichung des Emissionsziels zu geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten), sowie des administrativen Aufwands und der (politischen) Durchsetzbarkeit herangezogen. Abb. 7 stellt das Ergebnis der vergleichenden Instrumentenanalyse überblicksartig dar.

Umweltpol. Instrumente	Emittierende Sektoren			
	Industrie & Energieerzeugung	Verkehr	Landwirtschaft	
			Tierhaltung	Düngemittel
<i>Inputauflage</i>				
Ökol. Effektivität	o	o	-	-
Ökon. Effizienz	-	-	o	o
Admin. Aufwand	-	-	+	+
(Polit.) Durchsetzbarkeit	-	-	-	+
<i>Prozessaufgabe</i>				
Ökol. Effektivität	o	o	Nicht anwendbar.	
Ökon. Effizienz	-	-		
Admin. Aufwand	+	+		
(Polit.) Durchsetzbarkeit	+	+		
<i>Outputaufgabe</i>				
Ökol. Effektivität	+	+	Nicht anwendbar.	
Ökon. Effizienz	-	-		
Admin. Aufwand	+	-		
(Polit.) Durchsetzbarkeit	-	-		
<i>Abgaben</i>				
Ökol. Effektivität	-	-	-	-
Ökon. Effizienz	+	+	o	o
Admin. Aufwand	+	+	+	+
(Polit.) Durchsetzbarkeit	o	o	+	+
<i>Subventionen</i>				
Ökol. Effektivität	-	-	-	-
Ökon. Effizienz	o	+	o	o
Admin. Aufwand	+	+	+	+
(Polit.) Durchsetzbarkeit	+	o	+	+
<i>Handelbare Lizenzen</i>				
Ökol. Effektivität	+	-	-	-
Ökon. Effizienz	+	+	o	o
Admin. Aufwand	o	+	+	+
(Polit.) Durchsetzbarkeit	+	o	+	+
<i>Suasorische Instrumente</i>				
Ökol. Effektivität	-	-	+	-
Ökon. Effizienz	o	o	o	o
Admin. Aufwand	+	+	+	+
(Polit.) Durchsetzbarkeit	+	+	+	+

(Legende: + Kriterium erfüllt; - Kriterium nicht erfüllt; o Kriterium nur bedingt erfüllt/kein eindeutiges Ergebnis)

Abb. 7: Vergleichende umweltpolitische Instrumentenanalyse bzgl. der Regulierung von Luftschatstoffemissionen in den dafür hauptverantwortlichen Sektoren (Quelle: eigene Darstellung).

Der *industrielle Sektor, einschließlich Energieerzeugung*, zeichnet sich durch stationäre Emissionsquellen aus, die, v. a. bei der Verbrennung fossiler Stoffe, NCD-verursachende Schadstoffe und THG ausstoßen.<sup>46</sup> Prinzipiell könnten diese Emissionen treffsicher mittels Inputauflagen gesteuert werden, die sich allerdings als wenig praktikabel erweisen. Zunächst setzt die

---

46 Campbell-Lendrum/Prüss-Ustün 2018.

Treffsicherheit die genaue Kenntnis der Relation zwischen Input- und Emissionsmenge voraus, die stark prozess- und technologieabhängig ist. Die Informationsanforderungen und der damit verbundene administrative Aufwand sind immens. Zudem würde ein Flickenteppich industrie- bzw. prozessspezifischer Auflagen resultieren, der eine ökonomisch effiziente Zielerreichung unmöglich macht. Hinzu kommt, dass die Regulierung der Inputs in Politik und Wirtschaft auf große Widerstände stoßen würde. Eine wesentlich praktikablere Lösung stellen Prozessauflagen dar. Vorgaben bzgl. einzusetzender Produktions- und Filtertechnologien können mit einem deutlich geringeren Verwaltungsaufwand und – bei entsprechender Fristsetzung – geringerem Widerstand umgesetzt werden. Die infrage kommenden Technologien sind begrenzt und bekannt. Zudem bietet die Adressierung der Prozesse einen wirksamen Hebel, um mittels einer einheitlichen Auflage mehrere (gemeinsam auftretende) Schadstoffe treffsicher zu regulieren. Allerdings erwirkt es diesen Auflagen als Teil des ordnungspolitischen Instrumentariums der ökonomischen Anreizwirkung und damit der Fähigkeit, das Emissionsziel zu minimalen gesamtwirtschaftlichen Kosten zu erreichen. Selbiges gilt für Output- bzw. Emissionsauflagen, die eine direkte Regulierung der Emissionsmenge vorsehen. Dieses Instrument ist prädestiniert für die treffsichere Erreichung des Emissionsziels, zumal die dafür erforderliche Beobachtbarkeit und Messbarkeit der Emissionen für die wesentlichen Schadstoffe gegeben ist. Daraus folgt ein vertretbarer Verwaltungsaufwand. Allerdings stoßen quantitative Emissions- bzw. Output-Einschränkungen typischerweise auf Widerstände aus Politik und Wirtschaft.

Emissionsabgaben als ökonomisches Anreizinstrument ermöglichen die umweltpolitische Zielerreichung zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten.<sup>47</sup> Dies gilt auch in dynamischer Hinsicht, da der mit der Abgabe verbundene Kostendruck die Emittenten veranlasst, in innovative, emissionsärmere Technologien zu investieren. Allerdings verwehren Abgaben in der Regel die treffsichere Durchsetzung der gewünschten Emissionsmenge, da die dafür nötige Kenntnis der Vermeidungskosten der Emittenten seitens des Regulierers meist nicht vorliegt. Prinzipiell ist die Erhebung einer einheitlichen Steuer mit begrenztem administrativem Aufwand verbunden. Dieser nimmt allerdings zu, falls mehrere Schadstoffe zu regulieren sind, zwischen denen keine bekannte quantitative Beziehung vorliegt, was die Implementierung mehrerer, schadstoffspezifischer Abgaben erfordern würde. Die Erhebung eines Preises für Umweltbelastungen geht mit Wider-

---

47 Michaelis 1996.

ständen seitens der Emittenten einher; allerdings dürften diese relativ zum restriktiven ordnungsrechtlichen Instrumentarium geringer ausfallen. Das Instrument der Subventionen wirkt spiegelbildlich zu dem der Abgabe und ist daher prinzipiell analog zu bewerten. Allerdings übt es keinen Kostendruck auf die Emittenten aus, was sich nachteilig auf die dynamische Effizienz auswirkt. Ein weiterer Unterschied betrifft das Kriterium der politischen Durchsetzbarkeit, das die Subvention aufgrund der Umkehrung der Zahlungslast eindeutig erfüllt.<sup>48</sup> Handelbare Emissionslizenzen vereinen die Vorteile der Emissionsauflage und -steuer. Durch die Vergabe eines bestimmten Lizenzkontingents kann die resultierende Emissionsmenge exakt gesteuert werden. Die Handelbarkeit der Lizenzen führt darüber hinaus zu einer Erreichung des Emissionsziels zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten. Da das Instrument bereits implementiert ist, sollte eine etwaige Ausweitung auf andere Sektoren oder Schadstoffe durchsetzbar sein. Einzig hinsichtlich des administrativen Aufwands weist die Lizenzlösung keine markanten komparativen Vorteile auf – Hintergrund ist der erforderliche Aufbau und Betrieb des Lizenzmarktes. Analog zur Steuer steigt der Aufwand, sofern mehrere, voneinander unabhängige Schadstoffe zu regulieren sind.

Die ökologische Wirksamkeit suasorischer Instrumente, die Verhaltensänderungen auf freiwilliger Basis anstreben, ist im Falle wirtschaftsstarker Emittenten aus Industrie und Energieerzeugung als gering einzustufen. Auch die ökonomische Effizienz ist fraglich, da etwaige Emissionseinsparungen der Akteure in unkoordinierter Weise erfolgen. Vorteile der Anwendung dieses Instruments im Industrie-/Energiesektor sind lediglich der geringe administrative Aufwand und die leichte Durchsetzbarkeit. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die einschlägigen Emissionen auf indirektem Wege, d. h. über Informationskampagnen, die auf das Verhalten der Konsumenten abzielen, zu beeinflussen. Ein spürbarer ökologischer Effekt ist aber aus analogen Gründen fraglich.

Im Gegensatz zum *Sektor* der Industrie und Energieerzeugung weist der *des Verkehrs* eine deutlich größere Anzahl an Emissionsquellen auf, die zudem nicht stationär, sondern mobil sind. Somit scheiden die quellenbezogenen ordnungsrechtlichen Instrumente der Input- und Outputauflage aufgrund des immensen administrativen Aufwands aus. Einzig die Prozessaufgabe kommt infrage, um eine wirksame Emissionsminderung mit vertretbarem Aufwand herbeizuführen. Dazu muss sie auf der Ebene der Hersteller ansetzen und diese dazu verpflichten, ihre Fahrzeugflotte mit bestimm-

---

48 Oehlmann et al. 2019.

ten Filtertechnologien bzw. klimafreundlichen Antrieben auszustatten. Die ökonomischen Instrumente stellen auch im Verkehrssektor ein probates Mittel zur Luftreinhaltung dar. Die komparativen Vor- und Nachteile entsprechen im Wesentlichen denen des Einsatzes im Industrie-/Energie-sektor. Allerdings kommt der Ebene des umweltpolitischen Eingriffs eine entscheidende Rolle zu. Einerseits können die Hersteller bzw. die Durch-schnittsemmissionen ihrer Fahrzeugflotten als Ansatzpunkt der ökonomischen Instrumente herangezogen werden. Andererseits ist eine Regulie-  
rung der Endverbraucher bzw. Verkehrsmittelbetreiber denkbar. Hinsichtlich des administrativen Aufwands kommt hier aber nur die Emissionsab-  
gabe infrage, die mit verhältnismäßigem Aufwand über eine entsprechen-  
de Treibstoffbesteuerung abgewickelt werden könnte. Eine Subventionie-  
rung aller Endverbraucher bzw. die Etablierung eines Lizenzhandels zwi-  
schen den selbigen ist nicht praktikabel. Ferner ist zu bedenken, dass die Durchsetzbarkeit des jeweiligen Eingriffs unproblematischer ist, wenn die-  
ser auf Verbraucherebene ansetzt, da hier relativ zur Industrie mit geringe-  
rem bzw. weniger organisiertem Widerstand zu rechnen ist. Hinsichtlich  
der Bewertung suasorischer Instrumente ergeben sich keine markanten  
Unterschiede gegenüber dem Sektor Industrie und Energie.

Im Sektor der Landwirtschaft sind mit der Tierhaltung und dem Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel zwei wesentliche Quellen NCD- und klima-relevanter Schadstoffe zu unterscheiden. Die Emissionen eines gegebenen Tierbestands sind biologisch bedingt fixiert. Daher kommt aus dem ordnungsrechtlichen Instrumentarium nur eine inputbasierte Regulierung, konkret eine mengenmäßige Restriktion des Tierbestandes, vor, die aber derzeit politisch kaum durchsetzbar erscheint. Das ökonomische Instru-  
mentarium hingegen ist als grundsätzlich geeignet einzustufen. Hier erge-  
ben sich die analogen Schlussfolgerungen wie im Verkehrssektor. Ein Ein-  
griff ist hier entweder auf Hersteller- oder Endverbraucherebene denkbar.  
Im letztgenannten Fall allerdings wiederum nur mittels einer Emissionsab-  
gabe, die über eine Besteuerung des Fleischpreises abzuwickeln wäre. Suasori-  
sche Ansätze auf Verbraucherebene sind im Vergleich zu den anderen Sektoren etwas erfolgsversprechender, da bewusste Ernährung und Fleisch-  
verzicht gegenwärtige Trends darstellen, die durch Informationskampa-  
gnen weiter verstärkt werden können. Für die ordnungsrechtliche Regulie-  
rung des Düngemittleinsatzes sind entsprechende Inputauflagen prädesti-  
niert, wogegen Prozess- (Schadstoffemission nicht technologieabhängig)  
und Emissionsauflagen (Vielzahl nicht überwachbarer Quellen) nicht in-  
frage kommen. Für das ökonomische Instrumentarium resultieren die be-  
kannten Ergebnisse, mit der Besonderheit, dass die Implementierung eines speziellen Lizenzmarktes für den Düngemittleinsatz aufgrund der Markt-

struktur (viele kleine Emittenten) wenig praktikabel und administrativ unverhältnismäßig aufwendig wäre. Auch für die suasorischen Ansätze kann auf die vorhergehende Analyse verwiesen werden.

In der Gesamtschau kristallisieren sich somit handelbare Emissionslizenzen als primär geeigneter Ansatz zur ökologisch effektiven und ökonomisch effizienten Reduktion von NCD- und klimawirksamen Luftschatdstoffen heraus. Über den Markt für THG-Emissionsrechte lässt sich der Großteil der NCD- und klimawirksamen Luftschatdstoffe adressieren. Dabei gilt es, den bestehenden Markt um bislang nicht erfasste Emissionsquellen und Sektoren zu erweitern. Ferner sollte das Emissionskontingent gegenüber dem *Status Quo* deutlich verknapppt werden. Die gegenwärtig legitimierte Emissionsmenge ist nicht nur aus klimapolitischer Sicht und dem Aspekt der NCD-Prävention bei Weitem zu hoch. Sie konterkariert zudem die ökonomische Effizienz des Lizenzhandels – insbesondere auch die dynamische Anreizwirkung. NCD-relevante Luftschatdstoffe, die nicht in direkter Verbindung zu THG-Emissionen stehen, können ökonomisch effizient durch Emissionsabgaben reguliert werden. Sofern aber die ökologische Treffsicherheit im Vordergrund steht – etwa aufgrund schwerwiegender Gesundheitsbeeinträchtigungen – sind quantitative ordnungsrechtliche Instrumente, insbesondere die Emissionsauflage, vorzuziehen. Suasorische Ansätze können aufgrund ihrer unsicheren ökologischen Effektivität nur eine ergänzende Rolle spielen, etwa indem sie in Form von Informationskampagnen für die Akzeptanz „härterer“ umweltpolitischer Eingriffe oder für umweltfreundliches Verhalten auf der individuellen Ebene werben.

Welches Emissionsziel bzw. welches Luftqualitätsniveau soll mit dem beschriebenen Instrumentenmix angestrebt werden? Das volkswirtschaftlich optimale, d. h. wohlstandsmaximierende Emissionsniveau stellt aufgrund der nicht realisierbaren Informationsanforderungen keinen pragmatischen Benchmark dar. Daher sollte die Festlegung des Zielwerts einerseits unter gesundheitspolitischen Gesichtspunkten erfolgen. Die Luftqualität sollte dabei grundsätzlich so gesundheitsförderlich wie möglich sein. Allerdings ist ein Qualitätsniveau, das sämtliche Gesundheitsrisiken ausschließt – vor allem auch unter ökonomischen Gesichtspunkten –, nicht realisierbar. Ein pragmatischer Ansatz liegt somit darin begründet, das Ziel anhand gängiger Prinzipien des Risikomanagements (z. B. Vorsichts- bzw. Vorsorgeprinzip) festzulegen.<sup>49</sup> Anderseits sollten kritische Schädigungen des Ökosystems in analoger Weise berücksichtigt werden.

---

49 Samet/Gruskin 2014.

Entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung dieser Ziele ist die Definition global einheitlicher Metriken zur Bewertung gesundheitlicher und ökologischer Risiken der Luftverschmutzung. Nur so ist die dringend erforderliche Koordination und Standardisierung der Luftreinhaltemaßnahmen auf internationaler Ebene möglich.<sup>50</sup>

### *2.3.2 Integrativer Rahmen – Mainstreaming und Verteilungspolitik*

Die im vorigen Abschnitt skizzierte, international koordinierte Luftreinhaltepolitik begründet zweifelsohne den Kern einer globalen Strategie zur gemeinschaftlichen Adressierung von Luftverschmutzung, NCDs und Klimawandel. Sie muss aber aus zwei wesentlichen Gründen in einen breiteren, integrativen politischen Rahmen eingebettet werden.

Zum einen sind die drei genannten Problembereiche interdependent und betreffen zahlreiche Sektoren und Politikbereiche. Daher erfordert deren nachhaltige Adressierung die Berücksichtigung NCD- bzw. umweltbezogener Aspekte in allen relevanten Sektoren und Bereichen – auch jenen, die keinen (primären) Bezug zur Gesundheit bzw. Umwelt haben. Wesentliche Synergieeffekte dieses sog. Mainstreamings sind in den folgenden Handlungsfeldern zu erwarten:<sup>51</sup> Die klimafreundliche Transformation des Energiesektors, die auf der Ersetzung fossiler Brennstoffe durch regenerative Energiequellen beruht, hat mannigfache positive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, deren Berücksichtigung dem Transformationsprozess zusätzlichen Schub verleihen kann. Beträchtliche Synergiepotentiale sind auch im Bereich der Stadtplanung gegeben. Der Ausbau des städtischen ÖPNV und der Radwege wirkt nicht nur den Verkehrsemissionen und dem Klimawandel entgegen, sondern befördert auch die NCD-Prävention durch verbesserte Luftqualität und Anreize für eine körperlich aktive Fortbewegung. Aber auch Klimaanpassungsmaßnahmen können präventive Effekte entfalten, wie z. B. die Schaffung urbaner, allergikerfreundlicher Grünanlagen zu Reduktion von Hitzestress. Analog zur urbanen Mobilität kann mit überregionalen bzw. globalen klimafreundlichen Verkehrskonzepten ein bedeutender Beitrag zur NCD-Prävention geleistet werden – einerseits durch die Förderung klimafreundlicher Antriebssysteme und der entsprechenden Infrastruktur (z. B. E-Mobilität); andererseits durch den Ausbau und die intelligente Verknüpfung bestehender Verkehrsmittel wie

---

50 Figueres et al. 2018.

51 WHO 2019b.

Bahn- und Frachtschiffsverkehr. Schließlich bietet der Agrarsektor diverse Ansatzpunkte, um Klimawandel, Luftverschmutzung und NCDs gebündelt zu adressieren. Ein wesentlicher gemeinschaftlicher Treiber dieser drei Probleme ist der Fleisch- und Milchkonsum und die damit einhergehende Massentierhaltung, die THG und NCD-verursachende Luftschadstoffe in erheblichem Umfang freisetzt. Konzertierte agrar- und ernährungspolitische Kampagnen und Maßnahmen, die auf eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte zugunsten einer pflanzlich basierten Ernährung abzielen, haben nicht nur positive Auswirkungen auf Klima und Luftqualität. Die Einschränkung des Konsums von Milch- und Fleischprodukten würde sich auch unmittelbar in geringeren Risiken für Herzkreislauf- oder Krebs-erkrankungen niederschlagen.<sup>52</sup>

Zum anderen gilt es, den umweltpolitischen Instrumentenmix in den globalen Verteilungspolitischen Kontext einzubetten. Wie in Abschnitt 3.2 dargelegt, sind insbesondere Entwicklungsländer von den nachteiligen Auswirkungen der Luftverschmutzung und des Klimawandels betroffen. Das dringende Gebot internationaler Verteilungspolitischer Anstrengungen zur Unterstützung dieser Länder bei der Überwindung der genannten Probleme speist sich aus zwei wesentlichen Gründen. Einerseits verlangen moralische Erwägungen, das einzufordernde (Menschen-)Recht auf saubere Luft auch solchen Ländern bzw. Bevölkerungsgruppen zu gewähren, die aus eigener Kraft nicht imstande sind, dieses zu erwirken – zumal die Industrieländer durch ihre Emissionen einen beträchtlichen Anteil der Luftverschmutzungs- und klimawandelbezogenen Schäden in den Entwicklungsländern verantworten. Andererseits bedingt die Globalität der genannten Umweltprobleme, dass diese nur dann nachhaltig bekämpft werden können, wenn die Entwicklungsländer zu eigenständigen Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen befähigt werden. Hierzu bieten bestehende entwicklungs- und klimapolitische Strukturen, wie die sog. flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls, zahlreiche Ansatzpunkte.

### *3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen*

Der anthropogene Klimawandel sowie die zunehmende Verbreitung der NCDs begründen zwei zentrale globale Herausforderungen unserer Zeit, die ein beträchtliches ökologisches, gesundheitliches und auch ökonomisches Schadenspotential in sich bergen. Ihnen gemein ist die Luftver-

---

52 Woodcock et al. 2009.

schmutzung als wesentliche Ursache. Die Bewältigung dieser Herausforderungen kann nur durch eine integrierte und international abgestimmte politische Agenda gelingen, die die Bekämpfung der Luftverschmutzung als Hebel nutzt. Das enorme Synergiepotential einer solchen Agenda findet in den globalen Luftreinhalte- bzw. Klimaschutzanstrengungen bislang kaum Berücksichtigung, weshalb diese deutlich zu gering ausfallen. Hauptursache ist die Ermangelung eines global einheitlichen institutionellen Fundaments zur Adressierung der Luftverschmutzung. Dieses Versäumnis kann überwunden werden, indem, basierend auf dem international anerkannten (Menschen-)Recht auf Gesundheit, ein einschlägiges Recht auf eine intakte Umwelt, konkret, auf saubere Luft, abgeleitet wird.

Darauf aufbauend gilt es eine ambitionierte globale Agenda für Luftreinhaltepolitiken zu implementieren. Deren Kernelement bildet das klassische umweltpolitische Instrumentarium. Prädestiniert für die Adressierung globaler Luftschaadstoff- bzw. THG-Emissionen ist das Instrument handelbarer Emissionslizenzen. Der bereits für THG etablierte Handel ist dabei unter Verknappung des Lizenzkontingents auf weitere Sektoren und Emissionsquellen auszuweiten. Schadstoffe, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang zu THG entstehen oder ein besonders hohes gesundheitliches oder ökologisches Schadenspotential aufweisen, können dabei durch ergänzende ordnungsrechtliche oder ökonomische Instrumente reguliert werden. Zur nachhaltigen Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels und der NCDs muss dieser umweltpolitische Instrumentenmix in einen integrativen Rahmen eingebettet werden, der einerseits gesundheits- und umweltbezogene Aspekte in andere, relevante Politikbereiche und Sektoren mainstreamt. Andererseits verlangen moralische Erwägungen und die Globalität der Herausforderungen, dass Entwicklungsländer im Rahmen verteilungspolitischer Maßnahmen zu eigenständigen Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen befähigt werden.

Der Erfolg dieser Agenda hängt unter anderem maßgeblich davon ab, ob es gelingt, die „doppelte Dividende“ der Luftreinhaltung bzw. des Klimaschutzes in Form des beträchtlichen gesundheitsbezogenen Co-Benefits im politischen Bewusstsein zu verankern. Grundlegende Voraussetzung hierfür ist die Schaffung einer standardisierten Metrik zur Messung und Bewertung der einschlägigen Gesundheitseffekte.

## Literatur

- Alessandrini, F/Schulz, H/Takenaka, S/Lentner, B/Karg, E/Behrendt, H/Jakob, T (2006): Effects of ultrafine carbon particle inhalation on allergic inflammation of the lung. In: *The Journal of allergy and clinical immunology*, 117: 4, 824-830.
- Bloom, DE/Cafiero, ET/Jané-Llopis, E/Abrahams-Gessel, S/Bloom, LR/Fathima, S/Feigl (2011): The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases; 25.3.2019.
- Bray, F/Ferlay, J/Soerjomataram, I/Siegel, RL/Torre, LA/Jemal, A (2018): Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. In: *CA: A cancer journal for clinicians*, 68: 6, 394-424.
- Campbell-Lendrum, D/Prüss-Ustün, A (2018): Climate change, air pollution and non-communicable diseases. In: *Bulletin of the World Health Organization*, 97: 2, 160-161.
- Clemens, T/Turner, S/Dibben, C (2017): Maternal exposure to ambient air pollution and fetal growth in North-East Scotland: A population-based study using routine ultrasound scans. In: *Environment international*, 2017: 107, 216-226.
- Dellink, R/Lanzi, E/Chateau, J (2019): The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. In: *Environmental and Resource Economics*, 72: 2, 309-363.
- Dröge, S/Rattani, V (2019): Nach dem Klimagipfel in Katowice. Wichtige Elemente der EU-Klimaagenda 2019. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP). SWP-Aktuell 2019/A.
- Figueroes, C/Landigan, P/J Fuller, R (2018): Tackling air pollution, climate change, and NCDs: time to pull together. In: *The Lancet*, 392: 10157, 1502-1503.
- Friel, S/Bowen, K/Campbell-Lendrum, D/Frumkin, H/McMichael, AJ/Rasanathan, K (2011): Climate change, noncommunicable diseases, and development: the relationships and common policy opportunities. *Annual review of public health*, 2011: 32, 133-147.
- Friel, S/Marmot, M/McMichael, AJ/Kjellstrom, T/Vågerö, D (2008): Global health equity and climate stabilisation: a common agenda. In: *The Lancet*, 372: 9650, 1677-1683.
- Gaziano, TA/Bitton, A/Anand, S/Weinstein, MC (2009): The global cost of nonoptimal blood pressure. In: *Journal of hypertension*, 27: 7, 1472-1477.
- GBD 2017 Risk Factor Collaborators (2017): Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. In: *The Lancet*, 390: 10100, 1345-1422.
- Goulder, LH (1995): Environmental taxation and the double dividend: A reader's guide. In: *International Tax and Public Finance*, 2: 2, 157-183.
- Haines, A (2017): Health co-benefits of climate action. In: *The Lancet Planetary Health*, 1: 1, e4-e5.

- Haines, A/Ebi, K (2019): The Imperative for Climate Action to Protect Health. In: The New England journal of medicine, 380: 3, 263-273.
- IPCC – *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC – *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (2018): Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers; 4.4.2019.
- Kinney, PL (2018): Interactions of Climate Change, Air Pollution, and Human Health. In: Current environmental health reports, 5: 1, 179-186.
- Ladd-Acosta, C/Feinberg, JI/Brown, SC/Lurmann, FW/Croen, LA/Hertz-Pannier, I/Newschaffer, CJ/Feinberg, AP/Fallin, MD/Volk, HE (2019): Epigenetic marks of prenatal air pollution exposure found in multiple tissues relevant for child health. In: Environment international, 2019: 126, 363-376.
- Landrigan, PJ/Fuller, R/Acosta, NJR/Adeyi, O/Arnold, R/Basu, N/Baldé, AB/Bertollini, R/Bose-O'Reilly, S/Boufford, JI/Breysse, PN/Chiles, T/Mahidol, C/Coll-Seck, AM/Cropper, ML/Fobil, J/Fuster, V/Greenstone, M/Haines, A/Hanrahan, D/Hunter, D/Khare, M/Krupnick, A/Lanphear, B/Lohani, B/Martin, K/Mathiasen, KV/McTeer, MA/Murray, CJL/Ndahimanjanara, JD/Perera, F/Potočnik, J/Preker, AS/Ramesh, J/Rockström, J/Salinas, C/Samson, LD/Sandilya, K/Sly, PD/Smith, KR/Steiner, A/Stewart, RB/Suk, WA/van Schayck, OCP/Yadama, GN/Yumkella, K/Zhong, M (2018): The Lancet Commission on pollution and health. In: The Lancet, 391: 10119, 462-512.
- Madl, AK/Plummer, LE/Carosino, C/Pinkerton, KE (2014): Nanoparticles, lung injury, and the role of oxidant stress. In: Annual review of physiology, 2014: 76, 447-465.
- Michaelis, P (1996): Ökonomische Instrumente in der Umweltpolitik. Eine anwendungsorientierte Einführung. Heidelberg: Physica-Verlag HD.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (2019): National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for January. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201901>; 3.4.2019.
- Oehlmann, M/Linsenmeier, M/Klaas, K/Kahlenborn, W/Runkel, M/Wronski, R/Fiedler, S/Mahler, A/Beermann, A-C (2019): Ökonomische Instrumente in der Luftreinhaltung. URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-27\\_texte\\_35-2019\\_oeconomische-instrumente-luftreinhaltung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-27_texte_35-2019_oeconomische-instrumente-luftreinhaltung.pdf); 17.4.2019.
- Ostrom, E (2015): Governing the commons. The evolution of institutions for collective action. Cambridge: Cambridge University Press.

- UNEP – United Nations Environment Programme (2018): The Emissions Gap Report 2018. URL: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>; 14.4.2019.
- Samet, JM/Gruskin, S (2014): Air Pollution, Health, and Human Rights. In: *The Lancet. Respiratory medicine*, 3: 2, 98-100.
- Schaumann, F/Frömkne, C/Dijkstra, D/Alessandrini, F/Windt, H/Karg, E/Müller, M/Winkler, C/Braun, A/Koch, A/Hohlfeld, JM/Behrendt, H/Schmid, O/Koch, W/Schulz, H/Krug, N (2014): Effects of ultrafine particles on the allergic inflammation in the lung of asthmatics: results of a double-blinded randomized cross-over clinical pilot study. In: *Particle and Fibre Toxicology*, 2014: 11, 39.
- Schraufnagel, DE/Balmes, JR/Cowl, CT/Matteis, S de/Jung, S-H/Mortimer, K/Perez-Padilla, R/Rice, MB/Rojas-Rodriguez, H/Sood, A/Thurston, GD/To, T/Vanker, A/Wuebbles, DJ (2019): Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. In: *Chest*, 155: 2, 417-426.
- The National Academies of Sciences and Medicine from South Africa, Brazil, Germany, and the United States of America* (2019): Air pollution and health. A Science-Policy Initiative. URL: <https://www.leopoldina.org/en/publications/detailview/publication/air-pollution-and-health-2019-1/>; 28.6.2019.
- UN General Assembly (1989): Convention on the Rights of the Child. URL: <https://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/crc.pdf>; 16.4.2019.
- Vierkötter, A/Schikowski, T/Sugiri, D/Matsui, MS/Krämer, U/Krutmann, J (2015): MMP-1 and -3 promoter variants are indicative of a common susceptibility for skin and lung aging: results from a cohort of elderly women (SALIA). In: *The Journal of investigative dermatology*, 135: 5, 1268-1274.
- West, JJ/Smith, SJ/Silva, RA/Naik, V/Zhang, Y/Adelman, Z/Fry, MM/Anenberg, S/Horowitz, LW/Lamarque, J-F (2013): Co-benefits of Global Greenhouse Gas Mitigation for Future Air Quality and Human Health. In: *Nature climate change*, 3: 10, 885-889.
- Woodcock, J/Edwards, P/Tonne, C/Armstrong, BG/Ashiru, O/Banister, D/Beevers, S/Chalabi, Z/Chowdhury, Z/Cohen, A/Franco, OH/Haines, A/Hickman, R/Lindsay, G/Mittal, I/Mohan, D/Tiwari, G/Woodward, A/Roberts, I (2009): Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. In: *The Lancet*, 374: 9705, 1930-1943.
- WHO – World Health Organization (1948): Constitution of the World Health Organization. URL: [https://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_en.pdf](https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf); 16.4.2019.
- WHO – World Health Organization (2007): Global surveillance, prevention and control of chronic respiratory diseases. A comprehensive approach. Geneva, Switzerland.
- WHO – World Health Organization (2014a): Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014. Geneva, Switzerland.
- WHO – World Health Organization (2014b): Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva, Switzerland

*WHO – World Health Organization* (2016): Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva, Switzerland.

*WHO – World Health Organization* (2018): Non communicable diseases - fact sheet. URL: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>; 25.3.2019.

*WHO – World Health Organization* (2019a): Health statistics and information systems. Disease burden and mortality estimates. URL: [https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/estimates/en/index1.html](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1.html); 8.4.2019.

*WHO – World Health Organization* (2019b): Noncommunicable diseases and air pollution. URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2019/noncommunicable-diseases-and-air-pollution-2019>; 10.4.2019.