

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen

Umwelt und Gesundheit konsequent zusammendenken

Der SRU verwendet in seinen Publikationen eine gendergerechte Sprache.
Wenn an wenigen Stellen zur besseren Lesbarkeit die männliche Form verwendet wird, sind ebenfalls alle Personen unabhängig von ihrem Geschlecht gemeint.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

Prof. Dr. Claudia Hornberg (Vorsitzende)

Professorin für Sustainable Environmental Health Sciences an der Medizinischen Fakultät der Universität Bielefeld

Prof. Dr. Claudia Kemfert (stellvertretende Vorsitzende)

Professorin für Energiewirtschaft und Energiepolitik an der Leuphana Universität Lüneburg und Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Christina Dornack

Professorin für Abfall- und Kreislaufwirtschaft und Direktorin des gleichnamigen Instituts an der Technischen Universität Dresden

Prof. Dr. Wolfgang Köck

Professor für Umweltrecht an der Juristenfakultät der Universität Leipzig und Leiter des Departments Umwelt- und Planungsrecht am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Prof. Dr. Wolfgang Lucht

Professor für Nachhaltigkeitswissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin und Leiter der Abteilung Erdsystemanalyse am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Prof. Dr. Josef Settele

Außerplanmäßiger Professor für Ökologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Leiter des Departments Naturschutzforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Prof. Dr. Annette Elisabeth Töller

Professorin für Politikfeldanalyse und Umweltpolitik an der FernUniversität in Hagen

Die Ratsmitglieder bedanken sich für die sehr kompetente und engagierte Unterstützung durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des SRU. Zum wissenschaftlichen Stab des Umweltrates gehörten während der Erstellung dieses Sondergutachtens:

Dr. Julia Hertin (Generalsekretärin), Joachim Leitner (Geschäftsführer), Dr. Mechthild Baron, Dr. Andrea Bues, Dr. Henriette Dahms, Miriam Dross, Alexander Franke, Anne Geißler, Dr. Franziska Hoffart, Gregor Jaschke, Dr. Elisabeth Marquard, Dr. Julia Michaelis, Marvin Neubauer, Janna Rheinbay, Dr. Markus Salomon, Dr. Katharina Schleicher, Sophie Schmalz, Dr. Elisabeth Schmid, Dr. Sebastian Strunz, Bendix Vogel, Sophie Wiegand und Jascha Wiehn.

Zu den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle gehörten außerdem: Susanne Junker, Rainer Kintzel, Pascale Lischka, Jana Lubert, Kathrin Puderbach, Katrin Rautter, Petra Sartig und Susanne Winkler.

Lina Bernert, Caroline Havemann, Julie Jentzen, Janina Kälble, Manuel Klein, Patricia Nonnenmacher, Alina Schmalz und Sebastian Weiss haben die Arbeit im Rahmen eines Praktikums sowie Moritz Hermsdorf als Rechtsreferendar und Lucia Vogel als Rechtsreferendarin unterstützt.

Danksagung

Der SRU hat während der Gutachtenerstellung Fachgespräche und Anhörungen durchgeführt, um seine Analysen mit Vertreterinnen und Vertretern von Wissenschaft, Verwaltung und Gesellschaft zu diskutieren. Als Teil seiner Qualitätssicherung unterzieht der SRU alle Gutachten einem pluralistischen Reviewverfahren. Dabei werden sie von einer Reihe von externen Fachleuten mit verschiedenen fachlichen Perspektiven kommentiert. Den zuständigen Ministerien wurde der Text vorab zur Verfügung gestellt.

Der SRU dankt den Vertreterinnen und Vertretern der folgenden Ministerien und Ämter des Bundes, die mit ihren Fachkenntnissen die Erstellung des Sondergutachtens unterstützt haben. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, das Bundesministerium für Gesundheit, das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, das Umweltbundesamt, das Bundesamt für Naturschutz und das Robert Koch-Institut haben einen Entwurf des Gutachtens kommentiert.

Folgende Personen haben Teile des Gutachtens kommentiert oder an Fachgesprächen teilgenommen:

Christa Böhme (Deutsches Institut für Urbanistik), Prof. Dr. Aletta Bonn (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ), Prof. Dr. Arno Bunzel (Deutsches Institut für Urbanistik), Dr. Thomas Claßen (Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen), Dr. Joachim Hartlik (Büro für Umweltprüfungen und Qualitätsmanagement), Prof. Dr. Jesko Hirschfeld (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung), Prof. Dr. Heike Köckler (Hochschule für Gesundheit, Bochum), Andrea Kothen (PRO ASYL e. V.), Facundo Luis Lucas (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ), Dr. Dörte Martens (workstation ideenwerkstatt berlin e. V.), Erika Mühlthaler (Architekturbüro „Inklusive Architektur“), Prof. Dr. Konrad Ott (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), Thomas Preuß (Deutsches Institut für Urbanistik), Knut Rauchfuss (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen), Dr. Moritz Reese (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ), Prof. em. Dr. Eckard Rehbinder (Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt), Priv.-Doz. Dr. med. Claudia Röhl (Landesamt für soziale Dienste Schleswig-Holstein), Dr. Silvia Schäffer-Gemein (Universitätsklinikum Bonn), Kerstin Stelmacher (Planergemeinschaft für Stadt und Raum eG), Jan Hendrik Trapp (Deutsches Institut für Urbanistik), Ida Westphal (Humboldt-Universität zu Berlin), Sophie Zimdars (Technische Universität Dresden)

Die volle Verantwortung für das vorliegende Sondergutachten übernehmen die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen.

Inhalt

Abbildungen	8
Kästen	10
Tabellen	11
Kurzfassung	13
1 Einleitung: Eine intakte Umwelt schützt und fördert die Gesundheit	25
2 Wie hängen Umwelt und Gesundheit zusammen?	29
2.1 Gesundheit unter Umwelteinfluss und umweltbezogener Gesundheitsschutz	30
2.2 Ungleiche Umweltbelastungen, Gesundheitswirkungen und Gesundheitschancen	35
2.2.1 Mehrfachbelastungen und ihre Wechselwirkungen	35
2.2.2 Vulnerabilität als Summenmaß für Exposition, Anfälligkeit und Resilienz	39
2.2.3 Sozialräumliche Unterschiede der Umweltrisiken und -ressourcen	39
2.3 Ermittlung umweltbezogener Gesundheitsrisiken und -chancen	43
2.3.1 Ergebnisse aktueller Umweltsurveys	43
2.3.2 Umweltbedingte Krankheitslasten berechnen	44
2.3.3 Umweltbedingte Krankheitslasten und Gesundheitsgewinne ökonomisch bewerten	46
3 Beispiele für umweltbezogene Gesundheitsbelastungen	49
3.1 Feinstaub	49
3.1.1 Gesundheitsrisiken	50
3.1.2 Situation in Deutschland	53
3.1.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf	55
3.2 Antibiotika in der Tierhaltung	59
3.2.1 Gesundheitsrisiken	60
3.2.2 Situation in Deutschland	64
3.2.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf	66
3.3 Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen	69
3.3.1 Gesundheitsrisiken	70
3.3.2 Situation in Deutschland	75
3.3.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf	76
3.4 Hitze	78
3.4.1 Gesundheitsrisiken	79
3.4.2 Situation in Deutschland	81
3.4.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf	83
3.5 Warum wird das Thema Umwelt und Gesundheit unzureichend adressiert?	91

4 Natur als Gesundheitsressource	93
4.1 Positive Gesundheitswirkungen von Natur	94
4.2 Natur als Therapie und als Element der Stadtplanung	100
4.3 Verschiedene Naturkonzepte und offene Fragen	101
4.4 Synergien zwischen Naturschutz und Gesundheit besser nutzen	102
5 Leitbild Ökosalute Politik: Für eine Umwelt, in der alle gut und gesund leben können	107
5.1 Ein Orientierungsrahmen für die gesundheitsbezogene Umweltpolitik	108
5.2 Prinzipien einer ökosaluten Politik	113
5.3 Wichtige Instrumente zur Umsetzung einer ökosaluten Politik	116
5.3.1 Monitoring und epidemiologische Überwachung (Surveillance)	116
5.3.2 Festlegung von Grenzwerten	122
5.3.3 Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung	125
6 Eine nachhaltige Chemikalienpolitik für eine gesunde Umwelt	131
6.1 Der Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“	132
6.2 Die europäische Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit	133
6.3 Neue Ansätze zur Bewertung und Zulassung von Chemikalien unter REACH	135
6.3.1 Gründe für den Überarbeitungsbedarf bei REACH	137
6.3.2 Beschränkungen und Zulassungen von Chemikalien	138
6.3.3 Mischungsbewertung von Chemikalien	140
7 Die Stadt als Knotenpunkt einer ökosaluten Politik	145
7.1 Gesundheitsbezogenen Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit in der städtischen Planung stärken	146
7.1.1 Herausforderungen	147
7.1.2 Räumlich differenziertes und integriertes Monitoring einführen	149
7.1.3 Umweltbezogene Gesundheitsaspekte in Planungsprozessen stärken	151
7.1.4 Öffentlichkeitsbeteiligung sicherstellen	153
7.1.5 Unterstützung durch Bund und Länder verbessern	154
7.2 Fokus: Städtische Grünräume erhalten und ausbauen	157
7.2.1 Funktionen von Grünräumen trotz Flächenknappheit sichern	158
7.2.2 Eine Grünraumverordnung erarbeiten	159
7.2.3 Bestehende Grünräume erhalten	162
7.2.4 Grüne Infrastruktur im städtebaulichen Bestand entwickeln	166
7.2.5 Grüne Infrastruktur bei Neubauten einbinden	167
7.2.6 Finanzierbarkeit der Grünraumentwicklung gewährleisten	169
7.2.7 Die Einhaltung der Begrünungsvorgaben sicherstellen	171

7.3	Fokus: Städte bei der Klimaanpassung unterstützen	172
7.3.1	Bisherige Maßnahmen des Bundes	172
7.3.2	Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung schaffen	175
7.4	Den Lebensweltenansatz durch das Präventionsgesetz stärken	177
8	Umwelt und Gesundheit als Querschnittsaufgabe	181
8.1	Auf bestehende Integrationsansätze zum Umwelt- und Gesundheitsschutz aufbauen	182
8.2	Herausforderungen für Politikintegration reduzieren	184
8.3	Erfolgsbedingungen fördern	186
8.4	Das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit stärken	187
9	Zusammenfassung der Empfehlungen	191
	Literatur	197
	Abkürzungsverzeichnis	269
	Rechtsquellenverzeichnis	276
	Einrichtungserlass	280

Abbildungen

Abbildung 1	Überblick über die Empfehlungen für eine ökosolide Politik	14
Abbildung 2	Kernelemente der WHO-Empfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen	16
Abbildung 3	Positive Gesundheitswirkungen der Natur	18
Abbildung 4	Die neue Hierarchie der Schadstofffreiheit beim Chemikalienmanagement	21
Abbildung 1-1	Ausgewählte Auswirkungen der Umwelt auf die menschliche Gesundheit	26
Abbildung 2-1	Die Gesundheitswirkungen der lokalen und planetaren Umwelt	31
Abbildung 2-2	Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Gesundheitsförderung	34
Abbildung 2-3	Lineare und nicht-lineare Wirkungszusammenhänge zwischen Umweltexposition und Gesundheitsrisiko	36
Abbildung 2-4	Integrative Darstellung der Expositions-Wirkungszusammenhänge zwischen Risiko- bzw. Schutzfaktoren und Gesundheitsrisiken bzw. -chancen	37
Abbildung 2-5	Effektmodifikation: Expositions-Wirkungszusammenhang in Abhängigkeit der individuellen Anfälligkeit und Resilienz	38
Abbildung 2-6	Individuelle Gesundheitsrisiken und -chancen durch individuelle Expositionsvariation und Effektmodifikation	40
Abbildung 2-7	Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast	45
Abbildung 3-1	Aufnahme von Feinstaub in die Atemwege getrennt nach Fraktionen	51
Abbildung 3-2	Feinstaub-(PM ₁₀ -)Emissionen differenziert nach Quellkategorien in den Jahren 1995 bis 2020	53
Abbildung 3-3	Aufschlüsselung der Feinstaubimmissionen nach Quellen an der verkehrsnahen Messstelle Stuttgart – Am Neckartor (Bezugsjahr 2016)	55
Abbildung 3-4	Entwicklung der Feinstaubbelastungen (PM _{2,5} -Jahresmittelwerte) an den 3 Messstellenkategorien in den Jahren 2010 bis 2021	56
Abbildung 3-5	Entwicklung von Antibiotikaresistenzen	60
Abbildung 3-6	Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung in Deutschland in den Jahren 2011 bis 2021 nach Wirkstoffgruppen	64
Abbildung 3-7	Eintragspfade von Tierarzneimitteln in die Umwelt	66
Abbildung 3-8	Typische Expositionspfade für PFAS	71

Abbildung 3-9	Belastung von menschlichem Blutplasma aus der Umweltprobenbank mit PFOS und PFOA	73
Abbildung 3-10	Mögliche Wirkungen von PFAS auf den Menschen	74
Abbildung 3-11	Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 1992 und 2021	79
Abbildung 3-12	Anzahl heißer Tage und Tropennächte im Gebietsmittel in Deutschland zwischen 1951 und 2022	81
Abbildung 3-13	Anzahl Tropennächte an Messstationen in Berlin und Dresden zwischen 1961 und 2022	82
Abbildung 3-14	Kernelemente der WHO-Empfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen ...	87
Abbildung 3-15	Hitzeaktionspläne in Deutschland nach Verwaltungsebene	88
Abbildung 3-16	Benötigte Unterstützung in Ländern und Kommunen bei der Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans	90
Abbildung 4-1	Positive Gesundheitswirkungen der Natur	95
Abbildung 4-2	Die Biodiversitätshypothese	97
Abbildung 6-1	Die neue Hierarchie der Schadstofffreiheit beim Chemikalienmanagement	134
Abbildung 6-2	Das unbekannte Terrain chemischer Risiken	136
Abbildung 6-3	Wie entstehen Chemikalienmischungen in der Umwelt?	141
Abbildung 7-1	Mehrfachbelastungskarte der Stadt Herne nach dem SUHEI-Modell	150
Abbildung 9-1	Überblick über die Empfehlungen für eine ökosalute Politik	192

Kästen

Kasten 2-1	Gesundheit im Wechselspiel lokaler und planetarer Umweltprozesse	31
Kasten 2-2	Soziale Lage und soziale Ungleichheit	41
Kasten 3-1	Größenbestimmung von Feinstäuben	50
Kasten 3-2	Beispiel Colistin	67
Kasten 3-3	Direkte vs. indirekte Gesundheitswirkungen der Klimakrise	78
Kasten 3-4	Ultraviolette Strahlung, Klima und Gesundheit	86
Kasten 5-1	Umwelt und Gesundheit in der Agenda 2030 und den globalen Nachhaltigkeitszielen	110
Kasten 5-2	Die Umweltprobenbank – ein Fenster in die Vergangenheit	118
Kasten 6-1	Die im ZPAP aufgeführten Ziele für 2030	133
Kasten 6-2	Besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC)	138
Kasten 7-1	„Nachhaltige StadtGesundheit“	149
Kasten 7-2	Das SUHEI-Modell	149
Kasten 7-3	Environmental Justice Screening and Mapping Tool	151
Kasten 7-4	Setting- oder Lebensweltenansatz	178

Tabellen

Tabelle 2-1	Der Anteil der Luftbelastung an der Sterberate durch nicht übertragbare Krankheiten in Europa und weltweit	33
Tabelle 3-1	Aktuelle und von der Europäischen Kommission vorgeschlagene neue Grenzwerte für Feinstaub sowie Richtwerte der WHO (PM _{2,5} und PM ₁₀)	58
Tabelle 3-2	Resistenzsituation in Deutschland 2016 bis 2020 im europäischen Vergleich	62
Tabelle 5-1	Indikatoren des DAS-Monitoringsystems mit engem Bezug zum Gesundheitsschutz	120
Tabelle 7-1	Beispiele für Instrumente zur Verwirklichung von gesundheitsbezogenem Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit in Städten	147
Tabelle 7-2	Beispiele für Programme, über die kommunale Maßnahmen zur Klimaanpassung gefördert werden können	173

Kurzfassung

Die meisten Menschen wissen, dass wir in einer Zeit unterschiedlicher Umweltkrisen leben. Dazu gehören insbesondere der Biodiversitätsverlust, der Klimawandel und die übermäßigen Einträge schädlicher Stoffe. Was jedoch vielen nicht bewusst ist: Eine intakte Umwelt ist eine Grundvoraussetzung für die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen. Umweltschutz kann Krankheiten vorbeugen und die Gesundheit fördern. Die Überschreitung von ökologischen Belastungsgrenzen hat auch erhebliche gesundheitliche Auswirkungen. Trotz der jüngsten Hitzewellen, Dürren, Starkregenereignisse und der COVID-19-Pandemie nehmen Politik und Gesellschaft diesen Zusammenhang noch immer nicht ernst genug. Die multiplen Umweltkrisen führen zu grundlegend neuen systemischen Anforderungen an Politik und Gesellschaft und machen tiefgreifende Veränderungen erforderlich. Bei den anstehenden Transformationen, beispielsweise der Verkehrs-, Energie-, Agrar- und Ernährungssysteme, sowie den Maßnahmen zur Klimaanpassung ist es wichtig, die Gesundheitschancen konsequent mitzudenken und zu nutzen. Gesundheit in alle Politikfelder (Health in All Policies – HiAP) zu integrieren, erfordert eine Zusammenarbeit unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen und Sektoren.

In Europa sind etwa 15 % der Todesfälle auf umweltbedingte Risikofaktoren zurückzuführen. Auch in Deutschland sind weiterhin viele Menschen von umweltbedingten Erkrankungen betroffen – trotz großer Fortschritte im gesundheitsbezogenen Umweltschutz. So geht die Europäische Umweltagentur (EEA) davon aus, dass im Jahr 2020 28.900 zurechenbare Todesfälle auf die Belastung mit Feinstaub zurückzuführen sind. Die Belastungen und die daraus resultierenden Krankheiten sind zudem vielfach sozial ungleich verteilt. Das gilt ebenso für den Zugang zur Natur, die eine wichtige Ressource für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen darstellt.

Menschen haben ein Recht auf Lebensverhältnisse, die Gesundheit und Wohlergehen ermöglichen. Ob sie diese vorfinden, liegt auch an politischen Entscheidungen, die außerhalb der Ressorts Umwelt oder Gesundheit getroffen werden. Daher gilt es, die Potenziale in allen Sektoren zu nutzen, um Umwelt und Gesundheit zu schützen.

Damit die Gesundheitsdimensionen des Umweltschutzes stärker als bisher in relevante Politikentscheidungen integriert werden, sind verschiedene rechtliche und politische Weichenstellungen notwendig (Abb. 1). Als Orientierungsrahmen dafür schlägt der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) das *Leitbild Ökosolarte Politik* vor.

Umweltschutz ist auch Gesundheitsschutz

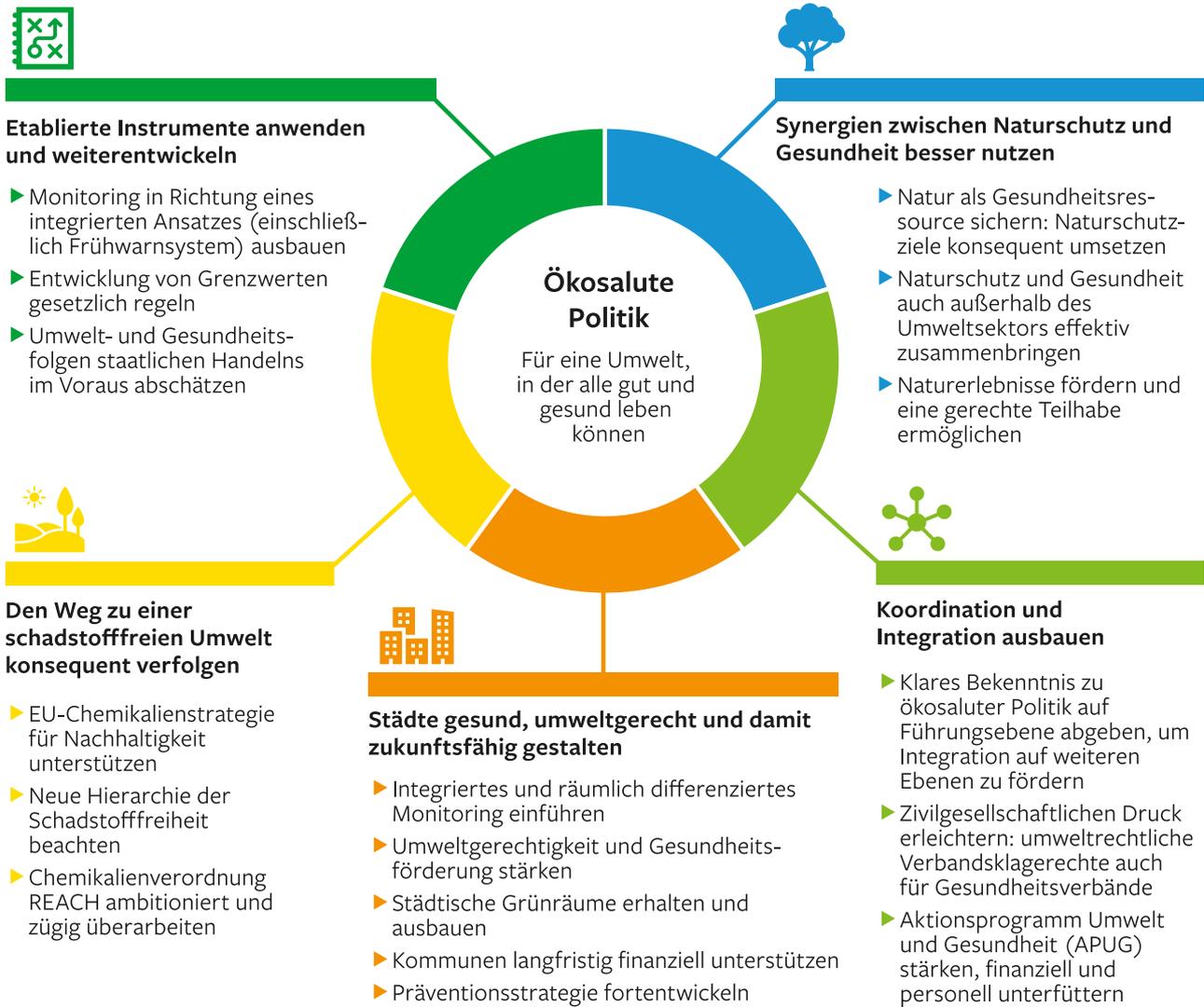
Für ein gesundes Leben ist es nicht nur erforderlich, Krankheiten zu behandeln, sondern auch, Krankheiten durch Prävention zu verhindern und Gesundheit zu fördern. In Deutschland sind laut Robert Koch-Institut (RKI) 74 % der Todesfälle auf nicht übertragbare Krankheiten (Noncommunicable Diseases – NCDs) zurückzuführen. Damit machen nicht übertragbare Krankheiten wie die des Herz-Kreislauf-Systems den Großteil der Krankheitslast aus. Sie verlaufen häufig chronisch und stehen in einem engen Bezug zum Verhalten sowie den Lebensverhältnissen. Während Menschen ihr Verhalten selbst ändern können, lassen sich Lebensverhältnisse vor allem gesamtgesellschaftlich modifizieren und liegen nicht im Gestaltungsbereich der Einzelnen. Zu den Lebensverhältnissen gehören auch die vielfältigen Einflüsse der natürlichen und der gebauten Umwelt.

Eine besonders große Bedeutung für die Gesundheit hat die Belastung der Luft mit Schadstoffen, insbesondere mit Feinstaub – speziell auch Ultrafeinstäuben – und Stickstoffoxiden, aber auch Lärm. Mit dem Klimawandel verbunden ist die Zunahme von Extremwetterereignissen wie etwa Hitzewellen, die eine Gefahr für Leben und Gesundheit darstellen können.

Die Schadstoffbelastungen der Menschen nimmt seit Jahren zwar ab, insbesondere bei Stoffen, die bereits seit längerem reguliert sind wie Polychlorierte Biphenyle und Schwermetalle. Allerdings werden immer wieder neue Schadstoffe freigesetzt und es verdichten sich die Erkenntnisse, dass Stoffe auch aufgrund ihrer Persistenz und Fähigkeit zu akkumulieren ein Gesundheitsproblem darstellen können, wie zum Beispiel per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS).

o **Abbildung 1**

Überblick über die Empfehlungen für eine ökosalute Politik



SRU, eigene Darstellung

Der gesundheitsbezogene Umweltschutz verfolgt zwei übergeordnete Ziele: erstens Menschen vor Umweltbelastungen zu schützen und zweitens wichtige Naturressourcen zu erhalten, damit alle selbstbestimmt ihre Gesundheit und ihr Wohlbefinden stärken können.

Umweltbelastungen haben auch eine soziale Dimension

Sozial benachteiligte Menschen in Stadtquartieren sind oft überdurchschnittlichen Umweltbelastungen ausgesetzt. Dies sind vor allem Lärm und Luftschadstoffe, die

vom Straßenverkehr verursacht werden. Problematisch ist das insbesondere für Bevölkerungsgruppen, die anfälliger gegenüber den jeweiligen Umweltbelastungen sind (z. B. Kleinkinder, Ältere, Menschen mit Vorerkrankungen). Häufig gibt es in sozial benachteiligten Quartieren aber auch zu wenig qualitativ hochwertige, innerstädtische Grünräume und Gewässer. Da Menschen ihre Umwelt aber nur begrenzt selbst gesundheitsförderlich gestalten können, ist es Aufgabe der Politik, gesunde und gerechte Umweltbedingungen für alle Menschen zu schaffen.

Das normative Leitbild der Umweltgerechtigkeit bietet der Politik und der Verwaltung Orientierung. Umwelt-

gerechtigkeit befasst sich mit der Vermeidung und dem Abbau der sozialräumlichen Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen sowie der Gewährleistung eines sozialräumlich gerechten Zugangs zu Umweltressourcen. Um diese Ziele zu erreichen, werden zwei Gerechtigkeitsdimensionen in den Mittelpunkt gestellt. Erstens bezieht sich Umweltgerechtigkeit auf Fragen der Verteilungsgerechtigkeit, das heißt, wie gesundheitsrelevante Umweltressourcen und -risiken sozialräumlich verteilt sind. Zweitens stellt sie auch Fragen der Verfahrensgerechtigkeit, also inwiefern Betroffene in gesundheits- und umweltbezogene Politik- und Verwaltungsprozesse eingebunden werden. Wenn Politik und Verwaltung Umweltgerechtigkeit erhöhen, verbessern sie die gesundheitlichen Chancen aller Menschen und tragen dazu bei, dass niemand aufgrund des Wohnortes oder der sozialen Lage benachteiligt wird.

Gesundheitsfolgen für politisches Handeln wissenschaftlich quantifizieren

Die Konsequenzen von Umweltbelastungen für die Gesundheit lassen sich quantitativ darstellen: Erkrankungen, Verletzungen und Risikofaktoren begrenzen die Lebensjahre, die Menschen in Gesundheit verbringen. Das Konzept der umweltbedingten Krankheitslasten ermöglicht es, Umwelt- und Gesundheitsdaten zu verknüpfen und statistisch auszuwerten. Die Methodik macht nicht nur umweltbedingte Gesundheitsbelastungen, sondern auch Gesundheitsgewinne durch Umweltschutzmaßnahmen sichtbar. Gesundheitsgewinne zahlen sich auch volkswirtschaftlich aus, indem sie Kosten der medizinischen Versorgung einsparen und Fehlzeiten im Bildungs- und Berufsleben verringern. Die Quantifizierung der umweltbedingten Gesundheitsfolgen kann politisches Handeln unterstützen. Die ermittelten Daten können beispielsweise helfen, Maßnahmen zu priorisieren und begrenzte Ressourcen effektiv einzusetzen.

Beispiele für gesundheitsbezogene Umweltbelastungen

Es gibt eine Reihe von gesundheitsbezogenen Umweltbelastungen, die dringend verringert werden sollten. Im Folgenden wird auf vier ausgewählte Beispiele eingegangen, die für die Gesundheit eine hohe Bedeutung haben: Feinstaub in der Außenluft, Antibiotikaeinsatz

in der Tierhaltung, PFAS und Hitzestress. An diesen Beispielen wird zudem offensichtlich, dass sehr unterschiedliche Sektoren für Gesundheitsrisiken verantwortlich sind.

Hohe Krankheitslasten durch Feinstaub

Obwohl die europäischen Grenzwerte in Deutschland weitestgehend eingehalten werden, verursachen Feinstaubbelastungen in der Außenluft die höchsten umweltbezogenen Krankheitslasten. Feinstaub trägt zu Atemwegserkrankungen bei und kann auch andere Organe und Organsysteme wie das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf den kleinsten Partikeln, dem Ultrafeinstaub. Dieser kann besonders tief in den menschlichen Körper eindringen und unterschiedliche negative Wirkungen auf die Gesundheit verursachen. Bisher gibt es keinen gesonderten Grenzwert für Ultrafeinstäube. Verursacher von Feinstaubbelastungen sind insbesondere der Verkehr sowie Verbrennungsprozesse in der Industrie und den Haushalten. Die höchsten Belastungen werden an verkehrsnahen Stellen, meist in Städten, gemessen. Um die Luftqualität zu verbessern, sind daher speziell Maßnahmen im Verkehrssektor notwendig. Insbesondere sollten Fuß- und Radverkehr sowie der ÖPNV gestärkt und der motorisierte Verkehr in der Stadt reduziert sowie entschleunigt werden. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die europäischen Feinstaubgrenzwerte stärker an die aktuellen Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) anzupassen.

Verbreitung von Antibiotikaresistenzen durch die Tierhaltung

Die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen gehört sowohl national als auch international zu den großen Herausforderungen der Gesundheitsversorgung. Resistenzen führen dazu, dass viele bakterielle Infektionskrankheiten immer schwerer behandelt werden können. Gegen einige multiresistente Erreger gibt es keine Wirkstoffe mehr. Der übermäßige Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung fördert die Entstehung und Ausbreitung resistenter Bakterienstämme. Deshalb muss die Verwendung von Antibiotika in diesem Bereich weiter begrenzt werden. Ein transparenter Stoffeinsatz und dem Tierwohl entsprechende Haltungsbedingungen helfen dabei. Außerdem sollten sogenannte Reserveantibiotika, also solche Wirkstoffe, die beim Menschen eingesetzt

werden, wenn Standardbehandlungen fehlschlagen, in der Tierhaltung keine Anwendung finden. Der Beitrag der Tierhaltung zur Entstehung von Antibiotikaresistenzen zeigt die Relevanz des One Health-Ansatzes, das heißt die Notwendigkeit, die Gesundheit von Menschen, Tieren und ihrer Umwelt gemeinsam zu betrachten.

Gesundheitsrisiken von Chemikalien am Beispiel der PFAS

Menschen kommen mit einer Fülle von Chemikalien in Kontakt, die ein Risiko für die Gesundheit darstellen können. Die PFAS sind ein prominentes Beispiel hierfür. Mehr als 4.500 Vertreter dieser Stoffgruppe befinden sich derzeit in der Anwendung. Sie werden in einer Vielzahl von Produkten eingesetzt, zum Beispiel als Textilbeschichtungen, in Löschschäumen oder in Lebensmittelverpackungen. PFAS sind in der Regel schwer bis nahezu gar nicht abbaubar, reichern sich in Organismen an und sind inzwischen in allen Umweltmedien und im Menschen nachweisbar. Bei einzelnen Vertretern der Stoffgruppe wurde nachgewiesen, dass sie sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken können, beispielsweise auf die Fruchtbarkeit und auf die Immunabwehr von Kindern. Die Verwendung einzelner PFAS samt ihrer Salze, Vorläuferverbindungen und Polymeren ist durch die europäische Chemikalienverordnung

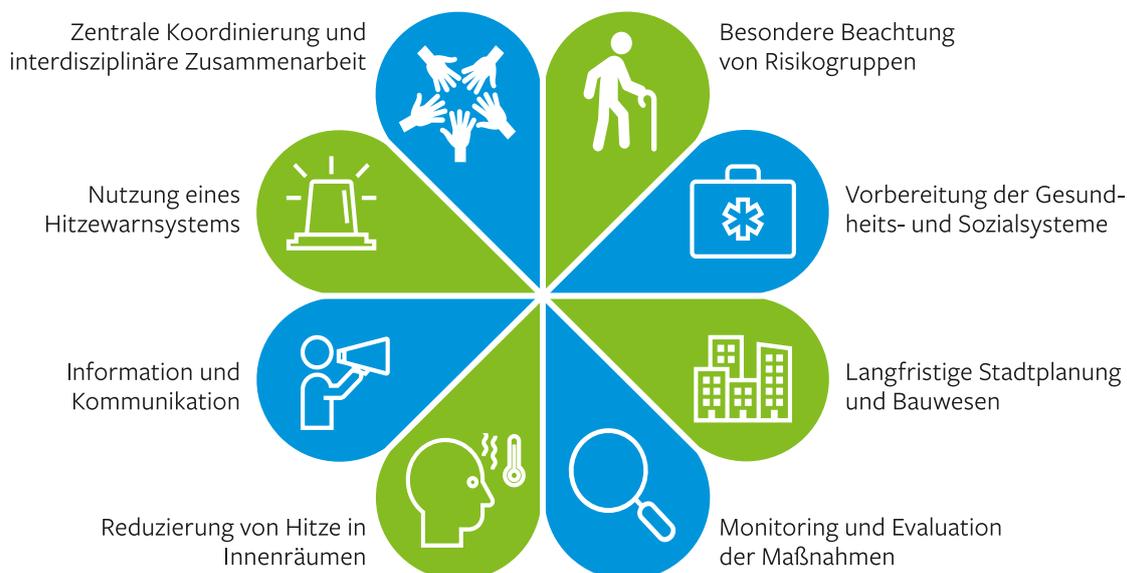
bereits beschränkt worden. Dies führt aber oft dazu, dass auf ähnliche Verbindungen ausgewichen wird, die toxikologisch zu wenig untersucht sind. Deshalb unterstützt der SRU den Vorschlag, PFAS als Stoffgruppe zu regulieren, mit dem Ziel, alle nicht notwendigen Anwendungen von PFAS zu beschränken. Einen solchen Vorschlag haben nationale Behörden aus fünf europäischen Ländern am 13. Januar 2023 der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) vorgelegt.

Gesundheitsfolgen von Hitze

Durch den Klimawandel nehmen Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen in Deutschland zu. Im Sommer 2022 starben in Deutschland schätzungsweise 4.500 Menschen an Hitze. Hohe Temperaturen können Erkrankungen wie Hitzeerschöpfung, Hitzekrämpfe oder Hitzschlag verursachen, aber auch Atemwegs-, Herz-Kreislauf- und Nierenerkrankungen auslösen oder verschlechtern. Schwangere, Kinder, Ältere und Kranke sind besonders anfällig. Obdachlose Menschen und Menschen, die im Freien arbeiten, sind überdurchschnittlich belastet. Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen sind wirksame Mittel, um Hitzestress in der Zukunft zu begrenzen. Hitzeaktionspläne, die unterschiedliche Maßnahmen zur Klimaanpassung bündeln, sind ein zentrales Instrument des Hitzeschutzes (Abb. 2). Laut der

o Abbildung 2

Kernelemente der WHO-Empfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen



Gesundheitsministerkonferenz sollen Kommunen und Länder bis zum Jahr 2025 – unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten – flächendeckend Hitzeaktionspläne aufstellen. Der SRU befürwortet dieses Vorhaben. Der Bund kann Kommunen und Länder dabei unterstützen, indem er personelle und finanzielle Ressourcen bereitstellt, beratende und informierende Aufgaben übernimmt und die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Hitzeschutz in Deutschland schafft.

Die Natur ist eine zentrale Ressource für die menschliche Gesundheit

Die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen sind fundamental von der Natur abhängig. Ökosysteme sichern nicht nur die Versorgung mit Lebensmitteln und anderen materiellen Gütern. Sie können auch vor Umweltgefahren und schädlichen Umwelteinflüssen schützen, beispielsweise vor Hochwasser oder Luftschadstoffen. Außerdem können Ökosysteme mit einer hohen Artenvielfalt das Risiko für die Entstehung und Verbreitung von bestimmten Krankheiten senken. Zu diesen gehören insbesondere Infektionen, die durch Parasiten wie Stechmücken, Zecken oder Flöhe übertragen werden können. Der Kontakt mit der Natur kann außerdem die Vielfalt der Mikroorganismen erhöhen, die den menschlichen Körper besiedeln. In ihrer Gesamtheit bilden diese Mikroorganismen das menschliche Mikrobiom. Vermehrt sprechen wissenschaftliche Studien dafür, dass ein diverses Mikrobiom die Immunabwehr des Menschen stärkt. Naturerlebnisse können zudem positive Emotionen auslösen, Stress lindern und die Aufmerksamkeitsfähigkeit wiederherstellen. Auch gehen Aufenthalte „im Grünen“ häufig mit körperlicher Bewegung und positiven zwischenmenschlichen Interaktionen einher. Die Natur kann also das körperliche, mentale und soziale Wohlbefinden über verschiedene Pfade fördern und ist somit eine wichtige Gesundheitsressource (Abb. 3).

Synergien zwischen Naturschutz und Gesundheit besser nutzen

Die positiven Gesundheitswirkungen der Natur sind unter anderem durch die intensiviertere Landnutzung und den Biodiversitätsverlust gefährdet. Außerdem führen zunehmend naturferne Lebensstile dazu, dass Menschen

weniger Gelegenheiten haben, vom gesundheitsförderlichen Potenzial der Natur zu profitieren. Viele Umweltprobleme wie der Klimawandel und die Chemikalienbelastung, aber auch ein stark auf tierische Produkte setzender Ernährungsstil, können die Natur und die menschliche Gesundheit schädigen. Daher dient der Naturschutz oft auch der menschlichen Gesundheit und der umweltbezogene Gesundheitsschutz häufig auch der Natur.

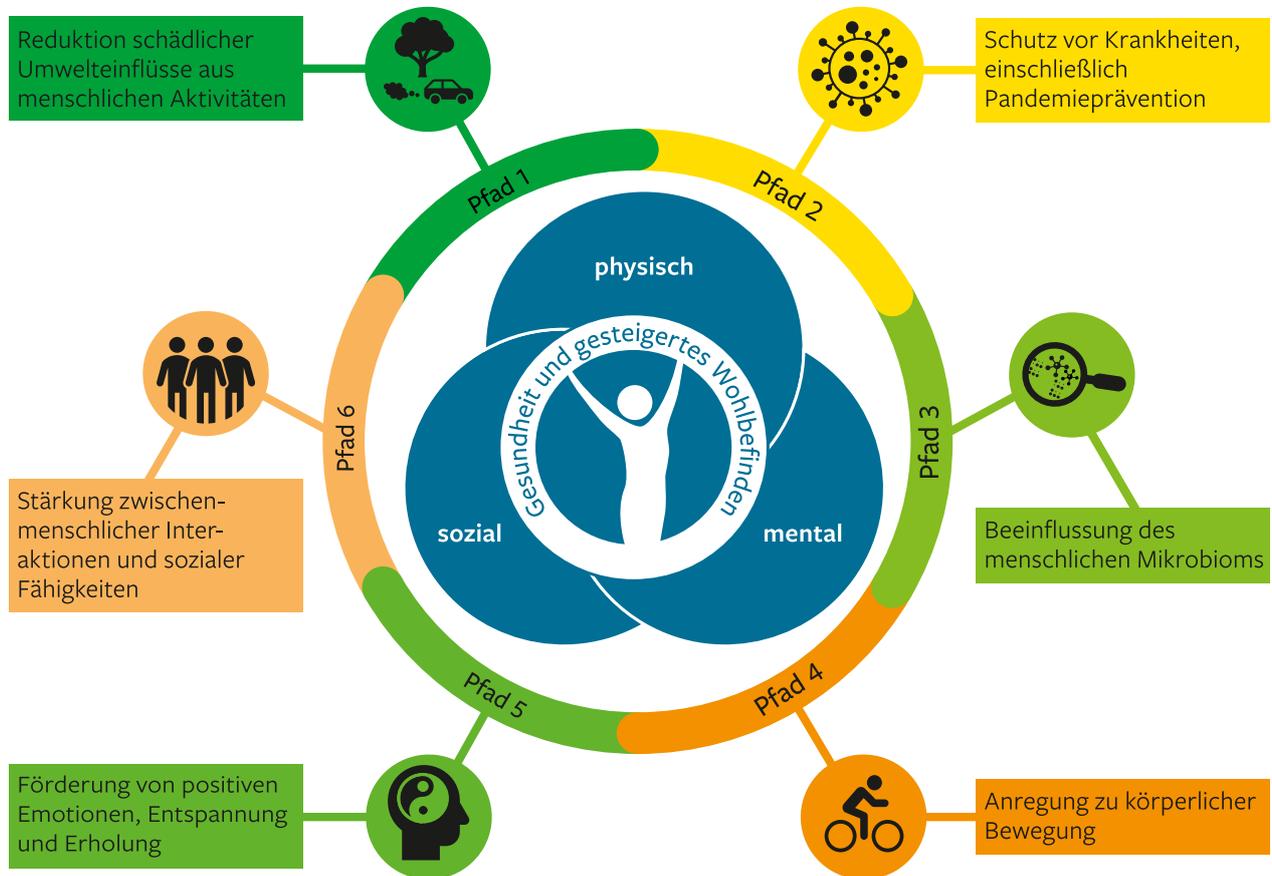
Natur als Gesundheitsressource sichern: Naturschutzziele konsequent umsetzen

Nur wenn die Natur wirksam geschützt wird, kann sie ihre positiven Gesundheitswirkungen dauerhaft entfalten. Auch zum Wohl der menschlichen Gesundheit sollte die Bundesregierung daher globale, europäische und nationale Naturschutzziele konsequent umsetzen. Mit dem Beschluss von Montreal zum Schutz der Natur (Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework) wurde im Jahr 2022 ein wichtiger globaler Rahmen zum Schutz der Biodiversität festgelegt. Auf EU-Ebene sind für den Biodiversitätsschutz insbesondere das bestehende EU-Naturschutzrecht, die EU-Biodiversitätsstrategie bis 2030 und die geplante EU-Verordnung über die Wiederherstellung der Natur bedeutsam. Zudem verfügt Deutschland mit der Nationalen Biodiversitätsstrategie, der Nationalen Moorschutzstrategie sowie dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz über eigene ambitionierte Programme, um den Verlust der Biodiversität aufzuhalten. Um diese Strategien und Ziele auf nationaler Ebene umzusetzen, sind unter anderem ausreichend Finanzmittel und personelle Ressourcen notwendig.

Damit beeinträchtigte Ökosysteme wiederhergestellt werden können, bedarf es häufig langfristiger und großflächiger Maßnahmen. Der Bund sollte in Abstimmung mit den Bundesländern dringend die rechtlichen, finanziellen und administrativen Rahmenbedingungen dafür schaffen: Flächen zur Verfügung stellen, getroffene Maßnahmen dauerhaft rechtlich absichern und, wo nötig, Eingriffe in bestehende Nutzungsrechte finanziell ausgleichen. Finanzielle Mittel für einen effektiveren Naturschutz könnten durch einen Abbau umweltschädigender Subventionen erschlossen werden.

o Abbildung 3

Positive Gesundheitswirkungen der Natur



SRU, eigene Darstellung

Naturschutz und Gesundheit auch außerhalb des Umweltsektors effektiv zusammenbringen

Die positiven Gesundheitswirkungen der Natur sollten in allen relevanten Sektoren stärker berücksichtigt werden. Unter anderem besteht in der Stadt- und Landschaftsplanung, der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft sowie dem vorbeugenden Hochwasser- und Katastrophenschutz die Notwendigkeit, gemeinsame Handlungsfelder mit dem Natur- und Gesundheitsschutz zu identifizieren. Dies gilt insbesondere auch bei Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung.

Auf EU-Ebene ist es für die Erhaltung der biologischen Vielfalt und ihres gesundheitsförderlichen Potenzials

unerlässlich, die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) stärker ökologisch auszurichten. Die Bundesregierung sollte hierfür die neu ermöglichten nationalen Spielräume für eine weitergehende Ökologisierung ausschöpfen. Die GAP sollte künftig auch genutzt werden, um die großflächige Renaturierung auf landwirtschaftlichen Flächen finanziell zu honorieren bzw. zu kompensieren.

Auch international ist es angezeigt, den Naturschutz strategischer mit Gesundheitsbelangen zu verknüpfen. Beispielsweise sollte neben bewährten Strategien zur Infektionsvorbeugung (z. B. Hygiene, Bekämpfung von tierischen Vektoren, Einschränkung des Wildtierhandels) der Naturschutz und die damit verbundene Erhaltung der Biodiversität als eine weitere Säule der Pandemieprävention etabliert werden.

Naturerlebnisse fördern und eine gerechte Teilhabe ermöglichen

Viele positive Gesundheitswirkungen der Natur setzen voraus, dass sie erlebt wird. Der Kontakt mit der Natur sollte daher in jedem Lebensalter noch intensiver als bisher gefördert werden. Dies erfordert, entsprechende Bildungs-, Freizeit- und Erholungsangebote auszuweiten. Beispielsweise wäre es förderlich, mehr Naturerfahrungsräume zu schaffen und für verschiedene Nutzergruppen attraktiv zu gestalten. Damit Naturerlebnisse potenziell allen zugutekommen, sind wohnortnahe Grünräume und Gewässer in allen Stadtquartieren erforderlich. Diese sollten gut erreichbar und qualitativ hochwertig sein. Außerhalb von Städten sind naturnahe Ökosysteme und vielfältige Kulturlandschaften von überregionaler Bedeutung für das Naturerleben. Sie sollten auch im Sinne der menschlichen Gesundheit erhalten bzw. biodiversitätsfördernd bewirtschaftet werden.

Leitbild Ökosalute Politik – ein Orientierungsrahmen für die gesundheitsbezogene Umweltpolitik

Um den beschriebenen Herausforderungen gerecht zu werden, benötigt gesundheitsbezogene Umweltpolitik einen Orientierungsrahmen. Die gesundheitsbezogene Umweltpolitik hat im Lauf ihrer Geschichte eine Vielzahl von Konzepten, Leitbildern und Idealen hervorgebracht, die teils explizit formuliert wurden, teils dem politischen Handeln implizit zugrunde lagen. Sie transportieren wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang von Umwelt, Gesundheit und Gesellschaft. Es bietet sich deshalb an, sie miteinander zu verknüpfen. Dazu hat der SRU ein neues Leitbild, das *Leitbild Ökosalute Politik*, formuliert, welches ein Kernelement dieses Gutachtens darstellt. Das Wort „ökosalut“ ist abgeleitet vom altgriechischen „oikos“ (dt. „Haus“), wie in „Ökologie“, und vom lateinischen „salus“ (dt. „Gesundheit“).

Das *Leitbild Ökosalute Politik* baut auf zentralen Aussagen bestehender Konzepte wie One Health, EcoHealth oder Planetary Health auf. Im Kern zielt es darauf ab, eine Umwelt zu schaffen, in der alle gut und gesund leben können. Dazu umfasst das Leitbild folgende Grundsätze:

- Umweltschutz ist eine Voraussetzung für Gesundheit und Freiheit: Um sein Leben in Freiheit und Würde führen zu können, bedarf der Mensch nicht nur einer freiheitlichen, demokratischen und sozial gerechten Gesellschaft, sondern auch einer Umwelt, die seine Gesundheit bestmöglich unterstützt. Der Zugang zu einer sauberen, gesunden und nachhaltigen Umwelt ist als universelles Menschenrecht anerkannt. Gesundheitsbezogene Umweltpolitik in Deutschland sollte sich dafür einsetzen, dass für alle Menschen in der Bundesrepublik, in Europa und weltweit sowie für die zukünftigen Generationen dieses Recht Wirklichkeit wird.
- Schutz der lokalen und der planetaren Umwelt: Die Gesundheit des Menschen wird durch die Umweltbedingungen beeinflusst, mit denen er in unmittelbarem Austausch steht. Gesundheitsbezogene Umweltpolitik beginnt deshalb beim Schutz der Umwelt vor Ort. Da diese lokale Umwelt jedoch auch von Umweltveränderungen auf planetarer Ebene beeinflusst wird, muss gesundheitsbezogene Umweltpolitik ebenso dafür Sorge tragen, dass die planetaren Belastungsgrenzen eingehalten werden.
- Umwelt als Risiko und Chance für die Gesundheit: Umweltbezogene Krankheitsprävention basiert auf dem Gedanken, dass Gesundheit vor schädlichen Umwelteinflüssen geschützt werden muss. Zusätzlich müssen jedoch auch die positiven Einflüsse der natürlichen und baulichen Umwelt gestärkt werden. Umweltbezogene Krankheitsprävention und umweltbezogene Gesundheitsförderung ergänzen einander.
- Gesundheitsressource Natur: Der Mensch ist verbunden mit anderen Organismen (z. B. Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen) und den Ökosystemen, in denen und durch die er lebt. Deren Erhalt ist entscheidend, um die menschliche Gesundheit zu schützen und zu fördern.
- Gesundheitsbezogene Umweltpolitik für alle: Der Zustand der Umwelt hat Auswirkungen auf die gesundheitliche Chancengleichheit. Menschen sind unterschiedlich anfällig für schädliche Umwelteinflüsse. Außerdem beeinflussen die sozioökonomischen Ressourcen und Privilegien einer Person, inwieweit sie sich vor schädlichen Umwelteinflüssen schützen und mit deren Folgen umgehen kann. Ziel der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik sollte es daher sein, für alle Menschen möglichst sichere und gesundheitsfördernde Lebensbedingungen zu schaffen.

- o Gesundheitsbezogene Umweltpolitik mit allen: Gesundheitsbezogener Umweltschutz ist Aufgabe von Staat und Politik. Dabei liegen die Hebel, um die Umwelt gesünder zu machen, oftmals außerhalb des Umweltressorts. Gesundheitsbezogener Umweltschutz muss deshalb ein zentrales Anliegen aller Politikbereiche und -ebenen sein. Die Politik sollte in sämtlichen Sektoren geeignete Rahmenbedingungen für ein umwelt- und gesundheitsgerechtes Leben und Wirtschaften setzen. Dabei lässt sich nur gemeinsam mit der Zivilgesellschaft eine gesunde Umwelt für alle erreichen.

Instrumente für eine ökosolutive Politik anwenden und weiterentwickeln

Im gesundheitsbezogenen Umweltschutz hat sich über Jahrzehnte hinweg eine Reihe wichtiger Instrumente etabliert, um Umweltbelastungen zu erkennen, zu beobachten und zu reduzieren. Dazu zählen insbesondere das Monitoring, die Grenzwertsetzung sowie die Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung. Diese Instrumente haben sich bewährt, müssen aber fortentwickelt werden. Weitere Instrumente und Maßnahmen, die dazu dienen können, das *Leitbild Ökosolutive Politik* in die Praxis zu überführen, werden nachfolgend jeweils themenbezogen vorgestellt. Das betrifft die Handlungsfelder nachhaltige Chemikalienpolitik, umwelt- und gesundheitsbezogene Stadtentwicklung und gesundheitsbezogener Umweltschutz als politische Querschnittsaufgabe.

Das Monitoring dient insbesondere dazu, Risiken zu erkennen und zu beobachten sowie die Wirkung von Schutzmaßnahmen zu überprüfen. Es sollte weiter gestärkt und zu einem integrierten und Risiken früh erkennenden System weiterentwickelt werden. Dazu ist es hilfreich, neue Technologien wie das Non-Target Screening (NTS, nicht zielgerichtete Suche nach Stoffbelastungen) zu etablieren. Darüber hinaus sollten Ergebnisse aus unterschiedlichen Monitoringprogrammen verstärkt zusammengeführt werden, unter anderem um Mehrfachbelastungen etwa durch Lärm und Luftschadstoffe frühzeitiger und besser als bisher zu erkennen.

Grenzwerte konkretisieren qualitativ umschriebene Schutzmaßstäbe, wie etwa „schädliche Umwelteinwirkungen“, in Gesetzen. Sie vereinfachen und vereinheit-

lichen dadurch das Verwaltungshandeln zum gesundheitsbezogenen Umweltschutz. Werden Grenzwerte festgesetzt, ist dabei stets der Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse auszuwerten und einzubeziehen. Zugleich muss die Grenzwertsetzung aber auch demokratisch legitimiert sein, wenn sie dazu dienen soll, gesetzlich verankerte Schutz- und Vorsorgeanforderungen zu konkretisieren. Grenzwerte entstehen dementsprechend in einem wissenschaftlichen Prozess, in welchem wissenschaftlich-technisches Wissen, Umgang mit Unsicherheit und politische Erwägungen der Zumutbarkeit und Verhältnismäßigkeit Eingang finden. All dies vollzieht sich jedoch weitgehend in einer „Black Box“. Rechtliche Verfahrensregelungen könnten sicherstellen, dass die Verfahren der Grenzwertsetzung stets den nötigen Anforderungen an Transparenz, Partizipation und Wissenschaftlichkeit entsprechen. Diese Regelungen sollten in den jeweiligen Fachgesetzen oder einem übergreifenden „Standardsetzungsverfahrensgesetz“ festgeschrieben werden.

Um die Gesundheitsfolgen eines Umwelteingriffs zu prognostizieren, sind Daten über die Vulnerabilität der betroffenen Bevölkerungsgruppen vor Ort, die bestehenden Mehrfachbelastungen und Mischexpositionen sowie die sozialräumliche Lage notwendig. Umweltprüfungen, insbesondere die Strategische Umweltprüfung (SUP) und die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), sollten einen größeren Fokus auf diese gesundheitsrelevanten Faktoren legen. Damit deren Aufwand jedoch verhältnismäßig bleibt, sollte der Umfang der zu erhebenden Daten abhängig vom Vorhabentyp, der Bevölkerungsdichte oder besonderen Umständen des Einzelfalls sein. Die Daten könnten in Planungs- und Genehmigungsverfahren Berücksichtigung finden, in denen ein Beurteilungs-, Ermessens- oder Abwägungsspielraum besteht oder unbestimmte Rechtsbegriffe zur Anwendung kommen, die nicht durch Grenzwerte konkretisiert sind.

Idealerweise sollte eine Gesetzesfolgenabschätzung wissenschaftliches Handeln der Politik unterstützen und gesellschaftliche Akteure in die Lage versetzen, an der Erarbeitung von Gesetzen mitzuwirken. Dazu muss die Gesetzesfolgenabschätzung schon in der Erarbeitungsphase stattfinden sowie frühzeitig öffentlich dokumentiert und diskutiert werden. Die Bundesregierung sollte deshalb die Folgenabschätzung schon auf Referentenentwürfe anwenden. Mittelfristig sollte die Gesetzesfolgenabschätzung nach dem Vorbild des Impact-Assessment-Verfahrens der EU weiterentwickelt werden.

Nachhaltiges Chemikalienmanagement für das Ziel einer schadstofffreien Umwelt

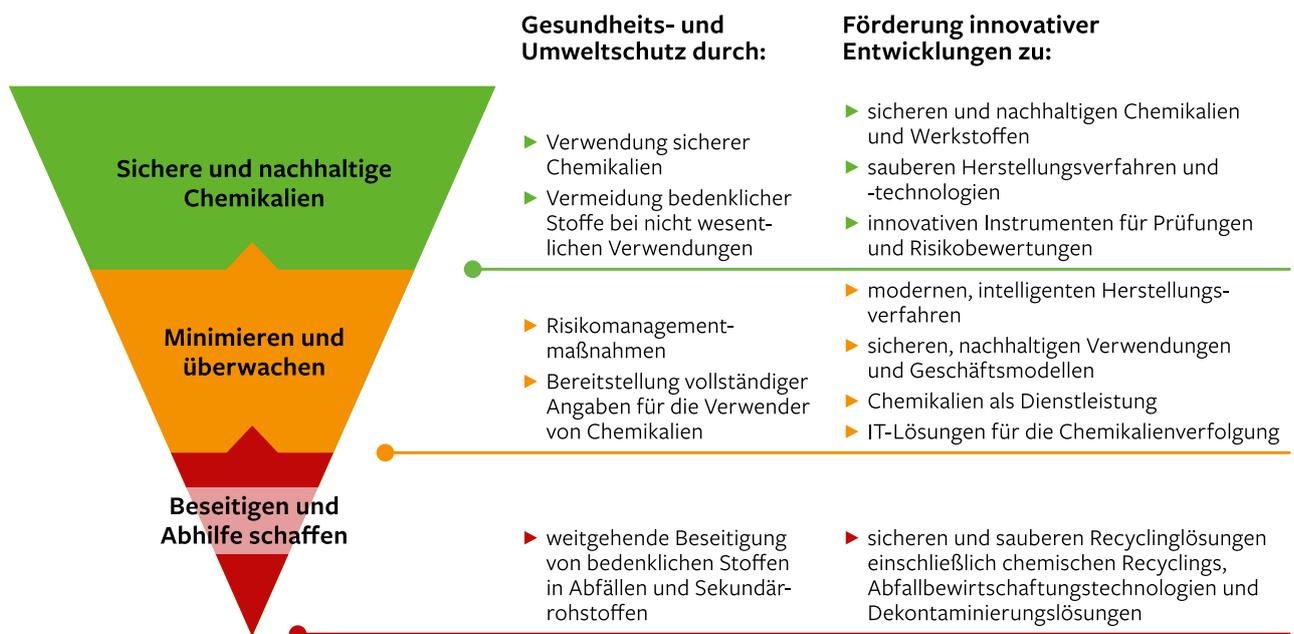
Die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden gehört neben dem Klimawandel und dem Biodiversitätsverlust zu den großen Umweltkrisen unserer Zeit. Die Europäische Kommission hat deshalb in ihrem Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ den Schutz vor Umweltverschmutzung gleichrangig neben den Schutz vor den Folgen des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts gestellt. Bei den schädlichen Stoffeinträgen spielen Chemikalien eine zentrale Rolle. Für Deutschland und Europa zeigen Umweltbeobachtungen und Umweltsurveys, dass Mensch und Umwelt durch verschiedene, sowohl alte als auch neue Chemikalien belastet sind. Gleichzeitig wachsen die Produktionskapazitäten von Chemikalien in Europa und vor allem weltweit unvermindert an. Für das Ziel einer schadstofffreien Umwelt müssen daher neue Wege hin zu einer nachhaltigen Chemie beschritten werden.

Konsequent auf inhärent sichere und nachhaltige Chemikalien setzen

Die Europäische Kommission hat dazu im Oktober 2020 in ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit eine neue Hierarchie der Schadstofffreiheit vorgeschlagen (Abb. 4). Diese setzt primär auf inhärent sichere und nachhaltige Chemikalien und verfolgt konsequent das Ziel, die Verwendung von gesundheits- und umweltgefährlichen Stoffen zu minimieren. Dieser Ansatz ist auch eine wichtige Grundlage für die Kreislaufwirtschaftspolitik der EU. Der SRU begrüßt diese Neuorientierung. Ein entsprechender Rahmen für die Entwicklung von inhärent sicheren und nachhaltigen Chemikalien ist gerade für Deutschland als ein Land mit einer starken chemischen Industrie wichtig. Das Beispiel der PFAS zeigt nachdrücklich, dass eine stärker vorsorgeorientierte Ausgestaltung der Chemikalienregulierung notwendig ist, um das Ziel einer schadstofffreien Umwelt zu erreichen.

o Abbildung 4

Die neue Hierarchie der Schadstofffreiheit beim Chemikalienmanagement



Chemikalienverordnung REACH zügig und ambitioniert überarbeiten

Die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit sieht unter anderem eine Überarbeitung der europäischen Chemikalienverordnung REACH vor und enthält hierzu eine Reihe von Vorschlägen. So empfiehlt sie für den Fall, dass Unternehmen die erforderlichen Registrierungs-dossiers nicht regelkonform abliefern, die Sanktionsmöglichkeiten zu verschärfen. Zudem wird empfohlen, den sogenannten generischen Ansatz auf weitere Stoffgruppen mit gesundheits- und umweltgefährlichen Eigenschaften auszuweiten. Das bedeutet, dass die Verfahren zur Verwendungsbeschränkung für diese Stoffe schneller und einfacher durchgeführt werden können. Für wesentliche Verwendungen, die für die Gesundheit, die Sicherheit oder das Funktionieren der Gesellschaft notwendig sind, soll es Ausnahmen geben. Außerdem sollen die Kriterien für die Gruppe der besonders besorgniserregenden Stoffe, die einer Zulassungspflicht unterworfen werden können, um weitere gefährliche Eigenschaften erweitert werden. Nicht zuletzt wird vorgeschlagen, bei der Bewertung von Chemikalien einen ergänzenden Bewertungsfaktor einzuführen, der die Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch das Auftreten von Chemikalienmischungen in der Umwelt stärker berücksichtigt.

Der SRU unterstützt diese Empfehlungen. Sie sind notwendig, um die großen Informationsdefizite bei der Registrierung von Chemikalien zu bewältigen und die vorsorgende und effiziente Bewertung von Chemikalien sowie die Abschätzung des Umwelt- und Gesundheitsrisikos durch Chemikalienmischungen zu verbessern. Die Bundesregierung sollte deshalb die in diesem Sinn geplante Überarbeitung von REACH im Rahmen des europäischen Gesetzgebungsverfahrens unterstützen und auf eine zügige Umsetzung drängen.

Städte als Knotenpunkte einer gesundheitsbezogenen Umweltpolitik

Rund zwei Drittel der Menschen in Deutschland leben in Städten, davon die Hälfte in Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohner:innen. Vor allem in großen Städten verdichten sich umweltbezogene Gesundheitsbelastungen wie Hitze, Lärm oder Luftschadstoffe. Außerdem fehlt es in zahlreichen Großstädten an

wohnortnahen gesundheitsfördernden Ressourcen wie Grünräumen oder Gewässern. Auch sind in Städten die Umweltbelastungen und Umweltressourcen häufig sozialräumlich ungleich verteilt. Dies kann unterschiedliche Gesundheitschancen begünstigen. Menschen, die in sozial benachteiligten Quartieren leben, weisen auch aus diesen Gründen eine durchschnittlich geringere Lebenserwartung auf. Zugleich sind Städte aber wegen ihrer hohen Bevölkerungsdichte und Wirtschaftskraft zentral für eine nachhaltige Entwicklung und bieten Chancen, gesundheitsfördernde und auf Umweltgerechtigkeit bedachte Lebenswelten zu schaffen. Um dies zu fördern, können Bund und Länder die Städte und Gemeinden mit entsprechenden Rahmenbedingungen unterstützen.

Gesundheitsbezogenen Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit in der städtischen Planung stärken

Kommunen mit über 100.000 Einwohner:innen und einer Bevölkerungsdichte von mehr als 1.000 Einwohner:innen pro Quadratkilometer sollten dazu verpflichtet und dabei unterstützt werden, ein räumlich differenziertes und integriertes, handlungsorientiertes Monitoring zu Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage aufzustellen. Zudem wäre es sinnvoll, dass Bund und Länder dem Öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD) langfristig ausreichend Ressourcen bereitstellen, damit Gesundheitsämter vor Ort eine aktivere Rolle bei den städtischen Planungsprozessen ausüben können. Dazu gehört auch, einen Fachplan Gesundheit zu erstellen, um aus gesundheitsbezogener Perspektive eigene Zielvorstellungen mit räumlichem Bezug einzubringen. Eine gesunde Umwelt wird nicht nur für die Stadtbewohner:innen entwickelt, sie muss auch mit ihnen geplant werden. Partizipation ist daher ein wesentliches Element der integrierten Stadtentwicklungsplanung. Dabei ist es wichtig, bei der formellen und informellen Öffentlichkeitsbeteiligung Interessen aller Bevölkerungsgruppen aktiv einzubeziehen. Weitere Empfehlungen des SRU beziehen sich unter anderem darauf, den Aspekt Umweltgerechtigkeit in der Bauleitplanung, im „Besonderen Städtebaurecht“, in den Instrumenten des planerischen Umweltschutzes und bei Umweltprüfungen stärker zu verankern. Außerdem empfiehlt der SRU eine Verbesserung der Organisation und Kooperation auf Bundes- und Länderebene zum Thema „Umwelt und Gesundheit unter Berücksichtigung sozialer Belange“.

Städtische Grünräume erhalten und ausbauen

Grünräume bilden – als grüne Infrastruktur – eine wichtige Ergänzung der baulichen Infrastruktur einer Stadt. Sie sind für die Gesundheit und Lebensqualität der Einwohner:innen von großer Bedeutung. Es ist deshalb notwendig, dass Grünräume erhalten und weiter ausgebaut werden. Dieses Erfordernis trifft jedoch auf einen steigenden Bedarf nach Wohnraum. Erfolgt der Wohnungsneubau durch Nachverdichtung, so geht er vielfach zulasten der städtischen Grünräume. Werden die neuen Wohnungen jedoch am Stadtrand errichtet, dehnt sich der urbane Raum weiter aus und beeinträchtigt dadurch außerstädtische Ökosysteme und Bodenfunktionen. Gemäß dem Konzept der sogenannten doppelten Innenentwicklung sollten deshalb Flächenreserven im Siedlungsbestand einerseits baulich, andererseits als Grün- und Freifläche entwickelt werden. Das bedeutet, dass innerstädtische Flächenpotenziale wie Baulücken, Brachflächen oder Möglichkeiten im Bestand etwa für die Schaffung von Wohnraum genutzt werden können. Zugleich sind Grünräume beispielsweise als Parks oder begrünte Plätze zu erhalten, qualitativ (multifunktional) aufzuwerten und möglichst miteinander zu vernetzen.

Um die Kommunen beim Erhalt und Ausbau von Grünräumen zu unterstützen, sollte der Bund das Städtebaurecht weiterentwickeln. Der SRU empfiehlt, gemeinsam mit den Ländern und Kommunen und auf wissenschaftlicher Grundlage eine „Grünraumverordnung“ zu erarbeiten. Eine solche Verordnung könnte Orientierungswerte für Grünräume enthalten, etwa hinsichtlich Qualität oder Erreichbarkeit. Sie würde unbestimmte Rechtsbegriffe konkretisieren, die Grünraumentwicklung in der städteplanerischen Abwägung vor Ort stärken und ein Mindestmaß an grüner Infrastruktur auch in sozial benachteiligten Stadtteilen garantieren. Außerdem sollte der Bund das Planungsrecht anpassen. Das Instrument des Bebauungsplans eignet sich nicht nur zur Entwicklung der baulichen, sondern auch der grünen Infrastruktur einer Stadt. Aufgrund seines fachübergreifenden und zugleich verbindlichen Charakters ist es dazu prädestiniert, vorhandene Grünräume möglichst zu erhalten und eine Trendumkehr zum weiteren Ausbau der grünen Infrastruktur einzuleiten. Bebauungspläne können dabei durch stadtübergreifende Grünraumkonzepte in Flächennutzungsplänen vorbereitet werden. Der Vorteil der Bebauungsplanung liegt auch darin, dass sie Beiträge aus den bestehenden Fachplanungen mit aufnehmen kann, wie etwa der örtlichen

Landschaftsplanung, der Planung des Regenwasser-managements, der Luftreinhalteplanung oder der in Zukunft vorgesehenen Klimaanpassungsplanung. Deshalb sollte der Bundesgesetzgeber es den Gemeinden erleichtern, Bebauungspläne aufzustellen, die der Grünraumentwicklung dienen. In innerstädtischen Bereichen, für die kein Bebauungsplan vorliegt, sollten Grün- und Freiflächen nur dann bebaut werden dürfen, wenn weiterhin eine ausreichende Versorgung des Gebietes mit Grünräumen gesichert bleibt. Der SRU empfiehlt der Bundesregierung deshalb, § 34 Abs. 1 Baugesetzbuch (BauGB) an die Herausforderungen der Grünraumentwicklung anzupassen und mithilfe der Orientierungswerte der genannten Grünraumverordnung zu konkretisieren.

Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz und Klimaanpassung einführen

Der SRU begrüßt, dass der Bund die Kommunen bei der großen Herausforderung der Klimaanpassung finanziell unterstützt. Allerdings sollte bei den Förderprogrammen darauf geachtet werden, dass auch Mittel für Personal zur Verfügung gestellt werden. Zudem sind in Bezug auf die Grünraumversorgung und die urbanen Gewässer nicht nur Mittel für die Schaffung, sondern auch für den Erhalt und die Pflege erforderlich. Vorzugswürdig ist daher eine verstetigte Förderung, die die Planungssicherheit für die Kommunen verbessert. Sinnvoll wäre es, hierfür eine neue Gemeinschaftsaufgabe „Klimaschutz und Klimaanpassung“ zu schaffen. Dafür spricht auch, dass gerade bei der Klimaanpassung Bedarf an einer verstärkten inhaltlichen und prozeduralen Kooperation von Bund, Ländern und Kommunen besteht.

Den Lebensweltenansatz durch das Präventionsgesetz stärken

Das Präventionsgesetz ist ein wichtiger Ansatz, um die Prävention und die Gesundheitsförderung zu stärken. Dabei werden die Lebenswelten in den Mittelpunkt gestellt, das heißt insbesondere die sozialen Räume, in denen die Menschen wohnen, lernen und arbeiten. Das Gesetz legt die Grundlage für die Erarbeitung einer umfassenden Präventionsstrategie. Bei der Weiterentwicklung der Strategie sollte das Potenzial der Verhältnisprävention, die dazu dient, gesunde Lebens- und Arbeitsverhältnisse zu schaffen, besser genutzt werden. Deutlicher als bisher müssen alle Verantwortlichen

einbezogen und zum gemeinsamen Handeln verpflichtet werden. Beispielsweise sollten Akteure aus den Bereichen Umwelt, Gesundheit, Soziales und Stadtplanung bei der Fortentwicklung der Präventionsstrategie stärker eingebunden werden.

Gesundheitsbezogener Umweltschutz als politische Querschnittsaufgabe

Der gesundheitsbezogene Umweltschutz bedarf integrativer Ansätze, die unterschiedliche Politikfelder sowie Ressortgrenzen überbrücken können. Hierfür müssen zunächst die Herausforderungen und die Erfolgsbedingungen für Politikintegration berücksichtigt werden.

Koordination und Integration ausbauen

Erfahrungen des HiAP-Ansatzes und der Umweltpolitikintegration deuten auf mehrere Integrationshemmnisse in der Praxis hin. Die starke institutionelle Ausdifferenzierung über unterschiedliche Politikebenen und -felder hinweg erschwert Politikintegration, denn die fachliche Verantwortlichkeit und das Eigeninteresse jeder einzelnen Institution führen zu Silodenken und bürokratischer Konkurrenz. Zudem ist es grundsätzlich schwierig, vielschichtige Problemzusammenhänge adäquat institutionell abzubilden und zu bearbeiten. Hierfür bedarf es einer breiten Bewusstseinsbildung für gesundheitsbezogene Umweltrisiken gerade auch in den Ministerien und Behörden, die die risikoverursachenden Sektoren regulieren.

Der integrative gesundheitsbezogene Umweltschutz basiert auf drei Erfolgsbedingungen: Erstens fördert ein klares Commitment durch politische Entscheidungsträger integrative Ansätze auf allen Politikebenen. Zweitens können angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten den gesundheitsbezogenen Umweltschutz stärken. So sollte etwa die Kontrolle von Umweltauflagen nicht ausschließlich bei Behörden des verursachenden Sektors liegen, sondern auch bei Umweltbehörden. Drittens unterstützt politischer Druck aus der Zivilgesellschaft die Politikintegration. Der SRU empfiehlt daher, die umweltrechtlichen Verbandsklagerechte auch auf Verbände auszuweiten, die sich für den Schutz der öffentlichen Gesundheit einsetzen.

Das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit stärken

Das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG) könnte als zentrales Instrument fungieren, um den gesundheitsbezogenen Umweltschutz auf Bundesebene zu koordinieren. Hierzu sollte es deutlich gestärkt werden. Bislang stehen den am APUG beteiligten Institutionen keine eigens dafür ausgewiesenen Ressourcen zur Verfügung. Der SRU empfiehlt ein klares politisches Commitment zum APUG, welches sich auch in finanziellen und personellen Ressourcen niederschlagen muss. Zudem sollte das im Rahmen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie neu geschaffene, ressortübergreifende Transformationsteam „Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten; soziale Gerechtigkeit“ zur Integration der Themenfelder Umwelt und Gesundheit beitragen. Schließlich können die Kommunikationsaktivitäten des APUG einen wichtigen Beitrag leisten, um das öffentliche Wissen über die elementaren Zusammenhänge von Umwelt und Gesundheit zu verbessern. Der SRU rät daher, die bestehenden Informationsangebote sowie die Öffentlichkeitsarbeit des APUG gerade im digitalen Bereich auszubauen.

Fazit

Umweltschutz dient schon seit jeher auch der Gesundheit der Menschen. Angesichts aktueller Krisen wird die Abhängigkeit der Menschen von einer intakten Umwelt immer deutlicher. Dabei geht es nicht nur darum, Verschmutzungen der Umwelt zu verhindern, die auch den Menschen gefährden können. Vielmehr muss der Wert der Natur für unser Wohlbefinden und unsere Gesundheit stärker in den Blick genommen werden. Es braucht ein neues Denken in Politik und Gesellschaft, das anerkennt, wie stark die Gesundheit von Mensch und Umwelt miteinander verbunden sind. Nur wenn politisches Handeln in allen relevanten Ressorts und Ebenen diesen Zusammenhang stärker berücksichtigt, wird es gelingen, eine Umwelt zu gestalten, die Gesundheit und Wohlergehen für alle ermöglicht. Dafür muss auch die soziale Dimension des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes gestärkt werden.



Einleitung: Eine intakte Umwelt schützt und fördert die Gesundheit

Eine intakte Umwelt ist eine zentrale Voraussetzung für Gesundheit und Wohlergehen der Menschen. Umweltschutz dient ganz wesentlich dazu, Krankheiten vorzubeugen und die Gesundheit zu fördern. Trotz großer Fortschritte sind in Deutschland weiterhin viele Menschen von umweltbezogenen Krankheiten betroffen. Umweltkrisen wie der Klimawandel und der Biodiversitätsverlust, aber auch die Einträge schädlicher Stoffe verschärfen die umweltbezogenen Gesundheitsprobleme weiter. Zudem sind viele gesundheitsrelevante Umweltbelastungen ungleich verteilt. Wer in welchem Maß von umweltbezogenen Krankheiten betroffen ist, hängt auch von sozialen Faktoren ab, denn Menschen in sozial schwächeren Lebensverhältnissen erkranken häufiger. Damit alle Menschen gut und gesund leben können, braucht es eine gesundheitsfördernde Gesamtpolitik.

1. Politik und Gesellschaft unterschätzen noch immer, wie wichtig eine intakte Umwelt für die Gesundheit und Lebensqualität der Bevölkerung ist. Bereits vor knapp 25 Jahren hat sich der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) vertieft mit den Zusammenhängen von Umwelt und Gesundheit auseinandergesetzt (SRU 1999) und darauf aufmerksam gemacht, dass die Bedeutung von Umweltproblemen für die Gesundheit nicht ausreichend beachtet wird. Als vernachlässigte und besonders relevante gesundheitsgefährdende Umweltfaktoren identifizierte er Allergene, Lärm und Ultraviolett-(UV-)Strahlung. Zudem stellte er Ansätze eines integrierten Risikokonzepts vor. Seitdem hat sich

einiges verbessert, das Grundproblem besteht allerdings fort: Integrierte Ansätze des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes haben in der Politik noch keine ausreichende Priorität. Gegenüber anderen Interessen hat die Politik ökologische und gesundheitliche Belange in den letzten Jahrzehnten allzu oft vernachlässigt und so Chancen zur sozioökologischen Gestaltung einer nachhaltigen Gesellschaft vergeben.

2. Zwar konnten in unterschiedlichen Bereichen des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes einige Erfolge erzielt werden. Beispielsweise haben sich die Trinkwasser- und Badegewässerqualität verbessert, viele schädliche Stoffe sind reguliert und die Menge einiger klassischer Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid (SO₂) wurde reduziert. Dennoch resultieren auch in Deutschland weiterhin erhebliche Krankheitslasten und zurechenbare Todesfälle insbesondere aus Feinstaub- und Stickstoffoxid-(NO_x-)Emissionen (ORTIZ et al. 2021; TOBOLLIK et al. 2019; 2018b), Lärm (SRU 2020, Kap. 5; CLAßEN 2013) sowie Hitze (WINKLMAYR et al. 2022; s. Abb. 1-1). Dies ist auch das Ergebnis von nicht eingehaltenen oder für den Gesundheitsschutz unzureichenden Grenzwerten. So ist beispielsweise für Luftschadstoffe wie Feinstaub wissenschaftlich belegt, dass sie die menschliche Gesundheit auch unterhalb der derzeit geltenden EU-Grenzwerte massiv belasten (Kap. 3.1). Etwa 15 % der Todesfälle in Europa sind auf umweltbedingte Risikofaktoren zurückzuführen. Zudem schätzt die Europäische Kommission, dass die Luftverschmutzung durch ihre Auswirkungen auf die Gesundheit europaweit jährlich externe Kosten in Höhe von

o Abbildung 1-1

Ausgewählte Auswirkungen der Umwelt auf die menschliche Gesundheit



SRU, eigene Darstellung

330 bis 940 Mrd. Euro verursacht (Europäische Kommission 2013). Dazu zählen ökonomische Schäden durch verlorene Arbeitstage, Gesundheitskosten und Ernteverluste.

3. Die jüngsten Hitzewellen, Dürreperioden und Starkregenereignisse, aber auch die COVID-19-Pandemie sind erneute Weckrufe, die Gesundheitsdimensionen des Umwelt-, Natur- und Klimaschutzes sowie die hohe Gesundheitsrelevanz der Klimaanpassung deutlich ernster als bisher zu nehmen. Theoretische Konzepte wie Planetary Health, One Health oder Eco-Health betonen die enge Verbindung zwischen menschlicher Gesundheit und dem Zustand von Ökosystemen. Sie verweisen darauf, dass die für eine Transformation zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Gesellschaft notwendigen Veränderungen auch die menschliche Gesundheit ins Zentrum stellen sollten (vgl. WBGU 2023). Bisherige Strategien und Ziele für nachhaltige Entwicklung beziehen sich bereits prominent auf Gesundheit und Lebensqualität. Allerdings werden die Strategien nur in Ansätzen umgesetzt (vgl. z. B. SRU 2019a) und gerade Synergien zwischen Umwelt und Gesundheit werden häufig nicht genutzt. Konkret fehlt

es in Deutschland beispielsweise in vielen Fällen an ambitionierten gesundheitsrelevanten Umweltregulierungen. Zudem ist der Vollzug bestehender Regulierungen oft unzureichend. Dabei sind Probleme häufig schon lange bekannt und vielfach Lösungen verfügbar.

4. Die multiplen Umweltkrisen – Klimawandel, Biodiversitätsverlust und Einträge schädlicher Stoffe – führen zu grundlegend neuen systemischen Anforderungen und machen tiefgreifende gesellschaftliche Veränderungen erforderlich. Die Folgen des Klimawandels sind in Deutschland bereits heute stark spürbar und wirken sich negativ auf die physische und psychische Gesundheit aus (BANWELL et al. 2018; WATTS et al. 2015, S. 4; McCALL et al. 2019). Zudem steigt die Zahl der Infektionskrankheiten, neue Krankheitserreger und -überträger treten auf, die UV-Strahlungsbelastung nimmt zu und Luftverschmutzung und Pollenbelastung erhöhen sich deutlich (KAHLENBORN et al. 2021; EIS et al. 2010). Neben einer Zunahme von hitzebedingten Todesfällen (WINKLMAYR et al. 2022) sind schon jetzt vielfältige gesundheitliche Folgen zu beobachten, die noch weiter zunehmen werden (WATTS et al. 2019; s. Kap. 3.4). Um Hitzestress zu mindern und damit die

menschliche Gesundheit zu schützen, müssen Städte und deren Umland gesundheitsförderlich entwickelt werden. Hierfür ist eine nachhaltige klimaresiliente Stadt- und Regionalentwicklung wichtig, die mit den Maßnahmen der Mobilitätswende (Kap. 3.1) verschränkt sein sollte.

5. Darüber hinaus sind die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft durch zahlreiche schädliche Stoffe belastet (Kap. 6). Als besonders problematisch haben sich Chemikalien erwiesen, die Lebewesen schädigen können, schwer abbaubar sind oder sich in Organismen anreichern. Die Europäische Union (EU) hat sich das Ziel gesetzt, dieser besorgniserregenden Entwicklung Einhalt zu gebieten. Sie will die Verschmutzung der Umweltmedien auf ein Niveau senken, das nicht mehr schädlich für die menschliche Gesundheit und die natürlichen Ökosysteme ist, und eine schadstofffreie Umwelt schaffen (Europäische Kommission 2021f). Dafür hat sie den Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ (Zero Pollution Action Plan – ZPAP) und die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit (Chemicals Strategy for Sustainability) verabschiedet. Von diesen Initiativen gehen wichtige konzeptionelle Impulse aus. Ihre Ziele können sie allerdings nur erreichen, wenn sie viel stärker als bisher mit der Transformation der Verkehrs-, Energie-, Agrar- und Ernährungspolitik verzahnt werden.

6. Nicht zuletzt gehen mit dem Rückgang der Biodiversität und dem damit verbundenen Verlust von Ökosystemleistungen auch wichtige Ressourcen verloren, von denen die menschliche Gesundheit abhängig ist (Kap. 4). Natur bietet einerseits Erholung, zum Beispiel in Wäldern (KOTERA et al. 2022; WEN et al. 2019) und anderen Landschaften. Sie ist andererseits auch essenziell für die Anpassung an den Klimawandel, etwa durch Grünräume und Gewässer in Städten (ZHANG et al. 2020; SUGIYAMA et al. 2018; WHO 2016; s. Kap. 7.2). Zukünftig wird es notwendig sein, insbesondere in den Städten mehr Platz für Natur und ihre vielfältigen Leistungen bereitzustellen, um die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern (IPCC 2018). Auch Veränderungen in der Land- und Forstwirtschaft können der Gesundheit zugutekommen. Werden Schadstoffeinträge reduziert oder regulierende Prozesse in den Ökosystemen gestärkt, die zum Beispiel Luft, Wasser und Boden filtern oder das (lokale) Klima beeinflussen, profitieren Mensch und Natur. Es gibt zahlreiche Synergien zwischen Naturschutz, Gesundheitsförderung, Klimaschutz und Klimaanpassung (CLAßEN 2008; McCALL et al. 2019). Das Bewusstsein für Gesundheitsgewinne, die

durch die Natur erreicht werden können, wächst seit einigen Jahren (z. B. VÖLKER et al. 2013; CLAßEN und BUNZ 2018; GASCON et al. 2016; van den BOSCH und ODE SANG 2017). Trotzdem ist dieses Wissen noch nicht ausreichend im Handeln von Politik, Verwaltung und Gesellschaft abgebildet.

7. Allerdings sind nicht alle Menschen gleichermaßen von umweltbedingten Erkrankungen betroffen (Kap. 2.2). Der Zusammenhang zwischen Umweltqualität, sozialer Lage und Gesundheit ist schon lange bekannt (MOSSE und TUGENDREICH 1912). Bereits in den 1970er- und 1980er-Jahren zeigten Studien, dass Umweltbelastungen und schädliche gesundheitliche Folgewirkungen Bevölkerungsgruppen mit niedrigem sozioökonomischen Status besonders stark belasten (JARRE 1975; MIELCK 1985; JARRE 1976). Die soziale Lage als ein wesentlicher Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Umweltbelastungen hat in Deutschland allerdings vergleichsweise spät Aufmerksamkeit erlangt. Bis heute sind sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen vielfach in höherem Maße Umweltbelastungen ausgesetzt als andere Teile der Bevölkerung. Zudem haben sie häufig einen schlechteren Zugang zu gesundheitsförderlichen Grünräumen.

8. Maßnahmen, die die Gesundheit fördern, zielen oftmals direkt auf das Verhalten ab. Das individuelle Verhalten findet innerhalb der Rahmenbedingungen und Lebenswelten der Menschen statt. Diese sind ebenso zentral für die Gesundheit wie das Verhalten selbst (LINDER et al. 2022; vgl. SRU 2023). Künftig geht es darum, Maßnahmen, die das Verhalten und die Verhältnisse ändern wollen, besser zu kombinieren. Beispielsweise fördern Stadtquartiere mit fußgängerfreundlichen Strukturen die Bewegung und tragen so zu einer Verbesserung der individuellen Gesundheit, aber auch der Gesundheit der Bevölkerung insgesamt bei. Maßnahmen der Verhältnisprävention umfassen insbesondere Anpassungen der Rahmenbedingungen (z. B. Ausbau von Fahrradwegen, gesundes Kantinenessen, Schaffen von Grünräumen oder Erhöhung der Tabaksteuer).

9. Damit Gesundheit nachhaltig und sozial gerecht gefördert wird, braucht es eine Gesamtpolitik mit dem Ziel, die Lebensverhältnisse aller Menschen gesünder zu gestalten („Health for All“, WHO – Regional Office for Europe 1998). Das World-Health-Organization- (WHO-)Prinzip von „Gesundheit in allen Politikfeldern“ (Health in All Policies – HiAP) erfordert eine konsequente Zusammenarbeit unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen und Sektoren. Hier bietet der

Green Deal der Europäischen Kommission eine große Chance, die Gesundheit aller Bevölkerungsgruppen zu fördern (HAINES und SCHEELBEEK 2020). Sowohl der Zustand der Umwelt als auch die menschliche Gesundheit werden maßgeblich durch andere Sektoren beeinflusst (ZEEB 2018). So sind beispielsweise zu hohe Nitratwerte im Grundwasser vor allem auf die Landwirtschaft zurückzuführen (BMU und BMEL 2020). Lärmbelastungen entstehen insbesondere durch den Verkehr (UBA 2019a). Entsprechend tragen vor allem die jeweiligen Verursacher große Verantwortung – nicht nur für das Ausmaß der Umweltbelastungen und damit für die Gesundheit der Bevölkerung, sondern auch für die Lebensqualität. Dass es nur unzureichend gelingt, umweltbedingte Krankheitslasten zu vermeiden und die Umwelt- und Lebensverhältnisse für viele Menschen in bestimmten Lebenswelten zu verbessern, betrifft darüber hinaus auch die Raum- und Stadtentwicklung sowie die Bildungs- und Sozialpolitik.

10. Es zeigt sich, dass Gesundheit zu erhalten nicht nur eine individuelle, sondern auch eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist. Der allgemeine Zugang zu einer intakten Umwelt und ihren gesundheitsfördernden Ökosystemleistungen ist ein Gebot der Gerechtigkeit. Um eine Umwelt zu erhalten oder zu schaffen, in der alle gut und gesund leben können, ist die Gesundheitsdimension des Umweltschutzes viel stärker als bislang in die relevanten Entscheidungen zu integrieren. Auch sollten gesundheitsbelastende Umwelteinflüsse minimiert und gesundheitsfördernde Lebensverhältnisse gestärkt werden. Der SRU macht in diesem Sondergutachten Vorschläge, wie dies gelingen kann. Dafür schlägt er ein Leitbild Ökosalute Politik vor, das der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik Orientierung geben will. Dazu knüpft es an bestehende Konzepte zum Verhältnis von Umwelt, Gesundheit und Gesellschaft an, wie etwa One Health, EcoHealth und Planetary Health.

2

Wie hängen Umwelt und Gesundheit zusammen?

Für den Schutz und den Erhalt der Gesundheit müssen Gesundheitsrisiken vermieden bzw. minimiert und gleichzeitig gesundheitsfördernde Faktoren gestärkt werden. Der Zustand der Umwelt spielt dabei eine wichtige Rolle. So beeinträchtigen zum Beispiel Schadstoffbelastungen der Luft und Lärmimmissionen die Lebensqualität vieler Menschen und können unter anderem zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Die Umwelt bietet aber auch wichtige Ressourcen, die es den Menschen ermöglichen, selbstbestimmt ihre Gesundheit und ihr Wohlbefinden zu stärken. Dies ist in den Städten besonders wichtig. Die Auswirkungen von Umweltschäden auf die Gesundheit verursachen zudem hohe Kosten. Demgegenüber bringen Umweltschutzmaßnahmen erhebliche ökonomische Gesundheitsgewinne mit sich. Bei alledem muss berücksichtigt werden, dass die Empfindlichkeit für negative Umwelteinflüsse, die Belastungen und die Umweltressourcen in der Gesellschaft ungleich verteilt sind.

11. Die menschliche Gesundheit wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Dazu gehört zum Beispiel die Art und Weise, wie wir uns ernähren, bewegen oder arbeiten, und nicht zuletzt auch das Umfeld, in dem wir leben. Eine intakte Umwelt ist ein wichtiger Faktor für ein gesundes Leben (Kap. 2.1). Der Zustand von Boden,

Wasser und Luft beeinflusst maßgeblich das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Menschen.

12. Der Gesundheitsschutz beschäftigt sich damit, wie Krankheitsgefahren (drohende Schädigung der Gesundheit) abgewendet und Risiken verhindert bzw. reduziert werden können (KUHN und BÖHM 2020). Die Gesundheitsförderung knüpft daran an und will die Selbstbestimmung der Menschen über ihre Gesundheit verbessern, damit sie ihre Gesundheit stärken können (KABA-SCHÖNSTEIN 2018). Der umweltbezogene Gesundheitsschutz greift beides in Bezug auf die Umwelt auf.

13. Nicht jeder Mensch ist in gleichem Maße von negativen oder positiven Umwelteinflüssen betroffen, da diese nicht gleichmäßig verteilt sind (Kap. 2.2). Möglich ist es auch, dass mehrere Einflüsse gleichzeitig wirken und sich dabei gegenseitig verstärken. Zudem sind nicht alle Personen oder Gruppen gleich anfällig (vulnerabel) für schädliche Umwelteinflüsse oder im gleichen Maße in der Lage, diese zu bewältigen (resilient).

14. Die Auswirkungen der Umwelt auf den Menschen zu erfassen, ist anspruchsvoll (Kap. 2.3). Dafür wurden wichtige Instrumente entwickelt, die mit einer Reihe von Besonderheiten verbunden sind.

2.1 Gesundheit unter Umwelteinfluss und umweltbezogener Gesundheitsschutz

15. Dem Verständnis der WHO zufolge ist Gesundheit der „Zustand eines umfassenden körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur des Freiseins von Krankheit und Gebrechen“ (WHO o. J., eigene Übersetzung). Damit legt die WHO den Fokus nicht nur auf die Entstehung (Pathogenese) und den Verlauf von Krankheiten, sondern orientiert sich auch an der Erhaltung und der Stärkung von Gesundheit (Salutogenese, abgeleitet von lateinischem Wort „salus“ (dt. „Gesundheit“, „Wohlbefinden“) und dem altgriechischen Wort „genesis“ (dt. „Geburt“, „Entstehung“)) (ANTONOVSKY 1997). Dabei ist der individuelle Gesundheitszustand nicht nur dichotom, sprich krank oder gesund, sondern ein dynamischer Prozess. Eine Person ist gesund, wenn sie „sich psychisch und sozial in Einklang mit den Möglichkeiten und Zielvorstellungen und den jeweils gegebenen äußeren Lebensbedingungen befindet“ (HURRELMANN und RICHTER 2013). Die WHO folgt somit einem sehr breiten Verständnis von Gesundheit. Im Folgenden stehen die durch die Umwelt vermittelten Einflüsse auf die Gesundheit der Menschen im Vordergrund.

16. Auch wenn in den letzten drei Jahren die COVID-19-Pandemie die öffentliche Gesundheitsdiskussion dominierte, sind die größten Krankheitslasten in Deutschland auf nicht übertragbare Erkrankungen (Noncommunicable Diseases – NCDs) zurückzuführen (WHO 2021a; bvpg 2021; WBGU 2023). Nicht übertragbare Erkrankungen machen etwa 89 % der Krankheiten und Ursachen für Sterbefälle aus (IHME 2023a). Dabei handelt es sich unter anderem um Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, Krebs und Diabetes mellitus Typ 2. Was das Krankheitsgeschehen betrifft, dominieren bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland Adipositas sowie Erkrankungen aufgrund von Allergien wie Heuschnupfen (GKV-Spitzenverband et al. 2019; THAMM et al. 2018). Diese vielfach chronischen Krankheitsbilder werden durch spezifische genetische, physiologische, aber auch umwelt- und verhaltensbedingte Risikofaktoren bestimmt.

17. Umweltbedingungen können allerdings auch Einfluss auf Infektionskrankheiten haben. Das zeigt sich beispielsweise darin, dass Luftverschmutzung das

Auftreten von Infektionskrankheiten der Atemwege begünstigen kann (Tz. 95). Ein anderes Beispiel ist der übermäßige Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung, der die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen fördert und so die Behandlung von Infektionserkrankungen erschwert (Kap. 3.2).

18. Besonders wichtige Faktoren, die Einfluss auf das Krankheitsgeschehen haben, stehen mit dem Lebensstil im Zusammenhang und sind somit vom Menschen beeinflussbar. Große Aufmerksamkeit erfahren dabei die negativen Folgen einer ungesunden Ernährung und mangelnder körperlicher Aktivität für das menschliche Wohlbefinden (GKV-Spitzenverband et al. 2019). Neben den biologischen und lebensstilbezogenen Faktoren gibt es auch solche, die die Alltagsbedingungen betreffen, innerhalb derer Menschen geboren werden, aufwachsen, lernen, arbeiten und alt werden (WHO – Commission on Social Determinants of Health 2008; Kasten 2-1).

Der Einfluss der Umwelt auf die Gesundheit

19. Die Umwelt ist eine der zentralen Determinanten von Gesundheit. Umwelt kann verstanden werden als die „gesamte belebte und unbelebte Umgebung einschließlich der sozialen Umwelt“ (PÖSL et al. 2020). Bei diesem sehr breiten Verständnis wird zwischen natürlicher Umwelt und einer soziokulturell technischen Umwelt differenziert. In diesem Gutachten steht die natürliche Umwelt im Vordergrund, mit allen Sphären der Erde – Lithosphäre (Gesteinshülle der Erde), Atmosphäre (Lufthülle der Erde), Hydrosphäre (Wasservorräte), Pedosphäre (Boden) und Biosphäre (Lebensraum von Pflanzen und Tieren) (ZAMG o. J.). Die Biodiversität in all ihren Daseinsformen – das heißt die Vielfalt an Ökosystemen, Arten und Genen – ist diesem Verständnis nach also nur ein Teil der natürlichen Umwelt. Dieser lebende Teil der natürlichen Umwelt wird in diesem Gutachten auch als „Natur“ bezeichnet, wobei dieser Begriff hier auch einzelne Naturelemente wie Individuen einer bestimmten Tier- oder Pflanzenart sowie vom Menschen stark beeinflusste Ökosysteme umfasst (Kap. 4). Neben der natürlichen ist auch die bebaute Umwelt von hoher Relevanz für die Gesundheit, da sie große Bedeutung für das Wohlbefinden der Menschen hat und die natürliche Umwelt stark beeinflusst.

20. Bei den Umweltfaktoren, die die Gesundheit determinieren, kann zwischen lokalen Umweltveränderungen und planetaren Umweltprozessen unterschieden werden. Letztere beeinflussen indirekt über lokale Umweltveränderungen die Gesundheit (Kasten 2-1). Vereinfacht dargestellt tragen diese dynamischen Wechsel-

Kasten 2-1 Gesundheit im Wechselspiel lokaler und planetarer Umweltprozesse

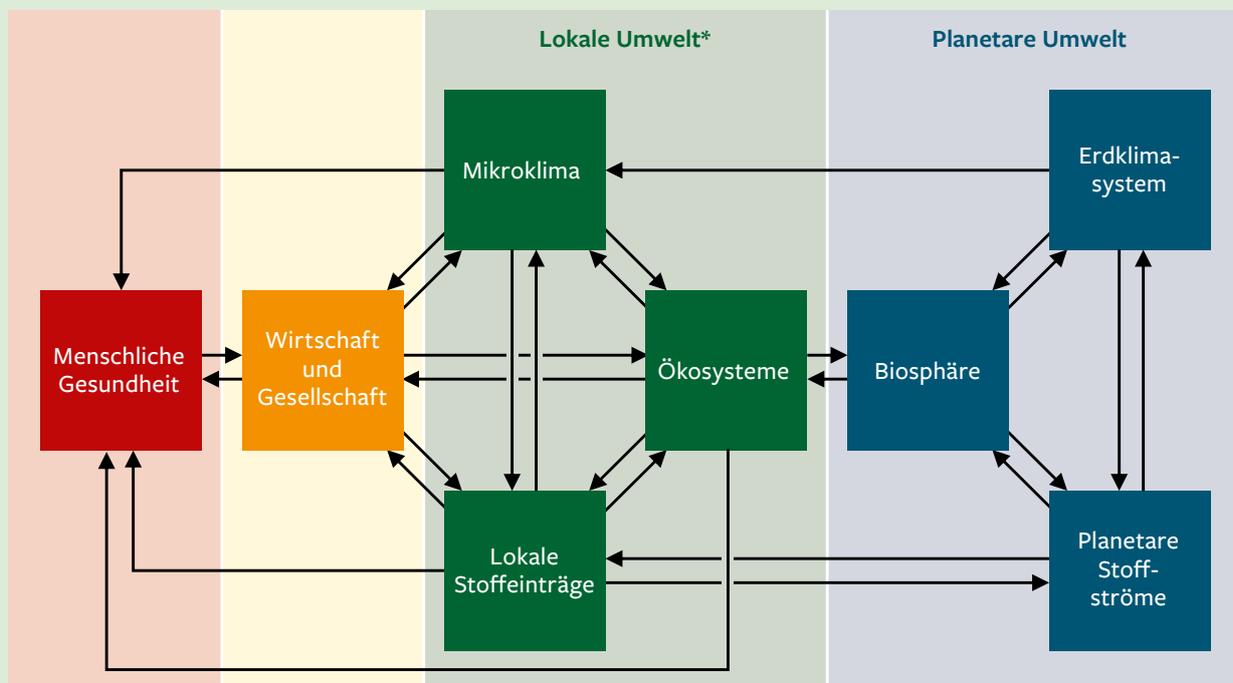
Gesundheitsrisiken und gesundheitliche Chancen ergeben sich aus dem dynamischen Wechselspiel lokaler und planetarer Umweltprozesse (Abb. 2-1). Mit lokalen Umweltprozessen sind solche gemeint, die sich in einem abgrenzbaren kleinräumigen Gebiet der Erdoberfläche abspielen. Planetar sind Umweltprozesse hingegen, wenn sie sich über einen nicht abgrenzbaren Teil der Erdoberfläche erstrecken. In der Realität gibt es noch viel mehr Ebenen, auf denen Umweltprozesse ablaufen. Diese reichen von der Perspektive auf Atome und Moleküle bis hin zur Perspektive auf den gesamten Planeten und seine Prozesse. Auch wenn die Unterscheidung in lokale und planetare Ebene vor diesem Hintergrund eine vereinfachte Darstellung der Realität ist, bietet sie aus analytischer Sicht einen geeigneten Zugang zur Komplexitäts-

reduktion (DIAMOND et al. 2015). Ferner lässt sich Umwelt auch anhand ihrer Dimensionen differenzieren. Die Umweltdimensionen mit den größten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind das Klima (Klimakrise), die Biosphäre bzw. die Ökosysteme (Biodiversitätskrise) und die Stoffströme bzw. die stofflichen Einträge in Boden, Wasser und Luft (Verschmutzungskrise).

Aus dem Zusammenspiel aller lokalen Umweltveränderungen weltweit ergeben sich die planetaren Umweltveränderungen. Auch zwischen diesen planetaren Umweltveränderungen bestehen Wechselwirkungen, die Eigendynamiken entwickeln können und auf die lokale Umwelt zurückwirken. Allerdings befindet sich der Mensch nur mit seiner lokalen Umwelt in einem unmittelbaren Austausch. Nicht die planetare Umwelt, sondern nur deren lokale Bestandteile wirken auf die menschliche Gesundheit ein. Daraus folgt zweierlei: Erstens hat die planetare Umwelt keine unmittelbaren

o **Abbildung 2-1**

Die Gesundheitswirkungen der lokalen und planetaren Umwelt



* Weitere durch den Menschen beeinflusste Gesundheitsfaktoren lokaler Umwelt sind Lärm und Strahlung. Da diese ausschließlich lokal wirken und sich nicht auf globaler Umweltebene kumulieren, sind sie aus Gründen der Komplexitätsreduktion nicht im Schema enthalten.

Gesundheitswirkungen. Nicht die Erhitzung des planetaren, sondern des lokalen Klimas macht dem menschlichen Körper zu schaffen, nicht der Zusammenbruch der planetaren Biosphäre, sondern der lokalen Ökosysteme führt zum Verlust der Ökosystemleistungen. Zweitens kann der Mensch nicht unmittelbar auf die planetare Umweltebene einwirken, sondern nur indirekt über eine Veränderung seiner eigenen lokalen Umwelt. Menschliche Eingriffe erfolgen an einem bestimmten Ort, also auf lokaler Ebene.

Die Gesamtheit lokaler Umwelteingriffe aggregiert sich auf planetarer Ebene (STEFFEN et al. 2015; WILBANKS und KATES 1999). Rückkopplungen zwischen lokaler und planetarer Skala zu berücksichtigen, ist elementar für ein ganzheitliches Umweltverständnis (FOLKE et al. 2011). Komplexe Interaktionen

zwischen der lokalen und der planetaren Ebene finden etwa beim Erdsystem statt. Treibhauswirksame Gase werden zunächst in Form lokaler Emissionen freigesetzt (LAN et al. 2020), führen dann aber auf planetarer Ebene zur Veränderung der stofflichen Zusammensetzung der Atmosphäre und somit zur Erhitzung der Erde (IPCC 2022a). Der Anstieg der planetaren Durchschnittstemperatur verändert wiederum das lokale Mikroklima und erhöht unter anderem die Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen oder Starkniederschlägen (ebd.). Hinzu kommen die sich gegenseitig verstärkenden Effekte zwischen den Erdsystemen (LADE et al. 2021; 2020). Der Klimawandel schädigt Ökosysteme der planetaren Biosphäre und beeinträchtigt somit auch deren Fähigkeit, Kohlenstoff zu speichern, was den Klimawandel wiederum beschleunigt (LADE et al. 2019).

beziehungen lokaler und planetarer Umweltprozesse zur Krankheitslast in Deutschland und Europa bei.

21. Im Bewusstsein der Bevölkerung ist bisher zu wenig verankert, welchen Einfluss Umweltbedingungen auf das Krankheitsgeschehen haben können (s. bspw. BERGER et al. 2019). Zu den bekanntesten umweltbezogenen Gesundheitsbelastungen gehören Luftschadstoffemissionen sowie das in Kontakt kommen mit (Exposition gegenüber) einer großen Vielzahl von Chemikalien (SRU 2020; EEA 2020; s. Kap. 3). Luftschadstoffe sind sowohl in der Außenluft als auch in Innenräumen von Bedeutung (Abschn. 3.1.1). Mit dem Klimawandel verbunden ist die Zunahme von Hitzeperioden (Abschn. 3.4.1) und anderen Extremwetterereignissen, die auch die Gesundheit belasten. Weitere wichtige physikalische Risikofaktoren sind Lärm – speziell Verkehrslärm –, ultraviolette und radioaktive Strahlung. Quelle für radioaktive Belastung ist insbesondere das natürlich vorkommende Radon (BfS o. J.-a). Durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl finden sich regional immer noch hohe Cäsium-137-Werte in Pilzen und Wildtieren, die über die Nahrungsaufnahme ein Gesundheitsrisiko darstellen können (BfS o. J.-b). Zu den biologischen Risiken gehören unter anderem die Ausbreitung von antibiotikaresistenten Erregern (Abschn. 3.2.1), die Belastung der Luft mit biologischen Aerosolen (SRU 2004) sowie die Verbreitung invasiver, gebietsfremder Arten, die zum Allergiegesehen beitragen, wie das Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) (UBA und JKI 2015).

22. Neben stofflichen, physikalischen und biologischen Belastungen hat auch die Gestaltung unseres Lebensumfeldes Einfluss auf die Gesundheit. Zum Beispiel kann das Wohnumfeld durch die Bebauung, insbesondere durch Straßen, die Mobilität von Fußgänger:innen und den Aufenthalt im Freien einschränken oder weniger attraktiv machen. Die Bereitschaft zu körperlicher Aktivität wird maßgeblich durch das Lebensumfeld mitbestimmt (DISHMAN et al. 2013; SRU 2020). Ähnlich wirkt sich das Fehlen von gut erreichbaren, naturnahen Erholungsgebieten aus (SRU 2018; s. Kap. 4.1). Diese sind für das körperliche und psychische Wohlbefinden wichtig (SRU 2018; s. Kap. 4). Grünflächen und urbane Gewässer gehören somit zu den wichtigen Umweltressourcen, die den Menschen dabei helfen, ihre Gesundheit zu erhalten und zu verbessern.

23. Die Bebauung hat auch einen indirekten Einfluss auf die Gesundheit. Beispielsweise führt die Versiegelung dazu, dass Wasser schlechter versickern kann. Dadurch werden Sturzfluten begünstigt, die eine direkte Gefahr für Menschen darstellen. Große Betonflächen tragen zudem zur Entstehung von Wärmeinseln bei. Hitze beeinträchtigt Menschen zum Beispiel in Form von Kreislaufkrankungen (Tz. 212 ff.).

Auswirkungen von Umweltbelastungen auf den Menschen

24. In Europa sind etwa 15 % der Todesfälle auf umweltbedingte Risikofaktoren zurückzuführen (WHO – Regional Office for Europe 2022). Die Europäische Umweltagentur (European Environment Agency – EEA

(dt. EUA)) geht davon aus, dass 12 % der Erkrankungen der Herzkranzgefäße (ischämische Herzerkrankungen) in Europa mit Belastungen der Außenluft im Zusammenhang stehen (EEA 2019b; Tab. 2-1). Das trifft ebenfalls für 17 % der Lungenkrebserkrankungen zu. Auch wenn nicht direkt vergleichbar, wurde für Deutschland berechnet, dass im Jahr 2019 7,5 % der verlorenen Lebensjahre aufgrund von ischämischen Herzerkrankungen und 8 % aufgrund von Lungenkrebserkrankungen auf die Schadstoffbelastung der Luft zurückzuführen sind (IHME 2023b).

Umweltbezogener Gesundheitsschutz

25. Der umweltbezogene Gesundheitsschutz verfolgt das Ziel, Menschen vor negativen Einflüssen durch Umweltbelastungen zu schützen. Der Gesundheitsschutz umfasst konkrete Maßnahmen, die dazu dienen, Gefahren für das Leben abzuwehren oder die Gesundheit der Menschen zu erhalten (KUHN und BÖHM 2020). Dazu gehört auch, Risiken frühestmöglich zu erkennen und Gefahren zu vermeiden. Dies entspricht der klassischen Primärprävention. Neben dem umweltbezogenen Gesundheitsschutz gehören zum klassischen Gesundheitsschutz zum Beispiel auch der Infektions- oder der Arbeitsschutz (Abb. 2-2).

26. Ergänzt wird der Gesundheitsschutz durch die Gesundheitsförderung. Sie will die persönlichen, sozialen und materiellen Ressourcen stärken, die notwendig sind, um sich gesund zu erhalten oder die Gesundheit zu steigern. Damit geht die Gesundheitsförderung über den Ansatz des Gesundheitsschutzes bzw. der Prävention hinaus.

27. Zwischen den Maßnahmen des Gesundheitsschutzes, der Gesundheitsförderung und des Umweltschutzes gibt es eine Reihe von Schnittmengen (Abb. 2-2). Beispielsweise helfen Grünflächen in der Stadt dabei, Hitzeereignisse abzufangen – sie dienen somit der Klimaanpassung. Da sie Luftschadstoffe filtern können, tragen sie zum Immissionsschutz bei. Gleichzeitig sind Grünflächen ein wichtiger Anreiz für die Menschen, sich im Freien zu bewegen, und damit auch Teil der Gesundheitsförderung.

28. Die Krankheitsprävention als Teil des Gesundheitsschutzes zielt auf die Vermeidung bzw. Reduktion gesundheitsschädlicher Gefahren ab. Ihre Maßnahmen sollen dazu beitragen, Krankheitsrisiken zu vermeiden oder zu vermindern (Primärprävention; § 20 Abs. 1 SGB V), Krankheiten frühzeitig zu erkennen (Sekundär-

o Tabelle 2-1

Der Anteil der Luftbelastung an der Sterberate durch nicht übertragbare Krankheiten in Europa und weltweit

Erkrankungen	Europa	Global
Ischämische Herzerkrankungen		
Innenraumlufbelastung	3 %	15 %
Außenluftbelastung	12 %	15 %
Lungenkrebs		
Innenraumlufbelastung	2 %	17 %
Außenluftbelastung	17 %	25 %
Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (Chronic Obstructive Pulmonary Disease – COPD)		
Innenraumlufbelastung	3 %	29 %
Außenluftbelastung	3 %	8 %

o **Abbildung 2-2**

Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Gesundheitsförderung



SRU, eigene Darstellung

prävention) und ihre Folgen abzumildern (Tertiärprävention). Präventions- und Gesundheitsförderungsmaßnahmen dienen dazu, das individuelle Gesundheits- bzw. Krankheitsverhalten oder die Lebensverhältnisse der Menschen gesünder zu gestalten. Beispielsweise fördert die Gestaltung von Stadtquartieren mit guter Walkability (Begehbarkeit) die Bewegung und trägt somit zu einer Verbesserung der individuellen, aber auch der bevölkerungsbezogenen Gesundheit bei. Es gibt Maßnahmen, die sowohl der Verhaltens- als auch der Verhältnisprävention dienen, die also einen Anreiz für die Menschen setzen, gesünder zu leben und ihnen zudem die dafür erforderlichen Ressourcen bereitstellen (LEPPIN 2018). Letzteres ist besonders wichtig für Kinder, Menschen mit besonderen Unterstützungsbedarfen und andere vulnerable Gruppen, die weniger frei bei der Ausübung ihres Gesundheitsverhaltens sind.

29. Der klassische Gesundheitsschutz und damit auch die Prävention folgen einem eher krankheits- und risiko-

orientierten Ansatz. Demgegenüber nimmt die Gesundheitsförderung eine salutogenetische Perspektive ein, indem sie fragt, welche Umwelt- und Gesundheitsressourcen für den Erhalt der menschlichen Gesundheit wichtig sind (ANTONOVSKY 1997). Das Ziel ist es, Individuen zu einem „selbstbestimmten, gesundheitsorientierten Handeln“ zu befähigen (§ 20 Abs. 1 SGB V; zur umweltbezogenen Gesundheitsförderung s. Tz. 348). Eine ganze Reihe von Faktoren sind für die Prävention und Gesundheitsförderung wichtig.

30. Der Umweltschutz dient zum einen dem Zweck, die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschen zu bewahren (anthropozentrischer Umweltschutz). Zum anderen sieht er auch einen Mehrwert in der Erhaltung der Natur um ihrer selbst willen (ökozentrischer Umweltschutz). In der Praxis jedoch verfolgt er oftmals das Ziel, zum Gesundheitsschutz und der Gesundheitsförderung beizutragen (SCHLACKE 2021).

31. Je nach Fachrichtung dominiert entweder der Begriff des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes (Gesundheitsperspektive) oder des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes (Umweltperspektive). Während der umweltbezogene Gesundheitsschutz Gefahren durch Umweltrisiken wie Lärm oder Luftschadstoffe abwehren will und einer erweiterten Risikovorsorge dient, umfasst der gesundheitsbezogene Umweltschutz zusätzlich wichtige Aufgaben zur Stärkung gesundheitsförderlicher Umweltressourcen.

32. Vielfach wird das institutionelle Verhältnis von Umweltschutz und Gesundheitsschutz zueinander kritisiert. So werden die Folgen von Umweltrisikofaktoren für die Menschen einerseits sowie für die Tier- und Pflanzenwelt andererseits weitgehend sektoral getrennt voneinander erfasst und bewertet. Außerdem werden soziokulturelle und sozioökonomische Aspekte von Umwelt noch nicht ausreichend berücksichtigt (BÖHME et al. 2022b).

33. Ökologische, gesundheitliche und soziale Belange sind eng miteinander verknüpft und müssen daher auch gemeinsam betrachtet werden (Abschn. 2.2.3). Außerdem sollte neben der Risikominimierung auch der Blick auf die Bereitstellung von Umweltressourcen zur Gesundheitserhaltung gerichtet werden. Dies dient dazu, Prävention und Gesundheitsförderung zu stärken.

34. Der SRU stellt in diesem Gutachten den Begriff des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes in den Vordergrund, weil er die Bedeutung der Natur als wichtige Gesundheitsressource mitberücksichtigt. Außerdem beinhaltet der gesundheitsbezogene Umweltschutz die Notwendigkeit, soziale Belange bei der Betrachtung des Verhältnisses von Umwelt und Gesundheit stärker als bisher zu beachten. Dem gesundheitsbezogenen Umweltschutz entspricht auf politischer Ebene die gesundheitsbezogene Umweltpolitik.

2.2 Ungleiche Umweltbelastungen, Gesundheitswirkungen und Gesundheitschancen

35. Neben den sozialen und ökonomischen Faktoren ist eine intakte Umwelt von zentraler Bedeutung für eine hohe Lebensqualität, da sie sowohl das Wohlbefinden als auch die gesunde Entwicklung der Menschen

fördert (UBA o. J.–a). Mit der Umwelt im Zusammenhang stehende Gesundheitschancen sowie gesundheitliche Belastungen und Krankheitsrisiken sind ungleich verteilt (RKI 2015b). Bildung, Einkommen, Migrationshintergrund und das soziale Umfeld beeinflussen, wie Menschen wohnen, welche Lebensstile sie haben, welche Ressourcen ihnen zur Verfügung stehen und daher auch ihre Gesundheitsrisiken und -chancen (UBA 2022i). Neben einem schlechteren Zugang zu Umweltressourcen können Menschen mehrfach von unterschiedlichen Umweltbelastungen betroffen sein. Durch solche Mehrfachbelastungen entstehen sich verstärkende Wechselwirkungen (Abschn. 2.2.1). Diese variieren häufig sozialräumlich, wodurch sozial benachteiligte Quartiere und Personengruppen überdurchschnittlich umweltbezogenen Gesundheitsrisiken ausgesetzt sind (Abschn. 2.2.3). Erhöhte Vulnerabilität und geringere Resilienz können ungleiche Umweltbelastungen und Gesundheitswirkungen verstärken (Abschn. 2.2.2). Sie tragen dazu bei, dass sich ungleiche Gesundheitschancen manifestieren. Eine soziallagenbezogene Prävention und Gesundheitsförderung können helfen, umweltbezogene gesundheitliche Ungleichheiten abzubauen.

2.2.1 Mehrfachbelastungen und ihre Wechselwirkungen

36. Der Begriff der Exposition bezeichnet in der Toxikologie und der Epidemiologie das Ausgesetztsein von Lebewesen gegenüber Umwelteinflüssen. Diese können physikalischer (z. B. Hitze, Kap. 3.4), chemischer (z. B. per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen – PFAS, Kap. 3.3) oder biologischer (Krankheitserreger, Tz. 265) Natur sein. Erhöht die Exposition das Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigung, handelt es sich bei ihr um einen Risikofaktor. Unter Schutzfaktoren werden alle Merkmale eines Individuums, seines sozialen Umfelds und der Gesellschaft verstanden, die das Wohlbefinden und die Gesundheit eines Menschen positiv beeinflussen.

Exposition und Gesundheitswirkungen

37. Eine erhöhte Exposition gegenüber einem Risikofaktor führt zu einem höheren Gesundheitsrisiko. Allerdings kann der Zusammenhang zwischen Exposition und Gesundheitswirkung, je nach Umweltfaktor, unterschiedlich sein (zur Risikobewertung s. a. SRU 1999; Abb. 2-3). So können Expositions-Risiko-Beziehungen, die den Zusammenhang zwischen der Massenkonzentration und der statistischen Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Erkrankung abbilden, als statistisch-mathematische Funktionen verschiedene Formen an-

nehmen. Bei einigen Umweltfaktoren besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Expositionsniveau und Gesundheitseffekt (i in Abb. 2-3).

38. Die Exposition gegenüber anderen Umweltfaktoren kann sich auch durch einen nicht-linearen Zusammenhang zwischen Expositionsniveau und Gesundheitseffekt auszeichnen. So können die Gesundheitsrisiken bis zu einem bestimmten Expositionsniveau gering bleiben. Sobald eine Wirkungsschwelle jedoch überschritten wird, steigen die Risiken an (ii in Abb. 2-3).

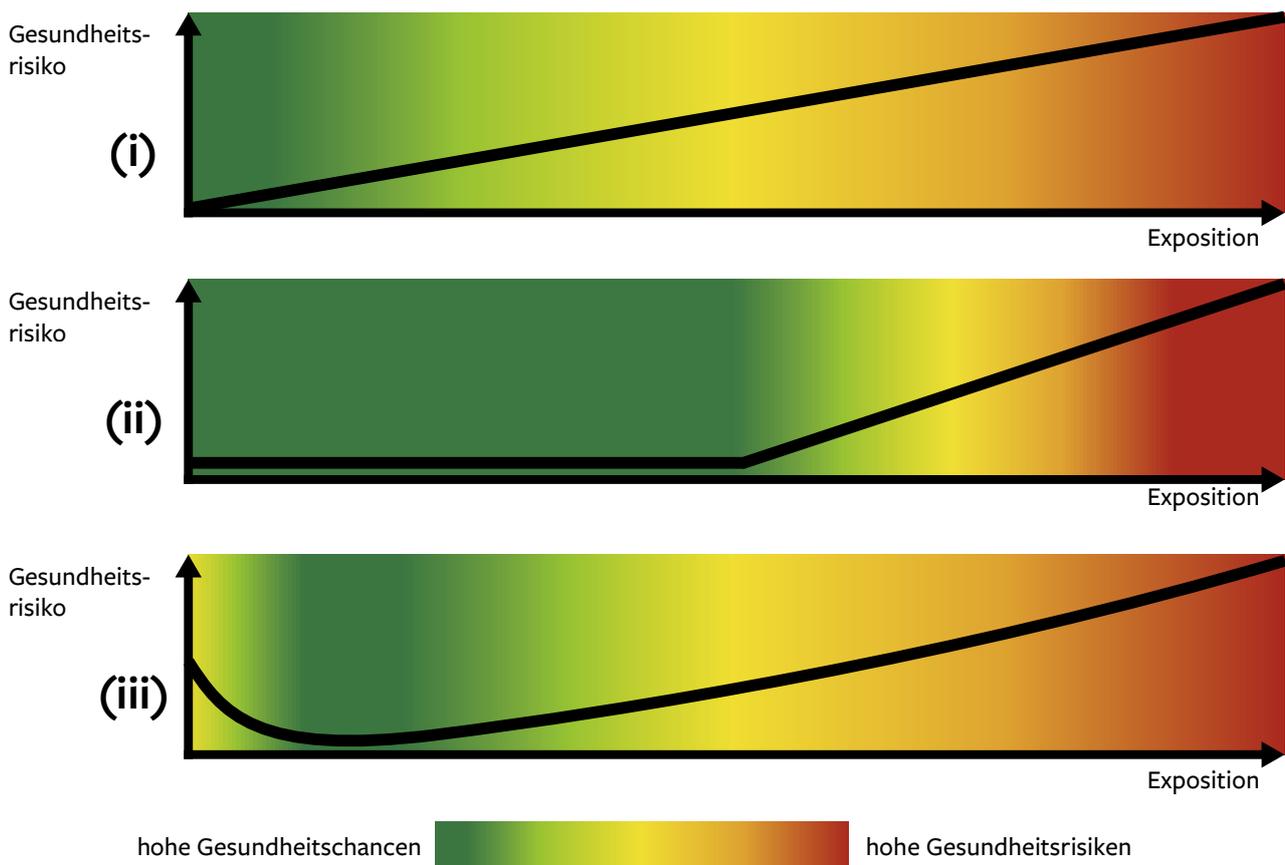
39. Im Falle eines sogenannten j-förmigen Wirkungszusammenhangs reduziert eine Expositionssteigerung

bis zu einem bestimmten Niveau das Gesundheitsrisiko bzw. hat positive gesundheitliche Wirkungen (iii in Abb. 2-3). Wenn die Exposition über dieses Niveau hinaus weiter zunimmt, steigt das Gesundheitsrisiko jedoch wieder an.

40. Umweltfaktoren unterscheiden sich also unter anderem dadurch, ob sie als Gesundheitsrisiko wirken oder ob sie positive Gesundheitswirkungen haben und wie sich diese mit zunehmender Exposition verändern. Während einige Umweltfaktoren bevölkerungsbezogen (C in Abb. 2-4) erst bei hoher Exposition negative Gesundheitseffekte bewirken (D in Abb. 2-4), führen bei anderen Umweltfaktoren schon relativ geringe Expo-

o **Abbildung 2-3**

Lineare und nicht-lineare Wirkungszusammenhänge zwischen Umweltextposition und Gesundheitsrisiko



Anmerkung: Die dargestellten Expositions-Risiko-Beziehungen sind hypothetischer Natur und basieren nicht auf empirischen Daten. Die Expositions-Risiko-Beziehungen sind beispielhaft ausgewählt und ergeben kein abschließendes Bild aller möglichen Varianten.

sitionen zu hohen Risiken (B in Abb. 2-4). Daraus ergibt sich eine Spannbreite oder ein Bereich an Umweltbedingungen, der für die Menschen besonders risikoarm bzw. besonders gesundheitsförderlich ist (grüner Bereich in der Mitte von Abb. 2-4).

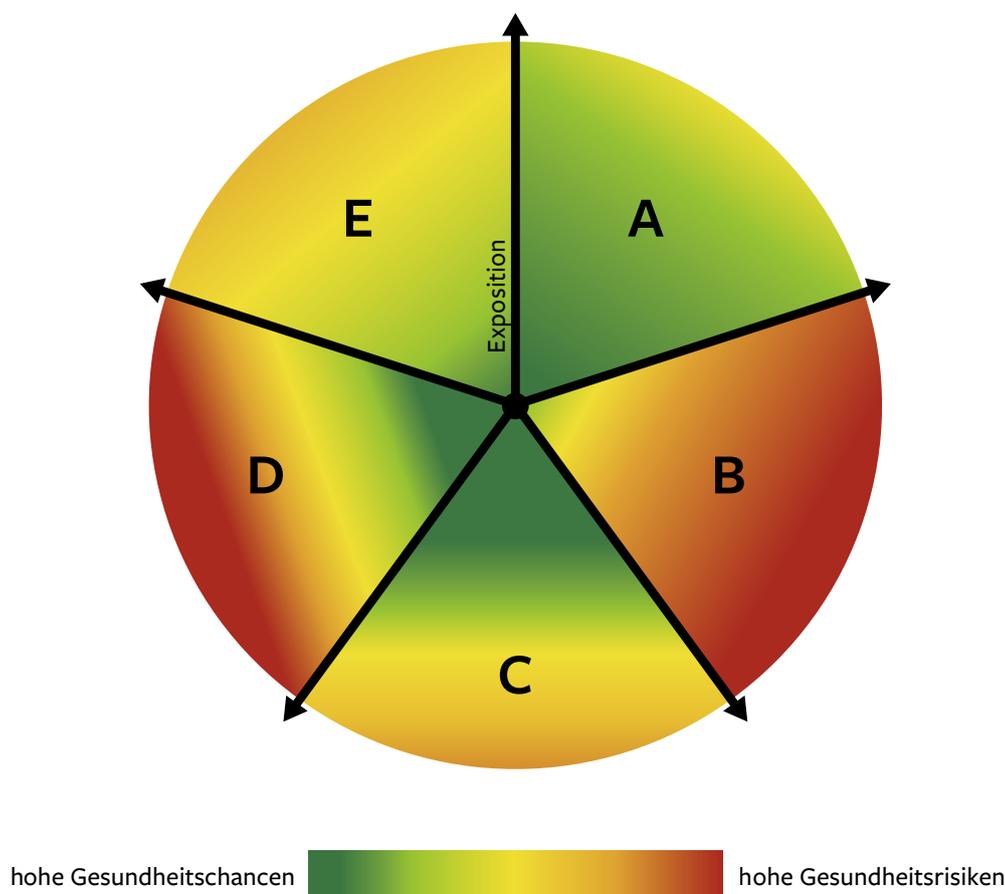
Expositionsvariation

41. In der Regel sind einige Teile der Bevölkerung stärker exponiert als andere. Man spricht dabei von einer Expositionsvariation. Diese kann sich auf einen einzelnen oder auch auf mehrere Umweltfaktoren beziehen. Bevölkerungsgruppen, die gegenüber mehreren umweltbedingten Risikofaktoren exponiert sind, erfahren Mehrfachbelastungen.

42. Die Gesundheitseffekte von Mehrfachbelastungen können sich gegenseitig verstärken (MAINKA und ŽAK 2022; PICKFORD et al. 2020; ANENBERG et al. 2020). Beispielsweise treten Luftschadstoffe nicht einzeln, sondern als Gemisch auf. Verkehrsbedingt korrelieren etwa NO_x vor allem mit Ruß und ultrafeinen Partikeln (WICHMANN 2018). Solche Luftschadstoffgemische können die Gesundheitseffekte verstärken. Dies ist wichtig, weil der Mensch einem sich ändernden Gemisch an Luftschadstoffen ausgesetzt ist (PICKFORD et al. 2020). Auch beim Lärm können einzelne oder mehrere Lärmquellen auf die Gesundheit der lokalen Bevölkerung einwirken. So berichteten im Jahr 2020 knapp die Hälfte der Menschen in Deutschland, dass sie sich

o Abbildung 2-4

Integrative Darstellung der Expositions-Wirkungszusammenhänge zwischen Risiko- bzw. Schutzfaktoren und Gesundheitsrisiken bzw. -chancen



Anmerkung: Die Buchstaben A bis E stehen für umweltbezogene Gesundheitsfaktoren wie Hitze oder Feinstaub. Mit zunehmender Exposition gegenüber diesen umweltbezogenen Gesundheitsfaktoren steigen die Gesundheitsrisiken, wobei die Expositions-Risiko-Beziehungen vom jeweiligen Faktor abhängen (s. Abb. 2-3).

durch Straßen-, Schienen- und Luftverkehr gestört oder belästigt fühlen (BMUV und UBA 2022a). Gerade im urbanen Raum häufen sich solche Mehrfachbelastungen (WOTHGE und NIEMANN 2020).

43. Darüber hinaus können auch Mehrfachbelastungen durch unterschiedliche Umweltfaktoren die Gesundheitsrisiken steigern (PICKFORD et al. 2020). So kann zum Beispiel eine gesundheitsrelevante Luftschadstoffexposition das Herz-Kreislauf-System schwächen und den menschlichen Organismus anfälliger für Lärmwirkungen machen (HUANG et al. 2013). Je nach Vorbelastung durch andere Umweltrisiken können die Gesundheitswirkungen durch einen zusätzlichen Stressor variieren. Dies zeigt sich auch beim Zusammenspiel von Hitze (Kap. 3.4) und bodennahem Ozon (KRUG et al. 2019; HERTIG et al. 2020; 2019). So kann das Reizgas Ozon die Atemwege direkt schädigen, was wiederum

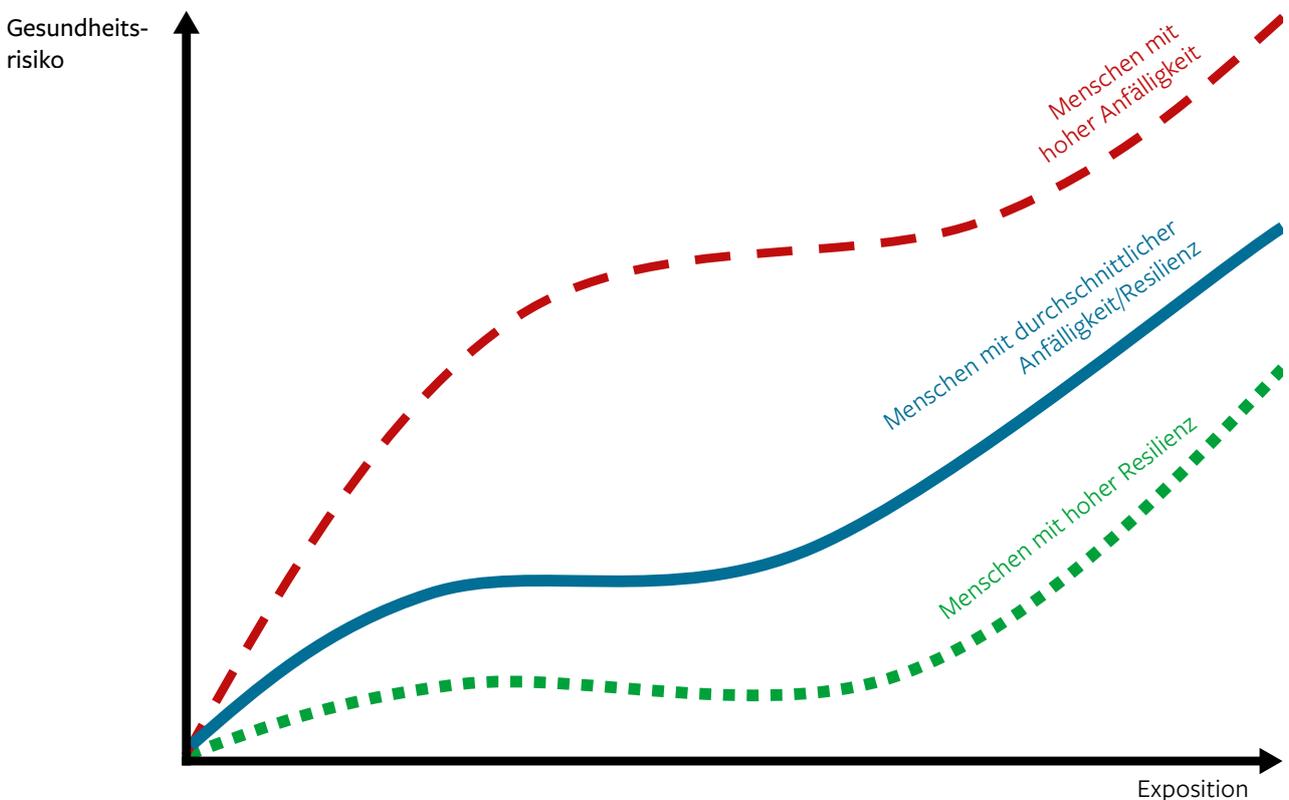
den Körper anfälliger gegenüber Hitzestress macht. Die negativen Gesundheitswirkungen von Hitze und Ozon verstärken sich so gegenseitig. Während für die Gesundheitseffekte der einzelnen Umweltstressoren häufig klare Evidenz vorliegt, sind für ihr Zusammenspiel noch nicht alle Fragen vollständig beantwortet worden. Dafür müssen unter anderem die (statistischen) Methoden der Risikoerfassung noch weiterentwickelt werden (PICKFORD et al. 2020).

Effektmodifikation

44. Bei gleicher Exposition gegenüber einem Umweltfaktor können die Gesundheitswirkungen bei verschiedenen Menschen unterschiedlich ausfallen (Effektmodifikation). Oder anders gesagt: Effektmodifikation liegt dann vor, wenn Menschen unterschiedlich anfällig gegenüber einer Exposition sind (Abb. 2-5). Einige Menschen erfahren ein überdurchschnittlich hohes

o Abbildung 2-5

Effektmodifikation: Expositions-Wirkungszusammenhang in Abhängigkeit der individuellen Anfälligkeit und Resilienz



Anmerkung: Bei den dargestellten Expositions-Risiko-Beziehungen, die je Subgruppe innerhalb einer Bevölkerung variieren, handelt es sich um eine hypothetische Darstellung, die nicht auf empirischen Daten beruht.

Gesundheitsrisiko durch eine Exposition gegenüber einem Risikofaktor, das heißt sie sind anfälliger für dieses Risiko. Andere Menschen haben bei gleicher Exposition ein geringeres Gesundheitsrisiko. Demnach sind sie resilienter gegenüber dem Risikofaktor. Individuelle Resilienz beschreibt die „Fähigkeit Einzelner, in einer Krise handlungsfähig zu bleiben und sie ohne substanzielle Schäden durchzustehen“ (SVR Gesundheit 2023, S. 6). Die Summe der Resilienz aller Individuen einer Bevölkerung wird als bevölkerungsbezogene oder gemeinschaftliche Resilienz bezeichnet (ebd.).

45. Merkmale wie Alter, Einkommen, Ethnie oder Geschlecht können die individuelle Anfälligkeit bzw. Resilienz gegenüber Umweltfaktoren bestimmen. Schwangere, Föten, Säuglinge und Kleinkinder sind beispielsweise überdurchschnittlich anfällig gegenüber gesundheitsschädigenden Chemikalien (Abschn. 3.3.1), ältere Menschen gegenüber Hitze (Abschn. 3.4.1) und Kleinkinder sowie Menschen mit chronischen Atemwegs- oder Herzkrankungen gegenüber Feinstaub (Abschn. 3.1.1).

2.2.2 Vulnerabilität als Summenmaß für Exposition, Anfälligkeit und Resilienz

46. Der Begriff der Vulnerabilität trägt unterschiedlicher Exposition, Anfälligkeit sowie Resilienz von Menschen Rechnung (KÖCKLER und HORNBERG 2012; HORNBERG und MASCHKE 2017; ADGER und BROWN 2009, S. 110; CHAE et al. 2021). Dies entspricht einem erweiterten Verständnis von Vulnerabilität, welches über eine erhöhte Anfälligkeit oder Empfindlichkeit gegenüber Stressoren hinausgeht. Das bedeutet, dass vulnerable Bevölkerungsgruppen gegenüber Umweltbelastungen sowohl überdurchschnittlich exponiert (Expositionsvariation, Tz. 41) als auch bei gleicher Umweltexposition in ihrer Gesundheit stärker beeinträchtigt sind (Effektmodifikation, Tz. 44).

47. Demnach setzen sich die individuellen Gesundheitsrisiken und -chancen aus der jeweiligen Expositionsvariation sowie Effektmodifikation zusammen. So kann eine Person trotz einer geringen Exposition gegenüber einem umweltbezogenen Risikofaktor ein erhöhtes Gesundheitsrisiko haben, wenn sie gegenüber diesem Risikofaktor besonders anfällig ist. (Abb. 2-6). Dass Menschen vulnerabel sind, gilt daher nie für all ihre Lebensbereiche und -abschnitte, denn es gibt keine allgemeine oder absolute Vulnerabilität (KÖCKLER und

HORNBERG 2012, S. 76). Menschen sind stets vulnerabel gegenüber einer spezifischen Umweltexposition. Das Konzept der Vulnerabilität setzt daher voraus, dass man die Vielfalt der jeweiligen Lebenskontexte anerkennt und berücksichtigt.

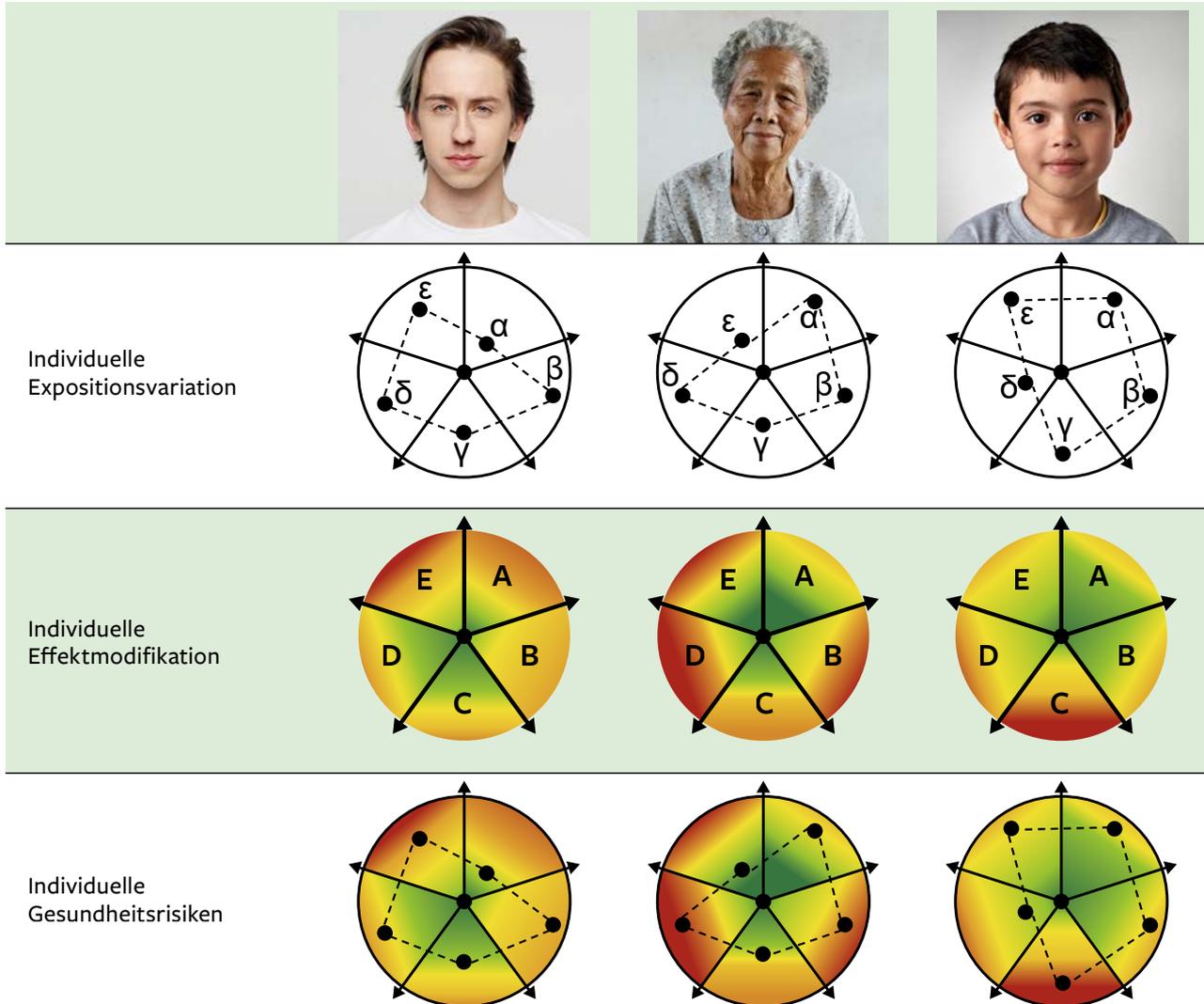
48. Im Zuge der Vulnerabilitätsdiskussion hat es sich als sinnvoll erwiesen, eine Lebenslaufperspektive einzunehmen (BOLTE et al. 2018a; HORNBERG und MASCHKE 2017; KÖCKLER und HORNBERG 2012). Die verschiedenen Altersabschnitte beeinflussen in unterschiedlicher Art und Weise Gesundheit und gesundheitsrelevantes Verhalten. Schwangerschaft, Kindheit, Pubertät und Hochaltrigkeit sind Lebensphasen, die eine besondere Empfindlichkeit gegenüber potenziellen Gesundheitsrisiken mit sich bringen und Vulnerabilitäten verändern können (WHO – Regional Office for Europe 2021b; o. J.). Umgekehrt können Menschen in bestimmten Lebensphasen in besonderem Maße von gesundheitsförderlichen Umweltressourcen wie innerstädtischen Grünräumen und Gewässern im Wohnumfeld profitieren. Insbesondere ältere Menschen können so etwa ihre körperliche Aktivität erhalten oder belastende Klimafolgen wie Hitzestress kompensieren. Weitere Einflussfaktoren bevölkerungsbezogener Vulnerabilität sind genetische Vorbelastung, physische und psychische Gesundheit sowie Gesundheitsverhalten (DeFUR et al. 2007, S. 818). Aber auch natürliche, gebaute oder soziale Umweltbedingungen sowie bestehende Infrastrukturen und Versorgungssituationen der Menschen beeinflussen Vulnerabilität (ebd.). Auch die individuelle soziale Lage scheint Vulnerabilität ebenso mitzubestimmen. Daher müsste viel stärker als bisher in der Luftreinhalte- oder der Lärmaktionsplanung, aber auch in der Verkehrsentwicklungsplanung eine soziale Differenzierung berücksichtigt werden.

2.2.3 Sozialräumliche Unterschiede der Umweltrisiken und -ressourcen

49. Räume, in denen Menschen leben, lassen sich nicht nur durch natürliche oder administrative Grenzen (z. B. Flüsse oder Bezirke), sondern auch durch sozialräumliche Grenzen einteilen. Sozialraum meint dabei den „sozial konstruierten Raum, der als Lebenswelt bedeutend für ein Individuum oder eine Community ist“ (KÖCKLER 2019, S. 518). Umweltrisiken und -ressourcen können sich je nach Sozialraum unterscheiden. Dies begünstigt ungleiche Gesundheitschancen (Tz. 50–55)

o **Abbildung 2-6**

Individuelle Gesundheitsrisiken und -chancen durch individuelle Expositionsvariation und Effektmodifikation



Anmerkung: In den Spalten sind beispielhaft drei Menschen mit jeweils individueller Expositions- und Effektmodifikation sowie individuellen Gesundheitsrisiken abgebildet. Die Darstellung erfolgt demnach auf individueller und nicht auf gruppenbezogener Ebene.

SRU, eigene Darstellung

und erfordert die verstärkte Umsetzung des normativen Leitbildes Umweltgerechtigkeit (Tz. 60–63).

Gesundheitliche Chancengleichheit

50. Gesundheitliche Chancengleichheit bezeichnet „das Recht auf eine gerechte Verteilung von Zugangs- und Lebenschancen und definiert dieses Recht gesundheitsbezogen, d.h. als Herstellung gleicher Chancen, gesund zu sein und gesund zu bleiben“ (ALTGELD 2010; zu gesundheitlicher Chancengleichheit s. a. WBGU 2023, Kap. 2.2.5). Zahlreiche Untersuchungen verdeutlichen

jedoch die bestehende gesundheitliche Chancengleichheit in Deutschland. Chronische Krankheiten wie Herz-Kreislauf-, Atemwegs- oder Krebserkrankungen treffen in stärkerem Maße sozial benachteiligte Gruppen (DORNER 2021). Beispielsweise zeigt sich, dass Frauen mit geringem Einkommen im Vergleich zu denjenigen mit hohem Einkommen im Durchschnitt 4,4 Jahre kürzer leben (LAMPERT et al. 2019, S. 6). Bei Männern liegt der Unterschied sogar bei 8,6 Jahren (ebd.). Die soziale Ungleichheit ist daher eng mit der gesundheitlichen Ungleichheit verknüpft.

51. Sozial ungleiche Gesundheitschancen sind unter anderem auf sozial ungleiche Umweltqualitäten zurückzuführen. Im Durchschnitt sind sozial benachteiligte Menschen höheren Umweltbelastungen ausgesetzt, weisen einen schlechteren Gesundheitszustand auf und sind bei gleicher Exposition anfälliger gegenüber Umweltstressoren (LIEBIG-GONGLACH et al. 2020; BOLTE et al. 2018a).

52. Das liegt auch daran, dass sozial benachteiligte Gruppen vielfach in benachteiligten Quartieren leben, „die im Verhältnis zum gesamtstädtischen Durchschnitt einen hohen Anteil an baulichen und sozialen Problemen sowie häufig ein negatives Image aufweisen“ (MASSON 2016, S. 19). Benachteiligte Quartiere haben in der Regel eine geringere Umweltqualität (SAMOLI et al. 2019; BRAUBACH und FAIRBURN 2010; WHO – Regional Office for Europe 2010), denn in diesen Räumen sind die Menschen – oftmals im Sinne einer Mehrfachbelastung – stärkerem Hitzeeinfluss, aber auch Lärm- und/oder Luftschadstoffen ausgesetzt und haben meist einen schlechteren Zugang zu Stadtnatur (DREGER et al. 2019; FAIRBURN et al. 2019; DEGUEN und ZMIROU-NAVIER 2010; SCHÜLE et al. 2019).

53. Oft sind benachteiligte Quartiere mehrfachen Umweltbelastungen ausgesetzt (Tz. 41). Beispielsweise sind Menschen, die an stark befahrenen Straßen wohnen, häufig sowohl durch Luftschadstoffe als auch durch Lärm belastet (KIM et al. 2012; ROSS et al. 2011; BOLTE et al. 2012). Dieselbe Emissionsquelle kann also mehrere gesundheitsrelevante Umweltbelastungen verursachen. Zugleich mangelt es benachteiligten Quartieren oftmals an Parks, Spielplätzen oder Freizeitanlagen – sowohl in Quantität als auch in Qualität (CLAßEN et al. 2012).

54. Der Anteil vulnerabler Menschen in sozial benachteiligten Quartieren ist überdurchschnittlich hoch (WHO – Regional Office for Europe 2010; BEN-MARHANIA et al. 2015; DEGUEN und ZMIROU-NAVIER 2010). Dies tritt besonders deutlich hervor, sobald sich unterschiedliche Dimensionen sozialer Lage überlagern (zum Begriff der sozialen Lage s. Kasten 2-2), beispielsweise, wenn hochaltrige Menschen mit einer geringen Rente allein in einer unzureichend sanierten Wohnung mit hoher Lärm- und Hitzebelastung im Sommer, aber auch Kälte im Winter (Energiearmut) leben. Vulnerabilität und soziale Lage stehen in Wechselwirkung zueinander. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass sozial benachteiligte Gruppen häufiger (mehrfach) exponiert und/oder gesundheitlich stärker vorbelastet sind. Sie verfügen zudem vielfach über weniger Gesund-

heitsressourcen, um mit den Umweltstressoren selbstbestimmt umzugehen.

Kasten 2-2 Soziale Lage und soziale Ungleichheit

Privilegien und Benachteiligungen können je nach Lebenskontext und -situation variieren. Daher werden Menschen häufig anhand ihrer individuellen sozialen Lage beschrieben. Die soziale Lage ist die zentrale Determinante, die die „(un)vorteilhaften Lebensbedingungen hauptsächlich bestimmt“ (KORTE und SCHÄPFERS 2008, S. 229). Sie lässt sich durch vertikale Merkmale (wie Bildung, Einkommen oder Beruf) sowie horizontale Merkmale (wie Geschlecht, Alter oder Migrationshintergrund) beschreiben. Die soziale Lage nimmt Bezug auf die ökonomischen, sozialen und kulturellen Faktoren, die in der Zusammenschau die Lebensverhältnisse ausmachen (HORNBERG und MASCHKE 2017). Diese Lebensverhältnisse schließen auch die gesundheitlichen Chancen ein.

Wenn Menschen aufgrund ihrer sozialen Lage ungleiche Chancen haben, am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen, spricht man von sozialer Ungleichheit (KORTE und SCHÄPFERS 2008, S. 187). Ausschlaggebend für soziale Ungleichheit sind einerseits die strukturell ungleiche Verteilung begehrter Ressourcen oder Positionen wie Bildung, Einkommen oder Macht (EMMERICH und HORMEL 2013, S. 24). Andererseits schreibt die Gesellschaft bestimmten Personen(gruppen) ungleichwertige soziale Rollen mit bestimmten Merkmalen zu, woraus Vor- oder Nachteile für die Betroffenen entstehen (ebd.). Etwa wenn einer Person aufgrund ihres Nachnamens bestimmte Fähigkeiten und Attribute unterstellt bzw. in Abrede gestellt werden, kann sie ungleich bessere oder schlechtere Chancen auf einen Arbeitsplatz oder eine Wohnung haben.

55. Sozial benachteiligte Gruppen könnten aber auch stärker von Gesundheitsressourcen profitieren. Das zeigt sich zum Beispiel bei der positiven Wirkung von Grünflächen (z. B. TWOHIG-BENNETT und JONES 2018; Kap 4.1). Diese können je nach sozialer Lage variieren (RIGOLON et al. 2021; KABISCH 2019). Menschen mit einem niedrigen Sozialstatus profitieren stärker von der Schutzwirkung von Grünräumen als Menschen mit einem hohen sozialen Status (ebd.; SRU 2018; s. Abschn. 2.2.3). RIGOLON et al. (2021, S. 3) skizzieren

hierfür drei mögliche, aber nicht abschließende Erklärungen:

- Sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen weisen vielfach einen schlechteren Gesundheitszustand auf. Dadurch können sie mehr von gesundheitsförderlichen Interventionen wie Grünräumen profitieren.
- Sozioökonomisch benachteiligte Menschen sind meist weniger mobil und verbringen daher meist mehr Zeit in ihrem Quartier.
- Benachteiligte Menschen haben seltener Zugang zu privaten Erholungs- und Sportmöglichkeiten wie Fitness-Centern oder Gärten und sind somit stärker auf öffentlich zugängliche Angebote angewiesen.

Segregationseffekt: Gründe für sozial-räumliche Unterschiede der Umweltqualität

56. Segregationseffekte führen dazu, dass die sozial-räumliche Struktur einer Stadt oder Kommune je nach sozioökonomischer, ethnischer oder demografischer Zusammensetzung der Bevölkerung variiert. Man spricht von sozialer, ethnischer oder demografischer Segregation, wenn Teile der Bevölkerung über- bzw. unterrepräsentiert sind (MEYER 2010, S. 188).

57. Gründe für räumliche Segregationseffekte sind vielfältig. Sie reichen von verfügbaren Ressourcen oder Wohnpräferenzen über Stadtplanung, diskriminierende oder begünstigende Vermieterpraxis bis hin zur staatlichen Wohnungspolitik und ökonomischen sowie demografischen Entwicklungen (HÄUßERMANN und SIEBEL 2004, S. 154). Ausgehend von der individuellen Wohnortentscheidung gibt es demnach freiwillige oder unfreiwillige Segregation (MEYER 2010, S. 188). Letztere tritt etwa dann auf, wenn Menschen sich keine höheren Mieten in anderen Stadtteilen leisten können (TAMMARU et al. 2020) oder sie durch die Vermietenden beispielsweise aufgrund ihrer ethnischen Herkunft, ihres Alters oder ihrer sozialen Stellung diskriminiert werden (Antidiskriminierungsstelle des Bundes 2021; HINZ und AUSPURG 2016). Auch staatliche Verteilungs- oder Zuweisungsentscheidungen, wie die behördliche Wohnsitzzuweisung asylsuchender Menschen, können unfreiwillige Segregation verstärken (NOWAK et al. 2022; BOZORGMEHR et al. 2017).

58. Diese sozialräumlich ungleiche Verteilung der Umweltqualität kann gesundheitliche und soziale Ungleichheit reproduzieren. Wer krank wird, ist in der Schule

oder am Arbeitsplatz nicht voll leistungsfähig und kann so Nachteile erfahren, die sich auf die gesamte Lebensperspektive auswirken (Krankheit-macht-arm-Hypothese, s. HELMERT 1998). Zudem kann soziale Ungleichheit wiederum gesundheitliche Ungleichheit begünstigen (Armut-macht-krank-Hypothese), die auf Unterschiede bei den Belastungen und Ressourcen, dem Gesundheitsverhalten sowie der gesundheitlichen Versorgung zurückzuführen ist (MIELCK und JANßEN 2008).

59. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass einige Formen der Vulnerabilität durch biologische Eigenschaften und Mechanismen bestimmt werden (z. B. Anfälligkeit von Kleinkindern oder Älteren gegenüber Hitze, Tz. 212). Diese kann als natürliche Vulnerabilität bezeichnet werden. Solche biologisch bedingten Anfälligkeiten sind kaum veränderbar. Veränderbar sind demgegenüber die Formen von Vulnerabilität, die durch gesellschaftliche Strukturen geschaffen und verstetigt werden (z. B. Mehrfachbelastungen sozial benachteiligter Menschen). Die Umwelt, in der man lebt, determiniert die strukturellen, gemeinschaftlichen, nachbarschaftlichen und individuellen Ressourcen und Risiken (GEE und PAYNE-STURGES 2004). So werden sozialbedingte ungleiche Umweltgefahren und -risiken zu sozialbedingten ungleichen Umweltexpositionen und Anfälligkeiten und schließlich zu sozialbedingten ungleichen Gesundheitschancen (ebd.). Sozialbedingte Vulnerabilitäten zu berücksichtigen, bedeutet, ungleiche Gesundheitschancen anzuerkennen und ihnen wirksam zu begegnen. Das bevölkerungsbezogene Vulnerabilitätsprinzip sieht daher den gesamten öffentlichen Sektor in der Verantwortung, vulnerable Gruppen besonders zu schützen (SRU 2020, Tz. 452).

Umweltgerechtigkeit

60. Das Konzept der Umweltgerechtigkeit (BOLTE et al. 2012; HORNBERG et al. 2011) oder auch der umweltbezogenen Gerechtigkeit (KÖCKLER 2020) bietet einen Rahmen, um den empirisch belegten ungleich verteilten Umweltbelastungen und -effekten etwas entgegenzusetzen. Umweltbezogene Gerechtigkeit zielt darauf ab, sozialräumlich ungleiche Verteilungen gesundheitsrelevanter Umweltrisiken und -ressourcen zu vermeiden bzw. zu reduzieren (BÖHME et al. 2015, S. 5; WBGU 2023, Kap. 4.3.4.1). Ungleichheit ist jedoch nicht zwangsläufig Ungerechtigkeit (SCHLÜNS 2007). Welchen Zustand eine Gesellschaft erreichen bzw. dulden möchte, muss politisch und gesellschaftlich verhandelt werden. Umweltgerechtigkeit ist somit „ein normatives Leitbild, das einen gewünschten Zustand in der Zukunft beschreibt“ (BOLTE et al. 2012, S. 23). Das Konzept geht

daher über die bloße Beschreibung ungleicher Umweltbelastungen und -effekte hinaus (BOLTE et al. 2018a).

61. Um Umweltungerechtigkeit festzustellen, reicht es also nicht aus, dass Ungleichheiten bestehen. Diese müssen auch als ungerecht bewertet werden (KÖCKLER 2017, S. 14). Erst dann können Maßnahmen ergriffen werden, um ungerechte Ungleichheiten zu beseitigen oder zu reduzieren. Ungleiche Umweltbedingungen können mithilfe unterschiedlicher ethischer Kriterien beurteilt werden (SCHRÖDER-BÄCK 2012). Zum Beispiel schlägt PREISENDÖRFER (2014) sieben Faktoren vor, mit deren Hilfe Ungleichheit als Ungerechtigkeit eingeschätzt werden kann. Demzufolge können etwa Fälle unfreiwilliger Segregation in übermäßig lärm- und luftschadstoffbelastete Quartiere als ungerecht angesehen werden, während Fälle freiwilliger Segregation in solche Räume als weniger ungerecht zu bewerten wären.

62. Bei der Bewertung ungerechter Umweltbedingungen spielen zudem die materielle Verteilungsgerechtigkeit sowie die formelle Verfahrensgerechtigkeit eine zentrale Rolle. Für Defizite der umweltbezogenen Verteilungsgerechtigkeit spricht zunächst eine sozillagenabhängige Expositionsvariation, die benachteiligte Quartiere und Personengruppen überdurchschnittlich betrifft (BOLTE et al. 2018a). Wenn die nicht vermeidbaren Umweltbelastungen hingegen alle Menschen gleichermaßen oder die Verursacher oder auch resilientere Gruppen in stärkerem Maße belasten, könnte man eine gerechte Verteilung annehmen.

63. Defizite der Verfahrensgerechtigkeit liegen vor, wenn die Chancen zur Teilnahme und Beteiligung an Politik- oder Verwaltungsprozessen abhängig von der sozialen Lage ungleich sind. Dies ist etwa dann der Fall, wenn sozial benachteiligte Gruppen zwar durch Umweltbelastungen betroffen sind, ihre Belange aber nicht einbringen können oder sie keine Informationen erhalten (BOLTE et al. 2018a). In diesem Zusammenhang wird problematisiert, dass vor allem wohlhabende und privilegierte Bevölkerungsgruppen ihre Interessen frühzeitig vertreten (BOCK 2017, S. 114; Tz. 487). Demnach verfügen vor allem privilegierte Personengruppen über das Wissen, die Fähigkeiten und die Ressourcen, ihre Positionen und Wünsche in die Entscheidungsprozesse einzubringen. Ziel muss es daher sein, vulnerable Gruppen in die Lage zu versetzen, ihre Lebenswelten selbst mitzubestimmen bzw. deren Belange bei Gestaltung der Lebensumwelt zu berücksichtigen.

2.3 Ermittlung umweltbezogener Gesundheitsrisiken und -chancen

64. Umweltbezogene Gesundheitsrisiken zu erfassen und im Vergleich zu anderen Risiken einzuordnen, ist mit einer Reihe von Herausforderungen verbunden. Dazu dienen verschiedene Instrumente, einige wichtige werden im Folgenden vorgestellt. Dabei wird exemplarisch auch auf relevante Ergebnisse zu Gesundheitsrisiken eingegangen.

65. Umweltstudien bzw. Umweltsurveys vermitteln einen breiteren Überblick, inwieweit die menschliche Gesundheit durch die Umwelt beeinflusst wird (Abschn. 2.3.1). Die gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen zeigen sich anhand der Krankheitslasten (Abschn. 2.3.2), die wiederum monetarisiert werden können (Abschn. 2.3.3). Umgekehrt ist es ebenfalls möglich, Gesundheitsgewinne von Umweltmaßnahmen zu ermitteln.

2.3.1 Ergebnisse aktueller Umweltsurveys

66. Seit mehr als dreißig Jahren untersucht das Umweltbundesamt (UBA) in der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit (German Environmental Survey – GerES) regelmäßig mehrere tausend Menschen auf umweltbezogene Gesundheitsrisiken (UBA 2020f). Ein Schwerpunkt dieser größten Human-Biomonitoring-(HBM-)Studie in Deutschland liegt in der Analyse von Blut- und Urinproben auf Schadstoffe (Abschn. 5.3.1). Gleichzeitig wird der Lebensstil (wie bspw. die Wohnsituation und Ernährungsgewohnheiten) in den Blick genommen. Dazu gehört zum Beispiel auch die Erfassung der Lärm- und Partikelbelastung in der Wohnung.

67. Die im Rahmen der GerES durchgeführten Untersuchungen konnten unter anderem verdeutlichen, dass Schimmelbewuchs in der Wohnung das Risiko für Kinder erhöht, an Allergien zu erkranken. Andere Ergebnisse aus der Studie leisteten einen Beitrag dazu, den Weichmacher Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) in Europa in Babyartikeln und Kinderspielzeug zu regulieren. Dokumentiert wurde darüber hinaus, dass der soziale Status und die Wohnsituation einen Einfluss auf die Schadstoffbelastung in den Innenräumen haben. Gleichzeitig zeigt sich aber auch, dass seit der ersten GerES in den 1980er-Jahren die Belastung mit den vielen Schadstoffen

(bspw. Blei im Blut oder Quecksilber im Urin) zurückgegangen ist, dafür aber neue Stoffe und andere Gesundheitsrisiken, wie zum Beispiel Lärm, vermehrt in den Blickpunkt rücken.

68. Der letzte Survey, durchgeführt für die Jahre 2014 bis 2017, legte den Fokus der Untersuchung auf Kinder und Jugendliche. Die Ergebnisse zeigten im Vergleich mit früheren Erhebungen unter anderem, dass die innere Belastung mit regulierten Phthalaten (Verbindungen, die insbesondere als Weichmacher in Kunststoffen verwendet werden) abnahm, mit deren Substituten dagegen anstieg (LEMKE et al. 2021). Die höchste Exposition fand sich bei den jüngsten Kindern (3 bis 5 Jahre alt). Mögliche Gründe hierfür sind neben der höheren Atemfrequenz intensivere Bewegungsaktivitäten und die Tatsache, dass kleinere Kinder mehr Gegenstände in den Mund nehmen („Hand-zu-Mund-Aktivität“). Eine auffällige interne Belastung dieser Gruppe zeigte sich darüber hinaus auch bei den Abbauprodukten von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), eine besonders schädliche Stoffgruppe, deren Vertreter unter anderem krebsauslösend (kanzerogen) sind (MURAWSKI et al. 2020). Potenzielle Quellen für PAK sind offene Feuerstellen wie Gasherde in der Wohnung sowie Kunststoffartikel. Die Konzentrationen von Bisphenol A im Urin haben zwar im Vergleich zu Proben aus den Jahren 2003 bis 2006 bei jüngeren Kindern abgenommen (TSCHERSICH et al. 2021), in Einzelfällen wurde allerdings immer noch der Human-Biomonitoring-(Leit-)Wert I (HBM-I) von 0,1 mg/l überschritten. Bisphenol A wird insbesondere in der Kunststoffherstellung eingesetzt und weist eine endokrine (hormonelle) Wirkung auf (UBA 2021j).

69. Die Lärmerhebungen wiesen eine erhebliche Gesundheitsbelastung nach (TOBOLLIK et al. 2019). Verantwortlich war insbesondere der Verkehrslärm, an erster Stelle verursacht durch den Straßenverkehr, gefolgt von Flug- und Schienenverkehr. So sind nach den Ergebnissen der turnusmäßigen Berichterstattung an die EU zum Umgebungslärm mehr als 2,8 Millionen Menschen (Erwachsene und Kinder) in Deutschland in der Nacht Lärmpegeln von mehr als 50 dB ausgesetzt. Das sind Werte, ab denen das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen signifikant zunimmt (SRU 2020, Kap. 5.3).

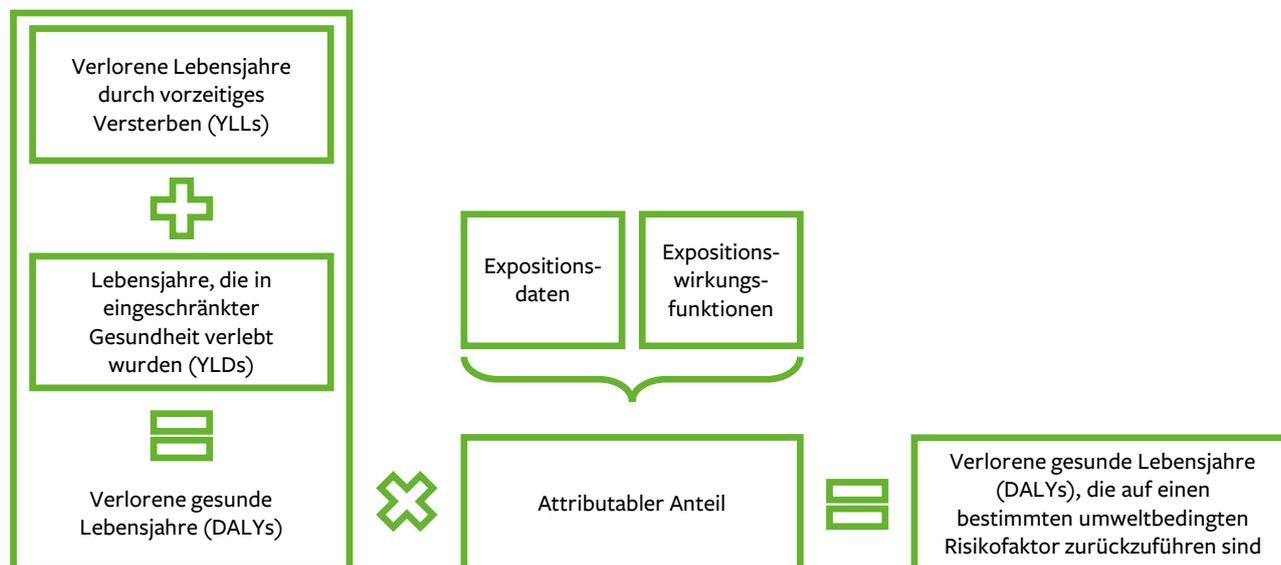
2.3.2 Umweltbedingte Krankheitslasten berechnen

70. Während Umweltsurveys versuchen, umweltbezogene Gesundheitsrisiken zu erfassen, zielen die Berechnungen umweltbedingter Krankheitslasten darauf ab, die Erkrankungen und Todesfälle zu quantifizieren, die einer Exposition gegenüber einem umweltbedingten Risikofaktor zugeschrieben werden können (engl. environmental burden of disease – EBD) (UBA 2019b). Unter Berücksichtigung der Limitationen und Unsicherheiten kann die Politik die Ergebnisse solcher EBD-Modellierungen nutzen, um verschiedene umweltbedingte Krankheitslasten zu vergleichen, zu priorisieren und ihre Entscheidungen empirisch zu stützen (MURRAY et al. 2020, S. 124).

71. Die bevölkerungsbezogene Krankheitslast infolge unterschiedlicher Erkrankungen und Risikofaktoren kann mithilfe der Kennzahl verlorener gesunder Lebensjahre (engl. disability-adjusted life years – DALY) quantifiziert werden. Mit diesem Indikator kann die Krankheitslast bestimmter Krankheiten miteinander ins Verhältnis gesetzt werden. Auch umweltbezogene Risikofaktoren lassen sich miteinander vergleichen. Die Kennzahl ermöglicht zudem Trendanalysen und hilft der Politik und Verwaltung dabei, Prioritäten zu setzen. Ein DALY entspricht dabei einem verlorenen gesunden Lebensjahr. Verlorene gesunde Lebensjahre vereinen Sterblichkeit (Mortalität) und Erkrankungen (Morbidität) innerhalb der Bevölkerung in einem Summenmaß (Abb. 2-7). Dafür werden die durch vorzeitiges Versterben verlorenen Lebensjahre (engl. years of life lost due to mortality – YLL) und die in eingeschränkter Gesundheit gelebten Lebensjahre (engl. years lived with disability – YLD) aufsummiert. Die Lebensjahre verloren durch vorzeitiges Versterben ergeben sich aus der Multiplikation der Anzahl der Todesfälle mit der altersspezifischen Lebenserwartung zum Zeitpunkt des Todes. Die Lebensjahre gelebt in eingeschränkter Gesundheit werden ermittelt, indem die Anzahl erkrankter Menschen in einem bestimmten Zeitraum mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert wird (Prävalenzansatz). Der Gewichtungsfaktor wird eingesetzt, um die Erkrankungsschwere und den Grad der Einschränkungen zu berücksichtigen. Die auf diese Weise berechneten verlorenen gesunden Lebensjahre beschreiben die Krankheitslast durch eine bestimmte Erkrankung in einer Bevölkerung.

o Abbildung 2-7

Berechnung der umweltbedingten Krankheitslast



Quelle: SRU 2020, Abb. 5-3; modifiziert nach TOBOLLIK et al. 2018b, S. 748

72. Mithilfe von Studien zur umweltbedingten Krankheitslast lässt sich näherungsweise abschätzen, welchen Einfluss definierte Umweltfaktoren auf die menschliche Gesundheit haben. So können unterschiedliche umweltbedingte Risikofaktoren miteinander ins Verhältnis gesetzt werden. Beispielsweise schätzten HÄNNINEN et al. (2014) und HÄNNINEN und KNOL (2011), dass jährlich 8.384 DALYs pro einer Million Menschen in Deutschland auf Feinstaub (PM_{2,5}, Kap. 3-1) zurückzuführen sind. Die Krankheitslast, die auf die Exposition gegenüber Feinstaub zurückgeht, ist demnach deutlich größer als die Krankheitslast durch Passivrauchen (1.235 DALYs pro einer Million Menschen), Verkehrslärm (591 DALYs pro einer Million Menschen) sowie die sechs weiteren Umweltrisikofaktoren (Benzol, Dioxine und Polychlorierte Biphenyle, Formaldehyd, Blei, Ozon, Radon), die bei dieser EBD-Studie berücksichtigt wurden (HÄNNINEN und KNOL 2011, S. 91). Aber auch andere EBD-Studien (wie beispielsweise die VegAS-Studie, s. HORNBERG et al. 2013) haben die DALYs von Umweltstressoren in Deutschland untersucht.

73. Um diese umweltbedingt verlorenen gesunden Lebensjahre zu berechnen, muss der sogenannte attributable (zurechenbare) Anteil ermittelt werden, also der Anteil an einer Krankheit in der Bevölkerung, der durch einen definierten Umweltfaktor verursacht wird.

Der attributable Anteil wird mithilfe von Daten zur Exposition und zur Expositionswirkungsbeziehung berechnet. Er kann herangezogen werden, um abzuschätzen, wie viele DALYs, YLDs oder YLLs statistisch auf die Exposition mit einem Risikofaktor zurückgeführt werden können. Laut den Modellierungen von SCHNEIDER et al. (2018, S. 32) waren so zum Beispiel im Jahr 2014 rund 6.000 zurechenbare Todesfälle in Deutschland auf die Hintergrund-Stickstoffdioxid-(NO₂-)Exposition zurückzuführen. Dies entspricht etwa 50.000 durch vorzeitiges Versterben verlorenen Lebensjahren (88 YLLs pro 100.000 Menschen, s. ebd.).

74. Ergebnisse von EBD-Studien sind Näherungswerte. Wie jede andere Methodik sind auch sie mit gewissen Unsicherheiten und Limitationen behaftet. Zunächst sind DALYs eine stark verkürzte Darstellung einer komplexen Wirklichkeit. So nimmt die Methodik an, dass alle Menschen durch ihre Verletzungen, Krankheiten und Behinderungen mit eingeschränkter Gesundheit bzw. Funktionalität im gleichen Maße beeinträchtigt sind. Menschen nehmen ihren Gesundheitszustand je nach Ressourcen und Risiken jedoch unterschiedlich wahr. Zudem fließt eine Reihe Annahmen in die Modelle einer EBD-Studie ein, zum Beispiel hinsichtlich der Expositionswirkungsbeziehungen oder der altersspezifischen durchschnittlichen Lebenserwartung. Darüber hinaus fehlt der Methodik die soziale Perspek-

tive auf die Entstehung und Verteilung der (umweltbedingten) Krankheitslast. Da dies nicht zur primären Zielsetzung von EBD-Studien gehört, sind ergänzende Untersuchungen erforderlich, die auch die strukturellen Determinanten sozialbedingter Ungleichheiten der Krankheitslasten analysieren. So sollten auch die gesellschaftlichen Strukturen, die die Gesundheit beeinflussen (Abschn. 2.2.3), stärker in gesundheitsförderliche und präventive Interventionen einfließen. Zuletzt sehen sich EBD-Studien immer wieder mit dem Problem fehlender oder unzureichender Eingangsdaten konfrontiert (z. B. Expositionsdaten zu perfluorierten Chemikalien, HORNBERG et al. 2016, S. 157), denn verlässliche Näherungswerte der umweltbedingten Krankheitslast lassen sich nur mit verlässlichen Eingangsdaten abschätzen. Zudem können nur ausreichend beforschte und empirisch erfasste Umweltrisiken berücksichtigt werden.

75. Zur Ermittlung der umweltbedingten Krankheitslast in Deutschland wurde bereits eine Reihe von EBD-Studien durchgeführt, etwa zu Lärm oder Feinstaub (TOBOLLIK et al. 2018b). Zwar sind DALYs innerhalb einer Studie vergleichbar, aufgrund abweichender Methodiken und Datengrundlagen kommen verschiedene Studien allerdings teils zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, was einen Vergleich zwischen Studien erschwert (CLAßEN 2013). Das Robert Koch-Institut (RKI), das Wissenschaftliche Institut der AOK und das UBA haben daher die nationale Burden of Disease-Studie „BURDEN 2020“ entwickelt. Sie liefert regional differenzierte Erkenntnisse zur Krankheitslast in Deutschland und deren Risikofaktoren (RKI 2021a). Zu den umweltbezogenen Risikofaktoren zählen unter anderem Feinstaub, Blei und Lärm. Da es sich um ein Pilotprojekt handelt, konnten nicht alle Erkrankungen und umweltbezogenen Risikofaktoren berücksichtigt werden. Für ein vollständigeres Bild zur Bewertung der umweltbedingten Krankheitslasten in Deutschland wäre es beispielsweise sinnvoll, die Krankheitslasten durch UV-Strahlung und Radon zu ermitteln. Bereits veröffentlichte Daten der BURDEN 2020 belegen, dass koronare Herzkrankheiten, Schmerzen im unteren Rücken und Lungenkrebs die Erkrankungen sind, die am meisten zur Krankheitslast in Deutschland beitragen (PORST et al. 2022). Ergebnisse der BURDEN 2020 zur umweltbedingten Krankheitslast stehen bislang noch nicht zur Verfügung.

76. Wenn qualitativ belastbare Gesundheits- und Umweltdaten in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, kann die Abschätzung der umweltbedingten Krankheitslast vergleichende Informationen liefern,

welche Umweltrisiken besonders gesundheitsrelevant für die Bevölkerung sind. Durch Vergleiche zwischen den Auswirkungen unterschiedlicher Umweltrisiken können Politik und Verwaltung ihre Maßnahmen planen, überprüfen und bewerten. Damit diese Akteure EBD-Studien interpretieren, bewerten und mögliche Entscheidungen ableiten können, benötigen sie transparente Informationen zur Datenqualität und den Annahmen, die den Modellen zugrunde liegen. So kann die EBD-Methodik trotz ihrer Limitationen ein hilfreiches Werkzeug sein, um umweltbedingte Krankheitslasten zu priorisieren und Ressourcen entsprechend zu verteilen.

77. Die EBD-Methode kann für einzelne Umweltstressoren (z. B. Feinstaub) ein wichtiger, jedoch nicht alleiniger Baustein zur Vorbereitung politischer Entscheidungen und Präventionsmaßnahmen im gesundheitsbezogenen Umweltschutz sein (HORNBERG et al. 2013). Die mit Feinstaub verbundenen Krankheitslasten lassen sich selbstverständlich auch als entsprechende Gesundheitsgewinne verstehen, die entstehen, wenn diese Belastung gesenkt werden kann. HORNBERG et al. (ebd.) schätzen, dass eine 10%ige Reduktion der Feinstaubexposition (PM_{10}) die Gesamt mortalität durch Kurzzeitexposition um 10 % verringern könnte (Zeitraum: 2005 bis 2009). Auch Gesundheitsfolgenabschätzungen können dazu beitragen, die gesundheitlichen Gewinne einer umweltfreundlichen und gesundheitsförderlichen Politik zu quantifizieren (Tz. 399). Eine solche positive Wendung – auch in der Kommunikation – ermöglicht es, die Vorteile einer solchen Politik klarer hervorzuheben.

2.3.3 Umweltbedingte Krankheitslasten und Gesundheitsgewinne ökonomisch bewerten

78. Krankheitslasten bzw. Gesundheitsgewinne sind auch aus ökonomischer Sicht von großer Bedeutung, denn als Folge von Krankheit und zurechenbaren Todesfällen entstehen nicht nur vermehrte Ausgaben für das Gesundheitssystem, sondern es resultieren zum Beispiel infolge von Fehlzeiten auch relevante gesamtwirtschaftliche Einbußen. Daher bringt gesundheitsbezogener Umweltschutz hohe ökonomische Gewinne mit sich, wie eine Vielzahl von Studien zeigt (s. etwa den Überblick von HORNBERG et al. 2016). Insbesondere die ökonomischen Gesundheitsgewinne durch Luftrein-

haltemaßnahmen sind breit erforscht. So schätzen zum Beispiel CHOMA et al. (2021) die zwischen 2008 und 2017 in den USA erzielten Gesundheitsgewinne durch Luftverschmutzungsreduktion im Verkehrssektor auf 190 bis 480 Mrd. USD pro Jahr. Die jährlichen Gesundheitsgewinne liegen damit eine ganze Größenordnung über den Ausgaben zur Luftreinhaltung (ebd., S. 5 f.). Komplementär dazu hat die WHO den ökonomischen Schaden geschätzt, der durch die langfristig erhöhte Mortalität infolge von Feinstaubbelastung (PM_{2,5}) in unterschiedlichen Ländern Europas entsteht (WHO Regional Office for Europe und OECD 2015). Für das Jahr 2010 gibt die WHO einen Schaden zwischen 0,3 und 35,2 % des Bruttoinlandsprodukts des jeweiligen Landes an – bei kleinen Ländern mit hoher Luftverschmutzung fällt der Schaden besonders groß aus. In Deutschland entsteht durch attributable Todesfälle ein Schaden, der 4,5 % des Bruttoinlandprodukts entspricht (ebd., S. 27). In anderen Bereichen kommt dem gesundheitsbezogenen Umweltschutz ebenfalls ein hoher ökonomischer Wert zu. Bei der Chemikalienregulierung führt die Chemikalienverordnung (EG) Nr. 1907/2006 (sog. REACH-Verordnung) zu ökonomischen Gesundheitsgewinnen von mindestens 700 Mio. Euro pro Jahr in Europa (ECHA 2016, S. 9). Insgesamt liegen die Gesundheitsgewinne wohl deutlich höher, da nach wie vor „nur sehr begrenzte Schätzungen zur Quantifizierung und Monetarisierung der mit REACH verbundenen Vorteile verfügbar sind“ (CIATTI et al. 2021, S. 15).

79. Da die ökonomische Bewertung von Krankheitslasten und Gesundheitsgewinnen ethische Fragen aufwirft, sollte ihr Zweck klar eingegrenzt werden: Die ökonomische Bewertung zielt darauf ab, verschiedene Politikmaßnahmen miteinander zu vergleichen und in eine ordinale Reihenfolge hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses bringen zu können (MARTUZZI und GEORGE 2020). Die Bewertung ist also Mittel zum Zweck, nicht Selbstzweck. Insbesondere geht es darum, Referenzpunkte für die Kosten-Nutzen-Bewertung von Maßnahmen zu erhalten – nicht darum, den intrinsischen Wert menschlichen Lebens zu quantifizieren. Ein Beispiel von HAMMIT et al. (2020, S. 693) verdeutlicht, wie Bewertungsergebnisse dargestellt und interpretiert werden sollten. Eine hypothetische Luftreinhaltemaßnahme in den USA führt zu einer Mortalitätsreduktion für 200 Millionen US-Amerikaner:innen. Der durchschnittliche Gewinn von vier Monaten Lebenserwartung (= um durchschnittlich 5/10.000 reduziertes jährliches Mortalitätsrisiko) durch die Maßnahme entspricht einem ökonomischen Wert von durchschnitt-

lich 5.000 USD pro Person (Zahlen zur Illustration, orientiert an typischen Schätzwerten, s. ebd., S. 689 ff.). Dieser Maßnahmennutzen (geteilt durch die Pro-Kopf-Kosten) wäre anschließend mit alternativen Maßnahmen zu vergleichen. Im Gegensatz dazu sind Gesamtwerte (im Fallbeispiel jährlich 100.000 vermiedene Todesfälle im ökonomischen Gesamtwert von 1 Bill. USD) weniger hilfreich, da sie die irreführende Assoziation auslösen können, der intrinsische Wert menschlichen Lebens ließe sich ökonomisch berechnen.

80. Im einfachsten Fall erfordert ein Vergleich der Kosteneffektivität von Maßnahmen keine Monetarisierung von Gesundheitsgewinnen. Sind beispielsweise die Kosten zweier Maßnahmen mit demselben Ziel sowie ihre jeweilige Effektivität in vermiedenen YLL bekannt, wäre die Maßnahme mit größerem Verhältnis aus vermiedenen YLL/Kosten vorzugswürdig. In komplexeren Entscheidungskontexten erweist sich allerdings die ökonomische Bewertung von Gesundheitsgewinnen als hilfreich (MARTUZZI und GEORGE 2020, S. 100 f.). Wenn etwa die Informationen zu Gesundheitsgewinnen nicht in derselben Einheit vorliegen, schafft die Vereinheitlichung auf ein monetäres Maß Vergleichbarkeit. Zudem müssen Entscheidungen meist in einem weit unübersichtlicheren Kontext als der diskreten Wahl zwischen festgelegten Optionen getroffen werden: Interventionen im Kontext von umweltbezogener Gesundheit können in unterschiedlicher Intensität durchgeführt und müssen womöglich gegen andere Maßnahmen abgewogen werden, die aber bereits in monetarisierter Form vorliegen. Die entsprechende Abwägung erfordert also die explizite ökonomische Quantifizierung der Gesundheitsgewinne. Schließlich müssen sich Maßnahmen zum gesundheitsbezogenen Umweltschutz in einem Wettbewerb um knappe öffentliche Ressourcen bewähren. Insofern dient die Monetarisierung auch dazu, Gesundheitsgewinne politisch sichtbar zu machen, denn gerade die Interessen der verursachenden Sektoren (z. B. Landwirtschaft und Verkehr) sind meist sehr stark repräsentiert (SCHNEIDER und KIRCHGÄSSNER 2005).

81. Die ökonomische Bewertung von Krankheitslasten und Gesundheitsgewinnen darf sich dabei nicht nur auf direkt erfassbare Krankheitskosten stützen. Gerade die psychischen Aspekte, das durch Krankheit und Tod ausgelöste subjektive Leiden beziehungsweise der subjektive Wert eines gesunden Lebens, blieben so unbeachtet. Um diese nicht über Märkte erfassten Effekte ebenfalls bewerten zu können, stützt sich die Ökonomik auf Studien zur Zahlungsbereitschaft (Willingness to

pay – WTP). Diese finden auch im Bereich umweltbezogener Gesundheit inzwischen breite Verwendung (ROBINSON et al. 2019). Konkret werden dabei Personen befragt, wie viel Geld sie bereit wären auszugeben, um – in jeweils konkret zu spezifizierenden Entscheidungskontexten – ihren Gesundheitszustand zu verbessern oder Krankheit zu vermeiden.

82. Solche WTP-Studien können prinzipiell wertvolle Informationen liefern, müssen dazu aber potenzielle Fallstricke vermeiden (BEST et al. 2021). Zum Beispiel hängt die individuelle Zahlungsbereitschaft von verschiedenen Einflussfaktoren ab, wie etwa dem verfügbaren Einkommen (COMBES et al. 2018). Entsprechend wichtig ist es, Einkommensungleichheit zu berücksichtigen, da sonst insbesondere eine Unterschätzung der gesamtgesellschaftlichen Zahlungsbereitschaft droht (GUERRIERO und WRIGHT 2020; BAUMGÄRTNER et al. 2017).

83. Zukünftig sollte vor allem die sogenannte deliberative monetäre Bewertung zur ökonomischen Quantifizierung von Gesundheitsgewinnen verwendet werden (LO und SPASH 2013; BARTKOWSKI und LIENHOOP 2018; SCHAAFSMA et al. 2018). Diese Bewertungsmethode setzt auf den wiederholten Austausch von Informationen und Meinungen in Gruppendiskussionen, bevor individuelle Zahlungsbereitschaften ermittelt werden. Dadurch adressiert die deliberative monetäre Bewertung auch grundsätzliche Bedenken, die gegenüber WTP-Studien geäußert wurden – dass sich stabile Präferenzen nur in sozialer Interaktion und auf Basis ausreichender Beschäftigung mit dem jeweiligen Gegen-

stand bilden können (BARTKOWSKI und LIENHOOP 2018, S. 103). Je stärker sich die Perspektive weg von Krankheitslasten und hin zu Gesundheitsgewinnen verschiebt (Tz. 28 f.), desto wichtiger wird die deliberative monetäre Bewertung. Um Verbesserungen der individuellen Gesundheit auch jenseits akuter Erkrankungen (z. B. Resilienz gegenüber zukünftigen Belastungen) ökonomisch einordnen zu können, sind individuelle, gleichwohl deliberativ gebildete Bewertungen unerlässlich.

84. Insgesamt liefert die Quantifizierung von ökonomischen Gesundheitsgewinnen eine wichtige Informationsgrundlage für politische Entscheidungen (BEST et al. 2021, S. 181). Sie trägt dazu bei, den Einsatz begrenzter Ressourcen möglichst effektiv zu steuern. Bislang fehlen jedoch in vielen Teilbereichen ausreichende Daten zu Krankheitslasten und -kosten (GUERRIERO 2020). Hier ist weitere Forschung notwendig. Zudem mag das Ausweisen von Gesamtwerten für die umweltbezogene Gesundheit zwar die öffentliche Kommunikation erleichtern, es kann jedoch auch zu dem Missverständnis führen, die Ökonomik wolle den intrinsischen Wert eines menschlichen Lebens quantifizieren. Ökonomische Bewertung sollte daher immer dazu dienen, in konkreten Entscheidungssituationen zwischen verschiedenen Politikmaßnahmen abzuwägen.

3

Beispiele für umweltbezogene Gesundheitsbelastungen

Es gibt vielfältige gesundheitsbezogene Umweltrisiken. Besonders deutlich wird dies an den Beispielen Feinstaub in der Außenluft, Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung, per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) und Hitzestress. Die Feinstaubbelastung ist das Umweltproblem, welches in Deutschland aktuell die höchsten Krankheitslasten verursacht. Antibiotika, die in der Tierhaltung nicht ausreichend sorgsam verwendet werden, tragen dazu bei, dass diese Wirkstoffe aufgrund von Resistenzen zunehmend nicht mehr wirksam sind. Dass Menschen mit einer Fülle von Chemikalien in Kontakt kommen, die ein Risiko für die Gesundheit darstellen können, verdeutlicht die Stoffgruppe der PFAS. Der Klimawandel kann unmittelbar die menschliche Gesundheit beeinträchtigen, was sich am Beispiel der Hitze zeigt. Es gibt ganz unterschiedliche Gründe, weshalb diese und andere umweltbezogene Gesundheitsprobleme bisher nicht gelöst werden.

85. Umweltbezogene Gesundheitsbelastungen sind vielfältig. Anhand vier ausgewählter Problemfelder mit einer besonders hohen gesundheitlichen Relevanz in Deutschland wird dies im Folgenden verdeutlicht. Zum Teil wird dabei auch auf Empfehlungen zur Lösung dieser Umweltprobleme eingegangen. Die Luftbelastung mit Feinstaub gehört zu den klassischen und entgegen der öffentlichen Wahrnehmung noch nicht gelösten Umweltproblemen, die weiterhin hohe Krankheitslasten verursacht (Kap. 3.1). Antibiotikaresistenzen stellen ein großes Problem der Gesundheitsversorgung dar, sowohl

national wie global. Der Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung trägt dazu bei, dass diese Arzneimittel bei der Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten bei Menschen und Tieren an Wirksamkeit verlieren (Kap. 3.2). Der Mensch kommt mit einer großen Zahl von Chemikalien in Kontakt. Ein besonders brisantes Beispiel hierfür sind die PFAS. Diese zum Teil sehr langlebigen Stoffe wurden in allen Umweltmedien nachgewiesen (Kap. 3.3). Zudem gibt es in Deutschland hunderte von Orten, wo Böden und das Grundwasser durch diese Stoffe stark kontaminiert sind. Mit dem fortschreitenden Klimawandel werden Extremwetterereignisse wie lange Starkregenereignisse und Überflutungen, aber auch Hitzeperioden zunehmen. Der damit verbundene Hitzestress ist eine Gesundheitsbelastung, die besonders die Bewohner:innen urbaner Räume trifft und in Zukunft weiter zunehmen wird (Kap. 3.4). Anhand der ausgewählten Beispiele wird sichtbar, dass umweltbezogene Gesundheitsdeterminanten (Faktoren, die die Gesundheit beeinflussen) in den relevanten Politikfeldern nicht ausreichend berücksichtigt werden (Kap. 3.5).

3.1 Feinstaub

86. Die Luftschadstoffbelastung ist in Deutschland der größte umweltbezogene Risikofaktor für die Gesundheit (PLASS et al. 2014; IHME 2023b). Besonders problematisch sind die Feinstaubimmissionen (HÄNNINEN et al. 2014; ROJAS-RUEDA et al. 2019). Bei Feinstaub handelt

es sich um luftgetragene Partikel, die einen aerodynamischen Durchmesser $\leq 10 \mu\text{m}$ aufweisen (PM_{10}) (Tz. 90; Kasten 3-1). Zwar werden die europäischen Grenzwerte für Feinstaub seit einigen Jahren in Deutschland flächendeckend eingehalten (Abb. 3-4), dennoch sind die Krankheitslasten durch Feinstaubimmissionen immer noch sehr hoch (Tz. 102). So geht die EEA davon aus, dass 28.900 attributable Todesfälle in Deutschland (berechnet für das Jahr 2020) auf die Exposition gegenüber dem als lungengängig bezeichneten Anteil des Feinstaubes ($\text{PM}_{2,5}$) (Abb. 3-1) zurückzuführen sind (EEA 2022b; s. Hintergrund zu entsprechenden Berechnungen Tz. 70 ff. und SCHULZ et al. 2019a). Nach Auffassung des SRU sind die derzeitigen Grenzwerte nicht ambitioniert genug, insbesondere da sie nicht den WHO-Empfehlungen entsprechen (Tz. 126).

Kasten 3-1 Größenbestimmung von Feinstäuben

Partikel in der Luft haben in der Regel sehr unterschiedliche Formen. Das macht es schwierig, ihre Größe zu bestimmen. Deshalb wird für die Größenbestimmung der aerodynamische Durchmesser eines Partikels zugrunde gelegt. Unabhängig von der Partikelform und -dichte entspricht dies einer Kugel mit einer Dichte von 1 (bzw. $1,0 \text{ g/cm}^3$), die die gleiche Sinkgeschwindigkeit wie das Partikel hat, letzteres bei ruhender und laminar strömender Luft (MAK-Kommission 1997).

87. Feinstaubbelastung steht insbesondere im Zusammenhang mit Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems, aber auch andere Organe können betroffen sein. Gesundheitseffekte wurden auch bei Konzentrationen unterhalb der aktuellen Grenzwerte beobachtet (s. bspw. STRAK et al. 2021). Deshalb ist es erforderlich, die Feinstaubbelastung weiter zu mindern, um die Gesundheit der Menschen, insbesondere der Bewohner:innen der Ballungsräume, zu verbessern.

88. Die Menschen in Deutschland halten sich die meiste Zeit in Innenräumen auf, davon im Durchschnitt etwa zwei Drittel in ihrer eigenen Wohnung (UBA 2016). Die Feinstaubbelastung der Innenraumluft (speziell der Feinstaubfraktion $\text{PM}_{2,5}$) wird zumeist durch die Außenluftbelastung bestimmt (BAG 2008; Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des UBA und der Obersten Landesgesundheitsbehörden 2008), ausgenommen, es

befinden sich bedeutende Emissionsquellen wie ein offener Kamin in den Innenräumen.

3.1.1 Gesundheitsrisiken

89. Die negativen Wirkungen von Feinstaub für die menschliche Gesundheit sind umfangreich beschrieben, auch wenn es noch eine Reihe offener Fragen beispielsweise hinsichtlich bestimmter Wirkmechanismen gibt (siehe z. B. WHO 2013a; 2021b; SCHULZ et al. 2019a; 2019b; 2019c; SRU 2008; 2012a). Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte zusammengefasst und neue Erkenntnisse ausgeführt.

Wichtige Eigenschaften von Partikeln bzw. Stäuben

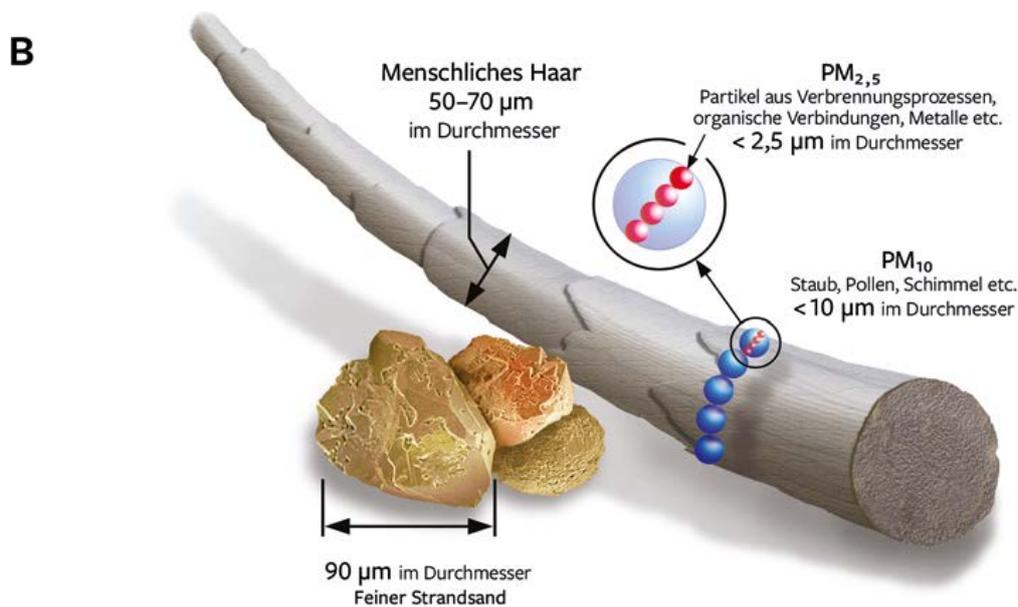
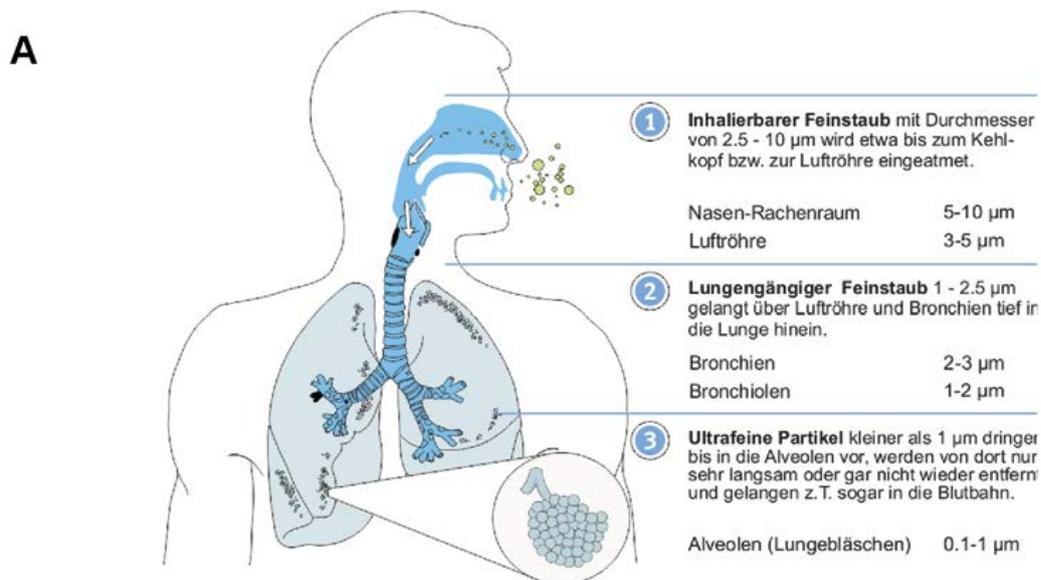
90. Als Schwebstaub werden alle Partikel bezeichnet, die von Luft umgeben sind und sich in einem gegebenen ungestörten Luftvolumen befinden (KRdL 2014). Feinstaub ist eine Teilmenge bzw. bestimmte Fraktion des Schwebstaubs. So werden feste Partikel oder Aerosole in der Luft in die folgenden Größenklassen unterteilt:

- Schwebstaub: Partikel mit einer Größe (aerodynamischer Durchmesser) von bis zu $70 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 1 \text{ Mikrometer} = 1 \text{ Tausendstel Millimeter}$; $100 \mu\text{m}$ entsprechen der Dicke eines Haares). Der Anteil des Schwebstaubs, der nicht zum Feinstaub gerechnet wird, verbleibt meist im oberen Bereich der Atemwege (Nase und Rachenraum).
- Feinstaub PM_{10} : Partikel kleiner als $10 \mu\text{m}$, gelangen bis in den oberen Bereich der Lunge.
- Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$: Partikel kleiner als $2,5 \mu\text{m}$, dringen bis tief in die Atemwege bzw. bis in die Bronchiolen vor.
- Ultrafeinstaub $\text{PM}_{0,1}$: Partikel kleiner als $0,1 \mu\text{m}$, können bis in die Lungenbläschen gelangen und von dort aus ins Blut und zu anderen Organen.

91. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer werden sie in die Atemwege aufgenommen (Abb. 3-1). Nach der Größe unterscheidet sich auch der zentrale Wirkort der Partikel. Ultrafeinstäube können zum Beispiel besonders tief in den Respirationstrakt bzw. bis in die Lungenbläschen eindringen. Von dort aus ist es möglich, dass sie über die Blut-Luft-Schranke (alveolokapilläre Schranke) das Blutgefäßsystem erreichen und systemisch auf andere Organe, wie beispielsweise das Herz,

o **Abbildung 3-1**

Aufnahme von Feinstaub in die Atemwege getrennt nach Fraktionen



Quellen: **A** Stadt Zürich – Gesundheits- und Umweltschutzdepartement 2023; **B** US EPA 2022c, eigene Übersetzung

wirken. Außerdem gibt es Hinweise, dass sie über den Riechnerv (Nervus olfactorius) und das Passieren der Blut-Hirn-Schranke das Gehirn erreichen können (SCHRAUFNAGEL 2020).

92. Chemische Reaktionen von Partikeln mit ihrer Umgebung erfolgen primär über die Partikeloberfläche. Das gilt sowohl für andere Bestandteile in der Luft als auch

für menschliches Gewebe, wenn die Partikel inhaliert und im Atemtrakt abgelagert werden. Die Partikeloberfläche ist somit ein wichtiger Faktor für mögliche negative Gesundheitseffekte. Je kleiner die Partikel sind, desto größer ist das Verhältnis von Oberfläche zum Volumen. Das bedeutet, dass die Anzahl und Größe der vorhandenen Partikel für die Wirkung von Feinstäuben in der Luft wichtiger ist als ihre Gesamtmasse.

93. Generell ist für die Wirkung oder Nichtwirkung von Stäuben neben der Größe auch die Zusammensetzung der Partikel bedeutend. Partikel aus Verbrennungsprozessen sind problematisch, da sie besonders schädliche Verbindungen (bspw. Metalle oder PAK) auf der Oberfläche tragen. Werden die Partikel eingeatmet, tragen diese Verbindungen oder Ionen zusätzlich dazu bei, dass reaktive Sauerstoffverbindungen im Atemtrakt bzw. auf der Epitheloberfläche gebildet werden (s. ausführlich u. a. SCHULZ et al. 2018).

Gesundheitseffekte von Feinstäuben und Ultrafeinstäuben

94. Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) trägt nachweislich zu Atemwegserkrankungen (z. B. Bronchitis) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Zunahme des Risikos eines Herzinfarkts) sowie geringerer Lungenfunktion bei (WHO 2013b; 2021b; SRU 2008; SCHULZ et al. 2018). Dies wurde für Kurzzeit- und Langzeitexpositionen nachgewiesen. Beispielsweise führt ein Anstieg der Belastung mit PM_{10} zu einer vermehrten Symptomatik bei Asthmatiker:innen (GUARNIERI und BALMES 2014).

95. Ein wichtiger Mechanismus für das Auslösen von Erkrankungen des Respirationstraktes und des Herz-Kreislauf-Systems durch Feinstaub sind Entzündungsreaktionen (s. bspw. HOFFMANN et al. 2009; BROOK et al. 2004; SCHULZ et al. 2019b). Ursachen für diese Entzündungsreaktionen können unter anderem oxidativer Stress (Überangebot an reaktiven Sauerstoffverbindungen) oder ein mechanisches Einwirken der Partikel auf das Lungenepithel sein. Beides wiederum kann Zellen und Gewebe schädigen (s. ausführlich u. a. SCHULZ et al. 2018). Diese Entzündungen werden zunächst im Lungengewebe hervorgerufen, können sich dann aber systemisch auf das Herz-Kreislauf-System ausweiten. Entzündungen in den Atemwegen beeinträchtigen die Lungenfunktion oder führen dazu, dass bestehende Vorerkrankungen zunehmen. Gleichzeitig begünstigen sie, dass andere Stoffe leichter in das Lungenepithel eindringen, zum Beispiel Krankheitserreger (u. a. Viren) und Allergene, die wiederum zu Atemwegserkrankungen wie Heuschnupfen (allergische Rhinitis) oder Asthma beitragen. So haben Feinstäube eine adjuvante, das heißt verstärkende Wirkung in Bezug auf Allergien, die die Atemwege betreffen (SOMPORN-RATTANAPHAN et al. 2020). Des Weiteren gibt es Hinweise, dass Feinstaubbelastungen zu einem erhöhten Risiko einer Typ-2-Diabeteserkrankung führen (siehe u. a. EZE et al. 2015). Ähnliches gilt für negative Einflüsse auf die fötale Entwicklung (siehe u. a. MYHRE et al. 2018).

96. Außerdem wird die Luftverschmutzung – wie auch der Feinstaub in der Außenluft – von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer – IARC) der WHO als krebserregend eingestuft (IARC 2015). Besonders bedenklich sind Rußpartikel aus Dieselmotoren als ein besonders kritischer Bestandteil von Feinstaub (IARC 2014; s. Tz. 115).

97. Für Ultrafeinstäube wurden ebenfalls Wirkungen in den Atemwegen, unter anderem Entzündungsreaktionen, und auf das Herz-Kreislauf-System nachgewiesen (SCHRAUFNAGEL 2020). Gelangen ultrafeine Partikel in das Blutgefäßsystem, können sie das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigen, indem sie die Gerinnungsneigung des Blutes beeinflussen, zu vermehrtem oxidativen Stress führen und Thrombozyten aktivieren (RÜCKERL et al. 2007; GRONEBERG et al. 2009). Letzteres kann beispielsweise die Bildung von Thrombosen begünstigen.

98. Ultrafeinstäube können bis in das Gehirn gelangen. Einige Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen chronischer Feinstaubexposition und neurokognitiver Fehlfunktion im Alter (Erkrankung an Demenz) sowie verzögerter neurokognitiver Entwicklung von Kindern hin (siehe u. a. SUNYER et al. 2015; RANFT et al. 2009). Nicht immer war eine klare Trennung zwischen Ultrafeinstaub und Feinstaub in den Studien möglich. Das Beispiel zeigt, dass noch viele Unsicherheiten über das Auslösen von negativen Gesundheitseffekten durch Ultrafeinstäube bestehen (OHLWEIN et al. 2018).

99. Generell sind für die Gesundheitswirkungen von Feinstäuben keine Schwellenwerte ableitbar, unterhalb derer keine Effekte auftreten. Deshalb führen auch Minderungen bei moderaten Belastungen zu positiven Gesundheitseffekten (siehe z. B. LIU et al. 2019).

100. Säuglinge und Kleinkinder reagieren empfindlicher auf Schadstoffe in der Luft, da sie eine höhere Aktivität aufweisen (mehr Bewegung führt zu häufiger erhöhter Atemfrequenz), die Lungen weniger ausgereift sind und sich ihr Immunsystem erst noch entwickelt. Das gilt auch für die Exposition gegenüber Partikeln (GRIGG 2009; UBA 2021e; US EPA 2022b; s. a. Abschn. 2.2.2). Besonders schädlich ist die Feinstaubbelastung zudem für Menschen mit Vorerkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems. Als weitere vulnerable Gruppen gelten das ungeborene Leben und ältere Menschen, letztere insbesondere wegen möglicher Vorerkrankungen (HEINRICH und SLAMA 2007; BENTAYEB et al. 2012).

101. Die hohe Dringlichkeit, die Belastung der Luft mit Schadstoffen zu mindern, verdeutlicht unter anderem eine Studie aus dem Jahr 2019, die ein Drittel der Asthmaerkrankungen bei Kindern in Europa auf die Außenluftbelastung zurückführt (KHREIS et al. 2019). Feinstaub (PM₁₀) spielt als Verursacher dabei eine zentrale Rolle.

102. Feinstaubbelastungen führen zu Krankheitslasten, die inzwischen berechenbar sind (Tz. 78 ff.). So kommen TOBOLLIK et al. (2022) zu dem Ergebnis, dass die Feinstaubbelastung (PM_{2,5}) in Deutschland im Jahr 2018 zu einem Verlust an 101.776 DALYs aufgrund von ischämischen Herzerkrankungen und 60.843 DALYs aufgrund von Lungenkrebs geführt hat.

3.1.2 Situation in Deutschland

103. Bei der Entstehung von Feinstaub stehen Verbrennungsprozesse im Vordergrund. Aber auch natürliche Quellen wie Bodenerosion können zur Belastung beitragen. Partikel werden zudem nicht nur direkt emittiert, sondern entstehen auch aus gasförmigen Substanzen wie NO_x, SO₂ oder Ammoniak (GDCh 2010). Diese so-

genannten Sekundärpartikel bilden sich durch verschiedene chemische Prozesse in der Atmosphäre. Für SO₂ sind insbesondere Industrieprozesse einschließlich solcher aus der Energiewirtschaft verantwortlich. Bei NO_x spielt zusätzlich der Verkehr eine wichtige Rolle. Ammoniakemissionen stammen dagegen primär aus der Landwirtschaft (UBA 2022j). Somit trägt eine ganze Reihe von Sektoren, von der Industrie über den Straßenverkehr bis hin zur Landwirtschaft, zur Feinstaubproblematik bei (UBA 2021g; s. Abb. 3-2).

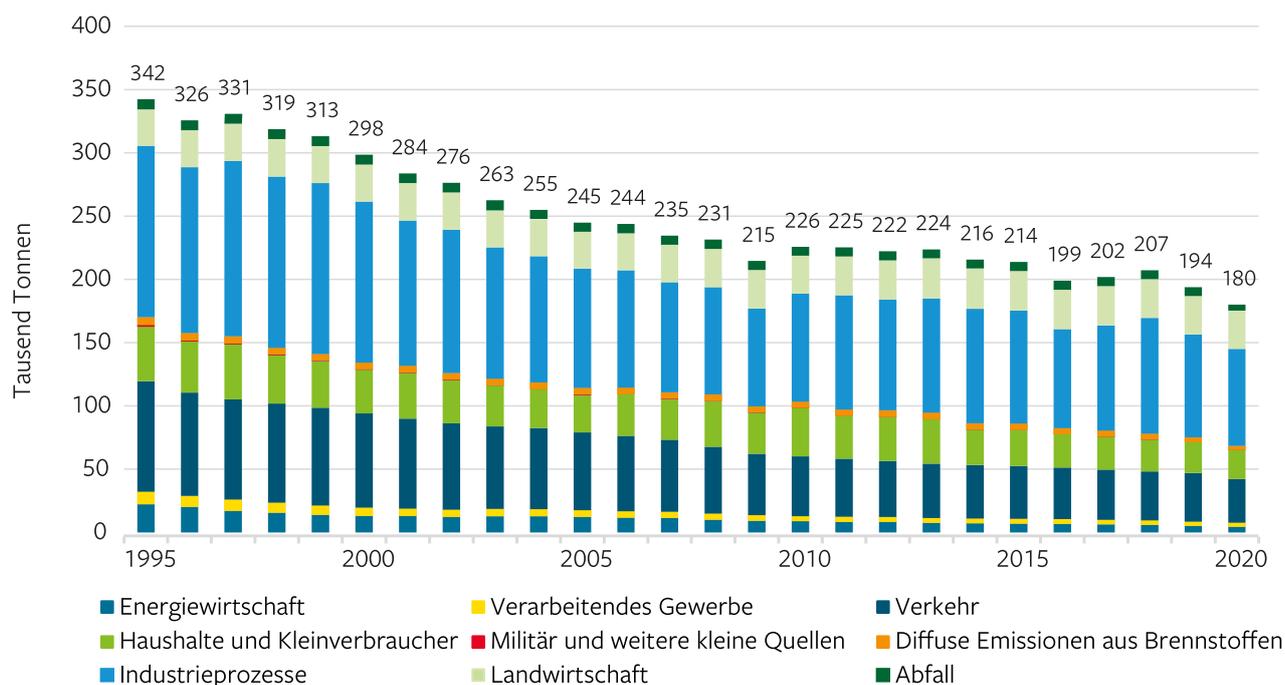
Emissionen

104. Betrachtet man die Gesamtemissionen von PM₁₀ in Deutschland im Jahr 2020, so stammen 42,6 % aus Industrieprozessen, aus dem Verkehr noch 19,2 % (Abb. 3-2). Für PM_{2,5} liegt der Verkehrsanteil bei 21,5 %. Insgesamt haben die Emissionen von PM₁₀ seit 1995 kontinuierlich abgenommen (UBA 2022c).

105. Bei der Energiewirtschaft als Verursacherin stellt die Kohleverstromung einen besonders wichtigen Emittenten dar, sowohl was die Menge als auch die Art der freigesetzten Partikel betrifft. So stammen etwa drei Viertel aller Stäube aus diesem Bereich der Energiewirtschaft (UBA 2017a). Neben Rußpartikeln werden auch

o Abbildung 3-2

Feinstaub-(PM₁₀-)Emissionen differenziert nach Quellkategorien in den Jahren 1995 bis 2020



Quelle: UBA 2022c, angepasst

NO_x und SO₂ emittiert, die Sekundärpartikel bilden können, die wiederum zur Feinstaubbelastung beitragen. Auch Ultrafeinstäube gehören zu den Emissionen aus der Kohleverstromung.

106. Für die Emissionen des Straßenverkehrs sind neben den Motoren auch Bremsen- und Reifenabrieb sowie Abrieb und Partikelauwirbelungen von der Straßenoberfläche verantwortlich. Die Höhe des Reifenabriebs hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von der Art des Reifenmaterials, der Fahrweise und dem Gewicht der Fahrzeuge. So ist bei schweren Fahrzeugen die Reifenabnutzung und damit die Partikelbildung besonders hoch. Dieselfahrzeuge standen in der Vergangenheit bei den Feinstaubemissionen des Verkehrs im Vordergrund, da sie besonders viele feine und ultrafeine sowie schwere oder unlösliche Partikel aus den Motoren freisetzen (STMUV Bayern o. J.).

107. Kleinf Feuerungsanlagen (Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung unter 1.000 kW) sind ein nicht zu vernachlässigender Emittent (UBA 2022b; s. Abb. 3-2). Sie sind für etwa 22 % der Emissionen von PM_{2,5} verantwortlich. Ein besonders hoher Anteil der Feinstaubmengen stammt aus der Verbrennung von Holz, während Öl- und Gasfeuerungen deutlich weniger feine Partikel freisetzen. Diese Emissionen sind an kalten Wintertagen bzw. in der Heizperiode besonders hoch und belasten die Luft bei sogenannten inversen Wetterlagen besonders stark.

Immissionen

108. Generell wird bei den Feinstaubimmissionen zwischen Partikeln unterschieden, die vor Ort emittiert werden, und solchen, die aus fernen Quellen stammen (Hintergrundbelastung) und mit den Luftmassen herantransportiert wurden. Die Hintergrundbelastung wird häufig durch Industrieprozesse und sonstige Feuerungsanlagen bestimmt (PESCH et al. 2008; HÜGLIN et al. 2012; UBA 2018b). Hinzu kommen noch Sekundärpartikel (Tz. 103).

109. In Ballungsräumen bzw. Städten gehört der Straßenverkehr zu den wichtigsten Verursachern von Feinstaubbelastungen (UBA 2018b; PESCH et al. 2008; s. Abb. 3-3). Dabei sind Brems-, Reifen- und Fahrbahnabrieb sowie Aufwirbelungen von der Straßenoberfläche im Hinblick auf die Masse inzwischen von größerer Bedeutung als die motorischen Emissionen (LANUV NRW 2022a). An Messstandorten in den Städten mit besonders hohen Feinstaubwerten dominiert in der Regel der motorisierte Verkehr die Immissionssituation.

110. Auch bei der Belastung der städtischen Luft durch ultrafeine Partikel scheint der Straßenverkehr der Hauptverursacher zu sein (King's College London 2017). Schaut man sich die Größenverteilung der Luftbelastung durch Feinstaub an, so macht Ultrafeinstaub in der Regel den Hauptanteil der Anzahl der Partikel aus. Etwas neuer ist die Erkenntnis, dass im Umfeld von Flughäfen auffällig hohe Ultrafeinstaubkonzentrationen auftreten, die insbesondere aus Abgasen von am Boden betriebenen Flugzeugturbinen stammen („Turbinenabgase am Boden sind die größte Quelle für Ultrafeinstaub von Flughäfen“, Pressemitteilung des UBA vom 15. März 2021; UNGEHEUER et al. 2022).

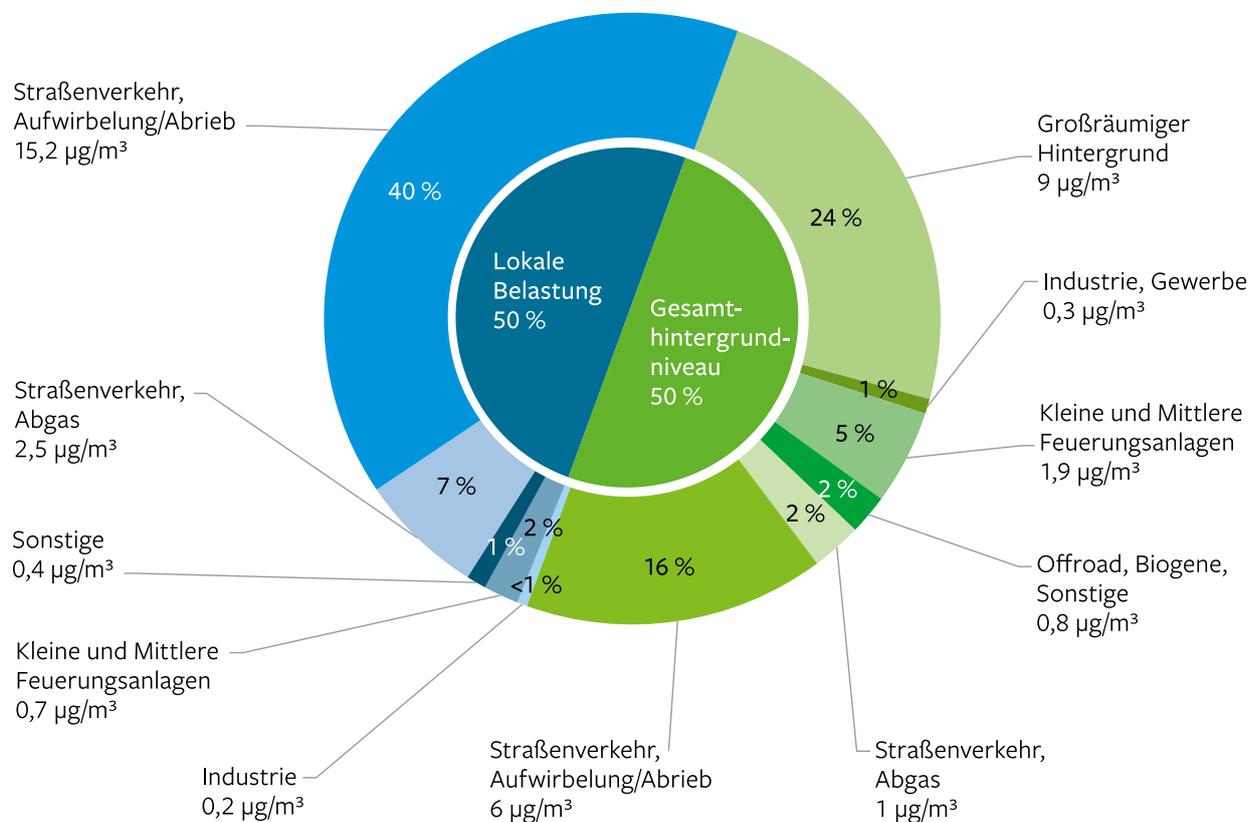
111. Da die Schadstoffe aus der Kohleverstromung meist in großer Höhe freigesetzt werden, können sie sich weit verteilen und über große Entfernungen transportiert werden. Sie tragen somit insbesondere zur Hintergrundbelastung bei. Wie viel der Kohlektor zur Feinstaubbelastung an einzelnen Luftmessstandorten beiträgt, lässt sich nur schwer ermitteln. Studien für den Braunkohletagebau kommen auf Maximalwerte von 11 %. Hierbei stehen aber lokale Quellen durch den Kohleabbau im Vordergrund und nicht die Emissionen von Kohlekraftwerken (Bezirksregierung Köln 2017).

112. Umweltbelastungen sind oftmals ungleich verteilt. Das zeigt sich im Besonderen bei den Luftschadstoffen (SRU 2018; s. Abschn. 2.2.3). So findet man in den Städten besonders hohe Feinstaubimmissionen an stark befahrenen Straßen. Hier leben besonders häufig einkommensschwache Personen. Die sozial ungleiche Verteilung von Belastungen zeigt sich unter anderem anhand der flächenhaften Darstellung der Feinstaubexposition in Berlin (GAFFRON und FREUDE 2021). Allerdings ist diese Tendenz nicht immer ganz eindeutig. Das liegt unter anderem daran, dass manche Innenstadtlagen, trotz vergleichsweise hoher Verkehrsbelastung und damit auch hoher Luftbelastung, besonders attraktiv für manche Menschen sind.

113. Feinstaubbelastungen der Außenluft treten in den seltensten Fällen singulär auf. In der Regel ergibt sich eine Expositionssituation aus einer Mischung von Luftschadstoffen, neben Feinstaub zum Beispiel noch NO_x, flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (non-methane volatile organic compounds – NMVOC) und Kohlenstoffmonoxid (CO) (UBA 2021a; s. Abschn. 2.2.1). Hinzu kommt, dass Orte mit hoher Luftbelastung, gerade wenn der Verkehr der Hauptverursacher ist, oftmals auch hohen Lärmemissionen ausgesetzt sind (SRU 2020). Dies verschärft die Gesund-

o Abbildung 3-3

Aufschlüsselung der Feinstaubimmissionen nach Quellen an der verkehrsnahen Messstelle Stuttgart – Am Neckartor (Bezugsjahr 2016)



Quelle: Regierungspräsidium Stuttgart 2019, angepasst

heitsbelastung sehr deutlich. Kommen weitere negative Faktoren hinzu, wie im Nahbereich fehlende Erholungs- bzw. Grünflächen oder die Ausbildung von Wärmeinseln, so entstehen Hotspots für Umweltbelastungen.

3.1.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf

Belastungsminderungen

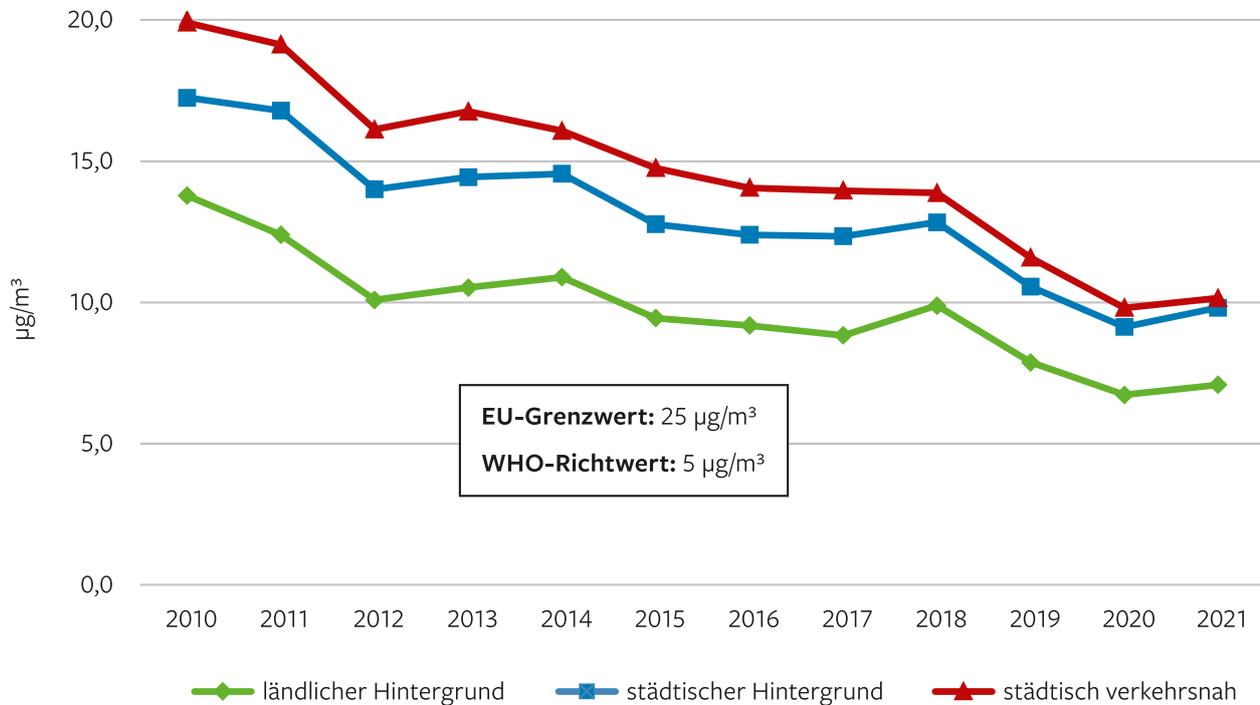
114. Auch wenn die Feinstaubimmissionen in Deutschland stetig zurückgegangen sind (Abb. 3-4), ist die Feinstaubbelastung weiterhin mit deutlichen Krankheitslasten verbunden. An Orten mit einer hohen Belastung, beispielsweise Straßenschluchten, dominiert in der Regel der Straßenverkehr die Feinstaubsituation (UBA 2018b). Aus diesem Grund stand und steht dieser weiterhin im Fokus, wenn es darum geht, Feinstaub in der Außenluft zu reduzieren.

115. Besonders wichtig war es bisher, die Emissionen von Dieselfahrzeugen zu mindern. Durch die Einführung von Partikelfiltern konnte die Masse der emittierten Partikel deutlich gesenkt werden. Damit wurde das Problem der Emissionen von Dieselruß aber noch nicht vollständig gelöst, da die unterschiedlichen Filtersysteme nur einen hohen Anteil der Masse und damit große Partikel zurückhielten, nicht aber die Anzahl der Partikel deutlich reduzierten. Aus dem Grund wurde mit der Abgasnorm Euro 5 ein Grenzwert für die Anzahl von Partikeln, die größer als 23 nm sind, eingeführt (UBA 2020d). Der SRU empfiehlt, diesen Grenzwert entsprechend der Entwicklung von Techniken zur Partikelmessung auf kleinere Partikel auszuweiten.

116. Problematisch ist aber weiterhin, dass bei Reinigungsprozessen der Filter im Fahrbetrieb in sehr kurzer Zeit große Partikelmassen freigesetzt werden. Dies wird bei offiziellen Emissionstests nicht berücksichtigt. Untersuchungen an einigen Fahrzeugmodellen zeigten,

o **Abbildung 3-4**

Entwicklung der Feinstaubbelastungen (PM_{2,5}-Jahresmittelwerte) an den 3 Messstellenkategorien in den Jahren 2010 bis 2021



Quelle: schriftliche Mitteilung des UBA vom 22. November 2022, mit Daten der Messnetze der Länder und des Bundes, angepasst

dass deshalb die Abgasnormen im Realbetrieb immer noch, zum Teil deutlich, überschritten werden (Transport & Environment 2020). Die Einführung von Umweltzonen und damit der Ausschluss älterer Dieselfahrzeuge aus diesen Gebieten war eine weitere erfolgreiche Maßnahme (CYRYS et al. 2018; SRU 2015, Tz. 539). Sie beschleunigte zudem die Einführung von Partikelfiltern. Auch deshalb rücken inzwischen Baumaschinen, die oftmals nicht mit Partikelfiltern ausgerüstet sind bzw. für die geringere Umweltstandards gelten, in den Blickpunkt der verantwortlichen Behörden (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2015). Da die Partikelanzahl im Abgasstrom inzwischen reguliert ist, steigt außerdem die Relevanz von Partikelemissionen, die von Bremsen- und Reifenabrieb stammen (UBA 2022k). Die Europäische Kommission hat Ende 2022 vorgeschlagen, mit der neuen Abgasnorm 7 auch die Emissionen, die durch Bremsen und Reifen entstehen, zu begrenzen („Kommission schlägt neue Euro-7-Normen zur Verringerung der Schadstoffemissionen von Fahrzeugen und zur Verbesserung der Luftqualität vor“, Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom

10. November 2022), was aus Sicht des SRU sehr zu begrüßen ist.

117. Da die Feinstaubbelastungen immer noch zu hoch sind, sind weitere Aktivitäten erforderlich. Alle Maßnahmen, die zur Mobilitätswende (Transformation des Verkehrs insbesondere aus Klimaschutz- und Gesundheitsgründen) beitragen, helfen auch dabei, die Feinstaubemissionen zu mindern. Hierzu zählen beispielsweise die Stärkung der Alternativen zum motorisierten Individualverkehr (Fahrrad- und Fußverkehr sowie öffentlicher Personennahverkehr – ÖPNV), eine konsequente Parkraumbewirtschaftung und Entschleunigung des Verkehrs, zum Beispiel Tempo 30 in Städten unter Beibehaltung der Qualität des Verkehrsflusses (SRU 2020; HEINRICHS et al. 2016).

118. In den letzten Jahren zeigt sich eine deutliche Tendenz, Benziner mit kleineren, aber dank Direkteinspritzung (Gasoline Direct Injection – GDI) und Turbolader leistungsstarken Motoren auszustatten. Diese Motoren sind zwar sparsam, emittieren aber deut-

lich mehr Rußpartikel als alte Benzinmotoren (KLOSE 2017). Nicht nur die Partikelmenge, sondern auch die Zusammensetzung der Stäube ist vergleichbar mit den Emissionen von Dieselfahrzeugen. So finden sich auf der Oberfläche dieser Partikel ebenfalls bedenkliche Stoffe wie das krebserregende Benzo(a)pyren. Deshalb regten Wissenschaftler:innen an, diese Fahrzeuge ebenfalls mit Partikelfiltern auszustatten, was inzwischen speziell aufgrund des Partikelgrenzwertes für Direkt einspritzer zunehmend Praxis ist (KLOSE 2017; ADAC 2022). Neu dagegen ist, dass jetzt herkömmliche Benzinfahrzeuge mit Saugrohreinjection aufgrund hoher Partikelemissionen in den Fokus der Aufmerksamkeit rücken werden (ADAC 2022).

119. Eine zunehmende Elektrifizierung des Straßenverkehrs wird dazu führen, dass es langfristig weniger Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor gibt und dadurch die Partikelemissionen ebenfalls reduziert werden. Damit gehen insbesondere Rußpartikel zurück, die besonders bedenklich für die Gesundheit sind. Aber auch E-Fahrzeuge emittieren aufgrund des Bremsen- und Reifenabriebs Feinstäube. Zudem tragen sie wie andere Fahrzeuge auch zur Straßenaufwirbelung von Stäuben bei (OECD 2020a). Der Reifenabrieb bei schweren Fahrzeugen ist höher als bei leichten Fahrzeugen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, neben dem Argument der Energieeffizienz Anreize für leichte Fahrzeuge zu setzen. Außerdem kann über entsprechende Normen und Qualitätssiegel Einfluss auf das Reifenmaterial genommen werden.

120. Die Minderung der Feinstaubbelastungen weist eine Reihe von Synergien mit anderen Umwelt- und Gesundheitsbelangen auf. So tragen beispielsweise viele Maßnahmen, die den Straßenverkehr betreffen und der Mobilitätswende dienen, dazu bei, neben Feinstaub auch andere negative Umwelt- und Gesundheitswirkungen dieses Sektors zu mindern. Ein gutes Beispiel sind Geschwindigkeitsbeschränkungen. Sie helfen, die Verkehrssicherheit zu verbessern, und können zudem die Emissionen von NO_x sowie Lärm reduzieren (UBA 2022e). Um es den Kommunen einfacher zu machen, Geschwindigkeitsbeschränkungen festzulegen, hat sich der SRU bereits 2005 dafür ausgesprochen, die Regelhöchstgeschwindigkeit innerorts auf 30 km/h herabzusetzen (SRU 2005; s. a. 2020, Kap. 5). Attraktive Fuß- und Radwege erleichtern es, auf die Pkw-Nutzung zu verzichten, und fördern die Bewegung der Menschen, was sich positiv auf die körperliche und psychische Gesundheit auswirkt (SRU 2020, Kap. 5). Darüber hinaus dienen solche Maßnahmen auch dem Klimaschutz.

121. Andere Sektoren tragen ebenfalls zu den Feinstaubimmissionen bei. Auch bei diesen besteht erheblicher Handlungsbedarf. Im Folgenden wird exemplarisch auf wichtige Maßnahmen eingegangen. Für ausführliche Darstellungen des Handlungsbedarfs sei unter anderem auf frühere Veröffentlichungen des SRU verwiesen (SRU 2020; 2015).

122. Der Ausstieg aus der Kohleverstromung ist ein wichtiger Beitrag, die Feinstaubimmissionen, insbesondere die Hintergrundbelastung, zu mindern (SRU 2017a, Tz. 22 ff.; AMANN et al. 2020). Auch wenn der Klimaschutz bei diesem Ausstieg im Vordergrund steht, sollten Gesundheitsgewinne nicht vergessen werden. Bei Kleinf Feuerungsanlagen ist die Holzverbrennung ein besonderes Problem. Deshalb sollten für den Holzeinsatz nur die modernsten und damit besonders emissionsarmen Feuerungsanlagen eingesetzt werden. In der sogenannten Kleinf Feuerungsanlagenverordnung (1. BImSchV) hat die Bundesregierung allerdings alle Altanlagen insofern privilegiert, als langjährige Übergangszeiten für das Einhalten von Grenzwerten festgelegt worden sind (§ 25 der 1. BImSchV). Generell ist es notwendig, im Wärmesektor aus Gründen des Klimaschutzes auf regenerative Alternativen umzusteigen (SRU 2019b). Die energetische Nutzung von Holzbiomasse sieht der SRU in diesem Zusammenhang als eher kritisch (SRU 2022a).

123. Möglichkeiten, die Ultrafeinstaubimmissionen auf Flughäfen und in deren Umfeld zu mindern, sind die Reduktion des Schwefelanteils im Kerosin, das vermehrte Schleppen der Flugzeuge auf dem Rollfeld und verbesserte Triebwerkstechnologien („Turbinen-Abgase sind größte Quelle für Ultrafeinstaub von Flughäfen“, Pressemitteilung des UBA vom 15. März 2021). Ammoniak als ein Vorläufer von Sekundärpartikeln stammt insbesondere aus der Landwirtschaft und dort an erster Stelle aus der Tierhaltung. Zur Minderung dieser Emissionen können eine ganze Reihe von Maßnahmen beitragen, die unter anderem die Haltung der Tiere sowie die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern betreffen (UBA 2020c; SRU 2015).

Gesundheitsgewinne durch Belastungsminderungen

124. Die Feinstaubbelastung gehört unter anderem aufgrund ihrer hohen Relevanz zu den am besten untersuchten umweltbezogenen Gesundheitsrisiken. Das zeigt sich auch in Berechnungen zu Krankheitslasten und wie sich diese aufgrund der Verbesserung der Luftqualität verändern (SCHRAUFNAGEL et al. 2019). Wie

solche positiven Effekte für die Gesundheit aussehen können, zeigt unter anderem die Studie von KHREIS et al. (2019). Nach diesen Ergebnissen würden in Deutschland durch die Einhaltung eines Wertes von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft für $\text{PM}_{2,5}$ knapp 11 % neuer Asthmaerkrankungen bei Kindern pro Jahr verhindert. Bezugsjahre hinsichtlich der Belastung waren die Jahre 2010 bis 2012. Mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Deutschland war im Jahr 2018 noch Expositionen ausgesetzt, die über diesem Wert lagen (UBA 2022a).

125. Generell sind die deutlichsten positiven Effekte bei vulnerablen Gruppen, unter anderem Menschen mit Vorerkrankungen, zu erwarten. Da Krankheitslasten nicht nur mit teils erheblichen Einschränkungen der Lebensqualität, sondern auch mit erheblichen Kosten verbunden sind, führt eine Verminderung der Luftbelastung auch zu gesundheitsökonomischen Entlastungen für die Gesellschaft. Berechnungen von AMANN et al. (2020) kommen zu dem Ergebnis, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, die im Zusammenhang mit dem Erreichen der Ziele der sogenannten NEC-Richtlinie (Richtlinie (EU) 2016/2284 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe) und dem Klimaschutz stehen, zu einem deutlich größeren Nutzen im Vergleich zu den Kosten führen. Eine große Rolle spielen dabei die Feinstaub- ($\text{PM}_{2,5}$ -) Immissionen.

Grenzwertsetzung

126. Bei der Feinstaubproblematik besteht Bedarf, die Grenzwerte stärker an die bestehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse anzupassen (s. a. KÖCK 2020a; Europäischer Rechnungshof 2018). So hat die WHO erst kürzlich ihre Leitlinien für Luftschadstoffe überarbeitet. Sie empfiehlt zum Beispiel einen Luftqualitätswert für $\text{PM}_{2,5}$ von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft im Jahresmittel (WHO 2021b; s. Tab. 3-1). Der aktuelle europäische Grenzwert liegt dagegen bei $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SRU 2015, Abb. 3-14). Außerdem gibt es bisher keinen Grenzwert für das Tagesmittel für $\text{PM}_{2,5}$. Wie bereits erwähnt, sind Partikel dieser Größe für die Gesundheitswirkung von Feinstäuben besonders wichtig (Tz. 90 ff.). Deshalb empfiehlt es sich, den bestehenden PM_{10} -Tagesmittelgrenzwert durch einen $\text{PM}_{2,5}$ -Tagesmittelgrenzwert zu ersetzen bzw. zu ergänzen (SRU 2015). Zudem sollte der aktuelle $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelgrenzwert abgesenkt werden. Die Europäische Kommission hat am 26. Oktober 2022 Vorschläge für die Revision der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG veröffentlicht (Europäische Kommission 2022h). Diese sehen unter anderem für PM_{10} eine Minderung des Tagesmittelgrenzwertes von 50 auf $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – mit nur noch 18 statt 35 zulässigen Überschreitungen – und eine Reduzierung des Jahresmittelgrenzwertes um 50 % auf $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor (Tab. 3-1). Für $\text{PM}_{2,5}$ soll ein neuer Tagesmittelgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingeführt und der Jahresmittelgrenzwert auf $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgesenkt werden.

o Tabelle 3-1

Aktuelle und von der Europäischen Kommission vorgeschlagene neue Grenzwerte für Feinstaub sowie Richtwerte der WHO ($\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10})

		Grenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (zulässige Überschreitungen in Tagen pro Jahr)		
		Luftqualitätsrichtlinie	Vorschlag der Europäischen Kommission für die Revision der Luftqualitätsrichtlinie	Luftgüteleitlinien der WHO (Stand 2021)
$\text{PM}_{2,5}$	Tag	–	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18)	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3–4)
	Jahr	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_{10}	Tag	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (35)	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18)	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3–4)
	Jahr	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

SRU, eigene Darstellung; Datenquellen: Luftqualitätsrichtlinie; Europäische Kommission 2022h; WHO 2021b

Diese Grenzwerte sollen ab dem Jahr 2030 gelten. Ziel ist es, bis zum Jahr 2050 in Übereinstimmung mit dem ZPAP die Luftbelastungen soweit zu mindern, dass keine Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit mehr auftreten (Europäische Kommission 2021f). Die Vorschläge der Europäischen Kommission sind aus Sicht des SRU sehr zu begrüßen und die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass die Grenzwerte auf dem Weg zur Richtlinie nicht aufgeweicht werden.

127. Weiterhin bilden die aktuellen Grenzwerte als Massengrenzwerte noch nicht ideal die Gesundheitswirkung von Feinstäuben ab. Deshalb gibt es bereits Überlegungen, die bestehenden Grenzwerte durch einen weiteren Grenzwert zu ergänzen (King's College London 2019). Besonders geeignet wäre ein Luftqualitätswert für die Partikelanzahl. Dadurch würden auch deutlich stärker als bisher die Ultrafeinstäube berücksichtigt, da sie in der Regel den größten Anteil an der Partikelanzahl ausmachen. Als erster Schritt dafür muss ein standardisiertes Verfahren zur Messung der Partikelanzahl etabliert werden. Dafür ist eine Reihe von technischen Fragen zu beantworten (UBA 2018e). Ultrafeinstäube in der Außenluft werden in Deutschland bisher nur an wenigen Stationen kontinuierlich gemessen. Dieses Monitoring sollte weiter ausgeweitet werden. Der Vorschlag der Europäischen Kommission zur Revision der Luftqualitätsrichtlinie sieht vor, die Mitgliedstaaten zu verpflichten, die Ultrafeinstaubbelastung zu überwachen (Europäische Kommission 2022h). Der SRU begrüßt diesen Vorschlag.

Kumulative Umweltbelastungen in den Blick nehmen

128. Das Feinstaubthema zeigt anschaulich, dass es beim Gesundheitsschutz wichtig ist, noch stärker als bisher systemisch zu denken. Da die Menschen in der Regel Luftschadstoffgemischen ausgesetzt sind (Tz. 36 ff.), empfiehlt es sich, in Zukunft noch stärker als bisher deren Wirkungen in der Summe zu betrachten. Hinzu kommen oft noch andere Faktoren, beispielsweise Lärm oder soziale Lage, die die Gesundheit beeinflussen. Zudem kann die Luftqualität das Krankheitsgeschehen bei Allergien und Infektionserkrankungen der Atemwege beeinflussen. Für Letztere gibt es zum Beispiel Hinweise aus Studien, die einen Zusammenhang vom Infektionsgeschehen der COVID-19-Pandemie und der Luftbelastungen aufzeigen (BRUNEKREEF et al. 2021). Gerade wenn es darum geht, räumliche Maßnahmen zum Gesundheitsschutz zu ergreifen, sollten diese verschiedenen Faktoren so gut es geht zusammen in den Blick genommen werden.

3.2 Antibiotika in der Tierhaltung

129. Die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen gehört zu den großen aktuellen und dynamisch wachsenden Gesundheitsherausforderungen, sowohl national als auch global (s. a. WBGU 2023). Das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (European Centre for Disease Prevention and Control – ECDC) geht davon aus, dass in Europa im Jahr 2020 etwa 670.000 Infektionen mit resistenten Bakterien auftraten und etwa 33.000 Menschen infolge dieser Infektionen verstarben (ECDC 2022; s. a. ECDC und WHO – Regional Office for Europe 2022).

130. Antibiotika sind Arzneimittel oder Wirkstoffe, die zur Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten eingesetzt werden und seit langem nicht mehr wegzudenken sind. Sie tragen dazu bei, die Komplikationen und die Sterblichkeit durch bakterielle Infektionskrankheiten entscheidend zu reduzieren. Eingesetzt werden Antibiotika sowohl in der Human- als auch in der Tiermedizin. Schon seit Jahren zeichnet sich ab, dass Wirkstoffe durch die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen zunehmend ihre Wirkung verlieren (SRU 2019a, Tz. 361 ff.). Bakterien, die nicht mehr sensibel auf ein Antibiotikum oder mehrere Antibiotika reagieren, nehmen deutlich zu. Insbesondere in Krankenhäusern sind Besiedlungen oder Infektionen mit resistenten Bakterienstämmen keine Seltenheit mehr, darunter auch mit multiresistenten Erregern (MRE), die nur noch mit sogenannten Reserveantibiotika (Antibiotika, die insbesondere bei Infektionen eingesetzt werden, bei denen herkömmliche Wirkstoffe aufgrund von Resistenzen nicht mehr wirksam sind) behandelbar sind (RKI 2019a). Bei vollständiger Resistenz entfällt jegliche Behandlungsmöglichkeit mit Antibiotika. Schon vor Jahren hat die WHO davor gewarnt, dass in Zukunft selbst einfache Infektionskrankheiten nur sehr schwer behandelt werden können und selbst kleine invasive Eingriffe kaum durchführbar sind, wenn diese Entwicklung nicht gestoppt wird (WHO 2011; 1998).

131. Antibiotikaresistenzen kommen auch natürlich, also ohne dass synthetisch hergestellte Antibiotika anwesend sind, in der Umwelt vor. Vor allem treten sie jedoch dort auf, wo Antibiotika häufig oder unsachgemäß eingesetzt werden oder andere Schadstoffe vorhanden sind.

132. Ein Mechanismus für Resistenzen ist die Fähigkeit von Bakterien, Enzyme zu produzieren (z. B. Beta-

Laktamasen), die bestimmte Antibiotika (Beta-Laktam-Antibiotika) abbauen bzw. hydrolysieren können. Der beschriebene Wirkmechanismus und dessen Ausbreitung trug in der Vergangenheit dazu bei, dass Resistenzen gegenüber Cephalosporinen der 3. und 4. Generation in besorgniserregender Weise zunahm (BfR 2019a; PFEIFER et al. 2013; NOLL et al. 2020).

133. Die genetische Information über eine Resistenz kann von einem Bakterium auf ein anderes übertragen werden. So fördern Selektion und Gentransfer die Resistenzausbreitung (Abb. 3-5). Viele Bakterien sind in der Lage, das für die Resistenz verantwortliche Genmaterial auf Individuen der eigenen Art oder auch speziesübergreifend zu übertragen, wodurch die Gefahr einer raschen Verbreitung deutlich zunimmt (BfR 2019a).

134. Der Antibiotikaeinsatz in der Humanmedizin spielt für die Resistenzproblematik eine größere Rolle als der in der Tiermedizin. Das liegt unter anderem daran, dass dort, wo viele Antibiotika eingesetzt werden, beispielsweise in den Krankenhäusern, die Resistenzen entstehen und unmittelbar zum Problem für die Patient:innen werden können. Antibiotikaeinsatz und Resistenzproblem haben somit einen engen räumlichen Bezug. Trotzdem

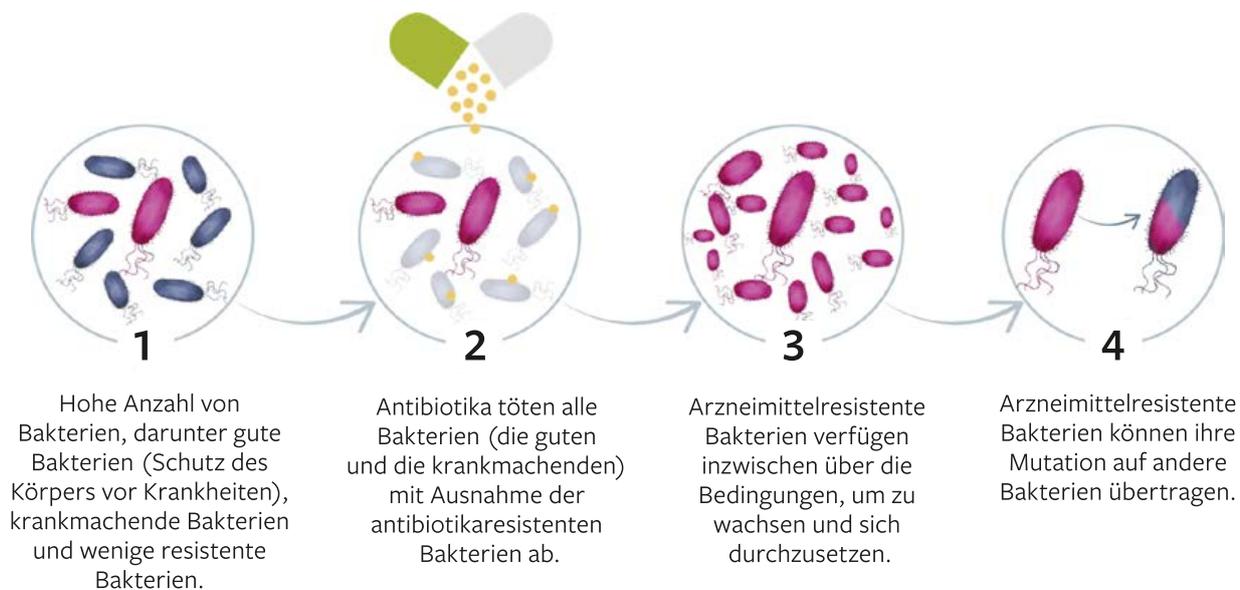
leistet auch der Einsatz von antibiotischen Wirkstoffen in der Tierhaltung einen relevanten Beitrag für die Resistenzproblematik bei humanpathogenen Erregern (siehe u. a. BfR 2019a). Dabei können die Resistenzen zum einen über Menschen, die mit den Tieren Kontakt haben, oder durch den Eintrag von Wirkstoffen und resistenten Bakterien in die Umwelt verbreitet werden. Die Behandlung von Tieren mit Antibiotika zeigt zudem in anschaulicher Weise, dass die Gesundheit von Tieren durch die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen im engen Zusammenhang mit der menschlichen Gesundheit steht. Außerdem ist dieses Problem ein Beispiel dafür, dass die Art der landwirtschaftlichen Produktion über die Bereitstellung von gesunden Lebensmitteln hinaus einen Einfluss auf die Gesundheit der Menschen haben kann.

3.2.1 Gesundheitsrisiken

135. Mit der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen steigt auch das Risiko für Menschen, mit diesen Erregern in Kontakt zu kommen – auch mit solchen, die gegen mehrere Antibiotika resistent sind. In Krankenhäusern der Maximalversorgung kommen besonders häufig (multi)resistente Bakterien vor. Patient:innen

o Abbildung 3-5

Entwicklung von Antibiotikaresistenzen



Blau = Bakterien ohne Resistenzen, Pink = Bakterien mit Resistenz(en)

Quellen: Europäischer Rechnungshof 2019, basierend auf CDC 2022

mit offenen Wunden, Sonden oder Kathetern oder gerade frisch Operierte, aber auch Bewohner:innen von Pflegeeinrichtungen und Altenheimen sind besonders durch multiresistente Erreger gefährdet. Grund hierfür sind die dortige hohe Behandlungsdichte und die meist hohe Vulnerabilität der Menschen, die mit dem Alter und den Vorerkrankungen im Zusammenhang steht. Besonders problematisch ist die Ausbreitung von Resistenzen bei pathogenen Bakterien und der Transfer von Resistenzen auf diese potenziellen Erreger.

136. Aktuelle Untersuchungen zur Resistenzlage in deutschen Krankenhäusern zeigen ein sehr heterogenes Bild (NOLL et al. 2020; s. Tab. 3-2). Bei einigen Erregergruppen nahm das Vorkommen von bestimmten Resistenzen ab, bei anderen Erregergruppen dagegen zu. So hat sich das Vorkommen des Vancomycin-resistenten *Enterococcus faecium* (VRE) in den Jahren 2016 bis 2020 verdoppelt, während sich beim Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) seit Jahren ein rückläufiger Trend abzeichnet. Besonders problematisch ist es, wenn Resistenzen gegen Reserveantibiotika (sogenannte Last Resort Antibiotika) zunehmen. Wie in Tabelle 3-2 erkennbar, werden Resistenzen gegen Antibiotika immer noch in relevanter Häufigkeit, zum Teil in mehr als 10 % der untersuchten Isolate, nachgewiesen. Im europäischen Vergleich ist die Entwicklung in Deutschland eher positiv, Ausnahme sind die VRE.

137. Infektionen, die im Zusammenhang mit einer medizinischen Maßnahme stehen (nosokomiale Infektionen), sind besonders bedrohlich, wenn es sich um resistente Erreger handelt (RKI 2020). Laut RKI infizieren sich etwa 35.000 Menschen in Deutschland pro Jahr im Krankenhaus mit multiresistenten Krankheitserregern, bei circa 1.500 Betroffenen sind Erreger nachzuweisen, gegen die es kaum noch einen Wirkstoff gibt (RKI 2019a). Die Folge sind oftmals schwere und langwierige Krankheitsverläufe, beispielsweise aufgrund von Lungen- oder Harnwegsentzündungen, die auch zum Tod führen können. Für Deutschland wurden 1.000 bis 4.000 Todesfälle jährlich aufgrund von Infektionen mit multiresistenten Erregern geschätzt (GASTMEIER et al. 2016).

138. Generell besteht ein besonderes Risiko für:

- Personen mit einer Autoimmunerkrankung,
- Menschen, die zum Beispiel aufgrund einer Medikamentenbehandlung ein geschwächtes Immunsystem haben,

- Kinder, insbesondere Neugeborene, da sich deren Immunsystem noch entwickelt,
- ältere Menschen, da deren Immunsystem schwächer reagiert, sowie
- frisch Operierte und Patient:innen mit offenen Wunden, Sonden oder Kathetern (RKI 2019b; TACCONELLI und PEZZANI 2019).

139. Für Menschen, die in der Tierhaltung arbeiten, besteht ein besonderes Risiko durch den Kontakt mit Tieren und deren von resistenten Bakterien besiedelten Ausscheidungsprodukten. Eine Metastudie zur Kolonisation mit MRSA-Stämmen zeigte, dass in diesem Bereich Arbeitende in deutlich höherem Maße als die Vergleichsgruppe, die keinen Kontakt mit Nutztieren hatte, mit MRSA besiedelt waren (CHEN und WU 2021). Obwohl diese Bakterien nur unter bestimmten Bedingungen pathogen sind, besteht für diese Berufsgruppe ein höheres Risiko für entsprechende Infektionen. Gleichzeitig können Menschen mit engem Kontakt zu Tieren Resistenzen auf Bakterien anderer Menschen oder pathogene Bakterien übertragen und sind damit Vektoren für die Resistenzausbreitung.

140. Der Kontakt mit resistenten Bakterien in Badegewässern – ein Thema, das vor einigen Jahren mit besonderer Besorgnis diskutiert wurde (SRU 2019a, Tz. 326; EXNER et al. 2018) – führt wahrscheinlich bei gesunden Menschen zu keiner relevanten Besiedlung mit antibiotikaresistenten Krankheitserregern (UBA 2018a). Allerdings hängt das von der Belastung des einzelnen Gewässers ab. Trotzdem kann es in Folge solcher diverser Kontaktsszenarien zu klinisch unauffälligen Besiedlungen beispielsweise des Darms mit antibiotikaresistenten Bakterien kommen. Ungeachtet der geringen Folgen für gesunde Menschen werden die Betroffenen jedoch unweigerlich zu möglichen Multiplikatoren von Resistenzen. Außerdem trägt das Vorkommen von Antibiotika, aber auch anderen Schadstoffen und antibiotikaresistenten Bakterien in der Umwelt zur Entstehung neuer Resistenzen und Resistenzkombinationen bei.

141. Obwohl in den letzten Jahren die Verwendung von Antibiotika in der Veterinärmedizin sowohl in Deutschland als auch Europa zurückgegangen ist, lässt sich (noch) keine wirkliche Abnahme der Gesundheitslasten durch Antibiotikaresistenzen erkennen (Europäischer Rechnungshof 2019). Somit sind die Maßnahmen zur Minderung der Resistenzausbreitung im veterinär- und humanmedizinischen Bereich bisher unzureichend.

o Tabelle 3-2

Resistenzsituation in Deutschland 2016 bis 2020 im europäischen Vergleich

Anteil resistenter (R) Isolate in allen getesteten Isolaten (in %)

Mikroorganismus x Antibiotikum/ Antibiotikaklasse	Deutschland						EARS-Net	
	2016	2017	2018	2019	2020	Trend	MW 2020	Trend
Escherichia coli								
Fluorchinolone R	19,4	20,7	19,8	17,5	16,5	-	23,8	-
Cephalosporine 3. Gen. R	11,1	12,3	12,2	11,5	10,3	-	14,9	-
Aminoglykoside R	7,0	7,0	6,9	8,3	7,5	+	10,9	+
Carbapeneme R	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		0,2	
kombinierte Resistenz**	3,4	3,7	3,4	3,1	2,7	-	5,7	-
Klebsiella pneumoniae								
Fluorchinolone R	12,6	15,3	13,4	13,1	11,6	-	33,8	-
Cephalosporine 3. Gen. R	13,6	14,6	12,9	12,2	11,0	-	33,9	-
Aminoglykoside R	7,7	8,2	6,2	7,3	5,6	-	23,7	-
Carbapeneme R	0,5	0,5	0,4	0,9	0,5		10,0	
kombinierte Resistenz**	5,3	6,3	4,7	4,8	3,7	-	21,0	-
Pseudomonas aeruginosa								
Piperacillin/TAZ R	15,0	12,6	12,4	11,7	11,7	-	18,8	-
Fluorchinolone R	12,4	13,9	12,4	13,4	10,6		19,6	-
Ceftazidim R	10,1	9,8	9,1	10,0	10,0		15,5	
Aminoglykoside R	6,8	4,8	3,5	4,1	2,0	-	9,4	-
Carbapeneme R	14,5	12,6	12,1	12,9	13,8		17,8	
kombinierte Resistenz**	7,3	6,6	5,8	6,3	6,6		12,1	
Acinetobacter spp.								
Aminoglykoside R	3,0	3,4	3,4	4,2	4,9		37,1	

Mikroorganismus x Antibiotikum/ Antibiotikaklasse	Deutschland						EARS-Net	
	2016	2017	2018	2019	2020	Trend	MW 2020	Trend
Fluorchinolone R	5,7	6,5	6,8	5,0	5,1		41,8	
Carbapeneme R	4,9	4,1	4,4	2,2	3,5		38,0	
kombinierte Resistenz**	2,3	1,2	2,2	1,4	2,5		34,1	
Staphylococcus aureus								
Oxacillin/Methicillin R	10,2	9,1	7,7	6,7	5,5	-	16,7	-
Enterococcus faecalis								
HL Gentamicin R	25,2	25,3	22,9	18,0	16,3	-		-
Enterococcus faecium								
Vancomycin R	11,9	16,5	23,7	26,3	22,3	+	16,8	+
Streptococcus pneumoniae								
Penicillin non-wildtype	4,6	4,5	5,2	5,7	6,1		15,6	
Makrolide R	8,0	6,9	7,1	7,7	7,2		16,9	

MW 2020* bevölkerungsgewichteter Mittelwert aller EARS-Net Teilnehmerstaaten 2020

Farbcodierung

- < 1 %
- 1 % – < 5 %
- 5 % – < 10 %
- 10 % – < 25 %
- 25 % – < 50 %
- > 50 %

Trends

- + signifikanter Anstieg
 - signifikanter Rückgang
- Basis für Trendberechnungen sind die Daten jener Labore, die über den 5-Jahres-Zeitraum kontinuierlich Daten übermittelt haben

kombinierte Resistenz:**

- E. coli: Resistenz gegenüber Fluorchinolonen UND Cephalosporinen der 3. Generation UND Aminoglykosiden
- K. pneumoniae: Resistenz gegenüber Fluorchinolonen UND Cephalosporinen der 3. Generation UND Aminoglykosiden
- P. aeruginosa: Resistenz gegenüber mindestens 3 der 5 Antibiotika(klassen) unter Surveillance
- Acinetobacter ssp.: Resistenz gegenüber Fluorchinolonen UND Carbapenemen UND Aminoglykosiden

Bearbeitung: RKI/ARS

Quellen: NOLL et al. 2022; ECDC und WHO – Regional Office for Europe 2022, angepasst

Gleichzeitig wurden in jüngerer Zeit nur wenige neue antibiotische Wirkstoffe entwickelt bzw. zugelassen. Die Evolution der Erreger überholt die Entwicklung neuer Wirkstoffe und Reserveantibiotika zunehmend. Deshalb sind weitergehende Maßnahmen erforderlich, die im Speziellen dazu beitragen, den Wirkstoffeinsatz zu reduzieren (Abschn. 3.2.3).

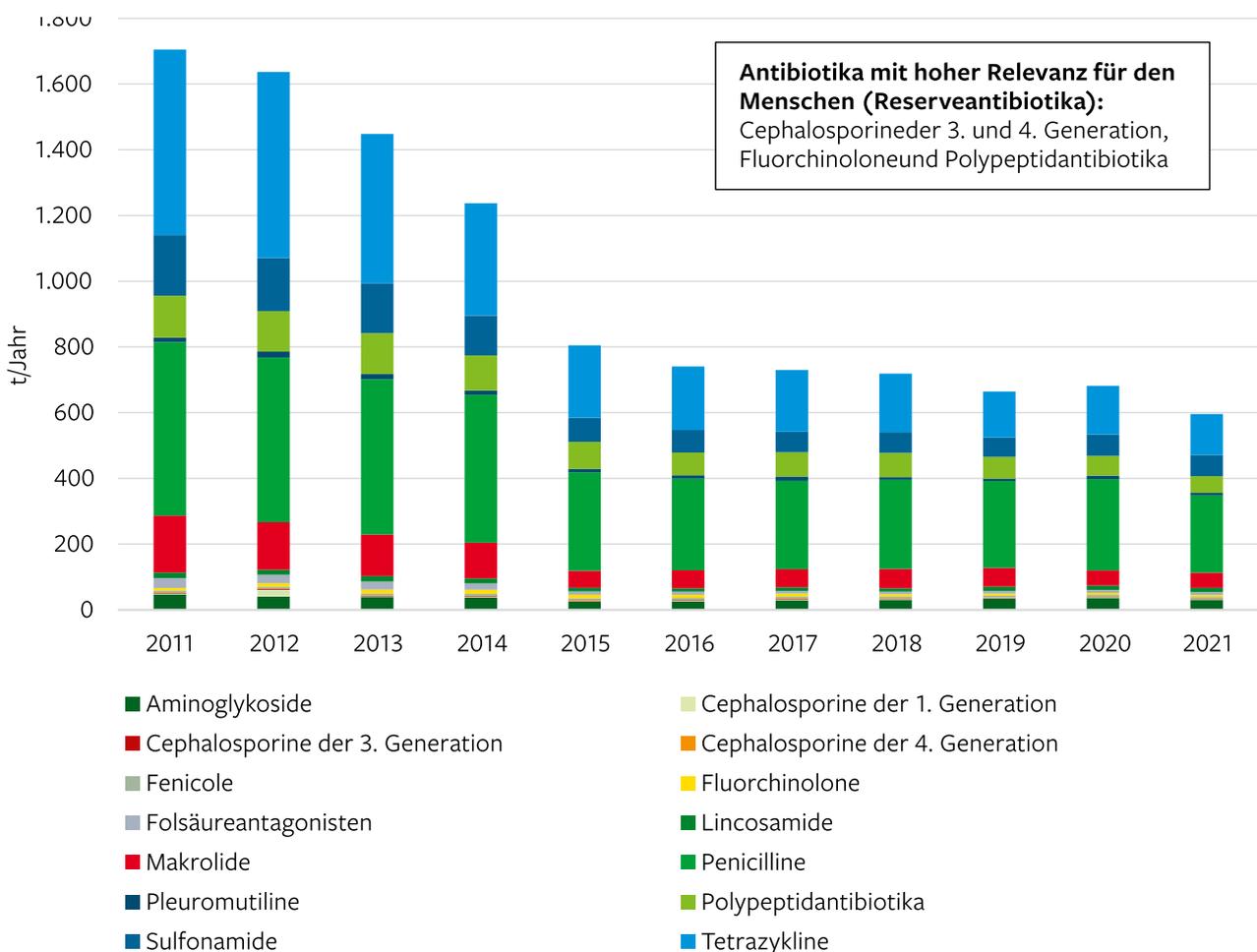
3.2.2 Situation in Deutschland

142. Für den Eintrag von Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in die Umwelt spielt die Verwendung dieser

Wirkstoffe in der Tierhaltung eine wichtige Rolle. In Deutschland sind die Mengen an Antibiotika, die von pharmazeutischen Unternehmen und Großhändlern an Tierärztinnen und Tierärzte abgegeben werden, in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen (Abb. 3-6). Sie liegt inzwischen bei knapp 600 t antimikrobieller Substanzen („Tiermedizin: Antibiotikaabgabe sinkt 2021 deutlich“, Pressemitteilung Nr. 111/2022 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) vom 8. August 2022). Ein Rückgang der Therapiehäufigkeit hängt mit einer Reihe von Maßnahmen zusammen, beispielsweise mit der Einführung einer Therapiemeldepflicht für tierhaltende Betriebe (KÖCK 2020a). Es wäre

o **Abbildung 3-6**

Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung in Deutschland in den Jahren 2011 bis 2021 nach Wirkstoffgruppen



zu prüfen, inwieweit Ausweichreaktionen durch den internationalen Onlinehandel eine Rolle beim Wirkstoffeinsatz spielen. Insgesamt sind die jährlichen Abgabemengen immer noch sehr hoch. Sie entsprechen in der Summe etwa der Menge, die im humanmedizinischen Bereich zum Einsatz kommt (SCHRÖDER et al. 2020; „Jedes zweite verordnete Antibiotikum ist ein Reserve­medikament“, Pressemitteilung des Wissenschaftlichen Instituts der AOK vom 17. September 2020). Zudem sind die eingesetzten Mengen pro Kilogramm Nutztier erheblich höher als in skandinavischen Ländern, beispielsweise etwa achtmal höher für alle Lebensmittel erzeugenden Tiere als in Schweden (ECDC et al. 2021). Bei der regionalen Verteilung der Abgabemengen finden sich erwartungsgemäß die größten Mengen dort, wo auch die Viehdichte am höchsten ist (Thünen-Institut o. J.; „Abgabe an Antibiotika in der Tiermedizin sinkt weiter“, Pressemitteilung des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) vom 29. Juli 2020).

143. Der Antibiotikaeinsatz spielt in der Geflügelhaltung eine besonders große Rolle (AG Antibiotikaresistenz im BMEL 2018). Etwa 40 % der Verbrauchsmengen sind dabei Reserveantibiotika („Antibiotika in der Tiermast: Kabinett beschließt Änderung des Arzneimittelgesetzes (AMG)“, Pressemitteilung Nr. 114/2020 des BMEL vom 1. Juli 2020). Dies sind Antibiotikaklassen, die nur dann eingesetzt werden sollten, wenn andere Alternativen aufgrund von Resistenzen inadäquat oder unwirksam sind. Dazu gehören zum Beispiel die Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen Cephalosporine der 4. und 5. Generation, Oxazolidinone, Polymyxine und Aztreonam (WHO 2017b). Beim Geflügel sind Minderungserfolge bei den eingesetzten Antibiotikamengen im Vergleich zu anderen Tierarten, beispielsweise Rindern, ausgesprochen gering (Bundesregierung 2021b). So weist der Therapiehäufigkeitsindex für Puten zwar auf eine leicht abnehmende Tendenz in den Jahren 2014 bis 2020 hin, bei Masthühnern dagegen auf einen Anstieg (BVL 2021). Gründe hierfür könnten die weiterhin hohen Bestandsdichten und fehlende Alternativen zum Antibiotikaeinsatz sein.

144. Vergleicht man die Entwicklung der Antibiotikaanwendung mit denen der Tierzahlen, so fällt auf, dass seit 2016 der Bestand an Schweinen und Rindern in Deutschland kontinuierlich abnimmt (bis Ende 2020 um etwa 7 % bzw. 9 %), der von Geflügel dagegen auf einem konstant hohen Niveau verweilt (Statistisches Bundesamt 2021). Letzteres ist wahrscheinlich ein weiterer Grund, warum die Anwendungsmengen bei der Geflügelhaltung kaum zurückgegangen sind.

145. Auch bei den Abgabemengen für Reserveantibiotika ist in den Jahren 2011 bis 2021 ein rückläufiger Trend zu verzeichnen (Abb. 3-6). Als ein Grund für die positive Entwicklung seit 2018 wird eine Änderung in der Tierärztlichen Hausapothekenverordnung (TÄHAV) angenommen (KÖPER et al. 2020). Diese schreibt seit März 2018 vor, dass vor einer Behandlung mit bestimmten Wirkstoffen, einschließlich einiger Reserveantibiotika, ein standardisierter Empfindlichkeitstest durchgeführt werden muss, um eine Wirksamkeit zu belegen.

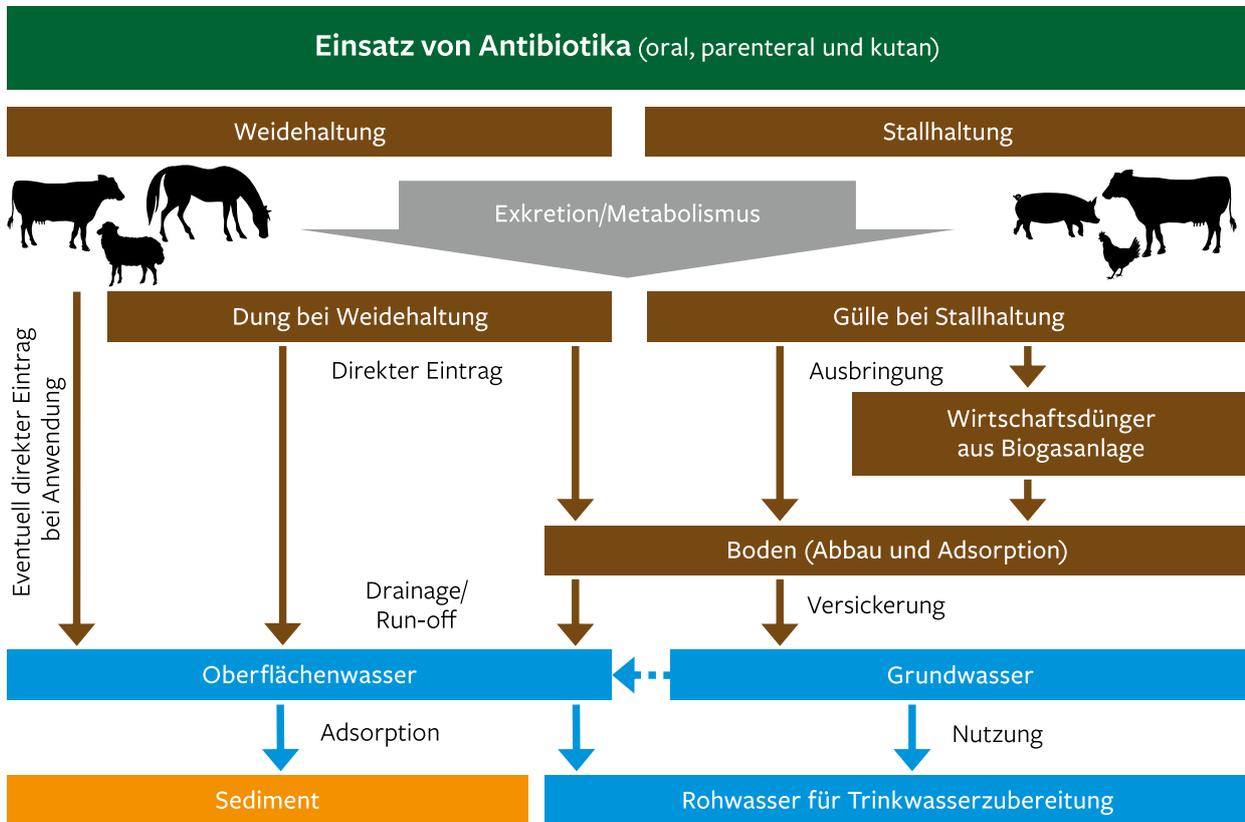
146. Insbesondere über die Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Weidehaltung gelangen Antibiotika, aber auch resistente Bakterien aus der Tierhaltung in die Umwelt (UBA 2018a; s. Abb. 3-7). Antibiotika und auffällige Häufigkeit von Resistenzen wurden bereits seit längerem in Deutschland in verschiedenen Umweltkompartimenten nachgewiesen, zum Beispiel in landwirtschaftlichen Böden und in Badegewässern (KNAPP et al. 2010; LfU Bayern 2016; BERGMANN et al. 2011; UBA 2018a). Einzelne Wirkstoffe wie Sulfadimidin fanden sich im oberflächennahen Grundwasser (HANNAPPEL et al. 2016; 2014). Die Konzentrationen im Grundwasser lagen in der Regel im niedrigen Nanogramm­bereich. Das Auftreten von Antibiotikaresistenzen im Trinkwasser gilt aufgrund der guten Aufbereitung und Überwachung in Deutschland als sehr wenig wahrscheinlich (UBA 2018d). Derzeit schwer abschätzbar ist die Rolle von Abbauprodukten (Metaboliten) von Antibiotika, insbesondere auch aufgrund der großen Vielzahl möglicher Stoffmischungen (CLARA et al. 2010).

147. Der Transfer von antibiotikaresistenten Bakterien zum Menschen kann über Personen, die in der Tierhaltung arbeiten, über Lebensmittel (insb. Milch- und Fleischprodukte) und über den Kontakt mit kontaminierten Umweltmedien erfolgen (siehe u. a. BfR 2019b; 2017; AG Antibiotikaresistenz des BVL und des BfR 2021). Allerdings ist die Bedeutung des letzten Pfades bisher nicht vollständig geklärt.

148. Dass der Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung einen Beitrag zur Resistenzausbreitung leistet, zeigt sich unter anderem anhand von resistenten Erregern (z. B. Methicillin-resistente Stämme von *Staphylococcus aureus* wie MRSA CC398), die primär auf Masttieren und Menschen, die mit diesen Kontakt hatten, gefunden werden (RKI 2016). Somit trägt ein sorgsamer und reglementierter Umgang mit diesen Arzneimitteln in der Tierhaltung auch zum Schutz der Gesundheit der Menschen bei.

o **Abbildung 3-7**

Eintragspfade von Tierarzneimitteln in die Umwelt



Quellen: VIDAURRE et al. 2016; UBA 2021d, verändert

3.2.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf

149. Der Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung und die damit einhergehende Resistenzausbreitung sind ein klassisches Beispiel dafür, wie entscheidend es ist, die Gesundheit von Menschen und Tieren im Sinne eines One Health-Ansatzes gemeinsam zu betrachten (Tz. 334 ff.). Deshalb sind der Austausch und eine enge Abstimmung von Zielen und Maßnahmen zwischen Tier- und Humanmedizin sowie der Landwirtschaft erforderlich.

150. So hat die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie (DART), die 2015 vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erarbeitet und anschließend von der Bundesregierung verabschiedet

wurde, das Ziel, den One Health-Ansatz zu stärken (BMG 2023). Sie lehnt sich an die globale Strategie der WHO zur Eindämmung von Antibiotikaresistenzen an (WHO 2001). Mit der DART werden sechs Ziele verfolgt. Neben der Stärkung des One Health-Ansatzes sind dies: Resistenzentwicklungen frühzeitig erkennen, Therapiemöglichkeiten erhalten und verbessern, Infektionen verhindern, mehr Bewusstsein für die Resistenzproblematik schaffen und Kompetenzen aufbauen sowie Forschung und Entwicklung gezielt fördern. Dazu gehört unter anderem auch eine bessere Vernetzung relevanter Institutionen. So haben sich zum Beispiel das Robert Koch-Institut (RKI), das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das Paul-Ehrlich-Institut (PEI) und das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) inzwischen in der German One Health Initiative (GOHI) zusammengeschlossen, um die Kooperationen zu verbessern und den Austausch von Informationen und Daten zu vereinfachen (German One Health Initiative o. J.).

151. Eine der wichtigsten Maßnahmen zum Schutz vor der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen ist die umsichtige Verwendung von Antibiotika. Diese sollten in der Tierhaltung nur dann eingesetzt werden, wenn keine anderen Alternativen bestehen. Außerdem muss auch in der Tierhaltung der vorsorgende Gesundheitsschutz gestärkt werden (BMEL 2019, Anhang 6).

152. Mit dem seit Januar 2022 neu eingeführten Tierarzneimittelgesetz (TAMG) wird der Gebrauch von Arzneimitteln für Tiere erstmalig in einem eigenen Gesetz und somit getrennt von der humanmedizinischen Anwendung geregelt. Das TAMG setzt die Verordnung über Tierarzneimittel (EU) 2019/6, die auch den Einsatz von antimikrobiellen Stoffen regelt, sowie das nationale Antibiotika-Minimierungskonzept für die Tierhaltung um. Es beinhaltet wichtige Veränderungen, zum Beispiel die Pflicht für Tierärztinnen und Tierärzten halbjährig zu melden, wie viele Tiere mit welchen Arzneimitteln, die antibakterielle Stoffe enthalten, behandelt wurden (§ 56 TAMG). Zudem müssen diese Tierhalter gemäß § 58 TAMG ihren Einsatz von antibakteriellen Stoffen mit der bundesweiten Therapiehäufigkeit abgleichen und bei einem übermäßigen Einsatz diesen tierärztlich überprüfen lassen. Dadurch soll die Behandlung mit antibakteriell wirksamen Stoffen insgesamt verringert werden. Reserveantibiotika wie der Wirkstoff Colistin (Kasten 3-2) werden in der Berechnung stärker gewichtet, indem die Anzahl der Therapie mit einem erhöhten Faktor multipliziert werden muss. Dies ist ein Anreiz, diese Wirkstoffe in geringerem Umfang einzusetzen.

153. In der Tierhaltung gibt es eine ganze Reihe weiterer Möglichkeiten, Resistenzausbreitungen einzudämmen. Das UBA hat in einem Konzept zur Minderung von Tierarzneimittelinträgen in die Umwelt im Jahr 2016 eine Reihe von Anregungen gegeben (VIDAURRE et al. 2016). Die dort genannten Vorschläge betreffen unter anderem den präventiven Schutz der Tiergesundheit, die Art und Dauer der Antibiotikaaanwendung, die Stallhygiene und die Hygiene beim Umgang mit den Tieren. Für den vorsorgenden Gesundheitsschutz werden Maßnahmen zur Reinigung und Desinfektion der Haltungsanlagen, Früherkennung von Gesundheitsrisiken, zum Gesundheitsmanagement einschließlich Monitoring und zur bedarfsgerechten Fütterung sowie zu artgerechten Haltungsbedingungen vorgeschlagen. Letztere helfen zum Beispiel dabei, Stressoren zu begrenzen, was die Widerstandskraft der Tiere gegen Infektionen erhöht und folglich den Bedarf an Antibiotika senkt. Beispielsweise trägt ein mehr an natürliche Bedingungen angepasster Bodenbelag zum Erhalt der Klauengesundheit

Kasten 3-2 Beispiel Colistin

Colistin ist ein sogenanntes Polypeptidantibiotikum. Diese Gruppe von Wirkstoffen verändert die Zellmembran der Bakterien. In der Nutztierhaltung wird Colistin insbesondere zur Behandlung von Darmkrankungen eingesetzt. Der Wirkstoff kommt nicht sehr häufig zum Einsatz, auch da er weniger verträglich ist als die Alternativen, spielt aber eine große Rolle bei schweren Infektionen mit bestimmten Bakterien, die bereits Resistenzen gegenüber anderen Reserveantibiotika aufweisen (z. B. Carbanem-resistenten Enterobakterien, s. BfR 2021). Infektionen mit diesen Erregern sind mit anderen Wirkstoffen kaum behandelbar („Alarmierend: Resistenzen gegen eine neue Wirkstoffkombination schon vor dem Einsatz in Deutschland nachweisbar“, Pressemitteilung des Deutschen Zentrums für Infektionsforschung e. V. vom 1. September 2021) und stellen ein zunehmendes Problem dar (MISCHNIK et al. 2015).

bei und beugt somit Infektionen vor. Hier bestehen somit Synergien zwischen Tierwohlaspekten, anderen Umweltbelangen und der Minderung der Resistenzausbreitung (SRU 2023, Kap. 3.1). Ein Zugang zum Außenbereich ist aus Tierwohlaspekten ebenfalls zu befürworten, birgt aber neben Vorteilen für die Gesundheit auch Nachteile, beispielsweise ein erhöhtes Risiko eines Parasitenbefalls. Diesen Risiken kann aber mit verschiedenen Maßnahmen begegnet werden. Zudem kann die Immunabwehr der Tiere durch Impfungen verbessert und somit Erkrankungen vorgebeugt werden.

154. Andere Maßnahmen betreffen die Anwendung, Dosierung und Therapiedauer von antibiotischen Wirkstoffen, die optimiert werden können. Beispielsweise sollte die Behandlung – wenn unbedingt erforderlich – ausreichend lang und sachgemäß durchgeführt werden, um Resistenzbildung zu reduzieren (VIDAURRE et al. 2016).

155. Eine Studie aus den Niederlanden wies nach, dass ein verbessertes Management, um den Arzneimittelintritt zu senken, nicht zu höheren Betriebskosten führen muss (ROJO-GIMENO et al. 2016).

156. Der Eintrag von Antibiotikawirkstoffen und -resistenzen in die Umwelt kann auch durch eine längere Lagerung von Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung

gemindert werden, da mit der Lagerungsdauer unter anderem die Keimbelastung sinkt. Diese Maßnahme kann aber mit anderen Belangen des Umweltschutzes im Widerspruch stehen, beispielsweise kann abhängig von den Lagerungsbedingungen gesundheitsschädliches Ammoniak freigesetzt werden (VIDAURRE et al. 2016). Zusätzlich bestehen verschiedene Möglichkeiten, Wirtschaftsdünger zu behandeln, unter anderem um ihn als Düngemittel besser nutzbar zu machen. Diese Behandlungen können zudem die Belastung mit Bakterien und Antibiotika verringern. Wird Wirtschaftsdünger ausgebracht, können ebenfalls Maßnahmen ergriffen werden, um die Belastung von Böden und Gewässern zu begrenzen. Dazu zählen unter anderem eine an die Witterung angepasste Ausbringung, eine bedarfsgerechte Düngung (wie rechtlich vorgesehen) und eine schnelle Einarbeitung der Wirtschaftsdünger, um den Oberflächenabfluss zu reduzieren.

157. Gewässerrandstreifen zu verbreitern, trägt dazu bei, dass weniger Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in Oberflächen- und somit auch Badegewässer gelangen. Damit wird die Abschwemmung und Abdrift der Stoffe während und nach der Gülleausbringung gemindert. Bei den genannten Maßnahmen besteht eine Reihe von Synergien mit dem Gewässerschutz, insbesondere was die Eutrophierung von Oberflächen- und Küstengewässern betrifft (SRU 2015). Nicht zuletzt verhindert eine fachgerechte Entsorgung von Medikamentenresten und Altmedikamenten auch bei Tierarzneimitteln, dass diese in die Umwelt gelangen und zur Resistenzbildung beitragen (VIDAURRE et al. 2016).

158. Da in der Geflügelhaltung besonders große Mengen Antibiotika – einschließlich Reserveantibiotika – verwendet werden, besteht hier besonderer Handlungsbedarf. In einem Verbundprojekt aus Wissenschaft und Industrie wurde eine Reihe von Maßnahmen entwickelt, die helfen sollen, den Transfer und die Entstehung von Antibiotikaresistenzen zu mindern (BLE 2018). Diese betreffen neben der Stallhygiene und dem Umgang mit den Produkten wie Fleisch und Eiern vor allem die Fütterung und Haltung der Tiere. Verbesserungen der Haltungsbedingungen, unter anderem hinsichtlich Besatzdichte und Mastzeit, wurden allerdings in diesem Fall als wenig wirksam eingestuft (Top Agrar Online 21.06.2019).

159. Im ökologischen Landbau ist die Verwendung von Arzneimitteln strenger geregelt als in der konventionellen Landwirtschaft (s. bspw. Verordnung (EU) 2018/848; Demeter e. V. 2021). Entsprechend werden dort weni-

ger Antibiotika eingesetzt und folglich auch in geringerem Maße Resistenzen nachgewiesen („Weniger Antibiotikaresistenzen in ökologischen Geflügelhaltungen“, Pressemitteilung des BVL vom 28. November 2017; AG Antibiotikaresistenz des BVL und des BfR 2021). Allerdings zeigten sich entsprechende Unterschiede insbesondere bei Produkten aus der Geflügelhaltung, nicht aber bei solchen aus der Schweinehaltung (BVL 2020). Erklärungen für Letzteres fehlen bisher. Trotzdem stellt die Förderung des ökologischen Landbaus einen Beitrag dar, um die Eindämmung der Resistenzproblematik zu unterstützen.

160. Eine Ausbreitung von Resistenzen gegenüber Reserveantibiotika muss unbedingt verhindert werden (siehe u. a. WHO 2018; BfR 2019a; s. Tz. 136). Die Europäische Kommission hat im Mai 2021 die delegierte Verordnung (EU) 2021/1760 erlassen, in der Kriterien festgelegt wurden, welche Antibiotika ausschließlich für die Behandlung von Infektionskrankheiten beim Menschen reserviert sein sollen. Diese delegierte Verordnung wurde von verschiedener Seite als unzureichend bewertet (Europäisches Parlament 2021; „Lebensrettende Reserveantibiotika ausschließlich Menschen vorbehalten“, Pressemitteilung der Bundesärztekammer (BÄK) vom 8. September 2021). Grund dafür war unter anderem, dass sie noch zu viele „Schlupflöcher“ offenließe. Problematisch bei den Kriterien der Europäischen Kommission seien zum Beispiel Ausnahmen für als essenziell für die Tiergesundheit eingestufte Antibiotika (EPA 2022). Zudem sei das in der Verordnung genannte Kriterium eines wissenschaftlichen Nachweises, dass die Übertragung einer Resistenz vom Tier auf den Menschen erheblich ist, nicht einfach zu erfüllen.

161. Zusätzlich wurde mit der Durchführungsverordnung (EU) 2022/1255 eine Liste mit Wirkstoffen, die „der Behandlung bestimmter Infektionen beim Menschen vorbehalten bleiben müssen“ (s. Anhang zur Durchführungsverordnung), veröffentlicht. Umweltverbände kritisierten allerdings, dass diese Liste nicht alle Wirkstoffe enthalte, die von der WHO als mit höchster oder hoher Priorität sowie als besonders wichtig für die Anwendung beim Menschen klassifiziert wurden. Dazu gehört zum Beispiel auch Colistin (Kasten 3-2). Außerdem stehe kein Antibiotikum, welches in der Tierhaltung eingesetzt wird, auf der Liste (Germanwatch 2022; EPA 2022). Der SRU sieht Bedarf, dass die angebrachten Kritikpunkte von der Europäischen Kommission geprüft und die delegierten Verordnungen entsprechend überarbeitet werden.

162. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung zu den Resistenzausbreitungen beiträgt (s. a. BfR o. J.). Wie hoch sein Anteil am Resistenzgeschehen beim Menschen bereits ist, lässt sich allerdings bisher nur schwer abschätzen. Es sind Maßnahmen erforderlich, die insbesondere dazu beitragen, die eingesetzten Mengen im veterinärmedizinischen Bereich weiter abzusenken. Die DART ist ein sehr wichtiger Schritt, um sie auf den Weg zu bringen, beschränkt sich aber aktuell noch zu stark auf konzeptionelle Maßnahmen. Neben der Reduktion des Wirkstoffeinsatzes sollten Reserveantibiotika in der Tierhaltung nur in sehr gut begründeten Ausnahmefällen, die lediglich eine Einzeltierbehandlung betreffen, angewendet werden. Dies sollte national geregelt werden, soweit die Kriterien auf europäischer Ebene nicht gewährleistet sind. Besonders hoher Handlungsbedarf besteht in der Geflügelzucht und -veredelung (BLE 2018). Hier müssen zeitnah die eingesetzten Wirkstoffmengen, insbesondere von Reserveantibiotika, deutlich gesenkt werden. Verbesserte Haltungsbedingungen und andere Tierschutzmaßnahmen sind Stellschrauben, um weitere und langfristig gesehen lebensrettende Fortschritte zu erzielen. Insgesamt ist ein Umbau der Landwirtschaft, wie er vor allem aus Gründen des Biodiversitäts- und Klimaschutzes gefordert wird, auch ein Beitrag, um das Gesundheitsrisiko durch Antibiotikaresistenzen zu adressieren.

163. Antibiotikaresistenzen sind sowohl in der Veterinär- als auch in der Humanmedizin eine globale Herausforderung, der man – insbesondere vor dem Hintergrund weiter Tiertransportwege – nicht nur auf Länder- und Bundesebene, sondern grenzübergreifend begegnen muss. Dem One Health-Konzept kommt hier eine besondere Bedeutung zu, da die Gesundheit von Menschen eng mit der Gesundheit von Tieren und der Umwelt verbunden ist und das Problem der Antibiotikaresistenzen nur fachübergreifend gelöst werden kann. Das bedeutet zugleich, dass nicht nur Maßnahmen in der Tierhaltung, sondern auch im humanmedizinischen Bereich notwendig sind.

3.3 Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

164. Schadstoffeinträge in die Umwelt sind weiterhin von hoher Relevanz. Problematisch sind dabei insbesondere Stoffe, die schwer abbaubar sind, sich in Organismen anreichern und weit verbreitet sind. Sie weisen zwar häufig nur eine geringe akute Toxizität auf, können aber

gerade bei längerer (chronischer) Exposition durchaus ein Gesundheitsrisiko darstellen. Ein prominentes Beispiel für diese Stoffgruppen sind PFAS (s. a. WBGU 2023). PFAS erfahren aktuell besonders viel Aufmerksamkeit, weil Hinweise über ihre gesundheitsschädigenden Eigenschaften zunehmen, gleichzeitig aber ihre Anwendung sehr verbreitet ist. Zudem ist das Wissen über einen Großteil der Vertreter dieser Stoffgruppe immer noch sehr begrenzt. Damit sind sie ein klassisches Beispiel für aktuelle Herausforderungen beim Umgang mit Chemikalien.

165. PFAS sind Chemikalien mit unterschiedlich langen Kohlenstoffketten, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind. Die Verbindung zwischen Kohlenstoff und Fluor ist extrem stabil und ein Grund für die hohe Persistenz der PFAS. Zudem sind die fluorierten Kohlenstoffketten dafür verantwortlich, dass diese Chemikalien besonders schmutz-, wasser- und fettabweisend sind. Außerdem sorgen sie für reibungsfreie Grenzflächen. Aufgrund dieser Eigenschaften sind sie für zahlreiche Anwendungen einschließlich in Gegenständen des alltäglichen Gebrauchs interessant (GLÜGE et al. 2020; Tz. 171 f.). Die Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) gibt aktuell die Zahl der genutzten PFAS mit 4.730 an (OECD 2021).

166. Seit den 1950er-Jahren hat sich die Produktion von perfluorierten Chemikalien für eine hohe Zahl von Anwendungen entwickelt. PFAS sind einerseits Hilfsstoffe bei der Herstellung chemischer Endprodukte, andererseits aber auch Bestandteil von vielen Produkten, zum Beispiel Textilien, Haushaltswaren und Löschschäumen (UBA 2020a). Genauso vielfältig wie ihre Anwendungen sind auch die Wege, wie sie in die Umwelt gelangen. Dabei spielt neben der Herstellung der Chemikalien auch der gesamte Lebenszyklus der Produkte, in denen sie eingesetzt werden, eine Rolle: von der Weiterverarbeitung über die Verwendung bis hin zur Entsorgung. Sie werden somit sowohl aus Punktquellen als auch diffus in die Umwelt eingetragen.

167. Besonders gut beschrieben sind einige langkettige PFAS, insbesondere Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA), da sie schon seit den 1950er-Jahren in der Anwendung sind (UBA 2020a). Ihre besorgniserregenden Eigenschaften und ihre allgegenwärtige (ubiquitäre) Verbreitung in der Umwelt wurden erst in den späten 1990er- und frühen 2000er-Jahren erkannt (OECD 2015). Bei vielen der heute ver-

wendeten PFAS oder auch Vorläuferverbindungen von PFAS (d. h. Verbindungen, die in der Umwelt zu PFAS umgewandelt werden) ist das Wissen zum Verhalten der Stoffe in der Umwelt und zu den Wirkungen auf Mensch und Umwelt dagegen noch rudimentär (UBA 2020a, S. 9). Für diese fehlen häufig schon die so wichtigen Nachweismethoden. Neben der hohen Persistenz insbesondere langkettiger Verbindungen sind einige, speziell kurzkettige PFAS-Vertreter sehr mobil.

168. PFAS sind inzwischen in allen Umweltmedien einschließlich Regenwasser, in der Nahrungskette und im menschlichen Körper nachweisbar (EFSA 2020; COUSINS et al. 2022). Die menschliche Aufnahme ist aufgrund der Ubiquität der Verbindungen nicht vermeidbar. Negative Wirkungen auf die Gesundheit wurden für eine Reihe von PFAS nachgewiesen, beispielsweise eine Beeinträchtigung des Immunsystems (EFSA 2020; Tz. 171 ff.). Generell ist es aus gesundheitlicher Sicht unerwünscht, dass sich chemische Verbindungen im menschlichen Körper anreichern, ebenso wie das ubiquitäre Auftreten der Stoffe.

169. Der Umgang mit den PFAS kann exemplarisch dafür sein, wie wir in Zukunft Chemikalien mit bestimmten Eigenschaften unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips nutzen oder auch nicht nutzen werden. Dabei stellt sich unter anderem die Frage, wie rechtzeitig gehandelt werden kann, um zu verhindern, dass Stoffe mit umweltschädlichen Eigenschaften in relevanten Maßen in die Anwendung und schließlich in die Umwelt gelangen (s. a. Abschn. 6.3.2).

170. Außerdem darf nicht vergessen werden, dass Menschen nicht nur verschiedenen PFAS, sondern einer Vielzahl von Chemikalien ausgesetzt sind (s. EVANS et al. 2016). Eine summarische Betrachtung dieser Expositionen erfolgt bei der Stoffrisikobewertung bisher nicht. Der Umgang mit Mischexpositionen ist ein weiterhin ungelöstes Problem (Abschn. 6.3.3).

3.3.1 Gesundheitsrisiken

Anwendung und Eintrag in die Umwelt

171. Um einen Einblick zu bekommen, wie Menschen mit PFAS in Kontakt kommen, ist es wichtig zu wissen, in welchen Produkten sie angewendet werden. Eine Studie von GLÜGE et al. (2020) zeigt beispielsweise, dass PFAS in vielen Verbraucherprodukten zu finden sind (z. B. Papier, Textilien einschließlich Polstermöbeln und Teppichen, antihafbeschichtetem Kochgeschirr

sowie in Elektronikgeräten, Kosmetika oder Skiwachsen). Weitere Beispiele für die Verwendung von PFAS sind die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen, Reinigungs- und Pflanzenschutzmittel, die Fahrzeug- und Bauindustrie, der Energiesektor sowie Farben und Feuerlöschschäume (GLÜGE et al. 2020, zitiert in BLAC 2021). Genauere Daten liegen für die skandinavischen Länder vor. Diese zeigen, dass die größten Mengen von PFAS und polyfluorierten Polymeren bei der Produktion von Plastik, in der Elektroindustrie sowie bei der Herstellung von Beschichtungen und Farben sowie von Fetten und Schmierstoffen zum Einsatz kamen. Bei dieser Erhebung waren allerdings Kosmetika, Lebensmittelerzeugnisse und Medizinprodukte ausgenommen. Generell gehören zu den besonders verbrauchernahen Produkten Beschichtungen von Kleidung sowie die Verwendung in Kosmetika und Lebensmittelkontaktverpackungen (OECD 2020b; Danish Environmental Protection Agency 2018). Allerdings ist bei beschichteter Kleidung in der Regel davon auszugehen, dass sich die Stoffe nicht so leicht von den Textilien lösen und zudem nicht ohne weiteres über die Haut vom Menschen aufgenommen werden (BfR 2020a). Sie können aber durch das Waschen der Kleidung ins Abwasser und damit in die Umwelt gelangen.

172. Da PFAS in sehr unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz kommen, gelangen sie auch über verschiedene Pfade in die Umwelt. Besonders hohe Kontaminationen in der Umwelt, speziell von Böden und Gewässern, traten unter anderem dort auf, wo PFAS produziert oder weiterverarbeitet bzw. für andere Produkte verwendet wurden (UBA 2020a). Ein Beispiel für Letzteres ist die Herstellung von Fluorpolymeren (z. B. Polytetrafluorethylen – PTFE) unter Einsatz von PFOA als Emulgator (LfU Bayern o. J.). Da die PFAS nicht vollständig an das Polymer gebunden sind, können sie bereits in der Anwendungsphase freigesetzt werden oder auch dann, wenn die Polymerprodukte in der Umwelt abgebaut werden (UBA 2020a; OECD 2015; 2013). Ein weiteres Beispiel ist der offene Einsatz von PFAS-haltigen Löschschäumen.

Exposition und Stoffaufnahme im Körper

173. Die menschliche Aufnahme von PFAS erfolgt insbesondere über die Nahrung und verunreinigtes Trinkwasser (EFSA 2018; s. Abb. 3-8). In Deutschland wurden in verschiedenen Lebensmitteln, insbesondere in tierischen Produkten, PFAS gefunden (LGL Bayern 2020b; 2021a). In der Regel waren die dort nachgewiesenen Konzentrationen eher niedrig. Nur bei Untersuchungen von Fischen und Wildtieren wurden höhere

Konzentrationen dokumentiert (LGL Bayern 2020a; 2021b; RIEMENSCHNEIDER et al. 2021). Bei Letzteren ließen sich zum Beispiel hohe Konzentrationen in der Leber nachweisen (STAHL et al. 2012; RUPP et al. 2023). Auffällig hohe Werte von bis zu 1,5 mg PFOS pro Kilogramm des verzehrbaren Anteils wurden zudem bei Süßwasserfischen festgestellt, die aus Gewässern stammten, die durch die Verwendung von PFAS-haltigen Löschschäumen oder durch Emissionen aus Industrieanlagen besonders belastet waren (LGL Bayern 2021b; NLWKN 2021; LANUV NRW 2023). Was die menschliche Aufnahme von PFOA und PFOS betrifft, stehen folgende Lebensmittel, gelistet nach ihrer Bedeutung, im Vordergrund: Fisch und Meeresfrüchte, Eier und Ei-Produkte sowie Fleisch und Fleischprodukte (EFSA 2020). Für Lebensmittel bzw. tierische Produkte gelten inzwischen Höchstgehalte für vier einzelne (PFOS, PFOA, Perfluoronansäure (PFNA) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)) und die Summe dieser vier PFAS, die zwischen 0,2 und 50 µg/kg Frischgewicht liegen (VERORDNUNG (EU) 2022/2388).

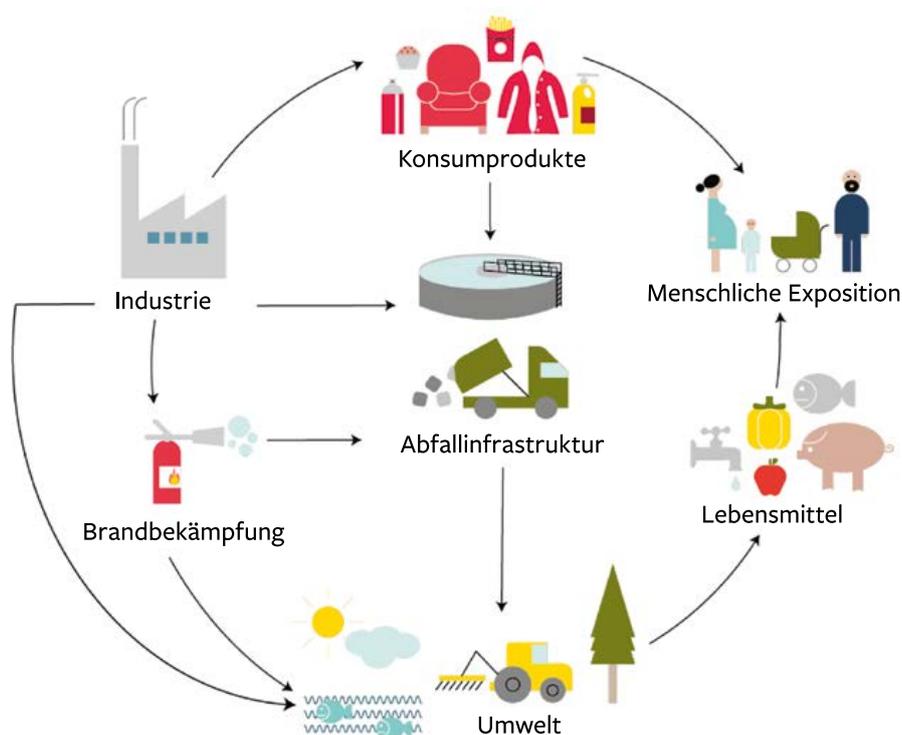
174. In der Regel waren die PFAS-Konzentrationen im Trinkwasser sehr gering (siehe u. a. LGL Bayern 2020c;

RIEMENSCHNEIDER et al. 2021). Diese lagen in den überwiegenden Fällen unter dem gesundheitlichen Orientierungswert (GOW; lebenslange Duldbarkeit) von 0,1 µg/l, der vom UBA auf Grundlage der Empfehlung der Trinkwasserkommission abgeleitet wurde (Trinkwasserkommission des BMG 2006; LGL Bayern 2020c). Inzwischen wurden vom UBA aufbauend auf der Arbeit der LAWA-LABO-Kleingruppe „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für PFC“ für 7 Vertreter von 13 PFAS, die eine hohe Relevanz für das Trinkwasser haben, Trinkwasserleitwerte (TWLW) ermittelt (UBA 2017b). Für die anderen 6 Vertreter wurden die GOW an den aktuellen Kenntnisstand angepasst. Dies wurde aufgrund einer besseren Datenlage zur Toxizität der Stoffe möglich. Für PFNA lag der TWLW mit 0,06 µg/l etwas unter dem alten GOW, die anderen Werte liegen zwischen 0,1 und 10 µg/l.

175. In einigen Fällen bzw. speziell in besonders belasteten Gebieten wurden allerdings deutlich höhere Werte, die oberhalb der GOW und TWLW lagen, festgestellt (LGL Bayern 2020c; LANUV NRW 2021). Beispielsweise wurden im Sommer 2006 im Kreis Arnsherg im Trinkwasser Werte von 0,56 bis 0,64 µg/l gemessen

o Abbildung 3-8

Typische Expositionspfade für PFAS



(HÖLZER und WILHELM 2007). Im Landkreis Rastatt und Stadtkreis Baden-Baden wurden im Jahr 2013 ebenfalls Überschreitungen ermittelt (MUKE Baden-Württemberg 2022). Auffällige Konzentrationen traten auch in privaten Trinkwasserbrunnen auf. Gründe für die Kontaminationen sind zum Beispiel der Einsatz von Löschschäumen, Lufteinträge in der Nähe von Industrieanlagen oder die großflächige Ausbringung von belasteten Düngemitteln (z. B. Klärschlämme) auf Böden (Tz. 191). An solchen Hotspots der Belastung ist das Trinkwasser der bedeutendste Aufnahmeweg von PFAS für den Menschen.

176. PFAS werden vom Menschen nach oraler Aufnahme schnell resorbiert. Sie verteilen sich insbesondere im Blutplasma und in der Leber. Die Halbwertszeit für die Elimination aus dem Körper wird für die beiden bekanntesten Verbindungen PFOS und PFOA mit zwei bis fünf Jahren angegeben, für kurzkettige PFAS allerdings deutlich kürzer – von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten (EFSA 2020).

177. Neben der oralen ist eine inhalative Stoffaufnahme ebenfalls möglich, beispielsweise durch die Luftbelastung von Innenräumen. So finden sich PFAS auch in der Innenraumluft und im Hausstaub (siehe u. a. MORALES-MCDEVITT et al. 2021; NADAL und DOMINGO 2014). Dorthin gelangen sie insbesondere durch die Verwendung von Produkten, die PFAS enthalten. Beispiele dafür sind Teppiche und Heimtextilien (WHITING et al. 2015), aus denen flüchtige, meist kurzkettige Verbindungen ausgasen, andere durch Abrieb freigesetzt werden. Dies zeigen auch Untersuchungen von Kinderzimmern in Finnland. Sie wiesen darüber hinaus nach, dass die Werte im Staub durch das Vorhandensein von Kunststoffbodenbelägen beeinflusst werden und dass die Stoffaufnahme über den Staub ähnlich bedeutend sein kann, wie über die Luft (WINKENS et al. 2018; 2017).

178. Bei Säuglingen ist aufgrund ihrer besonderen Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen die Aufnahme von PFAS besonders bedenklich. Im Nabelschnurblutserum wurden Konzentrationen von etwa einem Drittel der mütterlichen Belastung gemessen (INOUE et al. 2004). Der Übergang in die Muttermilch ist für PFOS und PFOA belegt (KÄRRMAN et al. 2007; KINGSLEY et al. 2018; EFSA 2020).

179. Untersuchungen zur Belastung des Menschen liegen insbesondere für die PFAS vor, die schon lange in der Anwendung sind. Dies trifft im Besonderen für PFOS

und PFOA zu, die bereits seit Jahrzehnten in großen Mengen produziert und breit eingesetzt werden. PFOS und PFOA sind inzwischen in der EU weitestgehend verboten (Tz. 197). Entsprechend ergeben die Analysen der Proben aus der Umweltprobenbank, dass die Konzentrationen seit Mitte der 1980er-Jahre kontinuierlich abnehmen (UBA 2020b; EEA 2019c; s. Abb. 3-9). Außerdem zeigt es sich, dass Männer in der Regel eine etwas höhere Belastung als Frauen aufweisen. Zudem nehmen die Konzentrationen mit dem Alter zu, allerdings nicht in dem Maße, wie man es aufgrund der langsamen Eliminationsraten der Stoffe erwarten würde (GÖCKENER et al. 2020).

180. Der Rückgang von PFOS und PFOA im Menschen ist zwar positiv zu bewerten, allerdings werden diese Stoffe nicht selten durch andere PFAS ersetzt, die weit weniger gut charakterisiert sind. So kann man für einige andere Verbindungen (bspw. PFNA) einen leichten Anstieg der Konzentrationen im Blut von Menschen nachweisen (EFSA 2020; GÖCKENER et al. 2020). Oft sind Aussagen über die Humanbelastung durch neue Vertreter der Stoffgruppe nicht möglich, da keine Messungen vorliegen bzw. entsprechende Nachweismethoden fehlen.

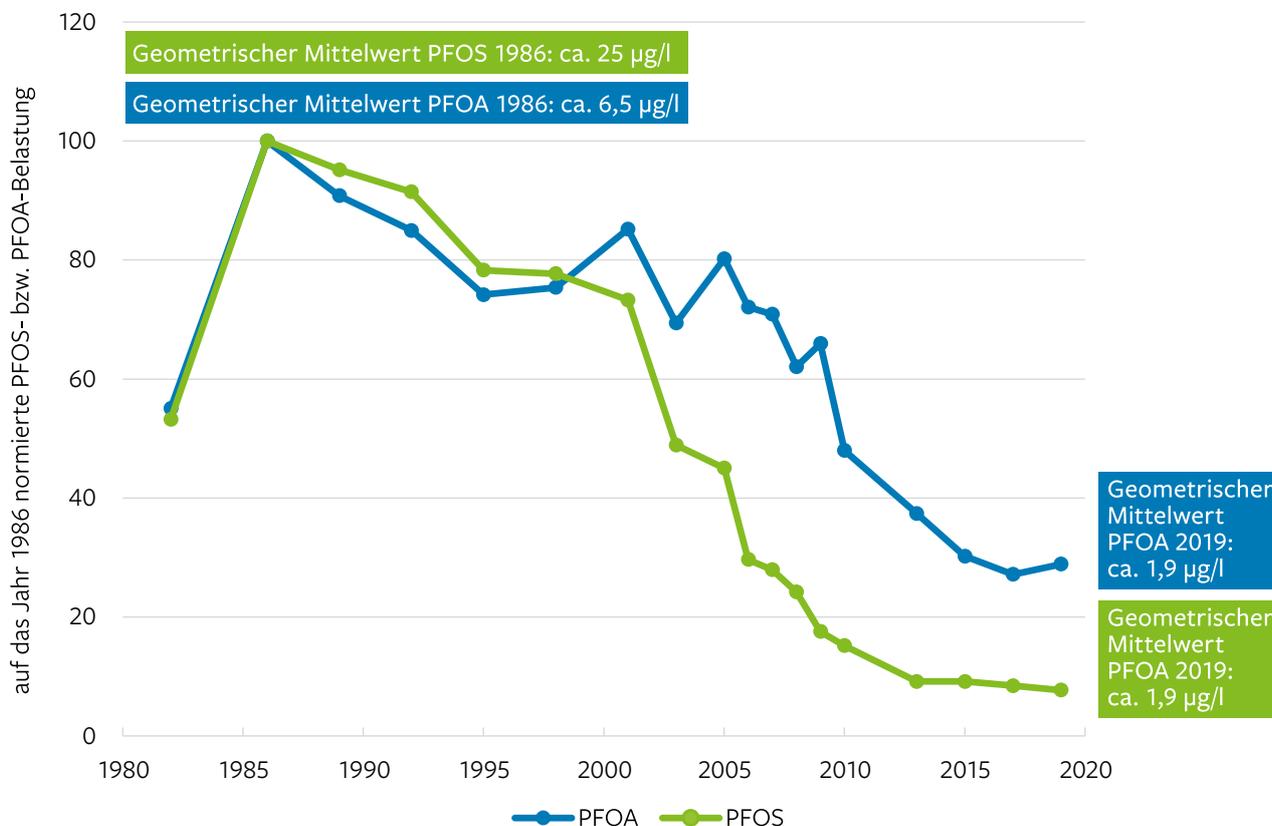
181. Außerdem sind die Aufnahmeraten für die schon länger bekannten Verbindungen immer noch zu hoch. So wird die von der Europäischen Lebensmittelagentur (European Food Safety Authority – EFSA) festgelegte tolerierbare wöchentliche Aufnahmedosis (Tolerable Weekly Intake – TWI) von 4,4 ng/kg Körpergewicht für die Summe der vier wichtigsten PFAS (PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS) (EFSA 2020) bei einem Teil der Bevölkerung überschritten. Speziell bei Säuglingen ist die Aufnahme über die Muttermilch verhältnismäßig hoch. Eine Studie zur inneren Exposition von Kindern und Jugendlichen in Deutschland bestätigt die zu hohen Aufnahmedosen (DUFFEK et al. 2020). So lagen zum Beispiel die PFOA-Blutwerte von einem Fünftel der Kinder oberhalb des toxikologisch begründeten und noch als tolerabel geltenden Beurteilungswertes I (HBM-I) der Kommission Human-Biomonitoring (HBM-Kommission des UBA 2020). Bei diesen Werten kann ein Gesundheitsrisiko mit entsprechender Sicherheit nicht mehr ausgeschlossen werden.

Mögliche Wirkungen auf die menschliche Gesundheit

182. Es gibt zahlreiche Studien zu möglichen negativen Effekten von PFAS (siehe u. a. EFSA 2018; 2020; U. S. Department of Health and Human Services 2021;

o **Abbildung 3-9**

Belastung von menschlichem Blutplasma aus der Umweltprobenbank mit PFOS und PFOA



Konzentrationen sind normiert auf den Wert der Höchstbelastung im Jahr 1986 = 100 %

Quelle: UBA 2020a, angepasst

FENTON et al. 2021; EEA 2021; PELCH et al. 2021). Allerdings decken diese Studien nur sehr wenige Vertreter dieser Stoffgruppe ab, für den Großteil bestehen deutliche Wissenslücken. Im Folgenden werden einige wichtige Erkenntnisse zur Wirkung von PFAS zusammengefasst.

183. In Tierversuchen zeigte es sich, dass PFAS in der Regel meist nur eine geringe akute Toxizität besitzen, allerdings nach einer längeren bzw. chronischen Exposition durchaus Effekte auftreten können. Diese reichen von einer reduzierten Schilddrüsenhormonausschüttung, einer Zunahme des Lebergewichts, der beeinträchtigten Entwicklung der Brustdrüsen, Veränderungen an den männlichen Geschlechtsorganen über erhöhte Sterblichkeit oder Entwicklungsbeeinträchtigung des Nachwuchses bis zur Beeinflussung des Immunsystems (EFSA 2018; 2020).

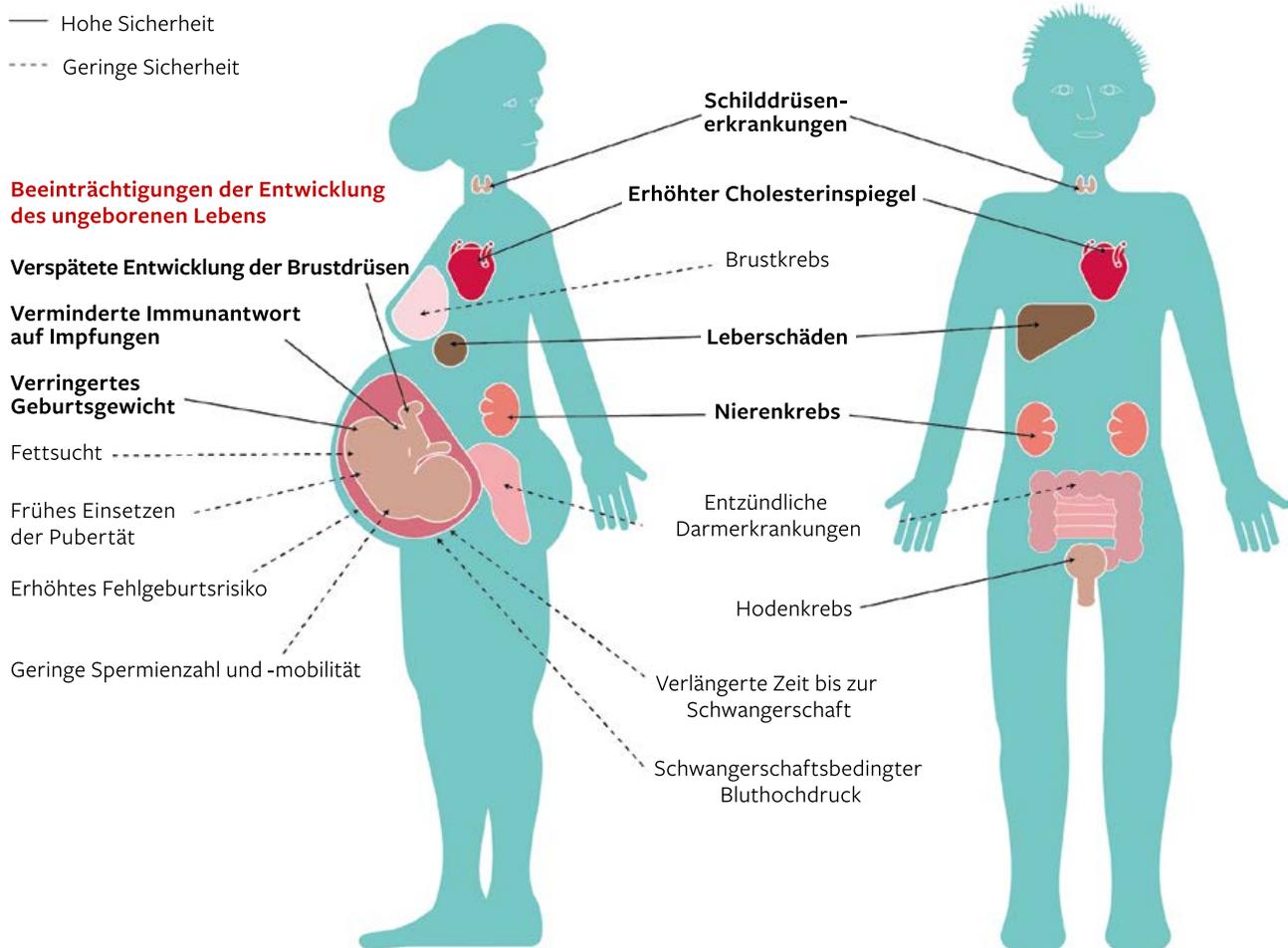
184. Einen ersten kritischen Überblick über vorliegende Ergebnisse aus epidemiologischen Studien gaben FROMME et al. (2009) und STEENLAND et al. (2010). In epidemiologischen Bevölkerungsstudien wurden statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen PFOA- und PFOS-Konzentrationen im Blutserum und einer Reihe von untersuchten gesundheitlichen Endpunkten ermittelt. Beim Studiendesign flossen Erkenntnisse aus Tierversuchen und arbeitsmedizinischen Untersuchungen mit ein (OLSEN et al. 2009). Dabei waren die Ergebnisse aus Studien zur gesundheitlichen Lage von Arbeitnehmer:innen aus Produktionsstätten für PFOA/PFOS bzw. ihren Vorläufersubstanzen (mit z. T. sehr kleinen Teilnehmendenzahlen) nicht immer konsistent. Dennoch zeigte sich ein Zusammenhang zwischen einer höheren inneren Belastung und Beeinträchtigungen des Fett- (SAKR et al. 2007) und Insulinstoffwechsels (LEONARD et al. 2008) sowie Veränderungen der Harn-

säureausscheidung (COSTA et al. 2009; s. Abb. 3-10). Hinweise für negative Wirkungen ergaben sich auch bei dem Vergleich von unterschiedlich belasteten Bevölkerungsgruppen. Bei Untersuchungsgruppen, die hohe Expositionen (überwiegend Trinkwasserkontamination) gegenüber PFOA aufwiesen, konnten Beeinträchtigungen der Fertilität bzw. eine Verschiebung der Zeit bis zum Eintritt einer gewollten Schwangerschaft (FEI et al. 2009; LA ROCCA et al. 2012), der Spermienqualität (JOENSEN et al. 2009) sowie ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung von Schwangerschaftsstörungen (Gestose, z. B. schwangerschaftsbedingter Bluthochdruck) beobachtet werden (SAVITZ et al. 2012; HOLT CAMP 2012). Zum Teil fanden sich auch Einflüsse auf das Geburtsgewicht sowie die Geburtsgröße (FEI et al. 2007;

2008; HAMM et al. 2010; ANDERSEN et al. 2010; SAVITZ et al. 2012). BONEFELD-JØRGENSEN et al. (2011) wiesen auf eine Verbindung zwischen der PFAS-Belastung und einem erhöhten Brustkrebsrisiko von Inuit-Frauen hin. Die Analysen wurden überwiegend unter Kontrolle wesentlicher anderer Einflussfaktoren, wie zum Beispiel Body-Mass-Index (BMI), Verhaltensmuster und Rauchen, durchgeführt (HORNBERG et al. 2013). Embryonen können schon durch sehr geringe stoffliche Einflüsse in ihrer Entwicklung beeinflusst werden. So scheint eine erhöhte Aufnahme von PFAS durch die Mütter unter anderem zu einem reduzierten Geburtsgewicht beim Nachwuchs zu führen (EFSA 2020; s. Abb. 3-10). Dies unterstreicht die besondere Vulnerabilität des ungeborenen Lebens.

o **Abbildung 3-10**

Mögliche Wirkungen von PFAS auf den Menschen



Quelle: EEA 2021, eigene Übersetzung

185. Des Weiteren wiesen epidemiologische Studien für einzelne PFAS Effekte am Immunsystem, insbesondere auch bei Kindern, nach (s. a. ABRAHAM et al. 2020; von HOLST et al. 2021). So zeigte sich bei Kindern mit höheren PFOA-Konzentrationen im Blutserum eine geringe Immunantwort auf die Impfungen gegen Tetanus und Diphtherie. Die EFSA bewertet diese Wirkung als die kritischste und stellt sie bei ihrer Bewertung der PFAS in den Mittelpunkt (EFSA 2018; 2020). Generell sind Kinder empfindlicher gegenüber der Aufnahme von Schadstoffen als Erwachsene, unter anderem da sie eine höhere Stoffwechselrate besitzen und sich ihr Immunsystem in der Entwicklung befindet. In diese Richtung weisen auch die Ergebnisse zur Immuntoxizität von PFAS (BfR 2020b).

186. Außerdem stehen einzelne Vertreter aus der Stoffgruppe, unter anderem PFOA und PFOS, in dem Verdacht, Krebs auszulösen (Kategorie 2, s. Anhang 6 der Verordnung (EC) 1272/2008). Die IARC hat PFOA als möglicherweise kanzerogen für den Menschen eingestuft (Gruppe 2, Hoden- und Leberkrebs, s. IARC 2017). Neuere Studien zeigten zudem einen Zusammenhang zwischen Nierenkrebs und der Exposition gegenüber PFOA (STEENLAND et al. 2022; s. Abb. 3-10).

187. Nach Schätzungen einer Studie, die vom Nordischen Ministerrat veröffentlicht wurde, betragen die gesundheitsbezogenen Kosten, die durch Exposition gegenüber PFAS verursacht werden, in Europa 52 bis 84 Mrd. Euro jährlich (GOLDENMAN et al. 2019). Negative Gesundheitseffekte, die in die Berechnung einfließen, betreffen zum Beispiel Beeinträchtigungen des Immunsystems oder Leberschäden.

3.3.2 Situation in Deutschland

188. In Deutschland gibt es eine ganze Reihe von Orten, an denen auffällig hohe PFAS-Konzentrationen in der Umwelt zu finden sind (siehe u. a. LANUV NRW 2021; MUKE Baden-Württemberg 2022; UBA 2020a). Beispielsweise wurden in Bayern durch einen Betrieb, der Fluorpolymere hergestellt hat, erhebliche Mengen PFAO über das Abwasser und über die Luft in die Umwelt freigesetzt. In der Folge kam es zu hohen Belastungen der Böden (bis zu 600 µg/kg) und des Grundwassers sowie des Flusses, in den die Abwässer eingeleitet wurden (s. HANGEN et al. 2010).

189. Die Ausbringung von PFAS-haltigen Klärschlämmen oder anderen entsprechend belasteten Düngemitteln

auf landwirtschaftlichen Flächen ist ein weiterer Pfad, wie PFAS in die Umwelt gelangten (siehe u. a. Umweltministerium Baden-Württemberg 2007; Regierungspräsidium Karlsruhe 2018; LANUV NRW 2021). So führte sehr wahrscheinlich die Düngung mit Komposten, die Schlämme aus der Papierindustrie enthielten, im Raum Rastatt und Mannheim zu großflächigen Kontaminationen von landwirtschaftlichen Böden. Auch das Grundwasser und die Trinkwassergewinnung waren betroffen (MUKE Baden-Württemberg 2022; Stadtwerke Rastatt 2022). Allein in der Gegend um Rastatt und Baden-Baden wurden 1.215 ha Böden und 58 km² Grundwasserfläche als belastet eingestuft (ebd.). Der Anbau von Lebensmitteln auf belasteten Böden sowie die Verwendung von belastetem Grundwasser zur Trinkwassergewinnung führte zu auffälligen inneren Expositionen beim Menschen (siehe u. a. LGA Baden-Württemberg 2018; WILHELM et al. 2009; MUKE Baden-Württemberg 2022). In der Folge mussten einzelne Wasserwerke außer Betrieb genommen bzw. mit aufwendiger Technik nachgerüstet werden (MUKE Baden-Württemberg 2022). Zudem gab es umfangreiche Untersuchungen zu den Auswirkungen auf die Gesundheit.

190. Seit 2015 gilt laut Düngemittelverordnung für zur Düngung verwendete Klärschlämme ein maximal zulässiger PFAS-Gehalt von 100 µg/kg Trockenmasse (Summe PFOA + PFOS) (s. LANUV NRW 2022b). Generell hatte der SRU in der Vergangenheit immer wieder empfohlen, Klärschlämme aufgrund von Schadstoffbelastungen nicht zur Düngung zu verwenden (SRU 2015). Mit der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) aus dem Jahr 2017 wurden erhebliche Beschränkungen für die Verwendung von Klärschlämmen festgelegt (§ 15 AbfKlärV). Auch deshalb geht die stoffliche Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft stetig zurück (Statistisches Bundesamt 2023).

191. Punktuelle Belastungen traten auch durch die Verwendung von PFAS-haltigen Feuerlöschschäumen auf (UBA 2020a; LANUV NRW 2021). Diese Löschmittel wurden von den Feuerwehren insbesondere bei Flüssigkeitsbränden eingesetzt. Es gibt zahlreiche Beispiele für Orte, an denen bei Löscharbeiten oder Übungen diese Schäume zum Einsatz kamen, die anschließend in den Boden versickerten oder in Oberflächengewässer gelangten. Das betrifft zum Beispiel Verbindungen wie PFOS und PFHxS. Diese Kontaminationen stellen heute ein Altlastenproblem dar (s. a. HELD und REINHARD 2020). Die Sanierung von verunreinigten Böden und Grundwasserkörpern ist sehr langwierig bzw. vielfach

bis heute nicht gelöst (BMUB 2017b; HELD und REINHARD 2020; BMUV 2022b; GEORGI und MACKENZIE 2022).

192. Bisher gibt es keine amtliche Zusammenstellung von PFAS-Schadensfällen in Deutschland (BMUV 2022a). Die Stadtwerke Rastatt haben zwar eine Aufstellung erstellt, die aber nicht vollständig ist. Der SRU hält es für sinnvoll, dass eine entsprechende, öffentlich zugängliche Übersicht geschaffen wird.

3.3.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf

193. Um die Belastung von Umweltmedien mit PFAS zu erfassen, bedarf es als ersten Schritt einer entsprechenden Stoffanalytik und Laborkapazitäten, um Messungen durchzuführen. So hat das UBA im Jahr 2020 zum Beispiel darauf hingewiesen, dass es noch nicht für alle zwanzig PFAS, die in der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 gelistet sind, eine etablierte analytische Methode gibt (UBA 2020e). Diese Lücken müssen unbedingt geschlossen werden. Außerdem sollte, soweit nicht schon etabliert, ein regelmäßiges Monitoring von einzelnen ausgewählten Vertretern der Stoffgruppe eingeführt werden.

194. Monitoringdaten sind notwendig, um grundlegende Daten und damit Argumente für eine mögliche Regulierung von PFAS zu liefern (Ferntransport, Bioakkumulation, Mobilität, ubiquitäre Verteilung). Die Daten können zudem die Verteilungsmuster in der Umwelt und die Emissionspfade (z. B. über Klärwerke und Deponien) sowie Expositionsquellen (z. B. Trinkwasser, Nahrungsmittel) zeigen (Umweltbundesamt 2020).

195. Im August 2022 hat die Europäische Kommission (2022e) mit der Empfehlung (EU) 2022/1431 den Mitgliedstaaten ein Vorgehen zur Überwachung von PFAS in Lebensmitteln bereitgestellt. Demnach sollen eine Vielzahl an Lebensmitteln, wie zum Beispiel Obst, Gemüse, Getreide und Beikost für Säuglinge und Kleinkinder, in den Jahren 2022 bis 2025 auf das Vorkommen von PFAS getestet werden. Die Daten sollen erhoben werden, um die Exposition gegenüber PFAS in Lebensmitteln konkreter abschätzen und gegebenenfalls weitere Maßnahmen ableiten zu können. Mit der Empfehlung werden neben maximalen Bestimmungsgrenzen für die Analysemethoden in den verschiedenen Lebensmittelmatrizes zusätzlich Richtwerte für PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS für bestimmte Lebensmittel genannt.

Werden diese Richtwerte überschritten, sollte eine weitergehende Untersuchung der Ursachen der Kontamination durchgeführt werden.

196. Zudem wurden in der Durchführungsverordnung (EU) 2022/1428 der Kommission zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die Kontrolle auf PFAS in bestimmten Lebensmitteln detaillierte Anforderungen fixiert, um die Verlässlichkeit und Kohärenz der amtlichen Kontrollen zu gewährleisten. Diese Verordnung ist am 15. September 2022 in Kraft getreten.

197. PFAS fallen als Chemikalien unter die Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (sog. REACH-Verordnung – Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Einzelne PFAS (PFOA, C9-C14 PFCAs, PFHxS, PFHxA) samt ihren Salzen, Vorläuferverbindungen und Polymeren sind durch die REACH-Verordnung bereits beschränkt worden. PFOS und PFOA werden darüber hinaus in zwei internationalen Übereinkommen reguliert: dem Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (Persistent Organic Pollutants – POP) und dem POP-Protokoll der „Convention on Long-range Transboundary Air Pollution“ (CLRTAP). Demnach sollen die Produktion, die Verwendung und die Freisetzung von PFOS und PFOA soweit wie möglich reduziert bzw. beendet werden (UNECE o. J.; UNEP 2009).

198. Die Beschränkungen einzelner PFAS führte aber oft zu einer Substitution durch ähnliche Verbindungen, die vergleichbare bedenkliche Eigenschaften besitzen oder über die man dann deutlich weniger weiß (BLAC 2021). Diese „regrettable substitutions“ zeigen deutlich, dass das Problem der PFAS umfassender angegangen werden muss. Wenn wie bisher vorgegangen würde (d. h. einzelne Stoffvertreter werden herausgegriffen und mitsamt ihren Salzen und Vorläuferverbindungen und Polymeren verboten), wäre das sehr aufwendig und würde viel zu lange dauern. Sinnvoller scheint der Ansatz, die ganze Stoffgruppe zu beschränken. Dies wird von den nationalen Behörden aus fünf europäischen Ländern (Deutschland, Niederlande, Norwegen, Schweden und Dänemark) in einem gemeinsamen Vorhaben vorgeschlagen, das am 13. Januar 2023 der Europäischen Chemikalienagentur (European Chemicals Agency – ECHA) vorgelegt wurde (ECHA 2023). Ziel ist es, alle nicht notwendigen Anwendungen von PFAS zu beschränken. Als nicht notwendig wird zum Beispiel der Einsatz von PFAS in Einweggeschirr, Ein-

wegtischdecken und Heimtextilien bezeichnet (UBA 2020a, S. 29). Dagegen ist beispielsweise die PFAS-Beschichtung der Arbeitsschutzbekleidung für die Feuerwehr essenziell, weil derzeit noch keine Alternativen existieren (ebd., S. 35).

199. Der Beschränkungs-vorschlag ist das Ergebnis einer dreijährigen Untersuchung, während der die beteiligten Behörden festgestellt haben, dass die Risiken bei der Herstellung, beim Inverkehrbringen und bei der Verwendung von PFAS nicht ausreichend kontrolliert werden und daher innerhalb der EU adressiert werden müssen (ECHA 2023). Auch die Europäische Kommission hat in ihrer 2020 veröffentlichten Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit (Europäische Kommission 2020e; s. a. Kap. 6.2) ein Maßnahmenpaket vorgeschlagen, in dem sie unter anderem ein Verbot der Verwendung von PFAS in Feuerlöschmitteln plant, aber darüber hinaus auch die Behandlung von PFAS als Gruppe im Rahmen der einschlägigen Rechtsvorschriften für Wasser, nachhaltige Produkte, Lebensmittel, Industrieemissionen und Abfälle vorschlägt (ebd.). Diese stoffgruppenbezogene Regulierung wäre ein Novum. „Eine derart weit gefasste, stoffgruppenbezogene Regulierung hat es aufgrund des derzeit sehr aufwändigen Regulierungsprozesses noch nicht gegeben“ (BLAC 2021). Von Seiten der Umweltschutz- und Wasserverbände gibt es zudem eine Aufforderung an die EU, (bestimmte) PFAS sowohl in der Anwendung als auch in der Produktion zu verbieten (77 Organisationen der Zivilgesellschaft 2022).

200. Der SRU unterstützt das Vorhaben, die PFAS als Gruppe zu verbieten, bzw. die Verwendung auf Bereiche zu beschränken, in denen sie unentbehrlich sind. Bei den PFAS handelt es sich um eine Stoffgruppe, die sehr persistent ist, also in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut wird. Selbst wenn sich die einzelne Substanz zunächst als nicht toxisch erwiesen hat, verbleiben PFAS doch auf Jahre und Jahrzehnte in der Umwelt und können sich dort anreichern. Schädliche Effekte sind dann nicht auszuschließen, gerade auch, solange das Wissen über die Verbindungen noch rudimentär ist. Aus diesem Grund empfiehlt der SRU, die Liste der Kriterien für die Anwendung des Zulassungsverfahrens unter REACH unter anderem so zu erweitern, dass die Kombination der Eigenschaften Persistenz und Mobilität stärkere Berücksichtigung erfährt (Tz. 445).

201. Um die Verbraucher:innen der EU vor einer erhöhten Aufnahme von PFAS in Lebensmitteln zu schützen, wurde 2022 die Verordnung (EU) 2022/2388 hinsichtlich der Höchstgehalte an PFAS in bestimmten Lebens-

mitteln verabschiedet. Erstmals wurden damit für die Summe aus PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS, für die die EFSA 2020 eine gruppenbezogene TWI von 4,4 ng/kg Körpergewicht ermittelt hat (Tz. 181), Höchstgehalte für folgende Lebensmittel festgesetzt: Eier, Fische und Fischereierzeugnisse, Muscheln, Krebstiere, Fleisch und genießbare Schlachtnebenerzeugnisse (Innereien) sowie Wild.

202. PFAS stellen auch eine Herausforderung für den Grundwasserschutz dar. Dies hat für die Gesundheit deshalb eine große Bedeutung, da in Deutschland etwa 70 % des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen werden (Statistisches Bundesamt 2022). Für das Grundwasser haben die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) gemeinsam Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) abgeleitet, die auf den Trinkwasserleitwerten beruhen. Dies betrifft sieben Vertreter der Stoffgruppe, die Schwellen liegen zwischen 0,1 und 10 µg/l (LAWA 2017). Werden diese Werte überschritten, ist die Grundwasserbeschaffenheit schädlich verändert (LAWA 2016). Außerdem hat die Europäische Kommission einen Vorschlag zur Revision der Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG vorgelegt, in dem ein Qualitätswert von 4,4 ng/l für die Summe von 24 PFAS angeregt wird (Europäische Kommission 2022c, Annex III). Dieser sehr niedrige Wert nimmt Bezug auf die aktuelle PFAS-Bewertung der EFSA.

203. Mit der Novellierung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 wurden zudem ein Parameterwert für PFAS gesamt von 0,5 µg/l und ein Parameterwert für die Summe von 20 PFAS (PFAS 20) von 0,1 µg/l eingeführt. Bis zum 12. Januar 2026 ist zu gewährleisten, dass die Parameterwerte im Wasser für den menschlichen Gebrauch eingehalten werden (Art. 25 Trinkwasserrichtlinie). Darüber hinaus soll mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ein zusätzlicher Grenzwert, gültig ab 2028, für die nach EFSA wichtigsten vier PFAS von 20 ng/l eingeführt werden. Die Wasserunternehmen sehen einige Probleme in der relativ kurzfristigen Einführung dieses niedrigen Grenzwertes aufgrund fehlender standardisierter Messverfahren, unzureichender Maßnahmen zur Beschränkung der Stoffe und Ubiquität der Einträge (BDEW 2022).

204. Die Bewirtschaftung der Grundwasserkörper muss nach Grundwasserrichtlinie die öffentliche Wasserversorgung und den Schutz der menschlichen Gesundheit berücksichtigen. Da an einigen Standorten zum Teil sehr deutliche Überschreitungen auftreten (bis zum Acht-

fachen des oben genannten Leitwertes für PFAS gesamt) (Tz. 189), die auf punktuelle Freisetzung zurückzuführen sind, besteht hier dringender Handlungsbedarf (s. bspw. Landeshauptstadt Düsseldorf o. J.; LfU Bayern o. J.). Generell ist eine Strategie zum Schutz der Gewässer vor PFAS-Belastungen, wie von der Europäischen Kommission bereits angedacht, erforderlich (s. a. REESE 2022; KÖCK 2022b; KÖCK und HENN 2020). Dabei müssen aus Sicht des SRU sowohl der Schutz als auch die Sanierung von belasteten Böden und Gewässern in den Blick genommen werden.

3.4 Hitze

205. Die Klimakrise gefährdet Ökosysteme (RENNER et al. 2021; FRITSCH et al. 2021), Infrastrukturen (VOß et al. 2021) und die Wirtschaft (WOLF et al. 2021) in Deutschland. Ihre Folgen wirken zudem direkt und indirekt auf die menschliche Gesundheit (IPCC 2022a, Kap. 7; BANWELL et al. 2018; WATTS et al. 2015, S. 4; s. Kasten 3-3). Hitzewellen zählen zu den gefährlichsten Gesundheitsrisiken der Klimakrise in Europa (KENDROVSKI und SCHMOLL 2019), denn der demografische

Wandel lässt den Anteil älterer und chronisch erkrankter Menschen ansteigen und macht europäische Bevölkerungen so anfälliger gegenüber den Gesundheitsrisiken von Hitze (ROMANELLO et al. 2022). Die Gesundheitsfolgen reichen von eingeschränkter Leistungsfähigkeit, über Hitzeerkrankungen oder chronische Krankheiten bis hin zum Hitzetod (Abschn. 3.4.1). In dem besonders heißen Sommer 2003 starben knapp 10.000 Menschen in Deutschland an Hitze (WINKLMAYR et al. 2022, S. 453; AN DER HEIDEN et al. 2020, S. 607; 2019, S. 577). Ähnlich viele hitzebedingte Sterbefälle werden für die Sommer der Jahre 1994 (8.100 bis 12.400 hitzebedingte Sterbefälle) oder 2018 geschätzt (6.700 bis 10.900) (WINKLMAYR et al. 2022, S. 458; s. Abb. 3-11).

206. Die Hitzeexposition steigt rasant an (van DAALLEN et al. 2021). Hitzewellen über Europa haben drei- bis viermal schneller zugenommen als in den übrigen nördlichen mittleren Breitengraden wie etwa in den USA oder Kanada (ROUSI et al. 2022). Mit zunehmender Anfälligkeit einer alternden Bevölkerung in Deutschland, steigenden Temperaturen und weiter anwachsenden Städten verschärft sich auch die Problematik des städtischen Wärmeinseleffekts. All diese Trends stellen auch

Kasten 3-3 Direkte vs. indirekte Gesundheitswirkungen der Klimakrise

Die Klimakrise hat direkte und indirekte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Wenn sie die menschliche Gesundheit unmittelbar beeinträchtigt, spricht man von direkten Gesundheitswirkungen der Klimakrise. Dazu zählen beispielsweise Ertrinken bei Flutkatastrophen (SINDALL et al. 2022), Rauchgasvergiftungen bei Waldbränden (SANDERFOOT et al. 2021) oder posttraumatische Belastungsstörungen nach Überflutungen oder einem Sturm (LOWE et al. 2019; MAMBREY et al. 2019).

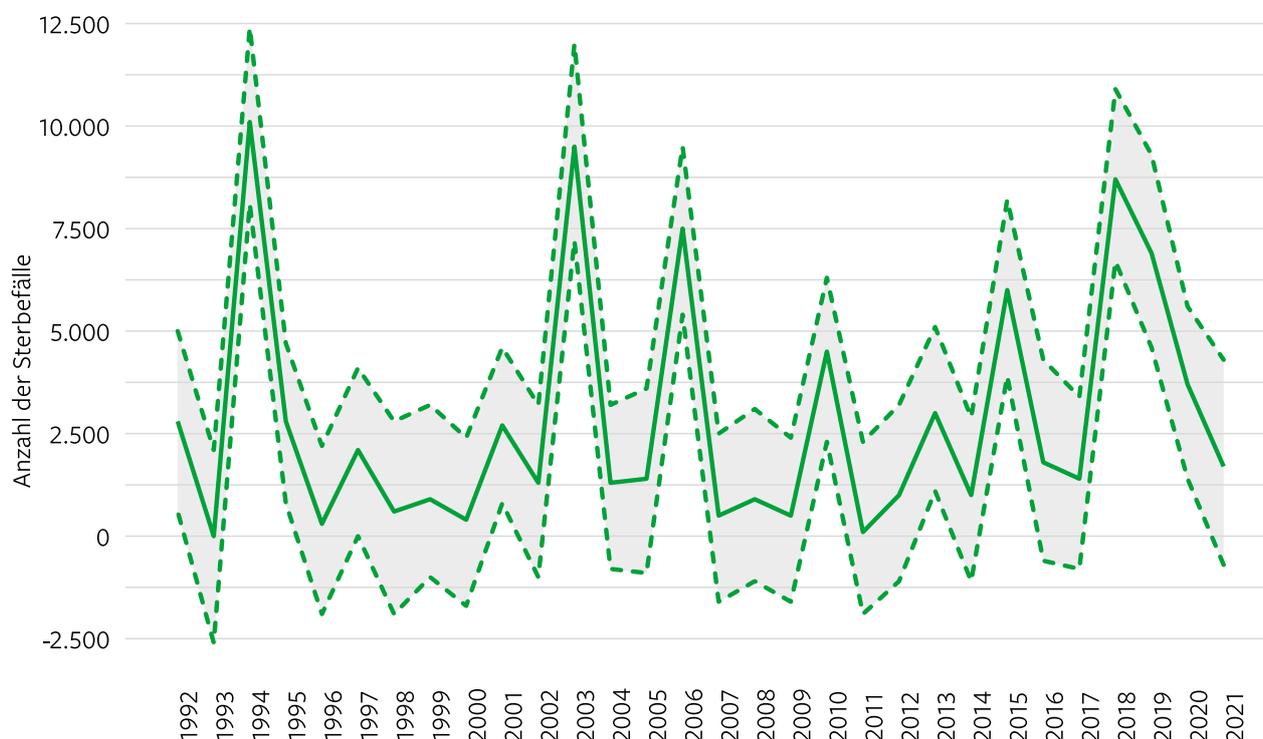
Indirekte Gesundheitswirkungen treten dann auf, wenn die Klimakrise zunächst die natürliche, gebaute oder soziale Umwelt verändert und sich diese Veränderungen daraufhin auf die Gesundheit auswirken. Wenn zum Beispiel im Zuge einer Flutkatastrophe die Gesundheitsversorgung zusammenbricht, kann es zu medizinischer und pflegerischer Unterversorgung der betroffenen Region kommen (CURTIS et al. 2017). Ein

tal und den angrenzenden Gebieten der Ahreifel. Dort mussten Einrichtungen des Gesundheitswesens kurzfristig evakuiert und teils langfristig geschlossen werden (BÜHRING et al. 2022). Der zunehmende Klimawandel erhöht die Wahrscheinlichkeit solcher Flutkatastrophen (KREIENKAMP et al. o. J.) mit entsprechenden Gesundheitswirkungen für die betroffene Bevölkerung (WOLF et al. 2015). Die ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgen der Klimakrise können zudem existenzielle Ängste mit Auswirkungen auf die mentale Gesundheit der Menschen auslösen (BOLUDA-VERDÚ et al. 2022; BROPHY et al. 2023; LÉGER-GOODDES et al. 2022). Knapp drei Viertel der jungen Menschen in Deutschland im Alter von 14 bis 22 Jahren stimmen der Aussage voll und ganz oder eher zu, dass sie Angst vor den Folgen des Klimawandels haben (BMUV und UBA 2022b). In der Gesamtbevölkerung ab 14 Jahren treffen diese Ängste auf zwei Drittel zu (BMUV und UBA 2022a).

Weitere indirekte Gesundheitswirkungen der Klimakrise sind etwa zunehmende pollenassoziierte Allergien (DAMIALIS et al. 2019) oder die Ausbreitung von

o Abbildung 3-11

Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 1992 und 2021



SRU, eigene Darstellung; Datenquelle: WINKLMAYR et al. 2022, S. 452

das deutsche Gesundheitswesen vor enorme Herausforderungen (SCHOIERER et al. 2020). Die deutsche Politik muss handeln. Umfassende Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen sind dringend geboten (Abschn. 3.4.3; zur globalen Perspektive s. WBGU 2023, Kap. 2.3.2).

3.4.1 Gesundheitsrisiken

207. Menschen haben physiologische, verhaltensbezogene, infrastrukturelle sowie technologische Strategien, um sich an ihre klimatischen Bedingungen anzupassen (HONDULA et al. 2015). Wenn hohe Außentemperaturen, insbesondere in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit, menschliche Anpassungsmechanismen überfordern, kann Hitze die menschliche Gesundheit gefährden und die Lebensqualität beeinträchtigen.

Thermoregulation und Akklimatisation

208. Damit sich der menschliche Körper kurzfristig an Hitze anpassen kann, aktiviert er seine Thermoregula-

tion (GRAFE 2021, S. 28). Diese steuert den Wärmehaushalt, damit die Körperkerntemperatur – auch bei sich verändernder Außentemperatur – im Bereich zwischen 36 °C und 37,5 °C bleibt (SIEMS et al. 2009, S. 272; PERSSON 2019, S. 539). Dafür weiten sich zunächst die Blutgefäße und der Blutfluss steigt. Dadurch wird die überschüssige Hitze im Körperinneren zur Haut transportiert und dort an die Umgebung abgegeben. Diese Wärmeabgabe beansprucht das Herz-Kreislauf-System.

209. An heißen Tagen kann zudem Schwitzen den Körper kühlen (TRAIDL-HOFFMANN und TRIPPEL 2021, S. 27 ff.). Hierfür sind ausreichende Wasser- und Elektrolytreserven notwendig, um eine Dehydratation zu vermeiden. Je mehr man schwitzt, desto höher ist der Kühlungseffekt. Mit steigender Luftfeuchtigkeit kann die Außenluft den Schweiß jedoch immer schlechter aufnehmen. Die Luft saugt sich voll wie ein Schwamm und der Kühlungseffekt des Schwitzens nimmt ab. Daher sind hohe Temperaturen in Kombination mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit besonders gefährlich für die menschliche Gesundheit (DIFFEY 2018, S. 12).

210. Bei der langfristigen Anpassung, auch Akklimatisation genannt, passt sich die Thermoregulation durch eine andauernde Hitzebelastung – nach etwa zwei bis drei Wochen – an regionale oder saisonale Klimaverhältnisse an (TRAIDL-HOFFMANN und TRIPPEL 2021, S. 31). Der Körper arbeitet nun effizienter und wird resilienter gegenüber Hitzestress (KENNY et al. 2018, S. 518; SAWKA et al. 2011, S. 1897). Zudem passen sich Menschen auch durch ihr Verhalten (z. B. ausreichend Trinken) oder technologische Ausstattung (z. B. klimagerechtes Bauen) an (EIS et al. 2010).

211. In der Folge kann eine akklimatisierte Person besser mit Hitze umgehen als eine nicht akklimatisierte (GRAW et al. 2019). Ausreichend hydrierte gesunde Erwachsene können dank einer funktionierenden Thermoregulation sogar extreme Hitzebelastungen bewältigen (CHONG und ZHU 2017). Doch selbst bei gesunden Menschen stößt die Thermoregulation bei andauernd hohen Temperaturen in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit (Tz. 209) irgendwann an ihre Grenzen (SHERWOOD und HUBER 2010, S. 9554). Bei einer Luftfeuchtigkeit von 100 % liegt diese körperliche Belastungsgrenze, die das Überleben von Menschen und anderen Säugetieren definiert, bei 35 °C. Wenn die Luftfeuchtigkeit niedriger ist, liegt die Temperatur entsprechend höher (z. B. bei 46 °C bei einer Luftfeuchtigkeit von 50 %).

Hitzeerkrankungen und -sterblichkeit

212. Besonders gefährlich ist Hitzebelastung vor allem für Menschen, deren Thermoregulation entweder noch nicht vollständig ausgebildet (SMITH 2019) oder alters- bzw. krankheitsbedingt beeinträchtigt ist (MILLYARD et al. 2020). Daher zählen Schwangere, Kinder, Ältere und Kranke zu den vulnerablen Gruppen (WHO – Regional Office for Europe 2021a, S. 99; s. Abschn. 2.2.2). Die Rolle älterer Menschen ist dabei besonders hervorzuheben (KEMEN et al. 2020), denn sie leiden oft an mehreren Erkrankungen und ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung steigt im Zuge des demografischen Wandels weiter an (RKI 2015a). Zusätzliche Risikofaktoren sind Bettlägerigkeit, soziale Isolation, Einnahme bestimmter Medikamente oder Drogen und die Unfähigkeit, für sich selbst zu sorgen (BOUCHAMA et al. 2007, S. 2170; LEVINE et al. 2012; KLINENBERG 2015).

213. Gesundheitsrisiken von Hitze variieren zudem je nach individuellem sozioökonomischem Status (BENMARHONIA et al. 2015). Dies kann daran liegen, dass benachteiligte Menschen vulnerabler gegenüber Hitze sind (REY et al. 2009). Eine mögliche Kausalkette

besteht darin, dass sozial Benachteiligte überdurchschnittlich häufig in unzureichend gedämmten und damit besonders hitzeexponierten Räumen wohnen oder arbeiten (Expositionsvariation, Tz. 41; EEA 2018; GRONLUND 2014). Bisherige Untersuchungen legen jedoch nahe, dass sozial ungleiche Vulnerabilitäten gegenüber Hitze weniger durch Expositionsvariation, sondern vielmehr durch Effektmodifikation entstehen (OSBERGHAUS und ABELING 2022; HSIANG et al. 2019). Demnach haben sozial benachteiligte Menschen im Durchschnitt einen schlechteren Gesundheitszustand und verfügen über geringere Hitzeanpassungskapazitäten. Dadurch sind sie insgesamt anfälliger gegenüber Hitze (Effektmodifikation, Tz. 44).

214. Gerade bei diesen Risikogruppen kann es zum Hitzschlag kommen (TRAIDL-HOFFMANN und TRIPPEL 2021, S. 27 f.). Dieser führt bei mehr als drei Viertel der Fälle zu einem Multiorganversagen und zum Tod (VARGHESE et al. 2005, S. 185). Überlebende tragen häufig langfristige Organschäden (WALLACE et al. 2007, S. 290) oder neurologische Schäden davon (DEMATTE et al. 1998, S. 177). Weitere Hitzeerkrankungen oder -beschwerden sind Hitzeerschöpfung, -krämpfe, -kollaps, -ausschlag oder -ödeme (für eine Übersicht s. die Kampagne der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung „Klima | Mensch | Gesundheit“, BZgA o. J.-b). Hitze kann zudem Herz-Kreislauf- oder Atemwegserkrankungen verursachen oder bestehende Krankheitszustände verschlechtern (MOGHADAMNIA et al. 2017; WITT et al. 2015; LIN et al. 2009). Auch akute oder chronische Nierenerkrankungen können durch Hitze entstehen (RONCAL-JIMENEZ et al. 2015, S. 10; GARCÍA-TRABANINO et al. 2015, S. 751).

215. Hitzewellen können sich jedoch nicht nur direkt, sondern auch indirekt auf die menschliche Gesundheit auswirken. Hitze kann alle Einrichtungen des Gesundheitswesens betreffen und somit die stationäre und ambulante medizinische und pflegerische Versorgung der Menschen beeinträchtigen (SVR Gesundheit 2023). Betroffene sind sowohl Patient:innen als auch das Personal der jeweiligen Einrichtungen (JEGODKA et al. 2021). Während einer Hitzewelle kann der Bedarf an gesundheitlicher Versorgung steigen, Krankheitssymptome können zunehmen, Arbeitskräfte können ausfallen und die Wirkungen von Medikamenten können sich verändern (MASON et al. 2022; SCHOIERER et al. 2020). Gerade in der Altersmedizin gilt es daher, bei Hitzewellen die Dosierung der Medikamente entsprechend anzupassen (HAEFELI und CZOCK 2020).

3.4.2 Situation in Deutschland

216. Zahlreiche Untersuchungen gehen davon aus, dass durch den Klimawandel auch in Deutschland vermehrt mit extremen Hitzeereignissen mit teilweise drastischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu rechnen ist (SCHLEGEL et al. 2021; KAHLENBORN et al. 2021; KENDROVSKI et al. 2017; CHRISTIDIS et al. 2015). Eine steigende Exposition gegenüber Hitze drückt sich etwa durch die Zunahme heißer Tage oder Tropennächte aus.

Heiße Tage und Tropennächte

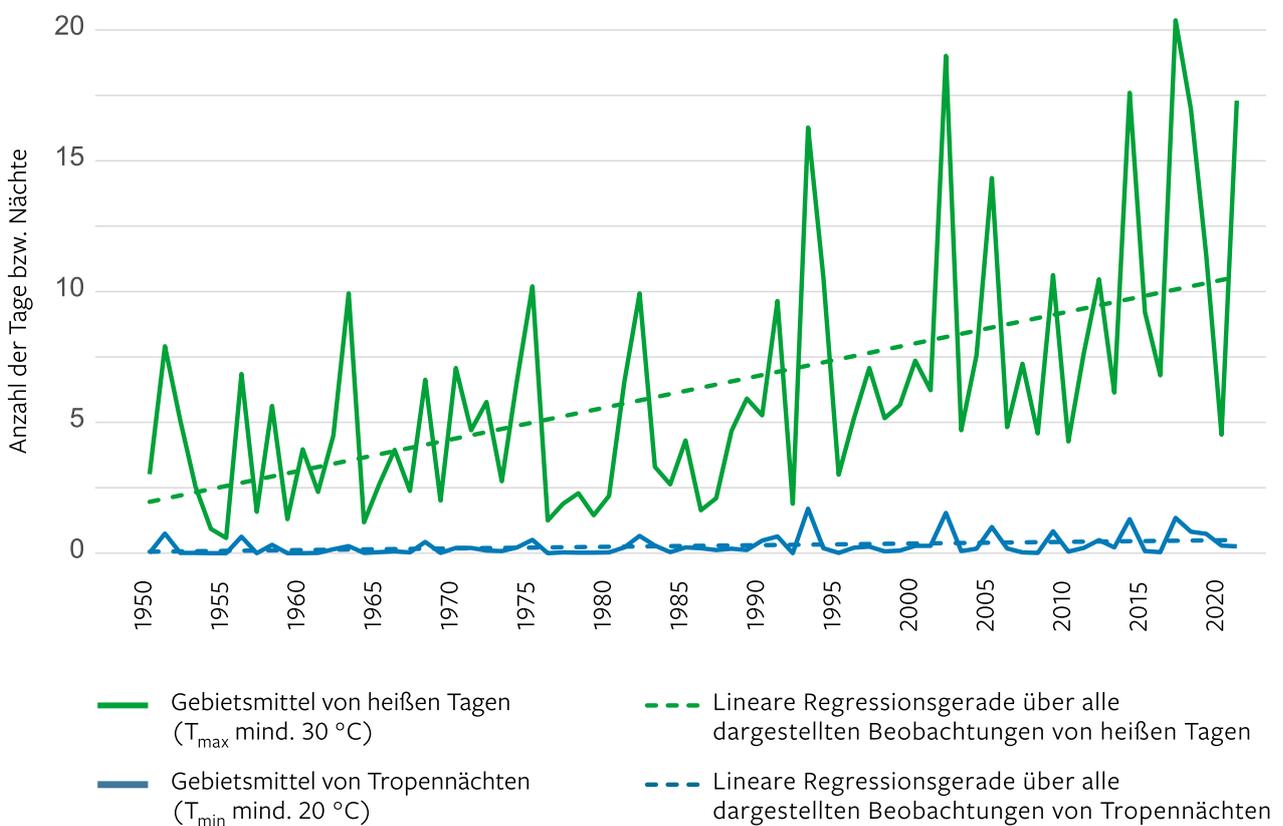
217. Heiße Tage, also Tage an denen die höchste Lufttemperatur oberhalb von 30 °C liegt (KRUG und MÜCKE 2018, S. 67), sind ein Indikator, um die Hitzebelastung zu erfassen. Zwischen 1951 und 2022 ist die Anzahl heißer Tage in Deutschland kontinuierlich gestiegen (Abb. 3-12). Innerhalb Deutschlands variiert die Hitzebelastung regional (MKRO 2016, S. 20). Beispiels-

weise treten heiße Tage häufiger in Süd- als in Ost- oder Norddeutschland auf (DEUTSCHLÄNDER und MÄCHEL 2017, S. 49). Besonders problematisch sind heiße Tage, wenn sie in Kombination mit Tropennächten auftreten, also Nächten bei denen die Minimumtemperatur 20 °C nicht unterschreitet (DWD 2022). Tropennächte beeinträchtigen die Schlafqualität der Menschen (LAN et al. 2017), denn in einem aufgeheizten Schlafzimmer, das etwa durch hohe Lärmbelastung nachts nicht gelüftet werden kann, schlafen Menschen schlecht. Ein erholsamer Schlaf ist aber elementar für die Gesundheit und das Wohlbefinden (HALE et al. 2020). Zwischen 1951 und 2022 ist die Anzahl der Tropennächte im Gebietsmittel in Deutschland konstant geblieben.

218. Das jährliche Gebietsmittel, sprich der Flächenmittelwert der Tropennächte in Deutschland in einem bestimmten Jahr, ist erwartbar niedrig. Grund dafür ist, dass die ländlichen Wettermessstationen in Deutsch-

o **Abbildung 3-12**

Anzahl heißer Tage und Tropennächte im Gebietsmittel in Deutschland zwischen 1951 und 2022



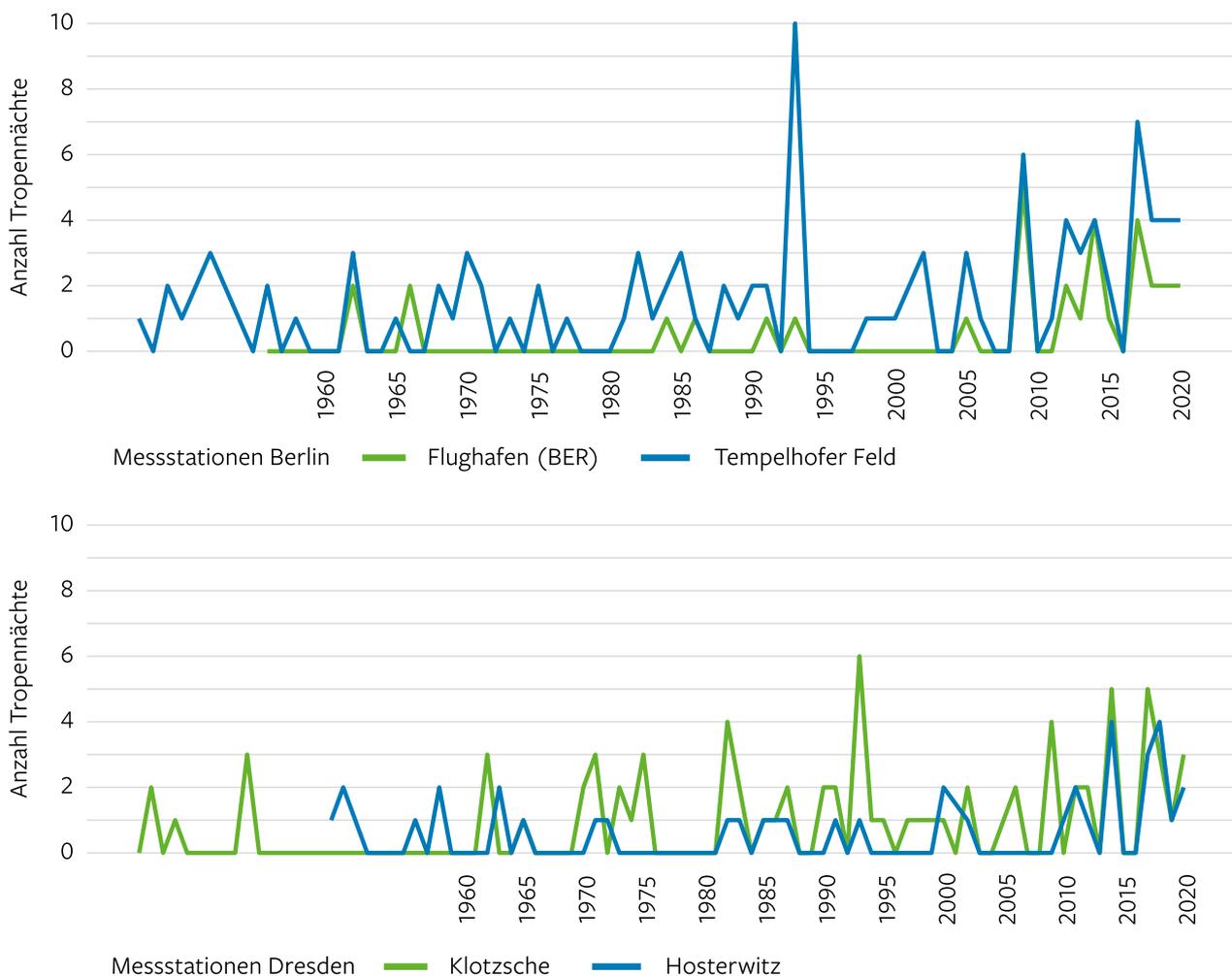
land überwiegen und Tropennächte vor allem im städtischen Raum auftreten. Im jährlichen Gebietsmittel Deutschland werden die städtischen Tropennächte, wie sie etwa in Berlin oder Dresden auftreten (KRUG und MÜCKE 2018; s. Abb. 3-13), verdeckt. Durch Messungen stellten FENNER et al. (2015, S. 33) beispielsweise fest, dass Tropennächte in den dicht bebauten Stadtteilen Berlins im Vergleich zu den städtischen Freiflächen mehr als dreimal so häufig auftreten. Dies ist ein Zeichen, dass die unterschiedlichen Mikroklimata in der Stadt die Hitzebelastung räumlich variieren lassen (MATZARAKIS und FRÖHLICH 2020) und es so zum sogenannten Wärmeinseleffekt kommen kann.

Der Wärmeinseleffekt

219. Bei dem Wärmeinseleffekt heizt sich die Innenstadt deutlich stärker auf und kühlt langsamer ab als das Umland (DEILAMI et al. 2018). Dieser Effekt trägt wesentlich zur hitzebedingten Sterblichkeit während Hitzewellen bei (HEAVISIDE et al. 2016; IUNGMAN et al. 2023). Der Wärmeinseleffekt hat vier zentrale Ursachen. Erstens kommen wärmespeichernde Materialien wie dunkle Asphaltflächen oder Autos in der Stadt häufiger vor. Zweitens wird im urbanen Raum eine große Menge an Abwärme freigesetzt, beispielsweise aus den Bereichen Gebäude, Industrie oder Verkehr. Drittens werden lokale Kühlungsmechanismen, wie die

o **Abbildung 3-13**

Anzahl Tropennächte an Messstationen in Berlin und Dresden zwischen 1961 und 2022



Luftzirkulation durch die dichte Bebauung, gehemmt (SRU 2018). Viertens führt der große Anteil versiegelter Fläche zu einer geringeren Verdunstung von Bodenfeuchte und Wasseroberflächen (NURUZZAMAN 2015, S. 68).

220. Der Wärmeinseleffekt tritt vor allem in Großstädten auf, in denen rund ein Drittel der Menschen in Deutschland lebt (BMI 2021b, S. 7). Das UBA erfasst den Wärmeinseleffekt zum Beispiel für die Stadt Berlin (UBA 2019e). Demnach kommt es zwischen Juni und August durchschnittlich zu maximalen Temperaturunterschieden von 3 bis 4 Kelvin (3 bis 4 °C). In Extremfällen kann Berlins Zentrum sogar knapp 9 Kelvin (9 °C) heißer werden als das direkte Umland (UBA 2019e). Auch in Köln wurde ein vergleichbarer Wärmeinseleffekt beobachtet (GROTHUES et al. 2013).

Gefühlte Temperatur, Wärmebelastung und Hitzewellen

221. Der menschliche Wärmehaushalt reagiert jedoch nicht nur auf die Lufttemperatur, sondern auch auf Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Global- und Gegenstrahlung (GRAW et al. 2019, S. 270). Zudem spielen auch die jeweilige Aktivität und Bekleidung des Individuums eine Rolle (ebd.). Hitzebelastung wird daher auch durch die sogenannte gefühlte Temperatur angegeben. Zur Berechnung der gefühlten Temperatur werden all diese genannten Faktoren in einem Summenmaß zusammengeführt (DWD o. J.-c). Ab einer gefühlten Temperatur von 32 °C ist die Hitzebelastung stark, ab 38 °C ist sie extrem (ebd., S. 2). Für ältere Menschen ist die Belastung bereits ab einer gefühlten Temperatur von 36 °C extrem. Wenn solch ungewöhnlich hohe Hitzebelastungen über mehrere Tage andauern, spricht der Deutsche Wetterdienst (DWD) von einer Hitzewelle (DWD o. J.-d).

3.4.3 Aktivitäten und Handlungsbedarf

222. Hitzebedingte Erkrankungen und Todesfälle sind zu einem großen Teil vermeidbar (EBI et al. 2021, S. 698; WHO – Regional Office for Europe 2009). Modellierungen gehen davon aus, dass rund 37 % der Hitzetoten weltweit und 29 % der Hitzetoten in Deutschland (1991–2018) auf die menschengemachte Klimakrise zurückzuführen sind (VICEDO-CABRERA et al. 2021, Suppl. Tab. 4). Fast jeder dritte hitzebedingte Sterbefall in Deutschland hätte nach diesen Modellierungen verhindert werden können.

223. Klimaschutz ist das wirksamste Mittel zur Bekämpfung der Ursachen hitzebedingter Gesundheitsrisiken. Gemeint sind alle Maßnahmen, die die planetare Erwärmung begrenzen, indem sie die durch menschliche Aktivitäten verursachten Treibhausgasemissionen mindern. Es braucht dazu eine entschlossene Klimaschutzpolitik (SRU 2020). Die derzeitigen Klimaschutzmaßnahmen sind nicht ausreichend, um die nationalen Klimaziele zu erreichen (REPENNING et al. 2021). Deutschland muss bis 2045 treibhausgasneutral werden, um einen gerechten Beitrag zur Einhaltung des Pariser Klimaabkommens zu leisten (SRU 2022b; 2020).

224. Neben der Reduktion von Treibhausgasen haben Klimaschutzmaßnahmen auch zusätzlichen ökologischen, sozialen und gesundheitlichen Nutzen (IPCC 2022b, Kap. 12). Beispielsweise reduziert die Vermeidung des motorisierten Individualverkehrs und die Förderung aktiver Mobilität nicht nur CO₂-Emissionen, sie dient auch dem Lärmschutz, der Luftreinhaltung sowie der Bewegungsförderung (SRU 2020). Solche Maßnahmen, die unabhängig vom Eintritt der Klimafolgen gesellschaftliche Zusatznutzen generieren (No-regret-Maßnahmen, s. BECK et al. 2011; NIANG-DIOP und BOSCH 2004), sind daher besonders vielversprechend.

Klimaanpassungsstrategien

225. Die Folgen des Klimawandels zeichnen sich bereits jetzt ab. Sie können wegen der Trägheit des Klimasystems nicht vollständig vermieden werden, auch wenn weltweit ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen greifen würden. Daher erfordert der Schutz der menschlichen Gesundheit nicht nur Klimaschutz, sondern zugleich auch Maßnahmen zur Klimaanpassung. Diese zielen darauf ab, die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimakrise zu verringern (IPCC 2007).

226. Mit der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) verfolgt Deutschland das langfristige Ziel, die natürlichen, gesellschaftlichen und ökonomischen Systeme an die unausweichlichen Auswirkungen des Klimawandels anzupassen (Bundesregierung 2008). Die Strategie wird fortlaufend mit Aktionsplänen unterlegt (Aktionsplan Anpassung – APA) (Bundesregierung 2011). Bislang wurden in den Jahren 2011, 2015 und 2020 insgesamt drei Aktionspläne vorgelegt. Beispielsweise fördert die Bundesregierung Fort- und Weiterbildungsprogramme für medizinisches und pflegerisches Fachpersonal oder Klimaanpassungsmaßnahmen in sozialen Einrichtungen. Viele der Maßnahmen sind

handlungsfeldübergreifend und werden deshalb durch mehrere Bundesministerien und -behörden beaufsichtigt und finanziert.

227. Ein weiterer wichtiger Schritt auf Bundesebene könnte das im Koalitionsvertrag angekündigte Bundes-Klimaanpassungsgesetz sein (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021). Laut Koalitionsvertrag verpflichtet sich die Bundesregierung mit diesem Gesetz, gemeinsam mit den Ländern messbare Ziele zum Hitzeschutz und zu anderen Handlungsfeldern vorzulegen. Ein Referentenentwurf wurde bereits veröffentlicht (BMUV 2023c). Dieses Vorhaben begrüßt der SRU.

228. Hitzebelastungen und andere Klimafolgen variieren regional. Daher ist es sinnvoll, dass die Länder auch eigene Klimaanpassungsstrategien entwickeln. Noch ortsspezifischer wird es bei den kommunalen Klimaanpassungskonzepten, denn die lokalen Anforderungen variieren teilweise von Kommune zu Kommune. Während einige Kommunen sich vermehrt auf Hochwasser einstellen müssen, liegt der Fokus in anderen Kommunen auf dem Hitzeschutz. Daher erstellen einige Städte und Gemeinden lokale oder regionale Klimaanpassungskonzepte (HÄUßLER et al. 2020; KOERTH et al. 2019).

229. Für die Ausgestaltung von Anpassungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene existieren bereits verschiedene Beratungs-, Vernetzungs- und auch finanzielle Angebote. Das am UBA angesiedelte Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) unterstützt Kommunen bei der Klimaanpassung seit 2006 mithilfe von Anpassungswissen in Form von Leitfäden, Checklisten und Online-Tools (UBA 2019d). Im Jahr 2021 hat das Bundesumweltministerium das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) und adelphi als Forschungs- und Beratungsinstitut beauftragt, das Zentrum KlimaAnpassung (ZKA) aufzubauen („Zentrum KlimaAnpassung treibt bessere Klimaanpassung in Kommunen voran“, Pressemitteilung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) vom 7. Juli 2022). Es begleitet Kommunen und soziale Einrichtungen durch Beratungs-, Fortbildungs- und Vernetzungsangebote im Bereich Klimaanpassung (ZKA 2022). Im darauffolgenden Jahr hat das BMUV das Sofortprogramm Klimaanpassung verabschiedet. Dieses soll Städte und Gemeinden bei der Anpassung an den Klimawandel unterstützen. Zum Beispiel fördert das BMUV befristete Personalstellen für Klimaanpassungsmanager:innen, die durch das ZKA ausgebildet werden. Diese sollen die Umsetzung kommu-

ner Anpassungskonzepte verantworten und ressortübergreifend koordinieren (BMUV 2022d). Sie sollen dabei helfen, die Silostrukturen der Verwaltung zu überwinden.

Hitzeschutz

230. Wirksamer Hitzeschutz beginnt mit Planung. Langfristige Maßnahmen zielen darauf ab, die natürliche und gebaute Umwelt so zu gestalten, dass das Mikroklima vor Ort möglichst hitzearm ist. Infrage kommen hierbei sowohl gebäudebezogene als auch stadt- und bauplanerische Maßnahmen (BMUB 2017a). Gebäudebezogene Maßnahmen reichen von Vorgaben zu klimagerechten Baustoffen über hitzeadäquate Gebäudeplanung im Neubau bis hin zur Einrichtung kühler Orte in öffentlich zugänglichen Gebäuden (Difu 2017). Bäume, begrünte Dächer und Fassaden oder Außenjalousien bieten natürliche oder technische Optionen der Verschattung (MARANDO et al. 2022; SCHWAAB et al. 2021; KOCH et al. 2020; LI et al. 2019; BESIR und CUCE 2018). Bei der Flächennutzungs- und Bauleitplanung ist die Berücksichtigung der Klimaanpassung bereits gesetzlich vorgeschrieben (§ 1 Abs. 5 S. 2 und § 1a Abs. 5 Baugesetzbuch – BauGB). Stadt- und bauplanerische sowie bauordnerische Maßnahmen beziehen sich etwa auf die Schaffung und Aufwertung von Grünräumen oder die Entsiegelung von Böden (Deutscher Städtetag 2019; s. Kap. 7.2). Städte und Gemeinden sollten zudem Freiluftschneisen erhalten, um die Luftzirkulation des Mikroklimas nicht einzuschränken und so den städtischen Wärmeineffekt zu reduzieren. Dies gilt nicht nur für den urbanen Raum, sondern auch für anliegende Umlandgemeinden, denn durch den knappen Wohnraum in der Stadt ziehen viele Menschen ins Umland. Dieser Trend erhöht jedoch den Druck auf die für das städtische Raumklima so relevanten Freiraumflächen und steht in Konflikt mit der Erhaltung von Freiluftschneisen.

231. Insbesondere sensible Einrichtungen der Gesundheits- und Sozialversorgung, in denen sich oftmals vulnerable Gruppen aufhalten (Abschn. 2.2.2), sollten sich rechtzeitig auf Hitzewellen vorbereiten. Dies betrifft beispielsweise Alten- und Pflegeheime, Krankenhäuser oder Kindertageseinrichtungen (BLÄTTNER und GREWE 2021). Konkret bedeutet dies etwa, Dächer zu begrünen (O’HARA et al. 2022), Personal fort- und weiterzubilden (SCHOIERER et al. 2019) oder die Betroffenen mit ausreichend Trinkwasser zu versorgen (DStGB 2021). Klimaanlagen können Räume kühlen sowie Rückzugsorte schaffen und auf diese Weise vor Hitzेरisiken in Innenräumen schützen (HAJAT et al.

2010, S. 859). Zugleich schaden sie jedoch dem planetaren Klima durch ihren zusätzlichen Energieverbrauch (UNEP 2020). Daher sollten Klimaanlage primär in Einrichtungen mit besonders vulnerablen Personengruppen eingesetzt werden (WHO – Regional Office for Europe 2021a, S. 171).

232. Aber auch die Menschen außerhalb stationärer und ambulanter Einrichtungen sind zentrale Zielgruppen. Alleinwohnende ältere oder obdachlose Menschen brauchen während einer Hitzewelle niedrigschwellige Unterstützung in Form von Verhaltenstipps oder Informationen zu kühlen Orten oder Trinkwasserspendern in ihrer Nähe (LOWE et al. 2011).

233. Weitere Maßnahmen während akuter Hitzewellen können darauf abzielen, die Hitzebelastung in Innenräumen zu reduzieren. Zunächst müssen staatliche Stellen die Menschen für die Gesundheitswirkungen sensibilisieren und ihnen Ratschläge zum Umgang mit der Hitze an die Hand geben. Betroffene bzw. Verantwortliche können Fenster tagsüber verdunkeln oder ausschließlich nachts lüften (KREBS et al. 2021; BZgA o. J.–a).

234. Zudem sollten die Allgemeinbevölkerung, insbesondere vulnerable Gruppen, sowie Einrichtungen rechtzeitig vor anstehenden Hitzewellen gewarnt werden. Mithilfe seines 2005 etablierten Systems warnt der DWD, sobald für mindestens zwei aufeinanderfolgende Tage eine starke Wärmebelastung (Tz. 221) vorhergesagt wird (DWD o. J.–a). Allerdings werden die Hitze警告en in Deutschland – je nach Bundesland – unterschiedlich weitergeleitet (CAPELLARO und STURM 2015, S. XV): Einige Landesgesundheitsministerien warnen Alten- und Pflegeheime selbst, andere verpflichten diese Einrichtungen, sich zu informieren, und wieder andere Ministerien stellen es frei, ob und inwiefern Hitze警告en genutzt werden sollen. Damit Hitze警告en alle betroffenen Menschen erreichen, bedarf es einheitlicher Kommunikationsstandards. Dazu zählt auch ein breiter Mix traditioneller und digitaler Medienkanäle.

235. Es bietet sich zudem an, Maßnahmen des Hitzeschutzes mit Maßnahmen des UV-Schutzes zu integrieren, denn Hitze und UV-Strahlung sind nicht nur mit Blick auf gemeinsame Ursachen verknüpft (Kasten 3-4). Viele der jeweiligen Maßnahmen liefern auch Co-Benefits für den jeweils anderen Bereich. Dies betrifft einerseits verhaltenspräventive Maßnahmen wie Informationskampagnen, die beispielsweise darauf abzielen,

dass sich Menschen bei hoher Hitze- und UV-Belastung in kühlen Innenräumen aufhalten. Andererseits können verhältnispräventive Maßnahmen auf Gebäude- oder Stadtteilebene, wie etwa Verschattung durch Bäume oder Sonnensegel, die Exposition gegenüber Hitze und UV-Strahlung reduzieren (UV-Schutz-Bündnis 2017). Weitere Maßnahmen zur Prävention UV-bedingter Erkrankungen finden sich auch im APA III der DAS (Tz. 226).

236. Ein begleitendes Monitoring und Evaluationen können prüfen, ob die gewählten Maßnahmen und Abläufe wirksam und kosteneffizient sind und von den zu erreichenden Zielgruppen angenommen werden (WHO – Regional Office for Europe 2008). Dafür müssen Ziele definiert sowie Hitze- und UV-Indikatoren gewählt und möglichst zeitnah erfasst werden. Auf diese Weise können Verantwortliche die akute Krankheitslast ermitteln (LO et al. 2022) oder bestehende Defizite, wie eine mangelnde Berücksichtigung sozialräumlicher Vulnerabilitäten, identifizieren (KOTHARKAR und GHOSH 2022).

237. Informationen zu hitzebedingten Erkrankungen und Sterbefällen liegen erst Wochen nach den Hitzeereignissen vor. Auf diese Weise lassen sich rückwirkend Gesundheitsrisiken quantifizieren oder Hitzeschutzmaßnahmen bewerten. Um frühzeitig auf akute Hitzewellen reagieren zu können, bedarf es jedoch einer zeitnahen Datenerfassung hitzebedingter Erkrankungen und Todesfälle (SVR Gesundheit 2023). Hier gilt es, die langen Meldewege der Sterblichkeitsstatistik zu verkürzen (SIEBERT et al. 2019) und auf Echtzeitdaten, etwa aus der Notfallversorgung (RKI 2021b; STEUL et al. 2019), zurückzugreifen. Daher fordern etwa die BÄK, das Institut für Epidemiologie (EPI) des Helmholtz Zentrums München, die Charité – Universitätsmedizin Berlin sowie das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) Strukturen zur Überwachung und Registrierung „hitzebedingter Sterblichkeit und Krankheitslast auf Landes- und kommunaler Ebene“ bereitzustellen und zu stärken (The Lancet Countdown on Health and Climate Change 2021).

Kommunen bei der Aufstellung von Hitzeaktionsplänen unterstützen

238. Die hohe Hitzesterblichkeit im Sommer 2003 (Tz. 205) war für viele europäische Staaten ein Weckruf. Einige entwickelten in den darauffolgenden Jahren nationale Hitzeaktionspläne, wie beispielsweise Frankreich, Spanien und Italien. Hitzeaktionspläne sind ein zentrales Instrument des Hitzeschutzes und als Teil der

Klimaanpassungsstrategie zu verstehen. Durch verhaltens- und verhältnispräventive Maßnahmen können sich die Gesamtsterblichkeit, gerade bei älteren Personen, nachweislich reduzieren (NIEBUHR et al. 2021).

239. Die WHO griff die europäischen Hitzeaktionspläne auf. Sie bündelte und standardisierte deren Empfehlun-

gen in ihren 2008 erschienenen und 2019 aktualisierten Leitlinien (WHO – Regional Office for Europe 2008; 2019). Nach den WHO-Leitlinien setzen sich Hitzeaktionspläne aus acht Kernelementen zusammen (Abb. 3-14). Die Maßnahmen lassen sich anhand unterschiedlicher Zeithorizonte einteilen (WHO – Regional Office for Europe 2008):

Kasten 3-4 Ultraviolette Strahlung, Klima und Gesundheit

Die Sonne spendet Licht, Wärme und ermöglicht Leben auf der Erde. Zugleich ist sie die Hauptquelle ultravioletter Strahlung (Wellenlängenbereich von 100 bis 400 nm) (SCHNEEWEISS et al. 2020). Kurzwellige solare UV-Strahlung (UV-C-Strahlung: 100 bis 280 nm) erreicht die Erdoberfläche nicht, da sie von der Ozonschicht vollständig absorbiert wird. Auch mittelwellige solare UV-Strahlung (UV-B-Strahlung: 280 bis 315 nm) wird zum Großteil in der Stratosphäre gefiltert. Dagegen erreicht die langwellige solare UV-Strahlung (UV-A-Strahlung: 315 bis 400 nm) beinahe ungehindert die Erdoberfläche. Eine Reihe von Faktoren kann die Intensität solarer UV-Strahlung beeinflussen. Dazu zählen der Zustand der Ozonschicht, die Tages- und Jahreszeit, der Breitengrad, die Höhenlage sowie die unmittelbare Umgebung (z. B. reflektierender Schnee).

Menschen können UV-Strahlung zwar nicht wahrnehmen, diese kann sich dennoch auf die menschliche Gesundheit auswirken. Bei einer geringen solaren UV-B-Strahlenexposition stößt der menschliche Körper die Bildung von Vitamin D an. Die körpereigene Vitamin-D-Synthese ist jedoch die einzige bekannte positive Gesundheitswirkung von UV-Strahlung. Ansonsten gilt: Mit zunehmender Intensität, Dauer und Häufigkeit der individuellen UV-Exposition, steigen die Gesundheitsrisiken. Zunächst schädigt UV-Strahlung die Zellen des Körpers, insbesondere der Haut und der Augen. Es kommt zu akuten Gesundheitswirkungen wie Sonnenbrand oder Binde- und Hornhautentzündungen. Da UV-Strahlung auch das Erbgut bestrahlter Zellen verändern kann und sich die Strahlenbelastung im Laufe des Lebens akkumuliert, wirkt UV-Strahlung langfristig krebserregend. Im Jahr 2018 erkrankten in Deutschland knapp 200.000 Menschen zum ersten Mal an nicht-melanotischem Hautkrebs (heller Hautkrebs) und weitere 23.000 Menschen am

malignen Melanom der Haut (schwarzer Hautkrebs) (ZfKD und GEKID 2021, S. 72 und 77). Schätzungen gehen davon aus, dass zwischen 63 und 85,9 % aller Melanome solarer UV-Exposition zurechenbar sind (OLSEN et al. 2015; PARKIN et al. 2011; ARMSTRONG und KRICKER 1993). UV-Strahlung ist daher der größte Risikofaktor für Hautkrebserkrankungen.

Genau wie Hitze wird auch UV-Strahlung durch den Klimawandel beeinflusst. Veränderte Verhaltensweisen der Menschen sind ein potenzieller Wirkpfad, wie sich der Klimawandel auf UV-bedingte Gesundheits-schädigungen auswirken kann, denn der Klimawandel verändert die Bewölkungsdauer und somit die Anzahl der Sonnenscheinstunden (NORRIS et al. 2016). Wenn sonnige Tage zunehmen und die gefühlten Temperaturen im Komfortbereich bleiben, verbringen Menschen mehr Zeit im Freien und haben daher eine höhere UV-Exposition (LASCHEWSKI und MATZARAKIS 2022; KNUSCHKE et al. 2007). Im Frühling sind solche Konstellationen in Deutschland besonders problematisch, weil es gerade im März und April immer wieder zu klimawandelbedingten Niedrigozonereignissen kommt. Dabei lösen ozonarme Luftmassen kurzfristige und unerwartet hohe UV-Intensitäten aus (BALDERMANN 2022; BALDERMANN und LORENZ 2019). Diese Kausalkette ist nur ein Beispiel, wie der Klimawandel und UV-Strahlung zusammenhängen (BAIS et al. 2019; LUCAS et al. 2019; BHARATH und TURNER 2009). Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) bietet eine Übersicht, wie der Klimawandel die UV-Belastung in der Bevölkerung erhöht (BfS 2022). In der Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 wird das gegenwärtige Klimarisiko „UV-bedingter Gesundheitsschädigungen“ als „mittel“ und das Handlungserfordernis als „sehr dringend“ bewertet (WOLF et al. 2021, S. 220). Mitte und Ende des Jahrhunderts bewertet die Klimawirkungs- und Risikoanalyse das Klimarisiko „UV-bedingter Gesundheitsschädigungen“ sogar als „hoch“ (pessimistisches Szenario) (ebd).

- o Langfristige Entwicklung und Planung,
- o Vorbereitungen rechtzeitig vor dem Sommer,
- o Schutz während des Sommers,
- o spezielle Maßnahmen während akuter Hitzeperioden/ Hitzewellen und
- o Monitoring und Evaluation.

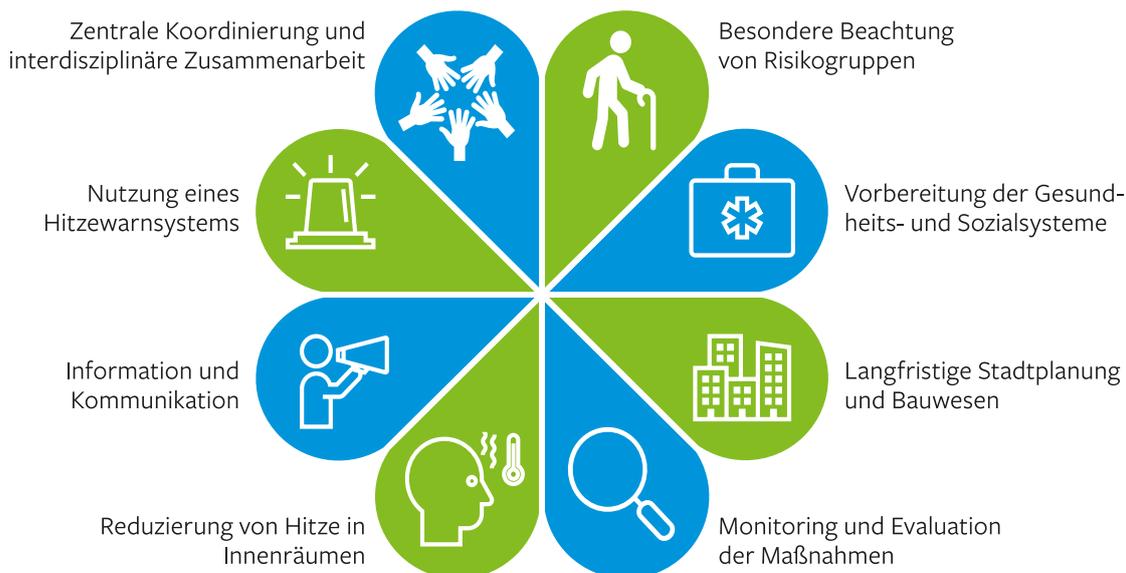
240. Umfragen zeigen, dass die Risikowahrnehmung von Hitze innerhalb der Bevölkerung in Deutschland zugenommen hat. Während im Jahr 2012 noch etwa 28 % der Bevölkerung in Deutschland angab, dass ihr körperliches Wohlbefinden zukünftig stark oder sehr stark durch Hitzewellen beeinträchtigt werden könnte, stieg dieser Anteil im Jahr 2014 auf 47 % und 2016 auf 50 % (UBA 2019g). Auch der Anteil derer, die annehmen, in ihrer Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz durch Hitzewellen stark oder sehr stark beeinträchtigt zu werden, stieg von 25 % im Jahr 2012 auf 44 % im Jahr 2014 und 46 % im Jahr 2016 (UBA 2019f).

241. Ein weiterer Hitzesommer im Jahr 2015 machte mit geschätzt 6.000 hitzebedingten Sterbefällen jedoch klar (WINKLMAYR et al. 2022, S. 8), dass die bis dahin umgesetzten politischen Maßnahmen nicht ausreichen, um den zunehmenden hitzebedingten Gesundheitsrisiken der Klimakrise zu begegnen. Im Gegensatz zu einigen zentralistisch organisierten Staaten innerhalb der EU (z. B. Frankreich) hat Deutschland bis heute keinen bundesweiten Hitzeaktionsplan (GREWE und BLÄTTNER 2011, S. 158 f.).

242. Auf der 85. Umweltministerkonferenz (UMK) im November 2015 erhielt die ehemalige Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (GAK) jedoch das Mandat, eine Blaupause eines Hitzeaktionsplans als Handreichung für Landkreise und Kommunen zu erstellen. Als Vorsitz der Ad-hoc Arbeitsgruppe hat das BMUV dafür vorgeschlagen, die WHO-Empfehlungen als Grundlage zu nutzen und auf die Gegebenheiten in Deutschland zu übertragen. Das Ergebnis sind die „Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit“, die auch die

o **Abbildung 3-14**

Keernelemente der WHO-Empfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen



Etablierung effektiver Schutzmaßnahmen vor intensiven UV-Strahlungsbelastungen thematisieren (Tz. 235). Sie bieten Kommunen und Ländern Hilfestellung bei der Erstellung von Hitzeaktionsplänen. Da sich einige Kommunen eine Konkretisierung der GAK-Leitlinien gewünscht haben (BLÄTTNER et al. 2021), entwickelte die Hochschule Fulda die „Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Städte und Kommunen“ (BLÄTTNER und GREWE 2021). Dieses Dokument liefert Best-Practice-Erfahrungen und Materialien zur Umsetzung der GAK-Leitlinien. Allerdings bieten weder die GAK-Leitlinien noch die Arbeitshilfe der Hochschule Fulda eine sozialräumliche Perspektive auf die Verschränkung klimatischer und sozialer Belastungen. Daher können hitzebedingte Erkrankungen und Sterbefälle nicht getrennt nach sozialen Indikatoren wie Einkommen oder Bildung untersucht werden. Die soziale Dimension von Hitze und Gesundheit bleibt daher meist verborgen (MERTES et al. 2020).

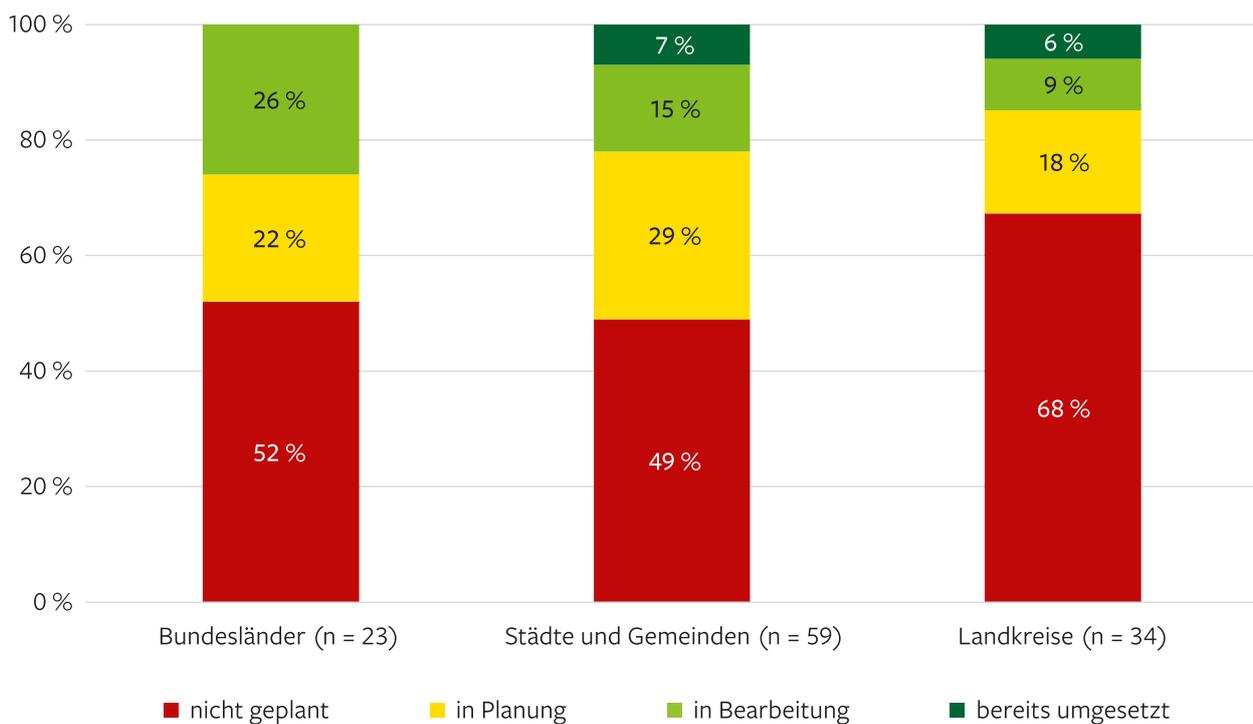
243. Auf ihrer 85. Tagung hat die UMK zudem die Gesundheitsministerkonferenz (GMK) gebeten, die Federführung für das Thema Klimawandel und Gesundheit

zu übernehmen. Fünf Jahre später hat sich die GMK den Herausforderungen des Klimawandels für das deutsche Gesundheitswesen gewidmet. Demnach sind bis Ende 2025 flächendeckend Hitzeaktionspläne aufzustellen (GMK 2020). Bei der Frage der Zuständigkeit verweist der GMK-Beschluss auf das Subsidiaritätsprinzip, wonach der Bund nicht zuständig sei. Vielmehr sollen „primär“ die Kommunen Hitzeaktionspläne aufstellen und umsetzen. Auf diese Weise sollen die spezifischen Bedarfe und Besonderheiten vor Ort in die Hitzeschutzkonzepte einfließen. Die GAK-Leitlinien richten sich jedoch auch an die Länder. Im Februar 2023 hat beispielsweise Hessen seinen landesweiten Hitzeaktionsplan vorgestellt (HMSI 2023). Auch Brandenburg und Thüringen planen Hitzeaktionspläne auf Landesebene (MSGIV Brandenburg 2022; TMUEN o. J.).

244. Laut der 97. UMK bleibt die Umsetzung von Hitzeaktionsplänen in Deutschland eine „große Herausforderung“ (UMK 2021, TOP 11). In rund der Hälfte der Bundesländer sowie Städte und Gemeinden und in mehr als zwei Drittel der Landkreise waren laut einer Onlinebefragung des UBA keine Hitzeaktionspläne geplant (Abb. 3-15).

o **Abbildung 3-15**

Hitzeaktionspläne in Deutschland nach Verwaltungsebene



Dieses Forschungsprojekt fand zu Beginn der COVID-19-Pandemie zwischen Mai und Juni 2020 statt, was den Rücklauf der Onlinestudie negativ beeinflusst haben könnte. Befragt wurden insgesamt 116 Verwaltungsangehörige der Bundesländer (n = 23), Städte und Gemeinden (n = 59) sowie Landkreise (n = 34) (KAISER et al. 2021b, S. 29; 2021a, S. 19).

245. Um die Hitzeaktionsplanung voranzubringen, fordern der Marburger Bund sowie die BÄK einen nationalen Hitzeaktionsplan („Besser auf Hitzewellen vorbereiten, Aufklärung intensivieren“, Pressemitteilung des Marburger Bundes vom 18. Juli 2022; „Hitzewelle: Reinhardt fordert nationalen Hitzeschutzplan“, Pressemitteilung der BÄK vom 18. Juli 2022). Wie ein solcher Plan aussehen könnte und inwiefern der Bund zuständig ist, soll in einem Forschungsvorhaben des BMUV geprüft werden. Die Zeit bis zum Abschluss dieses Vorhabens muss jedoch dringend genutzt werden, um die flächendeckende Aufstellung von Hitzeaktionsplänen voranzutreiben.

246. Erst, wenn die zuständigen Behörden die gesundheitliche Tragweite von Hitze und die Aufgaben des Hitzeschutzes als ihre Pflicht anerkennen, kann wirksamer Hitzeschutz gelingen (The Lancet Countdown on Health and Climate Change 2021). In dem UBA-Forschungsprojekt gaben 46 % der Befragten in den Städten und Gemeinden bzw. 59 % der Befragten in Landkreisen an, die GAK-Leitlinien nicht zu kennen (KAISER et al. 2021a, S. 20). Gerade bei der Entwicklung von Hitzeaktionsplänen teilen die Verantwortlichen mit, Informations- und/oder Beratungsbedarf zu haben (Abb. 3-16). Die Verantwortlichen zu informieren und zu beraten, wäre ein möglicher Ansatzpunkt, um die Hitzeaktionsplanung zu beschleunigen. Der SRU empfiehlt daher, dass der Bund die Kommunen durch Informations- und Beratungsangebote zur Erstellung und Implementierung von Hitzeaktionsplänen unterstützt. Konkret müssen informierende und beratende Kompetenzzentren, wie das ZKA (Tz. 229), ihre Reichweite vergrößern und ihre Angebote möglichst niedrigschwellig und praxisnah gestalten.

247. Informationen und Beratung sind jedoch nicht alles. Vielen Kommunen fehlt es zudem auch an Finanzmitteln in der Haushaltssicherung (Abb. 3-16). Dies betrifft sowohl die Entwicklung von Hitzeaktionsplänen, vor allem aber deren Implementierung (s. dazu auch ALBRECHT et al. 2022). Bei der UBA-Onlinebefragung konnten zudem auch Erfahrungen zur Finanzierung abgeschlossener Klimaanpassungsprojekte zusammen-

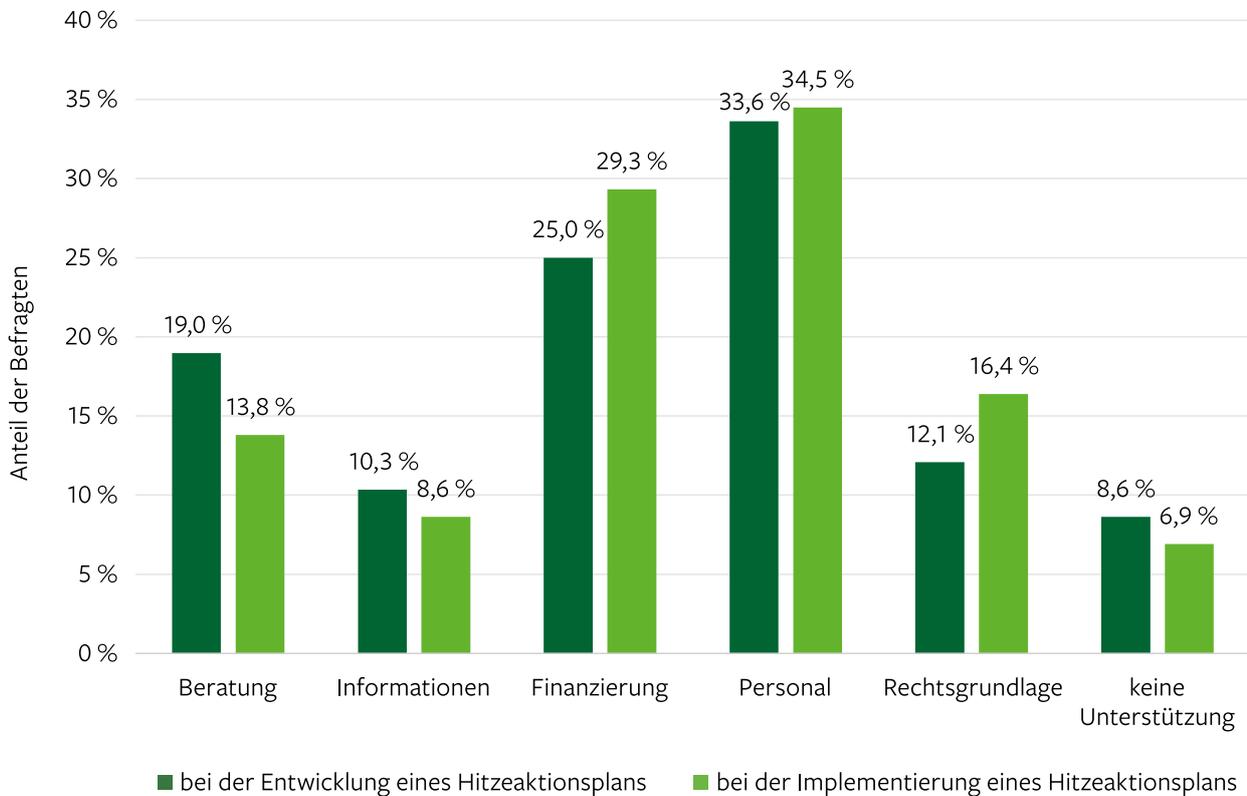
getragen werden. Rund die Hälfte der bisherigen Klimaanpassungsprojekte vor Ort wurde laut den Studienteilnehmenden aus Eigenmitteln finanziert, ein Drittel aus Eigen- und Drittmitteln und nur jedes zehnte Projekt primär aus Drittmitteln (KAISER et al. 2021b, S. 34). Gerade langfristige und kostenintensive Maßnahmen, etwa im Bauwesen oder der Stadtplanung, stellen Gemeinden und Städte vor finanzielle Herausforderungen. Der Deutsche Städte- und Gemeindebund (DStGB) fordert den Bund daher dazu auf, bauliche innerstädtische Anpassungsmaßnahmen zu fördern („Kommunale Hitzeaktionspläne notwendig“, Pressemitteilung des DStGB vom 13. Juli 2022). Dazu zählt er etwa Flächenentwicklung, Stadtgrün oder kühle Orte.

248. Der SRU befürwortet diese Forderung nach finanzieller Unterstützung der Kommunen (Kap. 7.3). Anschubfinanzierungen von Hitzeaktionsplänen durch die Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) sind auszubauen und zu verstetigen (ZUG o. J.-a). Gleiches gilt für die Bundesförderprogramme für Kommunen (z. B. BBSR o. J.-a) und soziale Einrichtungen (z. B. ZUG o. J.-b) zur Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen. Um den Mittelabfluss zu erhöhen und Wartezeiten der antragstellenden Kommunen zu verkürzen, sollten die Fördergeber ihr Antragsmanagement optimieren. Noch weitergehend könnte eine teilweise Übernahme der Finanzierungslast durch den Bund die Realisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen voranbringen. Dazu müsste allerdings die Verfassung geändert werden (Abschn. 7.3.2).

249. Insbesondere kleinen Verwaltungen fehlt es oftmals auch an Personal und Zeit, um sich mit Hitzeaktionsplänen auseinanderzusetzen (Abb. 3-16). Eine Möglichkeit wäre eine stärkere Einbindung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (ÖGD), wenn dieser auf ausreichendes Personal zurückgreifen könnte. Die Gesundheitsämter wären zwar durch die Gesundheitsdienstgesetze der Länder für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz, die Gesundheitsplanung sowie Prävention und Gesundheitsförderung zuständig. Sie sind jedoch auf diese Herausforderungen sehr unterschiedlich eingestellt und oftmals nicht ausreichend in die Hitzeaktionsplanung eingebunden. Das liegt auch daran, dass der ÖGD seit Jahrzehnten durch Umstrukturierungen und Kürzungen im Gesundheitswesen immer stärker unter Druck geraten (POHLE 2020, S. 38) und heute chronisch unterbesetzt ist (TINNEMANN et al. 2022). Die COVID-19-Pandemie hat seine besondere Bedeutung einmal mehr sichtbar gemacht. Der Pakt für den Öffentlichen Gesundheitsdienst wurde im Juni 2020 von der Bundesregierung und den Ländern in Deutschland

o **Abbildung 3-16**

Benötigte Unterstützung in Ländern und Kommunen bei der Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans



Anmerkung: Im Mai/Juni 2020 wurden bei einer bundesweiten Online-Befragung 116 Verwaltungsfachangestellte aus Ländern (n = 23), Landkreisen (n = 34), Städten und Gemeinden (n = 59) in Deutschland befragt.

SRU, eigene Darstellung; Datenquelle: KAISER et al. 2021a, S. 24

aufgrund der Erfahrungen und Erkenntnisse aus der COVID-19-Pandemie geschlossen. Dieser bietet die Chance, den ÖGD langfristig substanziell zu stärken und damit die Bevölkerungsgesundheit in Deutschland auch jenseits der aktuellen und künftigen Pandemien oder Epidemien zu schützen und zu fördern. Auch der 125. Deutsche Ärztetag 2021 fordert, den ÖGD deutlich zu stärken, um die Gesundheitsgefahren von Hitzeperioden abzumildern und das Gesundheitswesen klimaresilienter zu gestalten. Ob diese große Forderung realisiert wird, hängt nicht zuletzt von der Ausgestaltung und Umsetzung des Paktes ab (Zukunftsforum Public Health 2020).

250. Der Pakt für den ÖGD ist jedoch eine Übergangsförderung. Das heißt, der Bund will zwischen 2021 und 2026 Finanzhilfen in Höhe von 4 Mrd. Euro bereitstellen. Im Anschluss liegt die Finanzierung des neu

eingestellten Personals wieder bei den Ländern und den Kommunen. Der Beirat Pakt ÖGD (2021) empfiehlt daher, die Personalaufstockung im ÖGD über das Jahr 2026 hinaus zu verstetigen. Der SRU teilt diese Einschätzung. Nur wenn Bund und Länder gemeinsam eine ausreichende Finanzierung des ÖGD sicherstellen, können Gesundheitsämter auch langfristig Hitzeschutz und andere umwelt- und klimabezogene Gesundheitsthemen voranbringen.

251. Wenn Kommunen Hitzeschutz priorisieren und finanziell ausreichend ausstatten wollen, bedarf es einer gesetzlichen Grundlage, auf die sie sich stützen können (The Lancet Countdown on Health and Climate Change 2021; s. Abb. 3-16). Neben der Zielsetzung kann ein rechtlicher Rahmen vor allem auch Zuständigkeiten festlegen. Dies betrifft etwa die zentrale Rolle der Gesundheitsämter beim Hitzeschutz (Tz. 249). Die

Klima(schutz)gesetze oder die Gesundheitsdienstgesetze der Länder sowie das Baugesetzbuch sind bestehende rechtliche Grundlagen für Verwaltungshandeln bei der Hitzeaktionsplanung (KAISER et al. 2021b, S. 33).

252. Der SRU begrüßt es vor diesem Hintergrund, dass der Referentenentwurf des Bundes-Klimaanpassungsgesetzes sich auch auf die Hitzeaktionsplanung bezieht (BMUV 2023c; SVR Gesundheit 2023, S. 1015). Bund und Länder sollten weitergehend prüfen, wie über einen geänderten rechtlichen Rahmen die Aufstellung und Umsetzung von kommunalen Hitzeaktionsplänen befördert und geregelt werden kann.

3.5 Warum wird das Thema Umwelt und Gesundheit unzureichend adressiert?

253. Die Beispiele in den Kapiteln 3.1 bis 3.4 stehen stellvertretend für eine ganze Reihe von umweltbezogenen Gesundheitsproblemen. In vielen Bereichen bleiben die Belastungen weiterhin hoch, in einigen Bereichen nehmen sie sogar zu (Klimawandel, Chemikalien in der Umwelt, Biodiversitätsverlust) (EEA 2019d). Die Beispiele zeigen: Umweltschutzmaßnahmen werden oftmals nicht konsequent genug umgesetzt oder reichen nicht aus, obwohl negative Wirkungen zum Teil lange bekannt und bereits deutlich sichtbar sind. Der SRU hat strukturelle Hemmnisse für wirksamen Umweltschutz bereits eingehend dargestellt (SRU 2019a, Kap. 3.2). Die für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz wichtigsten Hemmnisse werden hier überblicksartig skizziert (s. a. Kap. 8.2). Die Hemmnisse können in konkreten Problemlagen in unterschiedlichem Maße zusammenwirken.

Risikomanagement hinkt Risikoproduktion strukturell hinterher

254. Schon in den 1980er-Jahren hat der Soziologe Ulrich Beck beobachtet, dass die moderne „Risikogesellschaft“ neue Risiken schneller erschafft, als sie bestehende regulieren kann (BECK 1986). Die Politik hat auf zunehmende Umwelt- und Gesundheitsrisiken mit der Etablierung von Risikokontrollsystemen reagiert. Sachverständige Sonderbehörden wie BfR, UBA, BVL etc. sollen sicherstellen, dass innerhalb der Entscheidungsverfahren Risiken zuverlässig ermittelt und kontrolliert werden (vgl. SRU 2012b, Tz. 439). Das Beispiel der PFAS zeigt jedoch eindrücklich, dass Risiken oftmals

erst erkannt werden, wenn die Stoffe bereits in die Umwelt gelangt sind (Kap. 3.3). Außerdem wurden einzelne Vertreter der PFAS nach ihrem Verbot häufig durch andere PFAS ersetzt, die sich aber später als ebenfalls umwelt- oder gesundheitsgefährlich herausstellten (Tz. 198). Generell ist die Risikobewertung von Chemikalien aufgrund der Vielfalt von Stoffen und ihrer Anwendungsmöglichkeiten eine Herausforderung bezüglich Zeit und personeller Ressourcen (EEA 2019a, S. 238). Beispielsweise dauert die in der europäischen Chemikalienverordnung REACH vorgesehene Bewertung potenziell gefährlicher Chemikalien ungefähr sieben bis neun Jahre (ebd., S. 249). Zudem führt die Exposition gegenüber mehreren Schadstoffen dazu, dass sich Gesundheitswirkungen solcher Mischexpositionen gegenseitig verstärken und Risikoanalysen die Gesundheitsrisiken einzelner Stressoren systematisch unterschätzen. Die stoffbezogene Risikobewertung sollte Mischexpositionen und deren Wechselwirkungen daher stärker berücksichtigen (Abschn. 6.3.3). Gerade bei neuartigen Technologien, wie etwa Nanomaterialien, besteht enormer Forschungsbedarf hinsichtlich möglicher Risiken (WBGU 2023; SRU 2012b).

Vollzug von Umweltrecht bleibt defizitär

255. Die Umsetzung der gesetzlich verankerten Umweltpolitik bleibt in der Praxis oftmals hinter dem Gesetzestext zurück. Lückenhafter oder ungenügender Vollzug von umweltrechtlichen Vorgaben wird seit Jahrzehnten immer wieder und für verschiedene Bereiche kritisiert (MAYNTZ et al. 1978; GRAF 2002; SPARWASSER 2006; KRÄMER 2014; SRU 2016b; 2019a, Tz. 240–243; CLAUSING 2019; Europäische Kommission 2022g). Beispielsweise leidet die Luftreinhaltepolitik Deutschlands an mangelhaftem Vollzug. So ist die Luftreinhalteplanung den Behörden meist auf Landesebene, teils auch auf kommunaler Ebene, übertragen worden. Nationale Luftreinhaltepläne bzw. -programme, die insbesondere auf die Hintergrundbelastung zielen und damit die regionalen und lokalen Anstrengungen entlasten könnten, spielten viel zu lange kaum eine Rolle (KÖCK und LEHMANN 2013). Die Europäische Kommission leitete 2018 formal ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland wegen Nicht-Einhaltung von europäischen Luftqualitätsgrenzwerten ein. Auch der Europäische Rechnungshof (2018) kritisierte die Praxis der Luftreinhalteplanung scharf. Die Ursachen mangelnder Luftqualität betreffen verschiedene Stoffe und Sektoren (Tz. 120 ff.). Zum Beispiel erwies sich die Ursachenbekämpfung gerade im Verkehrssektor als unzureichend: So wurde die NO₂-Problematik, verschärft durch die systematischen Abgasmanipulationen der Dieselhersteller, in Deutschland

nicht konsequent adressiert, teils sogar politisch verschleppt (FAßBENDER 2017; SAAR 2019, S. 7). Erst in Folge des Dieselskandals konnten Regulierungslücken auf der Ebene des EU-Rechts geschlossen werden, und erst durch neue Klagerechte der Umweltverbände konnte eine Diskussion der Problematik auf nationaler Ebene erzwungen werden (TÖLLER 2021). Seit 2020 werden die NO₂-Grenzwerte zwar weitgehend eingehalten – was dafür ursächlich war (COVID-19-Pandemie, lokale Maßnahmen infolge der Luftreinhalteklagen der Deutschen Umwelthilfe e. V. (DUH) oder das im Jahr 2019 erlassene nationale Luftreinhalteprogramm), bleibt aber bislang unklar. Künftig ist allerdings mit einer Verschärfung der Grenzwerte zu rechnen (Europäische Kommission 2022b).

Gesundheitsbezogener Umweltschutz oftmals gegenüber wirtschaftlichen Interessen benachteiligt

256. Grundsätzlich können sich wirtschaftliche Interessen im umweltpolitischen Prozess häufig besser durchsetzen als Umweltinteressen, was einen ambitionierten Umweltschutz regelmäßig bremst (SRU 2019a, Tz. 222 ff.). Wirtschaftsinteressen (oft Brancheninteressen) stellen oftmals kleine Gruppen mit „Sonderinteressen“ dar, die besonders gut organisiert und repräsentiert und daher sehr einflussreich sind (grundlegend dazu MUELLER 2003, S. 473 ff.), im Gegensatz zu Akteuren, die sich für öffentliche Güter wie den Umwelt- und Naturschutz einsetzen (OLSON 1968; BECKER 1983). Die Wirtschaftsverbände verfügen aufgrund der finanziellen Leistungsfähigkeit ihrer Mitglieder über mehr Ressourcen (KOLLMANN und SCHNEIDER 2010, S. 3725), um Aktivist:innen zu bezahlen, Lobbyist:innen zu engagieren, Expertisen zu beauftragen etc., als Umweltinteressengruppen, die von Mitgliedsbeiträgen und Spenden abhängig sind (SRU 1996, S. 231; sowie allgemein SPETH und ZIMMER 2015, S. 14) – wemgleich sich dieser Befund unter anderem durch die abnehmende Organisationsneigung in der Wirtschaft (KÖHLER-KOCH et al. 2022), die starke Mitgliederbasis der Umweltverbände sowie ein Umdenken in der Politik relativiert hat (SRU 2019a, Tz. 224 f.; TÖLLER 2020).

257. Zur Durchsetzungsfähigkeit der Wirtschaft trägt zudem bei, dass Wirtschaftsverbände über die Argumente der Arbeitsplatzschaffung bzw. -erhaltung, der Wertschöpfung und der Wohlstandsentwicklung (Wachstumsparadigma) politisch erfolgreich Gemeinwohlaspekte ins Feld führen (zur opportunistischen Argumentation der Autoindustrie s. a. MATTIOLI et al. 2020, S. 12; CYRUS 2023). Damit versuchen Vertreter ökonomischer Partikularinteressen, sich gegen die Kritik an kurzfristigem Renditestreben zu immunisieren. Im Vergleich dazu vertritt der Umwelt- und Gesundheitsschutz eindeutig langfristige Gemeinwohlintereessen auch zukünftiger Generationen. Hier steht die repräsentative Demokratie vor der bislang ungelösten Herausforderung, Langfristigkeit und Generationengerechtigkeit als Leitbild adäquat institutionell zu verankern (SRU 2019a, Tz. 267 f.; TÖLLER 2022).

258. In den Beispielen aus den Kapiteln 3.1 bis 3.4 zeigen sich die politischen Vorteile ökonomischer Interessen. So fallen etwa bei der Klimapolitik die Lobbying-Ausgaben der fossilen Industrien in den USA um ein Zehnfaches höher aus als die Lobbying-Ausgaben von Umweltverbänden (BRULLE 2018, S. 301). Auch die Anpassung an den Klimawandel erfolgt im jeweiligen regionalen Kontext von politökonomischen Interessenkonstellationen und institutionellen Rahmenbedingungen (GAWEL et al. 2018; ROGGERO und THIEL 2018). In den Bereichen Antibiotikaresistenzen und Biodiversität fordern Umweltverbände seit langem naturnahe Anbau- und artgerechte Tierhaltungsmethoden. Innerhalb eines von vielfältigen Interessen und konfliktbehafteter Kommunikation geprägten Themenfelds lassen sich die Rahmenbedingungen der Landwirtschaft jedoch nur sehr langsam ändern (z. B. KÖCK 2021; MENAUER und SCHWEIGER 2022; NISCHWITZ und CHOJNOWSKI 2019). Im europäischen Vergleich zeigt sich etwa, dass integrative Ansätze zur Reduktion des Antibiotikaeinsatzes in der Tierhaltung nur dort umgesetzt werden, wo grüne Parteien die Interessen eines starken Agrar- oder Viehzuchtsektors ausgleichen (VOGELER et al. 2021).

4

Natur als Gesundheitsressource

Die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen sind fundamental von der Natur abhängig. Ökosysteme sichern nicht nur die Versorgung mit Lebensmitteln und anderen materiellen Gütern. Sie können auch vor Umweltgefahren und schädlichen Umwelteinflüssen aus menschlichen Aktivitäten schützen sowie das Risiko für die Entstehung und Verbreitung von bestimmten Krankheiten senken. Der Kontakt mit der Natur kann außerdem die Vielfalt der Mikroorganismen erhöhen, die den menschlichen Körper besiedeln. Vermehrt sprechen wissenschaftliche Studien dafür, dass ein diverses Mikrobiom die Immunabwehr des Menschen stärkt. Naturerlebnisse können zudem positive Emotionen auslösen, Stress lindern und die Aufmerksamkeitssfähigkeit wiederherstellen. Auch gehen Aufenthalte „im Grünen“ häufig mit körperlicher Bewegung und positiven zwischenmenschlichen Interaktionen einher. Die Natur kann also das körperliche, mentale und soziale Wohlbefinden fördern und ist somit eine wichtige Gesundheitsressource. Die positiven Gesundheitswirkungen der Natur sind aber unter anderem durch die intensiviertere Landnutzung und den Biodiversitätsverlust gefährdet. Außerdem führen zunehmend naturferne Lebensstile dazu, dass Menschen weniger Gelegenheiten haben, vom gesundheitlichen Potenzial der Natur zu profitieren. Viele Umweltprobleme wie der Klimawandel und die Chemikalienbelastung, aber auch ein stark auf tierische Produkte setzender Ernährungsstil können sowohl die Natur als auch die menschliche Gesundheit schädigen. Daher dienen viele Maßnahmen des Naturschutzes auch der menschlichen Gesundheit und Maßnahmen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes häufig auch der Natur.

259. Die öffentliche Diskussion zu „Umwelt und Gesundheit“ wird von der Frage dominiert, wie schädliche Umwelteinflüsse auf den Menschen reduziert werden können (s. a. Fallbeispiele in Kap. 3). Dass die Umwelt in vielerlei Hinsicht auch eine positive Gesundheitsressource darstellt, wird üblicherweise weniger bedacht. Die Natur (als Teil der natürlichen Umwelt, s. Tz. 19) kann die menschliche Gesundheit direkt und indirekt schützen und fördern. Daneben birgt sie aber selbstverständlich auch Gesundheitsrisiken, zum Beispiel in Form von Krankheitserregern, Allergenen, für den Menschen potenziell gefährlichen Wildtieren und giftigen Substanzen.

260. Die positiven Gesundheitswirkungen von Natur begründen sich unter anderem darin, dass Ökosysteme lebensnotwendige und gesunderhaltende Güter liefern und essenzielle Regulierungsleistungen erbringen, wie die Filtrierung von Oberflächenwasser oder die Bestäubung von Pflanzen. Die Natur besitzt aber auch ein über materielle Bedürfnisse hinausgehendes gesundheitsförderliches Potenzial: Das Erleben von Natur tut Menschen häufig gut (Kap. 4.1). Diese Erkenntnis macht man sich auch therapeutisch und stadtplanerisch zunutze (Kap. 4.2). In der einschlägigen Forschungsliteratur wird der Begriff „Natur“ überwiegend in einem weiten Sinne verstanden, der auch vom Menschen genutzte und gestaltete Ökosysteme einschließt. Legt man dieses weite Begriffsverständnis zugrunde, gibt es vielfältige wissenschaftliche Belege dafür, dass Natur positiv auf das körperliche, mentale und soziale Wohl-

befinden des Menschen wirken kann. Die Mechanismen hinter diesen Zusammenhängen sind aber teilweise noch nicht ausreichend verstanden. Insbesondere ist bisher nicht hinreichend geklärt, inwiefern die Gesundheitswirkungen der Natur von ihren spezifischen Eigenschaften wie dem Grad ihrer anthropogenen Überformung und der repräsentierten Biodiversität abhängen (Kap. 4.3). Die fortschreitenden Umweltkrisen gefährden die Integrität und Funktionalität von Ökosystemen und somit auch ihre Fähigkeit, für den Menschen lebensnotwendige und gesundheitsrelevante Güter und Leistungen zu erbringen (IPBES 2019, S. 337 ff.; WBGU 2023, Kap. 2.3.1). Um konzertiert möglichst hohe Gewinne für die Natur und gleichzeitig die Gesundheit der Bevölkerung zu erzielen, sollten Vereinbarungen zum Schutz der Natur konsequent umgesetzt, Naturschutz und Gesundheit auch außerhalb des Umweltsektors effektiv zusammengebracht und Naturerlebnisse gefördert werden (Kap. 4.4).

4.1 Positive Gesundheitswirkungen von Natur

261. Die Natur liefert dem Menschen lebensnotwendige Güter wie Lebensmittel, Rohstoffe für die Energie- und Wärmegewinnung, Baustoffe und andere Materialien sowie pharmazeutische Substanzen. In welcher Menge und Qualität sie vom Menschen genutzt werden (können), beeinflusst maßgeblich seine Gesundheit. Die Menschheit hat die Nutzung der Natur besonders während des letzten Jahrhunderts allerdings immer weiter intensiviert. Dies hat global gesehen zu hohen Gesundheitsgewinnen geführt, aber auch die Klima-, die Biodiversitäts- und die Verschmutzungskrise mit herbeigeführt, welche die menschliche Gesundheit gefährden (MYERS 2017). Die Intensivierung der Landnutzung und die direkte Ausbeutung von Ökosystemen sind die wichtigsten Ursachen für den fortschreitenden Biodiversitätsverlust (IPBES 2019, S. 106 ff.).

262. Die Bedeutung von Natur für die menschliche Gesundheit geht weit über die Versorgung mit materiellen Gütern hinaus. Sie reicht von ökosystem-basierter Vermeidung von Umweltgefahren (FAIVRE et al. 2018) bis hin zu Gewaltprävention durch mehr Stadtnatur (BURLEY 2018; s. a. Übersichten in HARTIG et al. 2014; MYERS 2017; SANDIFER et al. 2015; WHO – Regional Office for Europe 2023). Die Vielfalt der positiven Gesundheitswirkungen der Natur und die Mechanismen, die ihnen zugrunde liegen können, werden im Folgenden anhand von sechs Pfaden veranschaulicht: (1) Re-

duktion schädlicher Umwelteinflüsse aus menschlichen Aktivitäten, (2) Schutz vor Krankheiten, einschließlich Pandemieprävention, (3) Beeinflussung des menschlichen Mikrobioms, (4) Anregung zu körperlicher Bewegung, (5) Förderung von positiven Emotionen, Entspannung und Erholung und (6) Stärkung zwischenmenschlicher Interaktionen und sozialer Fähigkeiten (Abb. 4-1). Diese sechs Pfade sind nicht streng voneinander abzugrenzen, sondern wirken teilweise auch gleichzeitig oder in Abhängigkeit voneinander. Ihnen liegt ein weites Verständnis von „Natur“ zugrunde, welches sowohl Ökosysteme und Landschaften entlang des gesamten Gradienten von natürlich bis künstlich als auch einzelne Naturelemente wie zum Beispiel Straßenbäume umfasst (für Implikationen dieses weiten Begriffsverständnisses sowie für die Bedeutung der Biodiversität und der Intensität des Naturkontakts s. Kap. 4.3). Zu wenig beachtet werden bisher – zumindest außerhalb der entsprechenden Forschungsdisziplinen – die positiven Gesundheitswirkungen von schwer zugänglichen oder nicht sichtbaren Teilen der Natur. Hierzu gehören die Böden und die hochdiversen Gemeinschaften von Mikroorganismen (vgl. BANERJEE und van der HEIJDEN 2022; s. a. Pfad 1 bis 3).

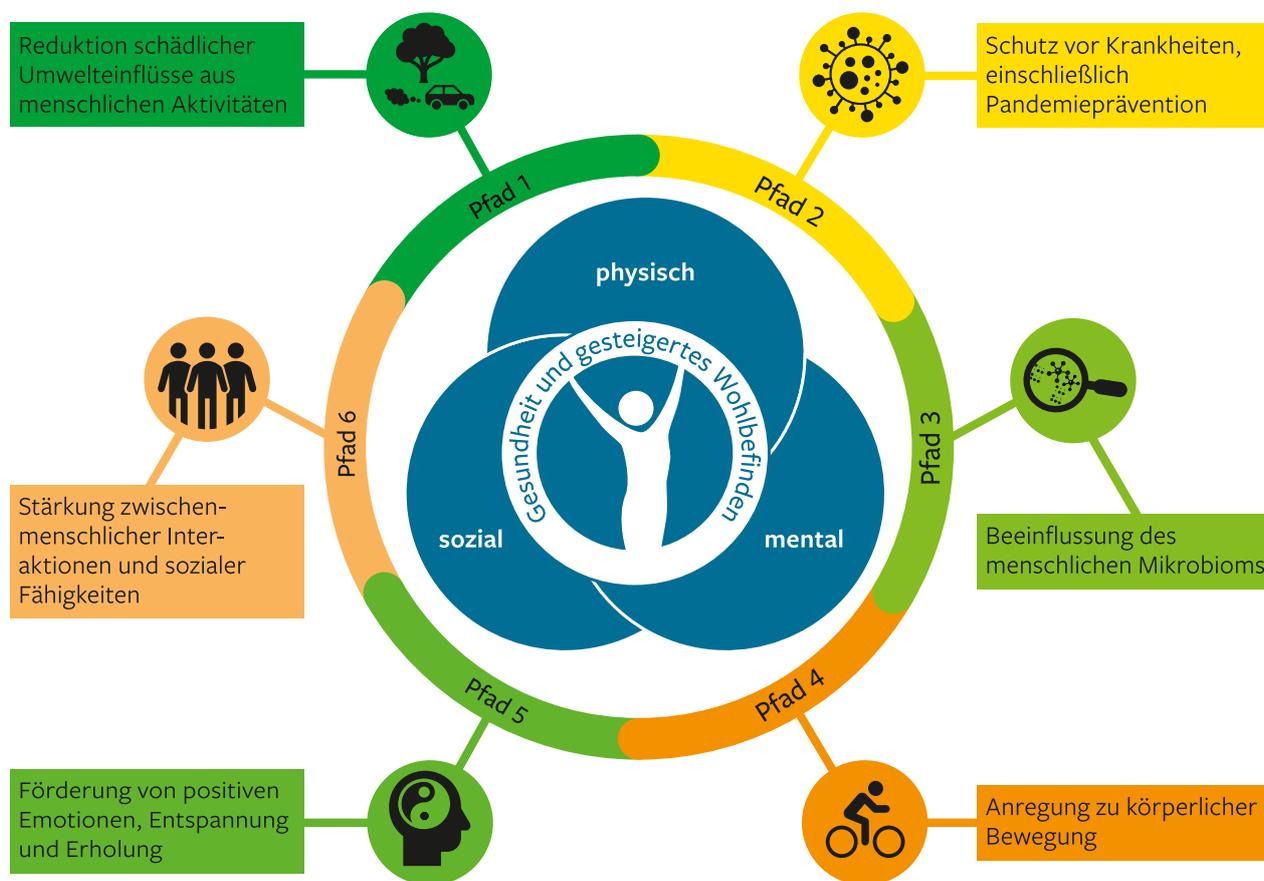
Pfad 1: Reduktion schädlicher Umwelteinflüsse aus menschlichen Aktivitäten

263. Die Natur kann gesundheitsschützend auf Menschen wirken, indem sie schädliche Umwelteinflüsse aus menschlichen Aktivitäten reduziert. Straßenbäume können beispielsweise zu einer verbesserten Luftqualität beitragen, wenn sich Schadstoffpartikel an Blattoberflächen ablagern, diese so aus der Luft gefiltert werden und eine ausreichende Luftzirkulation gewährleistet ist (KUMAR et al. 2019). Außerdem spenden Bäume und andere Bepflanzungen Schatten und schützen dadurch vor Hitze und UV-Strahlung (Leitlinienprogramm Onkologie 2021). Für Kühlungseffekte sind insbesondere auch Gewässer von Bedeutung (VÖLKER et al. 2013). Gemeinsam mit Grünräumen schützen sie ebenfalls vor Hitze (ten BRINK et al. 2016; CLAßEN und BUNZ 2018; ZHANG et al. 2021; BOLUND und HUNHAMMAR 1999; SRU 2018; McCALL et al. 2020). Dies wird während zunehmend heißer Sommer vor allem in den Städten immer notwendiger (Abschn. 3.4.2).

264. Die gesundheitsfördernde Funktion der Natur lässt sich auch an der Reinigungsfunktion von Böden verdeutlichen. Für diese Reinigungsfunktion spielen neben den physischen und chemischen Bodeneigenschaften die Bodenlebewesen eine entscheidende Rolle (CREAMER et al. 2022). Bodenorganismen beeinflussen die Partikel-

o Abbildung 4-1

Positive Gesundheitswirkungen der Natur



SRU, eigene Darstellung

und Porenbildung im Boden und somit seine Durchlässigkeit und Filtereigenschaften. Außerdem können Bodenorganismen den Böden direkt giftige Stoffe entziehen und diese abbauen (Bioremediation, s. ALKORTA und GARBISU 2001). Nimmt die Bodenbiodiversität ab, kann dies die Selbstreinigungsfunktion von Böden stören, wodurch mehr Schadstoffe in ihnen verbleiben oder in Gewässer ausgewaschen werden. Diese Schadstoffe gefährden wiederum die bodenbewohnende und aquatische Biodiversität und über die Nahrungskette oder das Trinkwasser auch die menschliche Gesundheit. Dass dies eine reale Gefährdung darstellt, veranschaulichen Zahlen zur Bodenbelastung in der EU: In 83 % aller Böden finden sich Rückstände von Pestiziden, in 21 % der Agrarböden erhöhte Cadmiumkonzentrationen und 6 % sind so stark mit Schwermetallen belastet, dass sie sich nicht mehr für die Lebensmittelproduktion eignen (Europäische Kommission – Generaldirektion für Forschung und Innovation und Europäische Kommission – Generaldirektion für Landwirtschaft und länd-

liche Entwicklung 2020). In Deutschland werden Schadstoffe flächenhaft hauptsächlich durch die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln oder den Niederschlag von Luftschadstoffen (Deposition) in die Böden eingetragen (UBA 2015, S. 20). Auch finden sich immer mehr Rückstände von Arzneimitteln aus der Human- und Tiermedizin (bspw. Röntgenkontrastmittel, Antidiabetika, Antiepileptika und Antibiotika, s. a. Kap. 3.2) sowie (Mikro-)Plastik in den Böden (RILLIG und LEHMANN 2020; MACHADO et al. 2018).

Pfad 2: Schutz vor Krankheiten, einschließlich Pandemieprävention

265. Die Natur beherbergt eine Vielzahl von Viren und Mikroorganismen, die als potenzielle Krankheitserreger Pflanzen, Tiere oder Menschen infizieren können. Sie kann aber auch Schutz vor Krankheiten bieten, denn in der Natur leben ebenso die Konkurrenten, Antagonisten, Wirte und Überträger von pathogenen Organismen, welche die Populationen der Krankheitserreger regulie-

ren (GLIDDEN et al. 2021; SHAW und CIVITELLO 2021). Vor dem Hintergrund der voranschreitenden Biodiversitätskrise ist es äußerst bedeutsam zu ermitteln, unter welchen Umständen Ökosysteme die Entstehung von neuartigen Infektionskrankheiten und die Ausbreitung von Krankheitserregern begünstigen oder hemmen und welche Rolle hierbei die Biodiversität spielt.

266. Krankheitserreger werden in unterschiedlichem Ausmaß von Veränderungen im eigenen Habitat oder dem ihrer Wirtsorganismen beeinflusst. Veränderungen der Biodiversität scheinen insbesondere für Erreger relevant, die nicht auf einen einzigen Wirt spezialisiert sind, sondern mehrere Arten infizieren können, komplexe Lebenszyklen mit freilebenden Stadien durchlaufen oder Überträger (Vektoren) für ihren Transport zwischen Organismen nutzen. Zoonotische, also zwischen Mensch und Tier übertragbare Erreger zählen daher zu den Pathogenen, die am wahrscheinlichsten durch Naturzerstörung und Biodiversitätsverlust beeinflusst werden (ROHR et al. 2020).

267. Die detaillierten und komplexen Zusammenhänge zwischen Biodiversitätsveränderungen und (neu auftretenden) Zoonosen werden aktuell intensiv beforscht. Einer derzeit verstärkt diskutierten Hypothese zufolge sinkt das Risiko für Zoonosen mit steigender Biodiversität, da Erreger und kompetente Wirte in biologisch hochdiversen Artengemeinschaften seltener zusammentreffen als in weniger diversen Lebensräumen (Verdünnungseffekt, s. CIVITELLO et al. 2015). Wenn die Biodiversität in einem Ökosystem abnimmt (z. B. durch anthropogene Veränderungen), die relative Häufigkeit kompetenter Wirtsorganismen dadurch jedoch steigt, können sich Erreger entsprechend effektiver ausbreiten und ihre Population wachsen. Dies wurde empirisch für das zwischen Mücken und Nagetieren zirkulierende und gelegentlich Menschen infizierende Everglades-Virus in Florida gezeigt: Nachdem Schlangen einer invasiven gebietsfremden Art (*Python bivittatus*) dort die Säugetiervielfalt dramatisch reduziert hatten, blieb den Mücken (*Culex cedecei*), die sich vorher vom Blut mehrerer unterschiedlicher Säugetierarten ernährten, vorwiegend eine bestimmte Rattenart (*Sigmodon hispidus*) als Nahrungsquelle. Da es sich bei dieser Art um den primären Reservoirwirt des Everglades-Virus handelte, führte dies zu besonders hohen Infektionsraten bei den Mücken (BURKETT-CADENA et al. 2021).

268. Eine vergleichbare Situation kann auftreten, wenn eine veränderte Landnutzung sowohl die Biodiversität reduziert als auch die Ausbreitung bestimmter nicht-

menschlicher Wirte für eine Infektionskrankheit (sogenannte Reservoirwirte) begünstigt. So gedeihen beispielsweise die Populationen kleiner Nagetiere häufig dort, wo naturnahe Ökosysteme durch Entwaldung oder Urbanisierung zerstört werden. Da kleine Nagetiere häufig Reservoirwirte für Zoonosen sind, kann sich dadurch das Risiko für neuartige oder wiederkehrende bekannte Infektionskrankheiten erhöhen (BURKETT-CADENA et al. 2021; WHITE und RAZGOUR 2020). Andererseits können Infektionsraten mit zunehmender Biodiversität ansteigen (Amplifikationseffekt), beispielsweise wenn einem Erreger dadurch weitere kompetente Wirte zur Verfügung stehen (ROHR et al. 2020).

269. Zusätzlich werden Populationsdynamiken und Übertragungswahrscheinlichkeiten von Erregern auch maßgeblich von Arten innerhalb einer Gemeinschaft bestimmt, die nicht zu den potenziellen Wirten gehören. Diese Nichtzielarten können etwa mit Wirten oder Erregern um Nährstoffe konkurrieren oder mit ihnen in einer Räuber-Beute-Beziehung stehen (SHAW und CIVITELLO 2021). Auch dann können Biodiversitätseffekte auftreten. So nahm in einem Experiment die Häufigkeit von humanpathogenen Bakterien der Art *Salmonella enterica* in landwirtschaftlichen Böden zu, wenn die Diversität der übrigen Mikroorganismen abnahm (SCHIERSTAEDT et al. 2020). Dieser Mechanismus der mikrobiellen biologischen Kontrolle in Böden ist nachgewiesenermaßen für die Pflanzengesundheit von großer Bedeutung (DE CORATO 2020), mit indirekten Konsequenzen für die menschliche Gesundheit (BANERJEE und van der HEIJDEN 2022). Er spielt aber auch für humanpathogene Parasiten mit freilebenden Stadien (z. B. Helminthen, Trematoden und Protozoen) im Boden und im Wasser eine Rolle (SHAW und CIVITELLO 2021; WALL et al. 2015). Wirken sich Biodiversitätsveränderungen auf die Empfänglichkeit von Wirtsorganismen oder die Infektiosität von Krankheitserregern aus, wird die Komplexität der Zusammenhänge zusätzlich erhöht (GLIDDEN et al. 2021).

270. Für fast alle neuartigen Infektionskrankheiten des Menschen (u. a. Ebola- und Zika-Viruserkrankungen, Gelb- und Dengue-Fieber, Lyme-Borreliose und die durch Coronaviren verursachten Erkrankungen SARS und MERS) legen wissenschaftliche Befunde nahe, dass ihre Entstehung und Verbreitung durch anthropogene Umweltveränderungen und sozioökonomische Entwicklungen begünstigt wurden (IPBES 2020, S. 13). Hierzu gehören maßgeblich Landnutzungswandel (landwirtschaftliche Intensivierung, Verstädterung und Entwaldung), Landschaftszerschneidung, stark gestiegener

(globaler) Tourismus und Handel, bestimmte Formen der Tierhaltung und der Klimawandel (GLIDDEN et al. 2021; HASSELL et al. 2017; MISHRA et al. 2021; WHITE und RAZGOUR 2020). Diese Faktoren beeinflussen neben der Biodiversität auch zahlreiche weitere gesundheitsrelevante Aspekte. Zu diesen zählen: Zugang zur Gesundheitsversorgung, Bevölkerungsdichte, Mobilität von Menschen, vorherrschende Außentemperaturen sowie die Häufigkeit und Intensität von Tier-Mensch-Interaktionen. Auch wenn dies eine Aufklärung der ursächlichen Zusammenhänge zwischen Biodiversitätsverlust und Infektionskrankheiten erschwert, gilt im Umkehrschluss, dass ein nachhaltiger Umgang mit der Natur eine essenzielle Strategie ist, um das Risiko für die Entstehung und Verbreitung von Zoonosen zu senken (EVERARD et al. 2020; GIBB et al. 2020; IPBES 2020, S. 43 f.; WBGU 2023, Kap. 5.1.2.2). So können Schutzgebiete beispielsweise zur Pandemieprävention beitragen, wenn sie die Biodiversität fördern und parallel Landnutzungswandel und Landschaftszerschneidung weitestgehend verhindern. Durch die Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung solcher natürlicher Barrieren werden auch die Kontakte zwischen Menschen und Wildtieren bzw. zwischen Haus- und Wildtieren reduziert, was letztlich dem Auftreten neuer Infektionskrankheiten entgegenwirken kann (vgl. IPBES 2020, S. 3).

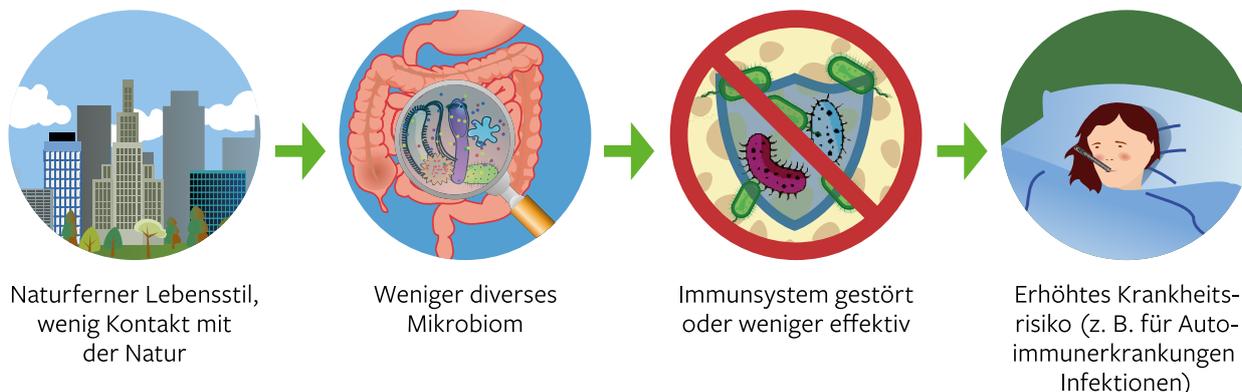
Pfad 3: Beeinflussung des menschlichen Mikrobioms

271. Die Umwelt des Menschen beeinflusst sein Mikrobiom, also die Gesamtheit der Mikroorganismen, die

seinen Körper besiedeln bzw. in den Körper eindringen (AHN und HAYES 2021). Diese Mikroorganismen haben eine herausragende Bedeutung für die individuelle Gesundheit, da sie das Immunsystem maßgeblich beeinflussen (ebd.) und verhindern können, dass sich Krankheitserreger übermäßig ansiedeln (Kolonisierungsresistenz, s. BUFFIE und PAMER 2013). Es mehren sich die Hinweise darauf, dass das menschliche Mikrobiom insbesondere in Industriestaaten verarmt, seine Diversität also abnimmt. Dies wird mit einer Zunahme von Allergien, Asthma und anderen Erkrankungen in Verbindung gebracht (HANSKI et al. 2012; HAAHTELA 2019; MILLS und ROSS 2021). Diese sogenannte Biodiversitätshypothese wird intensiv beforscht. Sie postuliert, dass die Mikrobiom-Diversität eines Menschen abnimmt, wenn er weniger mit der mikrobiellen Vielfalt aus natürlicher Umgebung in Kontakt kommt, und dass dies zu Fehlfunktionen des Immunsystems führen kann (BLUM et al. 2019; NIELSEN et al. 2020; HAAHTELA et al. 2021; s. Abb. 4-2). Da die Stadtbevölkerung weltweit wächst – 2050 werden voraussichtlich zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben (UN DESA 2019) – könnte sich hieraus ein immenses Gesundheitsproblem ergeben. Tatsächlich stützen immer mehr Studien die Biodiversitätshypothese (MILLS und ROSS 2021). Die möglichen Mechanismen für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Biodiversität der Umgebung, der Diversität des Mikrobioms und einer Zunahme bestimmter Krankheiten sind allerdings noch nicht ausreichend verstanden (von MUTIUS 2018; WONG und OSBORNE 2022). Erhärtet sich die empirische Evidenz für die

o Abbildung 4-2

Die Biodiversitätshypothese



Biodiversitätshypothese weiter, hätte dies möglicherweise weitreichende Implikationen, denn das Mikrobiom beeinflusst neben der Immunabwehr auch andere wichtige Prozesse im menschlichen Körper. Hierzu gehört das Zusammenspiel zwischen Darm und Gehirn, weshalb dem Mikrobiom auch eine Bedeutung für die Entstehung einiger psychischer Erkrankungen (Angststörungen, Depressionen, Autismus) und somit für die mentale Gesundheit zugeschrieben wird (AHN und HAYES 2021).

Pfad 4: Anregung zu körperlicher Bewegung

272. Natur kann dazu anregen, sich körperlich zu betätigen (SCHIPPERIJN et al. 2017). Hierin liegt ein großes gesundheitsförderliches Potenzial der Natur, denn die Bedeutung von körperlicher Aktivität für die menschliche Gesundheit kann kaum überschätzt werden. Bewegung trainiert motorische Fähigkeiten, beugt kardiovaskulären, metabolischen und muskuloskeletalen Krankheiten vor und verringert das Risiko für Übergewicht/Adipositas (BZgA 2017, S. 24). Darüber hinaus fördert körperliche Aktivität die psychosoziale und geistige Entwicklung von Kindern und Jugendlichen sowie die mentale Gesundheit von Erwachsenen (ebd.; s. a. Tz. 285).

273. Untersuchungen dazu, wie Natur und körperliche Bewegung zusammenhängen, kommen allerdings zu gemischten Ergebnissen. Während einige Autor:innen schlussfolgern, dass Stadtbewohner:innen sich mehr bewegen, wenn sie in einer Nachbarschaft mit mehr Grünräumen leben (JAMES et al. 2015) und dies neben ihrer körperlichen auch ihre mentale Gesundheit fördert (ZHANG et al. 2021), halten andere Autor:innen die Erreichbarkeit von Grünräumen allein für noch keine hinreichende Bedingung für gesteigerte physische Aktivität. Vielmehr sei es bedeutsam, ob Grünräume tatsächlich genutzt werden (VEITCH et al. 2021) und dies bedürfe häufig zusätzlicher Anreize (LOVELL et al. 2018). Werden Naturräume tatsächlich aufgesucht, ist dies mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer Bewegungssteigerung verbunden (REMME et al. 2021; LOVELL et al. 2018). Bei dieser Beobachtung bleibt der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang jedoch meist unklar; Menschen, die Parks oder naturnahe Landschaften für Aktivitäten nutzen, sind gegebenenfalls von vornherein bereits bewegungsfreudig.

274. Ähnlich ambivalent sind bisher die Erkenntnisse zu der Hypothese, dass positive Gesundheitseffekte von physischer Aktivität in der Natur stärker sind als die der gleichen physischen Aktivität in Innenräumen. Während eine ältere zusammenfassende Studie diese

Hypothese stützt (THOMPSON COON et al. 2011), wurde sie durch eine neuere Literaturschau nicht bestätigt (LAHART et al. 2019). Wie sich Natur- bzw. Grünräume auf die körperliche Bewegung von Anwohner:innen oder Besucher:innen auswirken, ist also noch nicht ausreichend ursächlich verstanden. Dass sie für eine gesundheitsförderliche Umgebung insbesondere in Städten unerlässlich sind, ergibt sich aber bereits aus ihrem Potenzial, ein Ort für körperliche Bewegung zu sein, und ihrer hohen Bedeutung für Entspannung und soziale Interaktionen (Pfad 5 und Pfad 6) sowie für die Klimaanpassung (WBGU 2023, Kap. 4.3.3.4; Tz. 230 und Kap. 7.2).

Pfad 5: Förderung von positiven Emotionen, Entspannung und Erholung

275. Natur kann mit allen Sinnen erfasst werden und entsprechend vielfältig sind die Eindrücke und Emotionen, die Naturerlebnisse auslösen. In der Umweltpsychologie wird angenommen, dass ein Naturerlebnis zunächst spontane, physiologisch gesteuerte Empfindungen auslöst (bspw. Zu- oder Abneigung, Angst oder Interesse). Diese können sich dann im Zusammenspiel mit kognitiven Prozessen und unter dem Einfluss des sozialen und kulturellen Kontextes zu komplexeren Gefühlen formen bzw. in Bewertungen resultieren (ULRICH 1983; MEIDENBAUER et al. 2020). Zu den meist positiv bewerteten Emotionen, die mit Naturerlebnissen assoziiert werden, gehören unter anderem Gefühle von Entspannung, Freiheit, Ehrfurcht, Lebendigkeit und Verbundenheit (HINDS und SPARKS 2011).

276. Menschen fühlen sich in der Regel in einer natürlichen Umgebung wohl, suchen diese bewusst auf und erleben sie als faszinierend und anregend (BARBIERO und BERTO 2021). In der Literatur wird dies häufig mit einem evolutiv entstandenen, bei allen Menschen vorhandenen Verbundenheitsgefühl mit der Natur („Biophilia“) erklärt (E. O. Wilson 1984, zitiert nach FRUMKIN 2001). Andere Erklärungsansätze stellen stresslindernde oder regenerierende Wirkungen der Natur in den Vordergrund (Theorie der Stressbewältigung nach Ulrich und Aufmerksamkeits-Erholungstheorie nach Kaplan, vgl. BRATMAN et al. 2012). Gemeinsam ist diesen Hypothesen und Theorien, dass sie Naturerlebnisse ursächlich mit positiv wahrgenommenen psychologischen Zuständen verknüpfen und somit postulieren, dass Naturerlebnisse zur mentalen Gesundheit beitragen.

277. Tatsächlich stützen zahlreiche wissenschaftliche Studien einen Zusammenhang zwischen Naturerlebnis-

sen und mentaler Gesundheit (FRUMKIN 2003; ROE und ASPINALL 2011; HARTIG et al. 2014; Überblicke in BEUTE et al. 2020a; 2020b). Als Indikator für mentale Gesundheit wird häufig das selbst berichtete Wohlbefinden herangezogen (für Beispiele s. ZHANG et al. 2021). Aber auch objektiv messbare Biomarker legen einen Zusammenhang zwischen Naturerlebnissen und Stressreduktion nahe. So wurden während oder nach Naturerlebnissen beispielsweise geringere Kortisolspiegel im Speichel und ein niedrigerer Blutdruck gemessen (Überblicke in CLARK et al. 2014; SANDIFER et al. 2015; LOVELL et al. 2018; BRATMAN et al. 2019). Auch die Verschreibungshäufigkeit von bestimmten Medikamenten wird als Indikator genutzt, um den Effekt von Natur auf die mentale Gesundheit zu ermitteln: MARSELLE et al. (2020) stellten fest, dass Stadtbewohner:innen mit geringem sozioökonomischen Status seltener Antidepressiva verschrieben bekamen, wenn es in Wohnortnähe einen dichten Baumbestand gab, als wenn dies nicht der Fall war.

278. Ob ein Naturerlebnis positive oder negative Emotionen hervorruft, hängt unter anderem von den spezifischen Eigenschaften der Natur ab, mit der eine Person in Kontakt kommt. Beispielsweise ist es bedeutsam, ob das Erlebte als potenziell gefährlich wahrgenommen wird. In naturnaher Umgebung könnte der Eindruck von Wildnis möglicherweise bedrohlich wirken. Im urbanen Kontext erzeugen Parks und andere Grünräume eher dann negative Gefühle, wenn sie schlecht einsehbar sind und daher als unsicher wahrgenommen werden (LIS et al. 2019).

279. Statt direkt auf positive Emotionen, Entspannung und Erholung zu fokussieren, widmet sich ein Teil der relevanten Forschung der Frage, wie Naturerlebnisse bzw. mehr oder weniger natürliche Umgebungen die Kreativität, Spiritualität, Identität oder Ortsverbundenheit von Menschen beeinflussen (BIELING et al. 2014; RUSSELL et al. 2013; MARTENS et al. 2022; IRVINE et al. 2019). Diese Aspekte werden häufig unter dem Begriff kulturelle Ökosystemleistungen erforscht und beschrieben. Tätigkeiten, Gefühle und Gedanken sowie Prozesse der Persönlichkeitsentwicklung, die mit kulturellen Ökosystemleistungen im Zusammenhang stehen, sind für viele Menschen wiederum eine Quelle für positive Emotionen und können so ebenfalls zu mentalem Wohlbefinden beitragen.

280. In der deutschen Bevölkerung gibt es für die positive Wirkung von Natur auf Emotionen und Wohlbefinden ein sehr hohes Bewusstsein: Im Rahmen einer

durch das BMUV und das Bundesamt für Naturschutz (BfN) beauftragten Befragung bejahten 90 % der teilnehmenden Erwachsenen und 87 % der teilnehmenden Jugendlichen die Aussage, dass es glücklich macht, in der Natur zu sein. 89 % der Erwachsenen und 94 % der Jugendlichen gaben an, dass die Natur zu einem guten Leben dazu gehört (BMUV und BfN 2023, S. 43).

281. Während der COVID-19-Pandemie wurden vor allem in den großen und hochverdichteten Innenstädten die sonst oft kaum oder gar nicht wahrgenommenen wohnortnahen Grünräume von Anwohner:innen enorm wertgeschätzt (LANGENBRINCK und SCHMIDT 2022; KLEINSCHROTH und KOWARIK 2020, S. 319). Einwohner:innen Berlins gaben bei einer während der Pandemie durchgeführten Befragung sogar an, dass sie sich mit wohnortnahen Grünräumen stärker verbunden fühlen als mit ihrer Nachbarschaft oder der gesamten Stadt Berlin („connectedness“, s. MARTENS et al. 2022).

Pfad 6: Stärkung zwischenmenschlicher Interaktionen und sozialer Fähigkeiten

282. Naturerlebnisse bieten häufig Anlass dafür, andere Menschen zu treffen und zwischenmenschliche Beziehungen zu vertiefen. Da das soziale Umfeld und die persönlichen Beziehungen eines Menschen seine Gesundheit maßgeblich beeinflussen (COHEN und WILLS 1985), ist zu vermuten, dass Naturerlebnisse auch aufgrund ihrer sozialen Komponente positiv auf die menschliche Gesundheit wirken (HARTIG et al. 2014). Tatsächlich zeigen einige Studien, dass Naturkontakte positiv mit sozialem Zusammenhalt korrelieren (ZHANG et al. 2021). Nachbarschaftliche Beziehungen waren beispielsweise dort stärker, wo den Bewohner:innen lokale Stadtparks zur Verfügung standen (KAZMIERCZAK 2013).

283. Aufenthalte und Aktivitäten in der Natur sind auch für das Sozialverhalten von Kindern und Jugendlichen förderlich (MARTENS und MOLITOR 2020; SCHÄFFER und KRAFTL 2017). So wurde bei Kindern im Waldkindergarten beobachtet, dass sie Naturräume im Freispiel vielfach durch Fantasie als unterschiedliche Umgebungen interpretieren und dass darüber viel Kommunikation erfolgt. Diese häufig kooperativen Spielsituationen fördern den sozialen Zusammenhalt und auch die sprachliche Entwicklung (SCHÄFFER und KISTEMANN 2012). Für Jugendliche sind zudem öffentliche Grünflächen häufig wichtige Orte, an denen sie Freunde und Bekannte treffen und neue – gegebenenfalls auch interkulturelle – Kontakte knüpfen können (SEELAND et al. 2009).

284. Dass Naturräume soziale Beziehungen und damit soziales (Gesundheits-)Kapital stärken können, verdient im Hinblick auf sozioökonomisch benachteiligte oder vulnerable Bevölkerungsgruppen besondere Beachtung (BRAUBACH et al. 2017). Gerade diese haben allerdings teilweise einen schlechteren Zugang zu Grünräumen in der Stadt (Tz. 52).

Zusammenwirken verschiedener Pfade

285. Körperliche, mentale und soziale Gesundheit sind miteinander verwoben. Eine getrennte Beschreibung dieser Gesundheitsdimensionen und ihrer Beeinflussung durch die Natur erhellt daher stets nur einen Teil der relevanten Ursache-Wirkungs-Beziehungen. So wirken Naturerlebnisse häufig sowohl physisch/physiologisch als auch psychologisch und sozial, also über mehrere der hier vorgestellten Pfade. Beispielsweise können städtische Grünräume und Gewässer in Hitzeperioden sowohl Schutz vor zu hohen Temperaturen bieten als auch gesundheitsförderlichen Mikroorganismen als Habitat dienen. Beides könnte – auf unterschiedlichen Wirkpfaden – der Gesundheit von Menschen zugutekommen, die städtische Grünräume aufsuchen (vgl. AERTS et al. 2018). Auch könnte der Befund, dass Naturerlebnisse mit niedrigeren Inzidenzen von Typ-2-Diabetes korrelieren (TWOHIG-BENNETT und JONES 2018), sowohl auf eine gesteigerte körperliche Aktivität als auch auf eine effektivere Stressreduktion zurückzuführen sein. BEUTE und de KORT (2014) veranschaulichen dies anhand der positiven Gesundheitswirkung eines Naturerlebnisses, welches sowohl mit körperlicher Bewegung als auch mit einer hohen Tageslichtdosis einhergeht. Dieselben Erlebnisse können außerdem Möglichkeiten zur sozialen Interaktion bieten bzw. von der sozialen Einbettung eines Menschen beeinflusst sein.

4.2 Natur als Therapie und als Element der Stadtplanung

286. Dass sich das Erleben von Natur auf so vielfältige Weise auf die Gesundheit des Menschen auswirkt, macht man sich sowohl therapeutisch als auch stadtplanerisch zunutze. Das Konzept der „therapeutischen Landschaften“, welches auf der Erkenntnis basiert, dass die emotionale und affektive Bindung an Orte eine wichtige Komponente für das individuelle Wohlbefinden darstellt (KISTEMANN 2016; RATHMANN 2020), wird inzwischen von unterschiedlichen Disziplinen aufgegriffen. Es wird beispielsweise in der Psychoonkologie angewandt, um Begleiterscheinungen einer Krebserkrankung wie depressive Verstimmungen, Ängste und Erschöp-

fungszustände durch Aufenthalte in der Natur zu lindern (RATHMANN und BRUMANN 2017).

287. Im Rahmen von Therapien zur Behandlung mentaler oder körperlicher Beschwerden ist es in einigen Ländern möglich, dass Patient:innen Spaziergänge oder anspruchsvollere sportliche Aktivitäten in Parks oder naturnaher Umgebung explizit verordnet bekommen. Solche „grünen Verschreibungen“ (Green Prescriptions) sollen unter anderem Krankheiten vorbeugen oder lindern, die durch einen bewegungsarmen Lebensstil begünstigt werden (KONDO et al. 2020). Da hierzu praktisch alle sogenannten Zivilisationskrankheiten zählen (einschließlich Adipositas, Typ-2-Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Depressionen) könnte das gesundheitswirksame Potenzial der Natur einen enormen Beitrag zur Gesundheitsförderung sowie zur Prävention und Behandlung von Krankheiten leisten (WBGU 2023, Kap. 4.2; vgl. Tz. 272). Auch verspricht man sich von grünen Verschreibungen hohe umweltbezogene, ökonomische und soziale Co-Benefits (ROBINSON und BREED 2019).

288. In Japan ist das sogenannte Waldbaden (Shinrin-Yoku) als eine wichtige Komponente der Gesundheitsprävention anerkannt und inzwischen ist es auch international populär (KOTERA et al. 2022). Wesentlich dabei ist ein völliges Eintauchen in die Natur, der dabei mit allen Sinnen nachgespürt wird. Dem Waldbaden zugeschriebene positive Gesundheitseffekte, die auch auf die physiologische Wirkung von ätherischen Ölen zurückgeführt werden, betreffen unter anderem das Immunsystem, das Herz-Kreislauf-System, den Atemtrakt sowie die mentale Gesundheit (HANSEN et al. 2017).

289. Untersuchungen zur Effektivität von naturbasierten Gesundheitsinterventionen bekräftigen häufig ihren Nutzen (s. bspw. Überblick in BIKOMEYE et al. 2022). Sie basieren allerdings teilweise auf kleinen Stichproben sowie einer nicht zufälligen Auswahl an Proband:innen und schließen nicht immer adäquate Kontrollgruppen ein (KONDO et al. 2020). Eine randomisiert-kontrollierte Studie in Singapur stellte fest, dass grüne Verschreibungen tatsächlich unter bestimmten Umständen effektiv sein können, aber nicht bei allen Patient:innen den erhofften Erfolg erzielen (MÜLLER-RIEMENSCHNEIDER et al. 2020). Letzteres könnte unter anderem an einer mangelnden Bereitschaft liegen, die grüne Verschreibung auch über einen längeren Zeitraum zu verfolgen (ebd.). Auch könnte die (schlechte) Erreichbarkeit von Grünräumen eine Rolle spielen (Tz. 52).

290. Im urbanen Raum kann die Stadtplanung einen bedeutenden Beitrag dazu leisten, dass sich Naturschutz und Gesundheitsförderung gegenseitig verstärken. Hierzu gehören insbesondere die Entwicklung von Stadtnatur (Kap. 7.1 und 7.2) und eine gesundheitsförderliche Mobilitätsplanung. Zu den europäischen Städten, die Vorreiter bei der Förderung einer gleichzeitig naturverträglichen und gesunden Mobilität (zu Fuß oder per Fahrrad) sind, gehört beispielsweise Kopenhagen. Dort hat die Nutzung des Fahrrads über die vergangenen drei Jahrzehnte um etwa 30 % zugenommen, was die Bevölkerungsgesundheit positiv beeinflusst (PENG et al. 2021). Gefördert wurde der Radverkehr unter anderem durch das Anlegen eines Netzwerks grüner Fahrradrouten. Diese leisten gemeinsam mit weiteren urbanen und peri-urbanen Grünräumen und Gewässern einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Stadtnatur. Gleichzeitig ermöglichen sie Naturerfahrungen, die wiederum – zusätzlich zum Fahrradfahren an sich – positiv auf die menschliche Gesundheit wirken können (BEERY et al. 2017; vgl. WBGU 2023, Kap. 4.2.4.2).

291. Ein weiteres eindrucksvolles Beispiel dafür, welche Gesundheitsgewinne erreicht werden könnten, wenn Natur als Baustein städtischer Umgestaltung genutzt wird, liefert Barcelona. Dort sollen zukünftig über 500 begrünte und gleichzeitig verkehrsberuhigte Quartiere im Stadtgebiet entstehen. Es wird erwartet, dass sich durch diese sogenannten Superblocks (Ajuntament de Barcelona o. J.) mittelfristig die Luftverschmutzung, der Verkehrslärm, die Menge an Grünflächen sowie die Hitzebelastung und die physische Aktivität der Menschen in Barcelona ändern. Eine Modellierung, die alle diese Effekte berücksichtigt, ergab, dass die vollständige Umsetzung des Plans schätzungsweise über 650 vorzeitige Todesfälle pro Jahr verhindern und die durchschnittliche Lebenserwartung der erwachsenen Bevölkerung in Barcelona um fast 200 Tage steigern könnte (analysiert mittels quantitativer Health Impact Assessments (HIA) unter Berücksichtigung von projizierten Verhaltens- und Expositions-Veränderungen, s. MUELLER et al. 2020).

4.3 Verschiedene Naturkonzepte und offene Fragen

292. Um Zusammenhänge zwischen Natur und menschlicher Gesundheit wissenschaftlich zu untersuchen, fokussieren entsprechende Studien auf bestimmte

Aspekte der natürlichen Umwelt. Das Spektrum reicht hierbei von naturnahen Ökosystemen sowie land- und forstwirtschaftlich geprägten Landschaften über Friedhöfe und Parks bis hin zu stark technisch-anthropogen geprägten „Naturelementen“ wie Straßenbegleitgrün oder begrünten Dachflächen. Häufig, aber nicht immer, nutzen diese Studien den Begriff „Natur“, um hiermit den betrachteten Aspekt der natürlichen Umwelt zu bezeichnen. Diesem Begriff können in der einschlägigen Forschungsliteratur also sehr unterschiedliche Naturkonzepte zugrunde liegen. Prinzipiell kann hierzu jeder Teil der belebten Umwelt zählen, selbst Zimmerpflanzen können als Natur gewertet werden (BROWNING et al. 2021; FRUMKIN et al. 2017). Manche Studien, die für die beschriebenen Zusammenhänge relevant sind, nutzen allerdings nicht den Naturbegriff, sondern engen den Fokus beispielsweise auf die urbane Umgebung ein und fassen die untersuchten biologischen Strukturen unter dem Schlagwort Grünräume.

293. Diese große Vielfalt an Naturverständnissen reflektiert einerseits, dass die Natur-Gesundheitszusammenhänge komplex sind und die Forschung darauf mit einer angemessenen Vielfalt an Perspektiven und Methoden reagiert. Andererseits setzt diese Variabilität die Vergleichbarkeit von Studienergebnissen herab und erschwert generelle Schlussfolgerungen (TWOHIG-BENNETT und JONES 2018; KNOBEL et al. 2019; BROWNING et al. 2021). Um aufzuklären, wieso und auf welche Weise sich Natur gesundheitsfördernd auswirken kann, erscheint es nötig, die untersuchten Naturkomponenten differenzierter zu erfassen und auszuwerten (HOLLAND et al. 2021; SANDIFER et al. 2015). Zusätzlich könnte es relevant sein, die Intensität des Kontakts (bspw. anhand der Größe des besuchten Gebiets oder der Dauer des Aufenthalts) spezifischer zu berücksichtigen (MARSELLE et al. 2021).

294. Angesichts der fortschreitenden Biodiversitätskrise ist die Frage zentral, ob die Gesundheitswirkungen von Naturerlebnissen auch davon beeinflusst werden, wie biodivers die erlebte Natur ist. Für viele Ökosystemleistungen ist empirisch robust belegt, dass biodiversitätsreiche Ökosysteme durchschnittlich höhere und zeitlich stabilere Leistungen erbringen als biodiversitätsärmere (CAMPBELL et al. 2005; MA 2005; DÍAZ et al. 2018; WHO – Regional Office for Europe 2023; HARRISON et al. 2014; IPBES 2019, S. 346 ff.). Dieser positive Zusammenhang zwischen Biodiversität und Ökosystemleistungen ist mindestens für jene hier beschriebenen Pfade relevant, denen regulierende Ökosystemleistungen zugrunde liegen, zum Beispiel Pfad 1

„Reduktion schädlicher Umwelteinflüsse aus menschlichen Aktivitäten“ (Tz. 263 f.) oder Pfad 2 „Schutz vor Krankheiten, einschließlich Pandemieprävention“ (Tz. 265 ff.). Auch wird für Pfad 3 „Beeinflussung des menschlichen Mikrobioms“ ein positiver Einfluss von Biodiversität auf die Gesundheit angenommen (Biodiversitätshypothese, Tz. 271). Für die Pfade 4 bis 6 („Anregung zu körperlicher Bewegung“, „Förderung von positiven Emotionen, Entspannung und Erholung“, „Stärkung zwischenmenschlicher Interaktionen und sozialer Fähigkeiten“) sind ursächliche Zusammenhänge mit der Biodiversität noch weitgehend ungeklärt (Tz. 272 ff.). Fortschritte sind hier in den nächsten Jahren von einer Forschungsinitiative des BMBF zu erwarten, welche zum Ziel hat, „Wissen darüber zu erlangen, ob und wie die Potenziale der Biodiversität für die Gesundheitsförderung eingesetzt werden können“ (BMBF 2022).

295. Es erscheint durchaus plausibel, dass die Biodiversität auch für die letztgenannten Pfade eine entscheidende Rolle spielen könnte. Beispielsweise wird ein biologisch diverserer Ort möglicherweise als entspannender oder attraktiver empfunden als ein Ort mit weniger Vielfalt (LINDEMANN-MATTHIES und MATTHIES 2018; MARTENS et al. 2022). Andererseits sind viele andere Einflussfaktoren auf die mentale Gesundheit womöglich stärker als ein etwaiger Effekt der Biodiversität (bspw. von Biodiversität unabhängige Ästhetik, s. LINDEMANN-MATTHIES und MARTY 2013). Hierzu zeichnen vorliegende Studien bisher kein klares Bild (METHORST et al. 2021; FISHER et al. 2021; MARSELLE et al. 2021). Teilweise werden entsprechende Untersuchungen durch methodische Herausforderungen erschwert. So ist die Erfassung und Kategorisierung von Biodiversität (z. B. als Vielfalt von Genotypen, Arten, funktionellen Gruppen, Ökosystemen, Landschaften oder Elementen grüner Infrastruktur) häufig nicht trivial. Mikroorganismen und (andere) Bodenorganismen sind überhaupt nur zu einem kleinen Teil erforscht.

296. Systematische Übersichtsarbeiten zeigen zudem, dass trotz der umfänglichen Bearbeitung des Themas Natur und Gesundheit deutliche Verzerrungen zugunsten bestimmter Fragestellungen, Methoden, geografischer Räume oder Proband:innen bestehen. So fokussieren die Studien zur Wirkung von Naturerlebnissen deutlich häufiger auf städtische Grünräume als auf natürliche oder naturnahe Ökosysteme und selten auf Gewässer. Des Weiteren mangelt es an Studien, die auf kausale Zusammenhänge und längerfristige Effekte schließen lassen (bspw. Experimente und Längsschnitt-

studien). Eingeschränkt wird der Erkenntnishorizont zu Natur-Gesundheitsbeziehungen auch dadurch, dass die meisten empirischen Daten in Ländern des Globalen Nordens erhoben wurden. Zudem sind in den relevanten Studien einige Bevölkerungsgruppen unterrepräsentiert, beispielsweise Kinder oder Ältere sowie Personen mit Zuwanderungsgeschichte und dadurch potenziell unterschiedlichen kulturellen Zugängen zur Natur (SANDIFER et al. 2015; LOVELL et al. 2018; BEUTE et al. 2020b; AERTS et al. 2018).

297. Trotz des weiter bestehenden Forschungsbedarfs sprechen sowohl empirische Studien als auch noch weiter zu untersuchende Hypothesen (bspw. die Biodiversitätshypothese zum menschlichen Mikrobiom) dafür, Naturräume zu erhalten, wiederherzustellen oder neu zu schaffen. Da sie neben der Biodiversität auch das Klima schützen und – insbesondere in Städten – sowohl die biophysikalischen als auch die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels lindern, haben naturnahe Lebensräume sowie urbane Grünräume und Gewässer gleich mehrfachen Nutzen. Maßnahmen, die sie schützen, pflegen oder ausweiten, können daher auch als „No regret“-Maßnahmen bezeichnet werden (BECK et al. 2011; NIANG-DIOP und BOSCH 2004; vgl. Tz. 224).

4.4 Synergien zwischen Naturschutz und Gesundheit besser nutzen

298. Zahlreiche Gefährdungen der Natur und der menschlichen Gesundheit sind letztlich auf die gleichen Ursachen zurückzuführen und voneinander abhängig (FRUMKIN und HAINES 2019; WBGU 2023, Kap. 2.3; s. Kap. 2.1). Beispielsweise trägt Feinstaub in der Außenluft (Kap. 3.1) gleichzeitig zur Schadstoffdeposition in Ökosystemen (mit negativen Auswirkungen auf Ernten) und zur Schadstoffexposition des Menschen bei. Pharmazeutika sowie Chemikalien in der Umwelt (Kap. 3.2 und 3.3) können sowohl für den Menschen als auch für die Biodiversität ein Risiko darstellen. Der Klimawandel verstärkt den Biodiversitätsverlust und erhöht die Wahrscheinlichkeit für gesundheitliche Belastungen durch Hitzeereignisse und UV-Strahlung (Kap. 3.4).

299. Ein weiteres Beispiel sind die Produktions- und Konsummuster Deutschlands. Sie verursachen aufgrund globaler Warenströme auch in anderen Regionen der

Welt enorme Schäden an der Natur und sind in vielen Fällen zusätzlich dafür verantwortlich, dass Menschen dort gesundheitlichen Risiken ausgesetzt sind. Besonders relevant ist in diesem Zusammenhang, dass der westliche Lebensstil den Import und die Verarbeitung großer Mengen von Rohstoffen sowie von land- und forstwirtschaftlichen Produkten erfordert. In den Herkunftsregionen befeuert ihr Abbau bzw. ihre Erzeugung den Landnutzungswandel, den Eintrag von Schad- und Nährstoffen in die Umwelt sowie einen hohen Wasserverbrauch (DITTRICH et al. 2021; JUNGMICHEL et al. 2021). Besonders anschaulich wird dies am Beispiel des Fleischkonsums: Der Verzehr von zu viel Fleisch gilt in Deutschland als ein ernstzunehmendes Krankheitsrisiko und ist gleichzeitig eine Hauptursache für Landnutzungswandel und Verschmutzung in Erzeugerländern (WBAE 2020, S. 114 und 163 ff.). Die Umstellung auf eine deutlich stärker pflanzenbasierte Ernährung ist daher eine wichtige Strategie, die sowohl Gesundheits- als auch Naturschutzzielen dient (IPES-Food 2017; WBGU 2020; 2023, Kap. 4.1.3 ; FESENFELD et al. 2022; s. a. SRU 2023, Kap. 5.1).

300. Großflächige Landnutzungsänderungen, insbesondere in hochdiversen, tropischen Ländern, und ein fortschreitendes Eindringen des Menschen in naturnahe Lebensräume von Wildtieren können auch das Risiko erhöhen, dass Krankheitserreger von Tieren auf Menschen übergehen, also neuartige Zoonosen entstehen (IPBES 2020, S. 18 ff.; GLIDDEN et al. 2021; WHITE und RAZGOUR 2020). Neben bewährten Strategien zur Infektions- und Krankheitsvorbeugung (z. B. Hygiene, Bekämpfung von tierischen Vektoren, Einschränkung des Wildtierhandels) sollte daher der Naturschutz und die damit verbundene Erhaltung der Biodiversität als eine weitere Säule der Pandemieprävention etabliert werden (Tz. 270).

301. Darüber hinaus gibt es auch in vielen anderen Bereichen, unter anderem in der Stadtplanung, zahlreiche Maßnahmen, die sowohl der menschlichen Gesundheit als auch dem Naturschutz zugutekommen (CLAßEN 2008; FRUMKIN und HAINES 2019; Kap. 7.2). Entsprechend synergistische Maßnahmen werden teilweise unter dem Schlagwort „naturbasierte Lösungen“ (nature-based solutions) diskutiert, ihre mehrfach positiven Effekte als „Co-Benefits“ bezeichnet. Sie sind auch im Zusammenhang mit Klimaschutz und Klimaanpassung äußerst relevant (PÖRTNER et al. 2021; SEDDON 2022; SHIN et al. 2022; NAUMANN et al. 2014).

302. Gleichwohl bestehen auch Konflikte zwischen Naturschutz- und Gesundheitsinteressen. So können gesundheitsförderliche Freizeitaktivitäten beispielsweise Ökosysteme überbeanspruchen und die biologische Vielfalt schädigen (FORST et al. 2019). In Einzelfällen können sich Naturschutzmaßnahmen negativ auf die Gesundheit auswirken (wenn z. B. Wiesen mit blühenden Gräsern oder bestimmte Straßenbäume Allergiebeschwerden hervorrufen, s. CLAßEN und BUNZ 2018). Ganz überwiegend ist aber davon auszugehen, dass sich die Erhaltung und Wiederherstellung von Natur positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken (ten BRINK et al. 2016; CLAßEN und BUNZ 2018; MARSELLE et al. 2021).

Natur als Gesundheitsressource sichern: Naturschutzziele konsequent umsetzen

303. Nur wenn die Natur effektiv geschützt wird, kann sie ihre positiven Gesundheitswirkungen dauerhaft entfalten. Auch zum Wohl der menschlichen Gesundheit sollte die Bundesregierung daher globale, europäische und nationale Vereinbarungen zum Schutz der Natur konsequent umsetzen. Mit dem Montreal-Kunming-Beschluss (CBD 2022), dem im Dezember 2022 alle 196 Vertragsstaaten des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt zugestimmt haben, wurde ein wichtiger globaler Rahmen zum Schutz der Biodiversität festgelegt. Auf EU-Ebene sind für den Biodiversitätsschutz insbesondere das EU-Naturschutzrecht und die EU-Biodiversitätsstrategie bis 2030 (Europäische Kommission 2020h) bedeutsam. Zudem verfügt Deutschland mit der Nationalen Biodiversitätsstrategie (BMU 2007), die bis 2024 weiterentwickelt und an die neuen internationalen Ziele angepasst wird, der Nationalen Moorschutzstrategie (BMUV 2022c) sowie dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (BMUV 2023a) über eigene ambitionierte Programme, um den Verlust der Biodiversität aufzuhalten. Um diesen Strategien und Zielen auf nationaler Ebene Geltung zu verschaffen, ist es unter anderem notwendig, dass die Bundesregierung sie ausreichend mit Finanzmitteln und personellen Ressourcen untersetzt.

304. Das EU-Naturschutzrecht ist ein wesentlicher Motor für den Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen in der gesamten EU. Die Bundesregierung sollte sich aus Sicht des SRU entschieden dafür einsetzen, dass es effektiv umgesetzt und vollzogen wird. Bestrebungen, Errungenschaften des Naturschutzes oder noch notwendige Ökologierungen im Zuge der Umsetzung des European Green Deal, der EU-Biodiversitätsstrategie oder der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) infrage zu

stellen, sollte die Bundesregierung entgegentreten. Dies gilt auch angesichts des Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine und der dadurch ausgelösten weltweiten Energie-, Düngemittel- und Lebensmittelkrise. Zudem ist angezeigt, einen wesentlichen Anteil der degradierten Ökosysteme in Europa zu renaturieren, wie es der Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Verordnung über die Wiederherstellung der Natur vorsieht (Europäische Kommission 2022i). Dies kann nur mit langfristigen und großflächig angelegten Renaturierungsmaßnahmen gelingen. Eine der dringendsten Aufgaben der Bundesregierung ist es nach Ansicht des SRU daher, gemeinsam mit den Bundesländern die rechtlichen, finanziellen und administrativen Rahmenbedingungen zur Wiederherstellung von Ökosystemen entsprechend zu gestalten. Hierzu gehört unter anderem, Flächen zur Verfügung zu stellen, getroffene Maßnahmen dauerhaft rechtlich abzusichern und Eingriffe in bestehende Nutzungsrechte finanziell auszugleichen, soweit nur auf diese Weise die Zumutbarkeit des Eingriffs gewährleistet werden kann.

305. Darüber hinaus sollte das europäische Schutzgebietsnetz ausgeweitet und für die Herausforderungen des Klimawandels ertüchtigt werden (VOHLAND et al. 2013; STAGL et al. 2015; SCHLEGELMILCH et al. 2018). Mögliche Anpassungsmaßnahmen sind beispielsweise eine moderate Vergrößerung der Gebiete, die Ausweitung einer nachhaltigen Landbewirtschaftung, die Verbesserung der Biotopvernetzung sowie eine höhere Ausstattung des Naturschutzes mit Finanzmitteln sowie deren effektivere Verwendung (MÖCKEL und KÖCK 2009). Verbessert sich dadurch der allgemeine Naturzustand, werden auch die Puffer- und Senkenfunktionen von Ökosystemen für Schadstoffe gestärkt, der Klimaschutz und die Klimaanpassung gefördert sowie Möglichkeiten für Naturerlebnisse dauerhaft gewährleistet.

306. Damit der Schutz der Gesundheitsressource Natur gelingt, ist es entscheidend, dass Fachpersonal beschäftigt sowie ausreichend und langfristig finanziert wird (SRU und WBW beim BMEL 2017). Finanzielle Ressourcen für einen effektiveren Naturschutz auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene könnten durch einen Abbau umweltschädigender Subventionen erschlossen werden, denn noch immer werden erhebliche öffentliche Gelder in Maßnahmen investiert, die sich negativ auf die Umwelt auswirken. Sie beliefen sich im Jahr 2018 insgesamt auf 65,4 Mrd. Euro (UBA 2021i, S. 98 ff.) und haben nicht nur negative Effekte auf die Artenvielfalt und die Landschaft, sondern auch

auf die menschliche Gesundheit. Ein Abbau oder eine ökologische und soziale Neuausrichtung dieser Zahlungen ist also dringend geboten.

Naturschutz und Gesundheit auch außerhalb des Umweltsektors effektiv zusammenbringen

307. Die positiven Gesundheitswirkungen der Natur sollten in allen relevanten Sektoren stärker berücksichtigt werden. Unter anderem besteht in der Stadt- und Landschaftsplanung, der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft sowie dem vorbeugenden Hochwasser- und Katastrophenschutz die Notwendigkeit, gemeinsame Handlungsfelder mit dem Natur- und Gesundheitsschutz zu identifizieren. Dies gilt insbesondere auch bei Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung (s. a. Kap. 7).

308. Auf EU-Ebene ist es für die Erhaltung der biologischen Vielfalt und ihres gesundheitsförderlichen Potenzials unerlässlich, die GAP stärker ökologisch auszurichten, wie der SRU bereits mehrfach herausgestellt hat (SRU 2013, Tz. 33 ff.; 2021, S. 2). Dies erfordert, den begonnenen Weg hin zu einer Honorierung von öffentlichen Klima- und Umweltleistungen fortzusetzen. Entsprechende Anpassungen sollten bereits während der laufenden GAP-Förderperiode erfolgen. Die Bundesregierung sollte hierfür die neu ermöglichten nationalen Spielräume für eine weitergehende Ökologisierung ausschöpfen. Die GAP sollte künftig auch genutzt werden, um die großflächige Renaturierung auf landwirtschaftlichen Flächen finanziell zu honorieren bzw. zu kompensieren.

309. Der Naturschutz und seine strategische Verknüpfung mit Gesundheitsbelangen müssen also sowohl in internationalen und europäischen Politiken als auch in Ressorts und Querschnittsbereichen auf nationaler Ebene stärker verankert werden (Kap. 8.1). Einige EU-Strategien oder -Ziele versprechen bereits hohe Synergien mit dem Naturschutz. Hierzu gehören beispielsweise der ZPAP (Kap. 6.1), einige Ziele der neuen EU-Waldstrategie für 2030 (Europäische Kommission 2021e) und das 50%-Pestizid-Reduktionsziel der Farm to Fork-Strategie („vom Hof auf den Tisch“) (Europäische Kommission 2020d). Die Bundesregierung sollte sich engagiert dafür einsetzen, dass diese Strategien umgesetzt werden und dadurch maßgeblich zur Erhaltung bzw. nachhaltigen Nutzung der Biodiversität beitragen.

310. Politische Entscheidungen, die die Natur schädigen, sollten hingegen nicht getroffen bzw. zurückge-

nommen werden. Beispielsweise ist im Zusammenhang mit der Energiewende zu befürchten, dass die Bioenergieziele des Maßnahmenpakets „Fit for 55“ (Europäische Kommission 2021d) großflächige Landnutzungsänderungen sowohl innerhalb der EU als auch global zur Folge haben. Da der Anbau von Bioenergiepflanzen mit der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln konkurriert, wird eine Umsetzung des Maßnahmenpakets mit hoher Wahrscheinlichkeit eine zusätzliche Beanspruchung von Agrarflächen im außereuropäischen Ausland für innereuropäischen Konsum auslösen und so auch die Entwaldung global weiter vorantreiben (ELCI 2022). Die dadurch entstehenden Treibhausgasemissionen haben das Potenzial, den Klimawandel weiter zu verstärken, mit entsprechend negativen Folgen für die menschliche Gesundheit. Aus Sicht des SRU ist daher die im Maßnahmenpaket „Fit for 55“ vorgenommene Einstufung von Biomasse als „kohlenstoffneutral“ nicht fachgerecht (SRU 2020, Abschn. 2.3.4).

311. Für eine stärkere Integration von Umwelt- und Gesundheitsthemen setzen auf nationaler Ebene das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG, Kap. 8.4) und der Masterplan Stadtnatur wichtige Impulse. Das APUG könnte eine Chance bieten, dass Synergien zwischen Gesundheit und Naturschutz in allen bis zu zwölf beteiligten Ressorts mehr Beachtung finden (Tz. 631). Der Masterplan Stadtnatur sieht unter anderem vor, Kooperationsmöglichkeiten zwischen Sozialversicherungsträgern, Ländern und Kommunen unter anderem auf Basis des Präventionsgesetzes zu prüfen, um den Nutzen der Stadtnatur für die Gesundheit zu erhöhen (BMU 2019, S. 11 f.). Dies erscheint allerdings als nicht ausreichend angesichts der umweltbezogenen und nicht-umweltbezogenen Gesundheitsbelastungen für die Stadtbevölkerung (s. Tz. 597).

312. Schließlich sind gute Aus-, Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Naturschutz sowie im Themenfeld „Natur als Gesundheitsressource“ nötig. Die Gesundheitswirkungen der Natur sollten nicht nur verstärkt in den Ausbildungscurricula von Mediziner:innen und Ökolog:innen verankert werden, sondern auch in jenen anderer relevanter Berufe (z. B. in der Ausbildung von Fachkräften für die Land- und Forstwirtschaft sowie von Berufsschullehrkräften, s. SRU und WBW beim BMEL 2017).

Naturerlebnisse fördern und eine gerechte Teilhabe ermöglichen

313. Viele positive Gesundheitswirkungen der Natur setzen das Erleben von Natur voraus. Der Kontakt mit ihr sollte daher in jedem Lebensalter noch intensiver als bisher gefördert werden. Dies erfordert eine Ausweitung von entsprechenden Bildungs-, Freizeit- und Erholungsangeboten, einschließlich der Schaffung und Gestaltung von Naturerfahrungsräumen. Besonders Kinder brauchen Naturerfahrungen für eine gute psychische, physische und soziale Entwicklung (MARTENS und MOLITOR 2020).

314. Damit Naturerlebnisse potenziell allen zugutekommen, sind wohnortnahe Grünräume und Gewässer in allen Stadtquartieren in ausreichender Menge und Qualität erforderlich (SRU 2018, Abschn. 4.1.4; s. a. Kap. 7.2). Im Masterplan Stadtnatur (BMU 2019) sind diese Ansprüche verankert, es bedarf aber einer entsprechenden Stadt- und Verkehrsplanung, die dort formulierte Ziele auch konsequent verfolgt.

315. Die Pflege und Gestaltung von Naturräumen sollte biodiversitäts- und gesundheitsförderlich erfolgen, beispielsweise ohne Pestizideinsatz oder durch die Pflanzung heimischer, aber allergologisch unbedenklicher Arten. Der Besucherdruck auf biologisch wertvolle Ökosysteme sollte überwacht und gegebenenfalls gesteuert werden. Großflächige naturnahe Gebiete, zu denen beispielsweise auch die Großschutzgebiete Deutschlands gehören, sowie vielfältige Kulturlandschaften sind von überregionaler Bedeutung für das Naturerleben (BTE Tourismus- und Regionalberatung 2016; JOB et al. 2016).

5

Leitbild Ökosalute Politik: Für eine Umwelt, in der alle gut und gesund leben können

Die Umweltverhältnisse beeinflussen die menschliche Gesundheit auf vielfältige Weise. Ein zentrales Element gesundheitsbezogener Umweltpolitik ist daher, das Verhältnis von Umwelt, Gesundheit und Gesellschaft mitzugestalten. Diese Aufgabe ist nicht neu, in Anbetracht der sich zuspitzenden ökologischen Krisen ist sie jedoch drängender denn je. Gesundheitsbezogene Umweltpolitik benötigt einen konzeptionellen Orientierungsrahmen, um den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts gerecht zu werden. Integrierte Gesundheitskonzepte, wie die in diesem Kapitel erläuterten Konzepte One Health, EcoHealth und Planetary Health, können dabei hilfreich sein, betonen jedoch stets nur bestimmte Aspekte. Um die unterschiedlichen Perspektiven zusammenzuführen, schlägt der SRU das *Leitbild Ökosalute Politik* als Orientierungsrahmen vor. Es zielt darauf ab, eine Umwelt zu schaffen, in der alle gut und gesund leben können.

316. Bereits 1986 skizzierte die WHO im Rahmen der Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung „die enge Bindung zwischen Mensch und Umwelt“ als Grundlage „für einen sozial-ökologischen Weg zur Gesundheit“ (WHO 1986). Gesundheitsförderung meint dabei auch, die Gesundheitsrisiken, die von ökologischen Veränderungen ausgehen, zu identifizieren und ihnen dadurch zu begegnen, dass natürliche Ressourcen erhalten werden (MALSCH 2021). Das Umweltverständnis der Ottawa-Charta knüpft damit an die Vorüberlegungen zur nachhaltigen Entwicklung an.

317. Die gesundheitsbezogene Umweltpolitik blickt zurück auf eine lange Tradition verschiedener Konzepte, die das Verhältnis von Umwelt, Gesundheit und Gesellschaft einordnen. Das *Leitbild Ökosalute Politik* bündelt die Stärken dieser unterschiedlichen Perspektiven und bietet der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik einen neuen Orientierungsrahmen (Kap. 5.1). Der Begriff „ökosalut“ ist eine Neuschöpfung und setzt sich zusammen aus dem altgriechischen „oikos“ (dt. „Haus“), wie in „Ökologie“, und dem lateinischen „salus“ (dt. „Gesundheit“).

318. Um diesen Orientierungsrahmen für die politische Praxis zu konkretisieren, werden Prinzipien herangezogen, die bereits seit vielen Jahren aus den Bereichen der Gesundheits-, der Sozial- oder der Umweltpolitik bekannt sind (Kap. 5.2). Prävention, Gesundheitsförderung, Gerechtigkeit, Kostenübernahme durch den Verursacher, Vorsorge sowie Systemdenken und Integration sind wesentliche Prinzipien des *Leitbildes Ökosalute Politik*. Zu den bestehenden Instrumenten gesundheitsbezogener Umweltpolitik gehören Monitoring und Surveillance, die Festlegung von Umweltstandards durch Grenzwerte sowie die Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung. Diese Instrumente sind für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz zentral und seit Jahrzehnten etabliert. Sie unter dem *Leitbild Ökosalute Politik* kritisch zu würdigen und weiterzuentwickeln (Kap. 5.3), stärkt die gesundheitsbezogene Umweltpolitik und fördert so Gesundheit und Lebensqualität aller Menschen.

5.1 Ein Orientierungsrahmen für die gesundheitsbezogene Umweltpolitik

319. Im Unterschied zu Gesundheitsrisiken wie etwa dem Tabak- oder Alkoholkonsum hat das Individuum auf umweltbedingte Gesundheitsrisiken und -chancen nur wenig Einfluss. Die Aufgabe, umweltbedingte Gesundheitsbelastungen zu verringern und umweltbedingte Gesundheitsförderung zu betreiben, kann deshalb nicht dem Individuum überlassen werden. Es handelt sich im Wesentlichen um eine Aufgabe der Politik.

320. Für die nur sehr begrenzten individuellen Einflussmöglichkeiten gibt es verschiedene Gründe. Zunächst können Individuen ihre Umweltposition (Tz. 36–43) nur in begrenztem Ausmaß beeinflussen. Sie können sich gesundheitsschädlichen Umweltfaktoren tendenziell nur schwer entziehen. Das gilt insbesondere für Menschen mit geringen Ressourcen und geringen gesellschaftlichen Privilegien, die es sich etwa nicht leisten können, in Stadtteile mit weniger belasteter Luft zu ziehen (Tz. 50–59). Zugleich sind Individuen in aller Regel auch nicht dazu in der Lage, die Umweltbedingungen, in denen sie leben, selbstständig gesünder zu gestalten. Die Bewohner:innen einer Stadt können als Individuen und ohne staatliche Unterstützung weder die Feinstaubbelastung vor Ort senken noch den Klimawandel und damit die Häufigkeit und Schwere von Hitzewellen maßgeblich beeinflussen noch Parks anlegen oder Straßenbäume pflanzen. Zu guter Letzt können Individuen auch nur teilweise beeinflussen, wie anfällig sie gegenüber bestimmten Umwelteinflüssen sind (Tz. 44–48). Dieselben umweltbedingten Gesundheitsbelastungen wirken sich bei alten Menschen, Schwangeren, Kindern, Vorerkrankten sowie sozial Benachteiligten oftmals schwerer aus als im Mittel der Gesamtbevölkerung.

321. In globaler Perspektive wird die ungleiche Verteilung der Belastungen, der Gestaltungsmöglichkeiten und der Anpassungsressourcen noch einmal deutlicher: Menschen, die im Globalen Süden leben, sind von den Gesundheitsrisiken planetarer Umweltschäden in der Regel stärker betroffen als diejenigen im Globalen Norden (ECKSTEIN et al. 2021; BUTLER und HANIGAN 2019). Sie können tendenziell schlecht verhüten, dass der Globale Norden diese Schäden anrichtet, und haben häufig geringere Möglichkeiten, sich vor ihnen zu schützen (GEORGESON et al. 2016).

Gesundheitsbezogener Umweltschutz zu Zeiten der Aufklärung und Industrialisierung

322. Gesundheit wird nicht nur durch die Gesundheitspolitik, sondern auch durch andere Politikbereiche, insbesondere durch die Umweltpolitik, beeinflusst. Die Einsicht, dass Umwelt und Gesundheit eng miteinander verbunden sind, musste sich erst mit der Zeit entwickeln. Diese historischen Entwicklungen nachzuvollziehen, bedeutet, ihre Ursprünge anzuerkennen und zu würdigen. Ein tieferes Verständnis der Geschichte ermöglicht zudem, Treiber und Hemmnisse der heutigen gesundheitsbezogenen Umweltpolitik zu identifizieren und zu verorten.

323. Erst in jüngerer Zeit hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass der umweltbezogene Gesundheitsschutz eine politische Aufgabe ist. Zuvor waren es lediglich einzelne Pioniere, die darauf hinwiesen, dass die Umwelt die menschliche Gesundheit prägt. Der italienische Arzt und Epidemiologe Giovanni Maria Lancisi (1654–1720) wies im 18. Jahrhundert auf die Rolle der Umwelt bei der Krankheitsübertragung zwischen Tieren und Menschen hin (ANONYM 1964). Christian Rickmann (1741–1772) forderte im Jahr 1771 eine „vollständige medicinische Policey“ (PIEPER 2003). Diese neue Disziplin sollte wirksame Konzepte entwickeln, um die öffentliche Gesundheit positiv zu beeinflussen (ebd.). Damit hatte Rickmann das Programm formuliert, welches Johann Peter Frank (1745–1821) als Wegbereiter der Sozialmedizin in seinem Hauptwerk „System einer vollständigen medicinischen Polizey“ aufnahm. In Band 3 dieses Werkes formulierte FRANK (1787) unter anderem, wie wichtig die Wohnverhältnisse und sanitären Umweltbedingungen für die Krankheitsprävention seien. Indem er den allgemeinen Gesundheitszustand der Bevölkerung zum Politikum machte, legte er den Grundstein für die öffentliche Gesundheit (EXNER 2013; PIEPER 2003).

324. Im 19. Jahrhundert postulierte der britische Ingenieur und Wegbereiter der Stadthygiene Edwin Chadwick (1800–1890), dass die physischen Umweltbedingungen und die sanitären Infrastrukturen eine zentrale Einflussgröße für die Gesundheit der Arbeiterklasse darstellen (FEE und BROWN 2005). Weil sauberes Trinkwasser, Kanalisations- und Abwassersysteme sowie Abfallentsorgung fehlten, waren die Menschen schweren Gesundheitsbelastungen ausgesetzt (CHADWICK 1965). Das Königreich Preußen erkannte die gesundheitlichen Risiken industrieller Immissionsbelastungen. Die preußische Regierung integrierte daher im Jahr 1845 eine Immissionsschutzregelung in eine

ihrer Gewerbeordnungen und erließ 1895 die erste „Technische Anleitung Luft“ zur Verminderung von Luftschadstoffen (KLOEPFER et al. 1994).

325. Neben diesen risikoorientierten Ansätzen gab es, obwohl damals noch nicht explizit benannt, bereits erste Ideen, die umweltbezogene Gesundheitsressourcen stärken sollten. Der amerikanische Landschaftsarchitekt Frederick Law Olmsted (1822–1903) erkannte, dass sich Menschen in Parks treffen, dort erholen und frische Luft atmen könnten (FISHER 2010). Parks sollten allen Menschen unabhängig von ihrem sozialen Status zugänglich sein. Nach diesen Idealen plante Olmsted gemeinsam mit Calvert Vaux (1824–1895) zum Beispiel den Central Park oder den Prospect Park in New York City (ROSENZWEIG und BLACKMAR 1992).

326. Zu jener Zeit spielten Infektionskrankheiten eine entscheidende Rolle in Europa. Zu den Erregern dieser Infektionskrankheiten zählten auch solche, die zwischen Tieren und Menschen übertragen werden. Für diese Art der Infektionskrankheiten prägte der deutsche Arzt und Pathologe Rudolf Virchow (1821–1902) den Begriff der „Zoonosen“ (Tz. 266). Virchow, der Wegbereiter der Sozialmedizin, wird darüber hinaus auch mit dem Konzept der One Medicine in Verbindung gebracht. One Medicine besagt, dass die Human- und die Veterinärmedizin miteinander verknüpft und voneinander abhängig sind (KING 2021, S. 650). Virchow warnte bereits Mitte des 19. Jahrhunderts davor, die Human- und Tiermedizin getrennt voneinander zu betrachten (HILLCAWTHORNE 2019). Zu jener Zeit nahm das Fachwissen stark zu und es bildete sich ein disziplinspezifisches Silodenken in Forschung, Politik und Praxis heraus (AGUIRRE et al. 2019; MANLOVE et al. 2016; ZINSSTAG et al. 2012).

327. One Medicine wurde von Virchows Schüler, dem kanadischen Arzt und Pathologen Sir William Osler (1849–1919), weitergeführt (DUKES 2000, S. 231) und später von Calvin Schwabe (1927–2006) erneut aufgegriffen. SCHWABE (1984) schlug eine Brücke zwischen der humanen Gesundheit und der Tiergesundheit (s. a. MANTOVANI 2008), insbesondere mit Blick auf zoonotische Erkrankungen (KAHN et al. 2008). Unberücksichtigt bleiben bei diesem primär klinisch orientierten Ansatz jedoch ökologische und soziale Prozesse außerhalb der Gesundheitsversorgung, die die Gesundheit von Menschen und Tieren entscheidend mitbestimmen (ZINSSTAG et al. 2011).

Die Anfänge der heutigen gesundheitsbezogenen Umweltpolitik in Deutschland

328. Nicht nur an der Schnittstelle zwischen menschlicher Gesundheit und Tiergesundheit mussten sich Wissen und politischer Wille erst herausbilden, dies galt auch für den Bereich des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes. Bis in die 1950er-Jahre fand dieser in Deutschland kaum politische Beachtung. Gesundheitsbezogene Umweltprobleme, wie die Verschmutzung der Luft und der Gewässer, wurden jedoch immer deutlicher. Die Politik reagierte darauf mit Regelungen zum Schutz der Umwelt. Nennenswert ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zum Trinkwasserschutz, welches im Jahr 1960 in Kraft trat.

329. Obwohl sich die wissenschaftliche Evidenz zu gesundheitlichen Risiken von Pestiziden und anderen Schadstoffen verdichtete (CARSON 1962), blieb das Umweltbewusstsein in Politik und Gesellschaft auch bis in die späten 1960er-Jahre nur schwach ausgeprägt (HUBER 2011, S. 83).

330. In den 1970er-Jahren begann in Deutschland ein gesellschaftliches Umdenken (HUBER 2011). Dieses manifestierte sich in einer politischen Kehrtwende weg von eher technischen Maßnahmen (z. B. „Politik der hohen Schornsteine“, s. SCHULZ-WALDEN 2013) hin zu einem flächendeckenden Umweltrecht (SCHLACKE 2021). So verabschiedete die sozial-liberale Regierungskoalition unter Bundeskanzler Willy Brandt und Innenminister Hans-Dietrich Genscher im Jahr 1970 zunächst das Sofortprogramm für den Umweltschutz und ein Jahr später das erste Umweltprogramm (Deutscher Bundestag 1971). Damit legte sie den Grundstein für eine Reihe gesundheitsbezogener Umweltgesetze. Dazu zählen etwa das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) von 1974 oder das Chemikaliengesetz (ChemG) aus dem Jahr 1980.

331. Die gesundheitsbezogene Umweltpolitik dieser Zeit war sich der planetaren Dimension der Umweltprobleme zwar bewusst (z. B. Lebensmittelbelastung durch Biozide weltweit, s. Deutscher Bundestag 1971), richtete ihren Fokus aber auf lokale Umwelt- und Gesundheitsprobleme (z. B. Luft- und Lärmschutz). Dass der Schutz eines Moores oder eines Waldes dank der vielseitigen Ökosystemleistungen auch eine Gesundheitsressource sein kann (Kap. 4.1), blieb damals weitestgehend unbeachtet. Die gesundheitsbezogene Umweltpolitik im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts war im Wesentlichen auf die Erhaltung und Wiederherstellung der lokalen Umweltmedien (Gewässerschutz, Luftreinhal-

tung, Bodenschutz, Lärmschutz) ausgerichtet (zum Begriff der lokalen Umwelt s. Kasten 2-1). Sie hat dabei große Erfolge errungen. Seit 1990 sind beispielsweise Luftschadstoffe wie SO₂, Gesamtstaub (total suspended particles – TSP), Kohlenstoffmonoxid (CO) oder flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) um mehr als 70 % zurückgegangen (UBA 2022h).

332. In den 1980er-Jahren gewann die gesundheitsbezogene Umweltpolitik auf internationaler und europäischer Ebene an Bedeutung. Aus der Erkenntnis, dass ein intakter Zustand des Planeten Grundvoraussetzung für Gesundheit und Leben ist, entstanden die Wachstumskritik (MEADOWS 1972) und das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung (WCED 1987). Völkerrechtlich wurden daher etwa das Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht (1985) sowie das Montreal-Protokoll (1987) beschlossen. Diese Abkommen haben entscheidend dazu beigetragen, die planetare Ozonschicht zu schützen (CHIPPERFIELD et al. 2015). Dadurch wurde die lokale UV-Strahlung, die die Erdoberfläche erreicht, verringert und damit die UV-bedingte Krankheitslast reduziert (ebd.). Ein weiterer wichtiger Schritt der umweltbezogenen Gesundheitspolitik war das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), welches im Jahr 1990 zur Umsetzung der UVP-Richtlinie 85/337/EWG in Kraft trat (Abschn. 5.3.3).

333. In zahlreichen Abkommen bekannte sich die Weltgemeinschaft dazu, sich den planetaren Umwelt- und Gesundheitsproblemen gemeinsam zu stellen. Zu den wichtigsten Abkommen zählen beispielsweise die Biodiversitätskonvention und die Klimarahmenkonvention. Die UN-Mitgliedstaaten unterzeichneten diese beiden Konventionen auf der Rio-Konferenz im Jahr 1992 (UN 1992a; 1992b). Bei dieser Konferenz etablierten die UN-Mitgliedstaaten mit ihrem Aktionsprogramm Agenda 21 auch die Leitlinien einer nachhaltigen Entwicklung (UN CED 1992). Mit dem Protokoll von Kyoto (UNFCCC 1997), dem Klimaabkommen von Paris (UN 2015a) und schließlich der Agenda 2030 (UN 2015b) bekannte sich die Weltgemeinschaft zu verbindlichen Klimaschutz- und Nachhaltigkeitszielen (Kasten 5-1).

One Health, EcoHealth und Planetary Health: Ganzheitliche Gesundheitskonzepte im Vergleich

334. Ganzheitliche Gesundheitskonzepte setzen die menschliche Gesundheit in Bezug zu ihrer Umwelt und den anderen Lebewesen auf diesem Planeten. One Health, EcoHealth und Planetary Health zählen zu den

Kasten 5-1 Umwelt und Gesundheit in der Agenda 2030 und den globalen Nachhaltigkeitszielen

Die Agenda 2030 zielt darauf ab, die Strategie der Agenda 21 für nachhaltige Entwicklung fortzuführen und weiterzuentwickeln. Dafür unterlegt die Agenda 2030 die Nachhaltigkeitsstrategie mit 17 globalen Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals – SDGs). Das dritte Ziel ist „ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters [zu] gewährleisten und ihr Wohlergehen [zu] fördern“ (SDG 3). Daran anknüpfend hat die Staatengemeinschaft eine Reihe von Unterzielen und Indikatoren definiert. So soll unter anderem die Anzahl der Verkehrstoten bis 2020 halbiert und die Anzahl chemikalien- und verschmutzungsbedingter Todesfälle und Erkrankungen bis 2030 erheblich verringert werden.

Die Nachhaltigkeitsziele sind nicht isoliert voneinander zu betrachten, denn zwischen ihnen besteht eine Vielzahl von Wechselwirkungen. Einige Ziele können sich gegenseitig verstärken (Synergien), andere im Widerspruch zueinander stehen (Trade-Offs). SDG 3 „Gesundheit und Wohlbefinden“ ist eines der Nachhaltigkeitsziele mit ausgeprägten Interaktionen (HOWDEN-CHAPMAN et al. 2017) und einem hohen Synergiepotenzial (PRADHAN et al. 2017). Synergien entwickelt dieses SDG insbesondere mit den SDGs „Weniger Ungleichheiten“ (SDG 10), „Keine Armut“ (SDG 1) und „Geschlechtergleichheit“ (SDG 5). Dies verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen sozialer und gesundheitlicher Chancengleichheit (Abschn. 2.2.3).

wichtigsten ganzheitlichen Gesundheitskonzepten in Politik und Wissenschaft. Diese werden nachfolgend vorgestellt und miteinander ins Verhältnis gesetzt, um die jeweiligen Stärken und Schwächen herauszuarbeiten.

335. One Health ist ein integrierter, vereinigender Ansatz, der darauf abzielt, die Gesundheit von Menschen, Tieren und Ökosystemen nachhaltig in Einklang zu bringen und zu verbessern (OHHLEP 2022, S. 2; MWANGI et al. 2016). Seinen Ursprung hat das One Health-Konzept in dem kurativ ausgerichteten One Medicine-Konzept (ZINSSTAG et al. 2011; s. Tz. 326). Unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeit von menschlicher Gesundheit, Tiergesundheit und der

„Gesundheit“ der Ökosysteme ergibt sich eine übergreifende Betrachtung (SHAIKH 2018; MWANGI et al. 2016). Ökonomische, soziale und politische Systeme beeinflussen den Zustand der Ökosysteme und die Gesundheit der Lebewesen (SUBRAMANIAN und PAYYAPPALLIMANA 2020). In der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik ist One Health national wie international etabliert. Zuletzt haben sich etwa einige UN-Organisationen zum One Health-Konzept bekannt. Um Synergien zu bündeln, haben die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization – WHO), die Weltorganisation für Tiergesundheit (World Organisation for Animal Health – WOAH), die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) sowie das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme – UNEP) einen gemeinsamen One Health-Aktionsplan (2022–2026) aufgestellt (FAO 2022).

336. EcoHealth versucht zu verstehen, wie soziale, wirtschaftliche und ökologische Faktoren und ihre Wechselwirkungen die „Gesundheit“ von Ökosystemen beeinflussen (MI et al. 2016). EcoHealth zählt zu den Ökosystemansätzen, die den One Health-Ansatz um das Prinzip der Nachhaltigkeit ergänzen (DOYLE et al. 2020b; WALTNER-TOEWS 2009). Nur wenn die Gesundheit der Menschen und Tiere sowie der Zustand der Ökosysteme gleichermaßen berücksichtigt werden, kann eine nachhaltige Entwicklung gelingen (ZINSSTAG et al. 2011). Alle Spezies, inklusive der Menschen, sind auf funktionierende Ökosysteme angewiesen (LEBEL 2003). Die Analogie zwischen der Gesundheit der Menschen und der „Gesundheit“ der Ökosysteme wurde erstmals durch den Begriff Ecosystem Medicine geprägt (RAPPORT et al. 1979). Aus den Überlegungen der Ecosystem Medicine entstand zunächst Ecosystem Health (ebd.; SCHAEFFER et al. 1988) und später EcoHealth (CHARRON 2012).

337. Genau wie bei One Health, handelt es sich auch bei EcoHealth um einen systemischen und transdisziplinären Ansatz (AGUIRRE et al. 2019). EcoHealth betont die engen Zusammenhänge zwischen Ökosystemfunktionalität, menschlicher Gesundheit und sozialen Veränderungen (CBD 2017; MI et al. 2016, S. 12). Die Einbindung und Partizipation betroffener Menschen ist ein weiterer wichtiger Baustein des EcoHealth-Konzepts (CHARRON 2012). Die Politik soll frühzeitig mit den von Umweltzerstörung betroffenen Bevölkerungsgruppen in den Austausch treten und gemeinsame Lösungen erarbeiten (HILL-CAWTHORNE 2019).

338. EcoHealth und One Health ähneln sich stark (HARRISON et al. 2019; LERNER und BERG 2017; ROGER et al. 2016; ZINSSTAG 2013; ZINSSTAG et al. 2012). Beide Ansätze haben ihre Stärken und Schwächen und können voneinander profitieren (ZINSSTAG et al. 2012). Beispielsweise könnte sich der EcoHealth-Ansatz die Erkenntnisse zunutze machen, die aus der langen Tradition der Tiergesundheit im Bereich des One Health-Ansatzes erwachsen sind. Da One Health vor allem aus der Human- und Veterinärmedizin hervorging, zeigt sich auch heute noch ein starker biomedizinischer Fokus, insbesondere auf Zoonosen, Antibiotikaresistenzen und Lebensmittelsicherheit (ROGER et al. 2016). Andererseits bleibt im One Health-Konzept die Rolle der ökologisch-biologischen Umwelt unterrepräsentiert (HARRISON et al. 2019), auch wenn sich der Anwendungsbereich des Konzeptes kontinuierlich weitert (VROEGINDEWEY 2017). Dasselbe gilt für sozialwissenschaftliche Elemente (LAPINSKI et al. 2015). Mit Blick auf die Ökologie und die sozialwissenschaftliche Perspektive zeigt das EcoHealth-Konzept seine Stärken: Im Kern ebneten Erkenntnisse aus Ökologie, Anthropologie, Soziologie und Humanökologie den Pfad zu einer sozioökologischen Betrachtung der Gesundheitsdimensionen von Menschen und Ökosystemen sowie der Integration sozialer Belange von den Betroffenen. Daraus ergibt sich ein breiteres Verständnis von Gesundheit und Wohlbefinden (ZINSSTAG et al. 2012).

339. Planetary Health hat das Ziel, den maximal erreichbaren Standard an Gesundheit, Wohlbefinden und Gerechtigkeit weltweit innerhalb der planetaren Grenzen zu erreichen (WHITMEE et al. 2015). Dafür müssen menschlich geprägte Systeme wie Politik, Wirtschaft und Gesellschaft genau wie die natürlichen Systeme der Erde berücksichtigt werden (ebd.). Planetary Health entstand Mitte der 2010er-Jahre in der Public Health-Wissenschaft. Es basiert auf der Erkenntnis, dass die atemberaubende Geschwindigkeit der Prozesse von Naturverbrauch und -belastung die Erde an ihre Belastungsgrenzen bringt (ROCKSTRÖM et al. 2009) und somit Gesundheit und Lebensqualität überall gefährdet (HORTON et al. 2014). Folgt die gesundheitsbezogene Umweltpolitik in Deutschland diesem Konzept, so schützt und fördert sich nicht nur die Gesundheit der Menschen vor Ort, sondern auch der Menschen in Ländern, welche von den planetaren Auswirkungen ökologischer Krisen in besonderem Maße betroffen sind. Planetary Health betont also, wie wichtig planetare Umweltprozesse für die Gesundheit sind. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass auch Maßnahmen, die

dem planetaren Umweltschutz dienen, einen starken Gesundheitsbezug haben.

340. Gegenüber One Health zeichnet sich Planetary Health konzeptionell dadurch aus, dass es auch die Gesundheit künftiger Generationen berücksichtigt (WHITMEE et al. 2015). So fordert Planetary Health einen schonenden Umgang mit den zur Verfügung stehenden natürlichen Ressourcen. Eine intakte Umwelt ist die Grundlage aller gesellschaftlichen und ökonomischen Aktivitäten (s. a. Leitbild der ökologischen Nachhaltigkeit in SRU 2019a). Planetary Health richtet seinen Blick nicht nur auf intergenerationelle, sondern auch auf intragenerationelle Gerechtigkeit, das heißt auf Gerechtigkeit innerhalb einer Generation. Einerseits möchte Planetary Health gesundheitliche Chancenungleichheiten reduzieren, die auf Einkommen, Bildung, Geschlecht oder Wohnort zurückzuführen sind (HORTON et al. 2014). Andererseits spielen auch Aspekte internationaler Gerechtigkeit eine wichtige Rolle. Während Industriestaaten den Planeten aktuell und historisch in besonderem Maße beanspruchen, fällt der Ressourcen- und Energieverbrauch in den Staaten des Globalen Südens deutlich geringer aus (HICKEL 2020). Zudem sind die ökologischen, sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen der Umweltübernutzung im Globalen Süden dramatischer (BUTLER und HANIGAN 2019). Ziel sowohl von One Health als auch von Planetary Health ist es, der Belastung natürlicher Ressourcen und den damit einhergehenden Gesundheitsproblemen Rechnung zu tragen (PATTANAYAK et al. 2017).

341. Das Planetary Health-Konzept legt einen besonderen Fokus auf die Gesundheitswirkungen planetarer Umweltprozesse wie Klimawandel und weltweites Artensterben. Es stellt damit eine wichtige Ergänzung der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik der 1960er- bis 1980er-Jahre dar, die vor allem die Gesundheitswirkungen der lokalen Umwelt in den Blick nahm (Tz. 331). Eine auf lokale Probleme ausgerichtete Umweltpolitik lässt sich durch eine am Planetary Health-Konzept orientierte Politik allerdings nicht ersetzen. Auch weiterhin existieren Gesundheitsrisiken, die allein auf einer Veränderung der lokalen Umwelten beruhen, wie etwa die Immissionen von Feinstaub oder der Nitrateintrag in das Grundwasser. Darüber hinaus können globale umweltbedingte Gesundheitsrisiken verstärkt oder abgeschwächt werden, je nachdem, in welchem Zustand die lokale Umwelt ist. So können Grünräume in Städten den Effekt der globalen Erderhitzung auf das lokale Mikroklima dämpfen, während versiegelte Flächen ihn befeuern (Tz. 230).

342. One Health, EcoHealth und Planetary Health machen deutlich, dass der Schutz der Gesundheit vor Umweltrisiken wie Feinstaub, Antibiotikaresistenzen, PFAS oder Hitze nicht einzig durch die gesundheitsbezogene Umweltpolitik erfolgen kann (Kap. 3). Vielmehr liegt die Verantwortung auch in weiteren Ressorts wie Bildung, Wohnen, Verkehr oder Landwirtschaft (WHO 1986; WHO – Regional Office for Europe 1978). Es braucht eine gesundheitsfördernde Gesamtpolitik (GEENE et al. 2022). Das bedeutet, dass die vielfältigen Determinanten, welche Gesundheit und Lebensqualität beeinflussen (Tz. 18), in allen Politikbereichen berücksichtigt werden müssen (Health in All Policies – HiAP; nähere Informationen zur Konzeption und Umsetzung von HiAP s. Tz. 603–605).

343. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Ideengeschichte gesundheitsbezogener Umweltpolitik (Tz. 322–342; s. a. WBGU 2023, Kap. 3.3) eine Geschichte der Perspektivenerweiterung ist. Neue Konzepte lenken den Blick auf das, was die bisherigen Konzepte übersehen hatten. Das Verhältnis von Umwelt und Gesundheit, inklusive seiner politischen Gestaltungserfordernisse, wird wissenschaftlich untersucht. Im Kern geht es dabei um die Fragen, wie der Mensch körperlich – das heißt, als nicht nur „geistiges“, sondern auch „leibliches“ Wesen – mit der Welt um sich herum zusammenhängt und wie er sich folglich dieser Welt gegenüber verhalten sollte. Vor diesem Hintergrund lässt sich die Ideengeschichte gesundheitsbezogener Umweltpolitik als Teil des facettenreichen Projektes einer Aufklärung über das Mensch-Natur-Verhältnis verstehen. Hierzu zählen etwa Themen wie das Verhältnis des Menschen zu nicht-menschlichen Lebewesen, die materiellen Grundlagen zivilisatorischer Gesellschaften, Eigenrechte der Natur, die Merkmale ökologischer Staatlichkeit oder umweltethische Fragestellungen. Auch das Thema Umwelt und Gesundheit gehört – in seinen geistes- und sozialwissenschaftlichen Aspekten – in diese Kategorie.

Ökosalute Politik: Die Stärken der bisherigen Konzepte in einem neuen Leitbild zusammenführen

344. Die gesundheitsbezogene Umweltpolitik hat im Laufe ihrer Geschichte eine Vielzahl von Konzepten, Leitbildern und Idealen hervorgebracht, die teils explizit formuliert wurden und teils dem politischen Handeln implizit zugrunde lagen (Tz. 322–343). Sie transportieren wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang von Umwelt, Gesundheit und Gesellschaft. Es bietet sich deshalb an, sie in einem übergreifenden Orientierungsrahmen miteinander zu verknüpfen. Dazu hat der SRU

ein neues Leitbild, das *Leitbild Ökosalute Politik*, formuliert, das ein Kernelement des vorliegenden Gutachtens darstellt (vgl. auch die konzeptionellen Überlegungen in WBGU 2023, Kap. 3). Das Wort „ökosalut“ ist abgeleitet vom altgriechischen „oikos“ (dt. „Haus“), wie in „Ökologie“, und vom lateinischen „salus“ (dt. „Gesundheit“).

345. Entsprechend dieses Leitbildes zielt ökosalute Politik darauf ab, eine Umwelt zu erhalten oder zu schaffen, in der alle gut und gesund leben können. Aufbauend auf den Kapiteln 2, 4 und 5 umfasst das *Leitbild Ökosalute Politik* im Einzelnen folgende Grundsätze:

- *Umweltschutz ist eine Voraussetzung für Gesundheit und Freiheit:* Um sein Leben in Freiheit und Würde führen zu können, bedarf der Mensch nicht nur einer freiheitlichen, demokratischen und sozial gerechten Gesellschaft, sondern auch einer Umwelt, die seine Gesundheit bestmöglich unterstützt. Der Zugang zu einer sauberen, gesunden und nachhaltigen Umwelt ist als universelles Menschenrecht anerkannt. Gesundheitsbezogene Umweltpolitik in Deutschland sollte sich dafür einsetzen, dass für alle Menschen in der Bundesrepublik, in Europa und weltweit sowie für die zukünftigen Generationen dieses Recht Wirklichkeit wird.
- *Schutz der lokalen und der planetaren Umwelt:* Die Gesundheit des Menschen wird durch die Umweltbedingungen beeinflusst, mit denen er in unmittelbarem Austausch steht. Gesundheitsbezogene Umweltpolitik beginnt deshalb beim Schutz der Umwelt vor Ort. Da diese lokale Umwelt jedoch auch von Umweltveränderungen auf planetarer Ebene beeinflusst wird, muss gesundheitsbezogene Umweltpolitik ebenso dafür Sorge tragen, dass die planetaren Belastungsgrenzen eingehalten werden.
- *Umwelt als Risiko und Chance für die Gesundheit:* Umweltbezogene Krankheitsprävention basiert auf dem Gedanken, dass Gesundheit vor schädlichen Umwelteinflüssen geschützt werden muss. Zusätzlich müssen jedoch auch die positiven Einflüsse der natürlichen und baulichen Umwelt gestärkt werden. Umweltbezogene Krankheitsprävention und umweltbezogene Gesundheitsförderung ergänzen einander.
- *Gesundheitsressource Natur:* Der Mensch ist verbunden mit anderen Organismen (z. B. Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen) und den Ökosystemen, in denen und durch die er lebt. Deren Erhalt ist ent-

scheidend, um die menschliche Gesundheit zu schützen und zu fördern.

- *Gesundheitsbezogene Umweltpolitik für alle:* Der Zustand der Umwelt hat Auswirkungen auf die gesundheitliche Chancengleichheit. Menschen sind unterschiedlich anfällig für schädliche Umwelteinflüsse. Außerdem beeinflussen die sozioökonomischen Ressourcen und Privilegien einer Person, inwieweit sie sich vor schädlichen Umwelteinflüssen schützen und mit deren Folgen umgehen kann. Ziel der gesundheitsbezogenen Umweltpolitik sollte es daher sein, für alle Menschen möglichst sichere und gesundheitsfördernde Lebensbedingungen zu schaffen.
- *Gesundheitsbezogene Umweltpolitik mit allen:* Gesundheitsbezogener Umweltschutz ist Aufgabe von Staat und Politik. Dabei liegen die Hebel, um die Umwelt gesünder zu machen, oftmals außerhalb des Umweltressorts. Gesundheitsbezogener Umweltschutz muss deshalb ein zentrales Anliegen aller Politikbereiche und -ebenen sein. Die Politik sollte in sämtlichen Sektoren geeignete Rahmenbedingungen für ein umwelt- und gesundheitsgerechtes Leben und Wirtschaften setzen. Dabei lässt sich nur gemeinsam mit der Zivilgesellschaft eine gesunde Umwelt für alle erreichen.

5.2 Prinzipien einer ökosaluten Politik

346. Ökosalute Politik zielt darauf ab, eine Umwelt zu schaffen, in der alle Menschen gut und gesund leben können. Um dieses Ziel zu erreichen, sind einige der aus der Umweltpolitik, der Gesundheitspolitik, aber auch der Sozialpolitik bekannten Handlungsprinzipien besonders wichtig. Durch die Anwendung auf den umweltbezogenen Gesundheitsschutz erhalten sie eine spezifische Bedeutung.

Umweltbezogene Krankheitsprävention

347. Umweltbezogene oder auch ökologische Krankheitsprävention bezeichnet „alle präventiven Ansätze [...], die – durch Modifikation von Individualverhalten oder Lebensverhältnissen – dazu beitragen, Gesundheitsrisiken aus der physischen Umwelt zu mindern oder zu beseitigen“ (FEHR et al. 2005, S. 18). Umweltbezogene Krankheitsprävention verbindet Verhältnis- und Verhaltensprävention. Das heißt, dass Maßnahmen entweder die Verhältnisse oder das individuelle Verhalten

ändern sollen. Umweltbezogene Verhältnisprävention findet beispielsweise statt, wenn Mobilität in der Stadt emissionsarm gestaltet wird, um die Gesundheitsrisiken von Lärm- und Luftschadstoffemissionen zu verringern (Tz. 8). Die umweltbezogene Verhaltensprävention adressiert dagegen das Individuum. So können Gesundheitsämter im Rahmen von Hitzeaktionsplänen etwa über Verhaltensweisen bei Hitze und gegenüber UV-Strahlenbelastung informieren, damit sich Kinder, Ältere, Vorerkrankte und andere Risikogruppen besser schützen können (Tz. 249).

Umweltbezogene Gesundheitsförderung

348. Menschen sind immer wieder krankmachenden Stressoren ausgesetzt. Gesundheitsressourcen helfen ihnen, damit umzugehen. Die umweltbezogene Gesundheitsförderung versteht die Umwelt als eine wichtige Ressource zur Bewältigung und zum Ausgleich von Stressoren und versucht, gesundheitswirksame Lebenswelten zu schaffen, zu erhalten oder wiederherzustellen, sodass Menschen ihre Gesundheit selbstbestimmt stärken können (FEHR et al. 2005, S. 19). Sie geht demnach über die krankheits- bzw. risikoorientierte Perspektive der Prävention hinaus und will die menschliche Gesundheit fördern und erhalten. Ziel ist also, die Menschen mit sauberer Luft, Trinkwasser oder Lebensmitteln zu versorgen und ihnen ökologische Grünräume und Gewässer für Erholung, Freizeit und soziale Interaktion zu bieten (Kap. 4.2).

Gerechtigkeit

349. Im Bereich Umwelt und Gesundheit ergeben sich eine Reihe von Gerechtigkeitsfragen. Diese lassen sich mithilfe unterschiedlicher Gerechtigkeitsprinzipien beantworten. Das Prinzip der Umweltgerechtigkeit (Tz. 60–63) setzt sich dafür ein, umweltbezogene Gesundheitsressourcen und unvermeidbare umweltbedingte Gesundheitsrisiken sozialräumlich gerecht zu verteilen (Verteilungsgerechtigkeit) sowie Betroffene bei gesundheits- und umweltbezogenen Prozessen in Politik und Verwaltung einzubinden (Verfahrensgerechtigkeit) (HORNBERG et al. 2011; BOLTE et al. 2018a).

350. Die soziale Komponente der Umweltpolitik fällt auch bei der Ausgestaltung umweltpolitischer Maßnahmen ins Gewicht, da hierbei auch ökonomische Verteilungseffekte entstehen können (JACOB et al. 2016). Umweltpolitik kann also die Einkommens- und Vermögensungleichheit in Deutschland verstärken oder abmildern. Es gilt, solche ökonomischen Verteilungseffekte bei der Planung und Umsetzung umweltpolitischer Maßnahmen zu berücksichtigen. Aber auch unterlas-

sener oder unzureichender Umweltschutz kann mit sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen einhergehen (HEYEN 2021). Beispielsweise könnte ein Tempolimit auf Autobahnen die Verkehrssicherheit steigern sowie Luftschadstoff-, Treibhausgas- und Lärmemissionen reduzieren, was sich positiv auf die Gesundheit aller Menschen auswirken kann (UBA 2021c).

351. Schließlich beeinflussen wirtschaftliche und gesellschaftliche Aktivitäten in Deutschland die Gesundheit und Lebensqualität der Menschen in anderen Teilen der Welt (internationale Gerechtigkeit) sowie in der Zukunft (intergenerationelle Gerechtigkeit) (KENNER et al. 2022). Diese Gesundheitswirkungen treten überall entlang wirtschaftlicher Prozesse auf: vom Ressourcenabbau (SCHWARTZ et al. 2021) bis hin zur Abfallentsorgung (BINION und GUTBERLET 2012). Politische Maßnahmen, die Umweltschutz, Gesundheitsschutz und soziale Gerechtigkeit auf diese Weise zusammendenken, verwirklichen drei verfassungsrechtliche Aufgaben des Staates: die körperliche Unversehrtheit zu schützen (Art. 2 Abs. 2 Grundgesetz – GG), die natürlichen Lebensgrundlagen zu bewahren (Art. 20a GG) und soziale und sozialräumliche Gerechtigkeit zu verwirklichen (Art. 20 Abs. 1 GG). Umweltpolitik trägt dazu bei, gesundheitliche Chancengleichheit zu fördern.

Verursacherprinzip

352. Gemäß dem Verursacherprinzip müssen diejenigen, die für Umweltbelastungen verantwortlich sind, die Kosten für deren Verminderung, Beseitigung oder Kompensation tragen. Dies entspricht dem allgemeinen Gerechtigkeitsprinzip und wird ferner damit begründet, dass die Verursacher auch diejenigen sind, die die Umweltschädigungen am wirksamsten verhindern oder beseitigen können (RAMSAUER in: KOCH/HOFMANN/REESE 2018, § 3 Rn. 38). In der Praxis sind Umweltschäden jedoch nur in jenem Umfang zurechenbar, den der Gesetzgeber rechtlich konkretisiert (KAHL/GÄRDITZ 2021, § 4 Rn. 29). Das Gegenstück des Verursacherprinzips ist das Gemeinlastprinzip, wonach die Kosten der Umweltschäden der Allgemeinheit angelastet werden. Letzteres kommt vor allem dann zum Tragen, wenn dies politisch gewünscht ist (z. B. zum Erhalt von Arbeitsplätzen) oder der Nachweis der unmittelbaren Ursächlichkeit nur begrenzt möglich oder gar unmöglich ist (KAHL/GÄRDITZ 2021, § 4 Rn. 31). Im Bereich des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes kann dieser Nachweis insbesondere deshalb schwer zu führen sein, weil es teilweise lange dauert, bis Umweltschäden sichtbar werden, und noch länger, bis sich diese Umweltschäden auf die Gesundheit der Menschen auswirken.

Falls die Kosten weder von den Verursachenden noch von der Allgemeinheit getragen werden, sind die zufällig Geschädigten den Umweltschäden und ihren (gesundheitlichen) Konsequenzen selbst überlassen (Geschädigtenprinzip, s. KLOEPFFER 2016, § 4 Rn. 125 ff.). Aus Sicht gesundheitsbezogener Umweltpolitik sind solche Fälle möglichst zu vermeiden. Gesundheitsrelevante Umwelteingriffe sollten von den Verursachern beseitigt oder kompensiert werden, wo immer es möglich ist. Europarechtlich ist das Verursacherprinzip, genau wie das Vorsorgeprinzip (Tz. 353), in Art. 191 Abs. 2 S. 2 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) verankert.

Vorsorgeprinzip

353. Vorsorge bedeutet dem Wortsinn nach, einen „Vorrat an Sicherheit“ zu schaffen (CALLIESS 2021). Unterschieden wird in der deutschen Umweltpolitik zwischen der Ressourcenvorsorge und der Risikovorsorge. Ressourcenvorsorge beinhaltet nach deutschem Verständnis, stoffliche Belastungsgrenzen bzw. Ressourcennutzungskapazitäten nicht auszuschöpfen. Es verpflichtet insbesondere dazu, eine Ressource schonend zu nutzen und Abstand zu den Belastungs- und Kapazitätsgrenzen einzuhalten. Das Prinzip der Ressourcenvorsorge drückt sich etwa in Vermeidungs- und Verschlechterungsgeboten, Alternativenprüfungen sowie „Stand der Technik“-Anforderungen aus.

354. Im Unterschied zur Ressourcenvorsorge beinhaltet Risikovorsorge, unsicheren und ungewissen Schadensbefürchtungen Rechnung zu tragen (SRU 1999; 2012b; APPEL 2004; KÖCK 2022c; 2011; 2005; 2023; SCHERZBERG 1993; BVerfGE 49, 89, 143 – Kalkar). Mit Blick auf den Umwelt- und Gesundheitsschutz bedeutet das, präventiv tätig zu werden, anstatt erst abzuwarten, bis Ursache-Wirkungs-Beziehungen geklärt sind, Eintrittswahrscheinlichkeiten feststehen sowie Art und Umfang von Schäden bekannt sind. Das Prinzip der Risikovorsorge verlangt es, schon dann Maßnahmen zu ergreifen, wenn noch nicht sicher ist, ob umweltbedingte Gesundheitsschäden entstehen können oder werden, aber bereits Gründe zur Besorgnis bestehen (sog. Besorgnispotenzial). Demgemäß ermächtigt und verpflichtet das Vorsorgeprinzip unter anderem schon dann zum eingreifenden Handeln, wenn künftige Beeinträchtigungen noch nicht mit der gebotenen Evidenz prognostiziert werden können (BVerfGE 56, 54, 77 f. – Fluglärm; BVerfG, Beschl. v. 29.11.1995, 1 BvR 2203/95 – Ozongesetz; KÖCK 2023b, S. 75).

355. Umweltpolitik und auch der gesundheitsbezogene Umweltschutz sind insbesondere auf die Risikovorsorge angewiesen. In einer freien Gesellschaft, die auf Innovationen durch Marktkräfte setzt, läuft die Generierung von Risikowissen strukturell den Risiken hinterher. Der Staat kann sich aber auch nicht auf bloße Nachsorge, also auf die Beseitigung eingetretener Umweltschäden, verlassen. Diese ist meist nicht nur aufwendiger und teurer als Risikovorsorge. Häufig können Eingriffe in die Umwelt gar nicht mehr rückgängig gemacht werden (Irreversibilität) oder es dauert lange, bis ein Ökosystem wieder in seinen Ausgangszustand zurückgefunden hat (insb. bei persistenten Stoffen, s. SRU 2012b, Tz. 752). In vielen wichtigen Bereichen des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes hat der Gesetzgeber das Vorsorgeprinzip ausdrücklich auf der einfachgesetzlichen Ebene verankert, um vorsorgendes Handeln regelhafte vorzuschreiben. Das gilt beispielsweise im Bereich der Gentechnik, der Reaktorsicherheit oder des Strahlenschutzes, aber auch im Gefahrstoffrecht, wie zum Beispiel bei der Risikobeurteilung von Chemikalien oder der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (PSM). Hier werden Politik und Verwaltung schon dann tätig, wenn nur ein begründeter Verdacht auf eine Gesundheitsgefahr vorliegt. Rechtlich stützen sich Strategien der Risikovorsorge auf das Vorsorgeprinzip, das in Art. 20a GG und Art. 191 AEUV verankert ist.

Systemisches Denken und integratives Handeln

356. Das Thema Umwelt und Gesundheit bietet enormes Synergiepotenzial zwischen den unterschiedlichen Politikressorts. Ressortübergreifende Politik bietet eine Vielzahl an Co-Benefits für die Gesundheit und die gesundheitliche Chancengleichheit der Menschen. Gesundheitspolitik, die sich am *Leitbild Ökosoluste Politik* ausrichtet, geht darüber hinaus und sieht im Erhalt und Wiederaufbau einer gesundheitsförderlichen Umwelt einen zentralen Baustein auch der Gesundheitspolitik.

357. Um erfolgreich zu sein, muss ökosoluste Politik über Ressortgrenzen hinweg systemisch gedacht und integriert werden. Systemdenken ist ein Konzept, das sich mit der Lösung komplexer Probleme auseinandersetzt (DUBOZ et al. 2018). Es beschreibt einen analytischen Ansatz, um Umwelt- und Gesundheitsprobleme zu identifizieren, wechselseitige Mensch-Umwelt-Dynamiken zu verstehen, mögliche Veränderungen vorherzusagen und so die gewünschten Effekte zu erzielen (ARNOLD und WADE 2015; MEADOWS 2008). Integriertes Handeln zielt auf eine disziplin-, ressort- und sektorübergreifende Zusammenarbeit ab (DUBOZ et al. 2018). Diese übergreifende Bearbeitung gesundheitsbezogener

Umweltprobleme setzt die substanzielle Kooperation zwischen allen betroffenen Institutionen und Disziplinen voraus.

5.3 Wichtige Instrumente zur Umsetzung einer ökosaluten Politik

358. In der Vergangenheit haben sich bestimmte Instrumente etabliert, die heute für die Umsetzung des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes von zentraler Bedeutung sind. Mit ihrer Hilfe lassen sich umweltbezogene Gesundheitsrisiken ermitteln, bewerten, managen und reduzieren. Dabei dient Monitoring (Abschn. 5.3.1) insbesondere dazu, Risiken zu erkennen und zu beobachten. Konkrete Anforderungen zum Schutz der Gesundheit vor Umweltrisiken werden durch Umweltstandards, insbesondere in der Form von Grenzwerten (Abschn. 5.3.2), eingeführt. Die Folgen von staatlichem Handeln auf Umwelt und Gesundheit lassen sich durch spezielle Verfahren der Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung auf Ebene der Verwaltung und der Politikentwicklung ermitteln (Abschn. 5.3.3). Weitere Instrumente und Maßnahmen, die dazu dienen können, das *Leitbild Ökosalute Politik* (Kap. 5.1) und die dazugehörigen Prinzipien (Kap. 5.2) in die Praxis zu überführen, werden in den Kapiteln 6, 7 und 8 jeweils themenbezogen vorgestellt. So ist eine nachhaltige Chemikalienpolitik notwendig, um gesundheitsschädliche Stoffeinträge in die Umwelt zu reduzieren und so umweltbezogene Krankheitsprävention zu betreiben (Kap. 6). Die Stadtentwicklungspolitik bietet hingegen große Potenziale zur umweltbezogenen Gesundheitsförderung, etwa durch den Erhalt und den Ausbau innerstädtischer Grünräume (Kap. 7). Zuletzt eröffnen sich für die Politik auch viele Optionen, um das ökosalute Prinzip des systemischen Denkens und integrativen Handelns zu fördern (Kap. 8).

5.3.1 Monitoring und epidemiologische Überwachung (Surveillance)

359. Umweltbeobachtung und -monitoring sind essenziell, um umweltbezogene Risiken und Gefahren für die Gesundheit und für die Umwelt zu erfassen, Maßnahmen zu planen, deren Wirksamkeit zu überwachen sowie das Erreichen oder Verfehlen von politischen Zielen zu dokumentieren. Überwacht werden unter anderem

Schadstoffbelastungen und Pathogene in Lebensmitteln, im Grundwasser, im Trinkwasser, in der Luft, in Böden, in Badegewässern und im menschlichen Organismus. Zu den biologischen Risiken, die dokumentiert werden, gehören zum Beispiel die Ausbreitung von resistenten Bakterienstämmen (Kap. 3.2) oder die Belastung von Badegewässern mit Blaualgen oder E. coli-Bakterien. Die Langzeiterfassung der Luft- und Wassertemperaturen ist wichtig, um klimatische Veränderungen zu dokumentieren. Erfasst wird zudem die UV-Strahlung sowie Radon und Radioaktivität in der Umwelt. Ein besonders wichtiger physikalischer Stressor ist die Schallbelastung. Lärm, insbesondere Verkehrslärm, wird nicht nur gemessen, sondern auch modelliert. Hierfür ist unter anderem eine Verkehrserfassung erforderlich (SRU 2020; BMU 2014). Diese Modellierungen sind die zentrale Grundlage, um Lärminderungsmaßnahmen zu planen und deren Wirkung zu verifizieren.

360. Da der Mensch einer Vielzahl unterschiedlicher umweltbezogener Stressoren ausgesetzt ist (s. a. Kap. 2.1), ist das gesundheitsbezogene Umweltmonitoring entsprechend divers und umfangreich. Dies zeigt sich insbesondere am Beispiel der Chemikalien. Bis Oktober 2021 waren unter REACH mehr als 23.000 Einzelstoffe registriert, die weltweit eingesetzte Stoffzahl wird auf mehr als 100.000 geschätzt (ECHA 2021; BAFU 2022). Hinzu kommen noch andere Stoffe, wie zum Beispiel PSM, Verbrennungsprodukte (u. a. PAK) oder Arzneimittelwirkstoffe, die in die Umwelt gelangen können. Zudem werden in die Umwelt eingetragene Stoffe in der Regel verändert, wodurch wieder andere Verbindungen entstehen, die wiederum andere Eigenschaften aufweisen können. Somit stellt das stoffliche Monitoring allein aufgrund der Vielzahl der Stoffe, die angewendet werden, eine besondere Herausforderung dar (s. a. Tz. 415 ff.).

361. Nur ein Bruchteil der anthropogenen Stoffbelastungen der Umwelt wird durch Monitoringprogramme erfasst. Gleichzeitig ist es erforderlich, diese Programme immer wieder an neue wissenschaftliche Erkenntnisse und politische Entwicklungen anzupassen. Ein Beispiel für eine neue Methode, die dabei helfen kann, die große Vielfalt an möglichen Stoffen in der Umwelt zu adressieren, ist das Non-Target Screening (NTS) (zielungerichtete Analyse von Proben mittels hochauflösender Massenspektrometrie, bei der auffällige Massenspuren erst nachträglich bestimmt werden). Es wird verwendet, um in verschiedenen Umweltmedien nicht zielgerichtet nach möglichen Kontaminanten zu suchen (JEWELL et al. 2021; HOLLENDER et al. 2019).

362. Beim Umweltmonitoring gibt es zum einen Programme, die klar das Ziel verfolgen, Belastungen und Risiken für den Menschen zu dokumentieren und zu beobachten. Das betrifft zum Beispiel die Messung von Luftschadstoffen wie Feinstaub und NO_x in der Außenluft. Andererseits kann die Umweltbeobachtung auch andere Ziele verfolgen, beispielsweise die Ausbreitung von gebietsfremden Arten zu dokumentieren. Darüber hinaus kann sie aber auch Hinweise für den Gesundheitsschutz geben, wenn es sich zum Beispiel um Pflanzenarten mit einem besonderen Allergiepotezial handelt, wie das aus Nordamerika nach Europa eingeschleppte Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*). Es gibt eine Reihe von indirekten Umweltwirkungen auf den Menschen (s. a. Kap. 4), weshalb eine generelle Überwachung des Zustands der Umwelt und der Biodiversität auch für die menschliche Gesundheit relevant ist. Ein neuerer Aspekt der Umweltbeobachtung ist die Dokumentation von umweltbezogenen Gesundheitsressourcen, wie zum Beispiel das Vorhandensein von ruhigen Grünräumen in Ballungszentren (SAINZ de la MAZA et al. 2021). Diese Darstellung ist für den präventiven Gesundheitsschutz und die Gesundheitsförderung von besonderer Bedeutung (s. a. Kap. 4.2).

363. Besonders wichtig ist es zudem, für neue Chemikalien und sonstige Stoffe Messmethoden zu entwickeln, damit diese überhaupt erst in der Umwelt und im Menschen nachgewiesen werden können. Um diesen Prozess zu unterstützen, wurde eine Kooperation zwischen VCI und Bundesumweltministerium ins Leben gerufen („Gemeinsames Projekt schreitet voran – Bundesumweltministerium und VCI beim Human-Biomonitoring auf der Zielgraden“, gemeinsame Presseerklärung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und des Verbands der Chemischen Industrie e. V. (VCI) vom 16. Juli 2018).

364. Der Zugang zu den Daten aus der Umweltbeobachtung gewährleistet Transparenz und hilft, ein Problembewusstsein aufzubauen. Gleichzeitig kann Monitoring Innovationen bei Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Wirtschaft auslösen. So erzeugt zum Beispiel die Dokumentation von Umweltveränderungen Interesse, Messmethoden zu verbessern oder Minderungsmaßnahmen zu entwickeln. Darüber hinaus erleichtert Datentransparenz die Partizipation der Bürger:innen, um wichtige öffentliche Debatten anzustoßen (BAFU und Umwelt rat EOBC 2009). Ein Beispiel ist die aufgeflamnte Diskussion zur Kernenergienutzung nach der Veröffentlichung von Daten zur radioaktiven Strahlung in ver-

schiedenen Umweltmedien nach der Katastrophe von Tschernobyl.

365. Der SRU hat sich immer wieder mit Umweltbeobachtung und Monitoring beschäftigt und eine Reihe von Empfehlungen für Verbesserungen gegeben, die zum Teil noch aktuell sind (s. SRU 1991; 2012a; 2016a; Abschn. 5.3.1.4). Dazu gehört unter anderen eine engere Verknüpfung von Monitoringprogrammen mit REACH, die Ausweitung des Monitorings auf Bereiche, die bis dahin zu wenig Aufmerksamkeit erfahren haben, sowie eine bessere Finanzierung und Zugänglichkeit der Daten (SRU 2012a).

366. Im Folgenden wird exemplarisch auf zwei Monitoringprogramme eingegangen, die einen engen Bezug zum Gesundheitsschutz haben. Zudem wird der Frage nachgegangen, wie eine stärker integrierte Umweltbeobachtung aussehen sollte.

5.3.1.1 Human-Biomonitoring

367. Das Human-Biomonitoring ist das zentrale Element einer gesundheitsbezogenen Umweltbeobachtung (UBA 2020b). Es dient dazu, die Belastung der Bevölkerung mit Umweltschadstoffen zu erfassen. Dabei werden Proben aus dem menschlichen Körper, zum Beispiel Blut, Urin oder Muttermilch, auf Schadstoffe untersucht (Abschn. 2.3.1; Kasten 5-2). Zu unterscheiden sind zwischen der stofflichen Belastung des Organismus bzw. der inneren Exposition und bereits durch diese bedingte biologische und gesundheitliche Veränderungen. Mit dem Belastungsmonitoring wird die Körperlast mit einem chemischen Stoff oder seinen Stoffwechselprodukten erfasst. Es liefert Informationen darüber, in welchem Maße Schadstoffe, die in Boden, Luft oder Wasser freigesetzt wurden, auch in den Menschen gelangen. Ob die gemessenen inneren Expositionen in der Lage sind, gesundheitliche Effekte auszulösen, wird anhand toxikologischer Studien beurteilt.

368. Da sich bedenkliche Schadstoffe im menschlichen Körper anreichern können, zudem einige Chemikalien erst nach längerer Anwendung auffällig werden, ist es wichtig, Belastungen auch retrospektiv erfassen zu können. Ein dafür notwendiges Archiv stellt die Umweltprobenbank dar (Kasten 5-2).

369. Bei der Bewertung der Ergebnisse werden neben der Schadstoffbelastung der Umwelt auch individuelle Besonderheiten der untersuchten Personen berücksichtigt, die zum Beispiel die Aufnahme, den Abbau und die

Kasten 5-2 Die Umweltprobenbank – ein Fenster in die Vergangenheit

Probennahme und -aufbereitung sind zentrale Schritte im Monitoring. Die Umweltprobenbank, die vom Bund eingerichtet wurde und seit 1994 betrieben wird, bietet die einmalige Chance, Proben von Menschen und der Umwelt, die in der Vergangenheit entnommen wurden, auf Schadstoffe oder biologische Parameter hin zu untersuchen (UBA o. J.-b; KOSCHORRECK et al. 2013). Dafür werden regelmäßig Proben genommen und eingefroren. Dabei handelt es sich zum Beispiel um menschliches Blut, aber auch um Organismen, wie Algen, Muscheln oder Vogeleier, sowie Bodenproben und Schwebstoffe aus Gewässern. Bei Tieren werden in der Regel Teile des Körpers, wie Muskelgewebe oder die Leber, genutzt. Entnommen werden die Proben aus unterschiedlichen Ökosystemen wie Fließgewässern, Agrarlandschaften oder Wäldern. Die Standortwahl ermöglicht es, zwischen unbelasteten und belasteten Gebieten zu differenzieren. Die Fließgewässerproben stammen aus den großen Flüssen Rhein, Donau und Elbe. Die Humanproben (Vollblut, Blutplasma und Urin) werden an vier verschiedenen Orten in Deutschland – Münster, Halle (Saale), Greifswald und Ulm – Studierenden im Alter von 20 bis 29 Jahren entnommen. Nach der Entnahme werden die Proben routinemäßig auf eine Reihe von Stoffen, unter anderem auf verschiedene Schwermetalle sowie Biozide und PSM, untersucht (Real-Time-Monitoring).

Wesentlicher Aspekt ist, dass die genommenen Proben bei sehr tiefen Temperaturen eingefroren und gelagert werden (ca. -150 °C). Damit wird gewährleistet, dass Stoffe oder biologische Parameter noch nach Jahren oder Jahrzehnten unverändert sind. So können unter anderem zeitliche Veränderungen in der Schadstoffbelastung erfasst werden. Besonders wichtig ist dies für Stoffe, die erst nach einiger Zeit der Anwendung in den Fokus geraten. Beispielsweise können Expositionen, die in der Vergangenheit auftraten und wegen fehlender Analysemethoden noch nicht erfasst werden konnten, rückwirkend nachvollzogen werden. Über die Umweltprobenbank ist es möglich, den zeitlichen Verlauf von Belastungen von verschiedenen Biota einschließlich des Menschen retrospektivisch zu dokumentieren und unter anderem Rückschlüsse zu ziehen, wie sich bestimmte Maßnahmen ausgewirkt haben. Die Entscheidungen, was im rückblickenden Monitoring untersucht werden soll, treffen das BMUV und das UBA. Stoffe bzw. Stoffgruppen im Menschen, die untersucht wurden, sind zum Beispiel Bisphenol A und Phthalate sowie PFAS (Kap. 3.3). Ein Beispiel für Studien zu schädlichen Substanzen in der Nahrungskette ist die Analyse von Süßwasserfischen (Brassen) auf Rückstände des Farbstoffs Malachitgrün, der zum Beispiel in der Textilindustrie eingesetzt wird und für den Menschen schädlich (u. a. krebserregend) ist (EFFKEMANN et al. 2009). Daten, die aus Proben der Umweltprobenbanken gewonnen wurden, werden fortwährend veröffentlicht und fließen auch in EU-Projekte ein (HBM4EU, PARC, Tz. 375 ff.).

Ausscheidung von Stoffen betreffen. Wichtig hierbei sind unter anderem das Alter und das Geschlecht.

370. Damit kommt dem Human-Biomonitoring eine hohe Bedeutung zu, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Umweltschadstoffe für den Menschen von Relevanz sind (UBA 2020b). Es ist somit eine wichtige Ergänzung zum Umweltmonitoring, welches wiederum Anhaltspunkte dafür liefert, auf welchem Wege welche Stoffe in den Menschen gelangen können. Beide Monitoringbereiche sind essenziell für eine adäquate Gesundheitsrisikoabschätzung.

371. Für das Human-Biomonitoring wurde die HBM-Kommission eingerichtet, eine unabhängige wissenschaftliche Expertenkommission, die das UBA und dessen Leitung bei Fragen zum Human-Biomonitoring berät (UBA 2021f; SCHULZ et al. 2007). Zu den Auf-

gaben der Kommission gehört die Ableitung (einschließlich Methodenentwicklung) von Referenzwerten und toxikologisch begründeten Beurteilungswerten (sogenannte HBM-Werte), die helfen sollen, eine innere Exposition mit bestimmten Stoffen oder Stoffgruppen zu bewerten. Die Kommission ist somit auch an der toxikologischen Risikoabschätzung beteiligt (UBA 2014). Themen, an denen sie aktuell arbeitet, sind gesundheitliche Bewertungen zum Beispiel von PFAS-Belastungen und die Methodik zur Festlegung von Referenzwerten zur Bewertung von Karzinogenen wie Benzol und zu Mischexpositionen (UBA 2021f).

372. Die GerES ist das größte HBM-Programm in Deutschland (UBA 2020f; Abschn. 2.3.1). Es leistet einen wichtigen Beitrag, um die Umweltbelastungen der Menschen und ihre Entwicklungen zu dokumentieren. Der SRU begrüßt, dass sich die Bunderegierung vorge-

nommen hat, das Human-Biomonitoring zu stärken (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021). Was unter anderem die Methodenentwicklung zur Erfassung stofflicher Belastungen betrifft, arbeitet seit 2010 der VCI mit dem Bundesumweltministerium zusammen, um diesen Bereich weiterzuentwickeln („Gemeinsames Projekt schreitet voran – Bundesumweltministerium und VCI beim Human-Biomonitoring auf der Zielgeraden“, gemeinsame Pressemitteilung des BMU und des VCI vom 16. Juli 2018). Aus Sicht des SRU ist es sinnvoll, GerES – wie in der Vergangenheit – an neue wissenschaftliche Erkenntnisse anzupassen, gleichzeitig aber auch eine gewisse Konstanz im Studiendesign zu gewährleisten, um die Vergleichbarkeit der Daten aus unterschiedlichen Zeiträumen zu ermöglichen (s. a. LAMPERT et al. 2020). Zudem sollten Aktivitäten zur europäischen bzw. internationalen Vernetzung und Kooperation im Bereich Human-Biomonitoring wie die Europäische Human-Biomonitoring Initiative (HBM4EU) oder die Europäische Partnerschaft für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien (PARC) fortgeführt werden (Tz. 375 ff.).

5.3.1.2 Monitoring für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel

373. Der Klimawandel gehört zu den großen neuen Herausforderungen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes. Das Monitoring im Rahmen der DAS hat das Ziel, die Auswirkungen des fortschreitenden Klimawandels zu dokumentieren (UBA 2019c; s. a. Abschn. 3.4.3). Zudem sollen Erfolge und Unzulänglichkeiten von Anpassungsmaßnahmen aufgezeigt werden. Daran anknüpfend sieht der Referentenentwurf des Bundes-Klimaanpassungsgesetzes vor, ein Monitoring für die Beobachtung der Folgen des Klimawandels verbindlich einzuführen (BMUV 2023c). Sowohl die DAS als auch das dazugehörige Monitoringprogramm sind eine Langzeitaufgabe. Dargestellt werden sollen primär bundesweite Trends. Insbesondere um Entwicklungen erkennen zu können, sind Datenreihen über längere Zeiträume erforderlich. An der Erarbeitung von Indikatoren, die Aussagen über Veränderungen durch den Klimawandel (aktuell 56 sog. Impact-Indikatoren) und Erfolge bei der Klimaanpassung (aktuell 44 sog. Response-Indikatoren) ermöglichen sollen, sind Expert:innen von Bundes- und Landesbehörden sowie wissenschaftliche und private Institutionen beteiligt. Unterteilt sind die Indikatoren in die Cluster Gesundheit, Wasser, Land, Infrastrukturen, Wirtschaft, Raumplanung und Bevölkerungsschutz sowie in handlungsübergreifende Indikatoren. Koor-

diniert wurde der Prozess vom UBA. Ziel war es unter anderem, ein abgestimmtes System zu entwickeln, das auch für andere Berichtspflichten verwendet werden kann, um so die begrenzten Ressourcen effizient zu nutzen. Eine stetige Weiterentwicklung des Monitoring-systems einschließlich der Indikatoren ist vorgesehen. Dies ist unter anderem notwendig, um neue Erkenntnisse aufgreifen zu können. Eine besondere Herausforderung besteht zum Beispiel darin, die über dieses Monitoringprogramm erfassten Veränderungen in Bezug zum Klimawandel zu setzen.

374. Neben den acht Indikatoren, die dem Cluster Gesundheit zugeordnet sind, finden sich in anderen Clustern – wie beispielsweise dem zu Infrastrukturen – ebenfalls Indikatoren mit engem Gesundheitsbezug. Zu diesen zählen etwa Wärmebelastung in Städten, sommerlicher Wärmeinseleffekt und Erholungsflächen (Tab. 5-1). Bei den Response-Indikatoren fällt auf, dass der Aspekt Information der Bevölkerung im Vordergrund steht.

5.3.1.3 Beispiele für wichtige europäische Initiativen zur besseren Zusammenarbeit beim Monitoring

375. Auf der europäischen Ebene wurden in den letzten Jahren verschiedene Initiativen auf den Weg gebracht, die das Ziel haben, Umweltmonitoring zu optimieren und Datenaustausch und Kooperation zu verbessern. Diese stehen zum Teil im Zusammenhang mit dem New Green Deal bzw. der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit und der europäischen Strategie für Datenaustausch (Europäische Kommission 2020e). So wurde unter anderem die HBM4EU gestartet, die die Aktivitäten in europäischen und angrenzenden Staaten in diesem Feld zusammenbringen will (HBM4EU-Konsortium o. J.; POLCHER und SCHÖPEL 2020). Ein zentraler Grund für diese Initiative ist das Fehlen eines harmonisierten Systems zur Erfassung der menschlichen Stoffbelastungen in der EU (EEA 2019c). Die HBM4EU hat drei Kernziele: eine Brücke zwischen Wissenschaft und Politik zu schaffen, eine europäische HBM-Plattform bereitzustellen und Zusammenhänge chemischer Exposition und Gesundheit besser zu dokumentieren. Im Rahmen des letzten Kernziels sollen auch Maßnahmen gefunden werden, die helfen können, Expositionen gegenüber Stoffgemischen zu bewerten und zu prüfen. Außerdem werden neue Techniken gesucht, die es ermöglichen, auf einfache Weise in Blut und Urin vom Menschen nach unbekanntem oder unterschätzten Schadstoffen zu suchen.

o Tabelle 5-1

Indikatoren des DAS-Monitoringsystems mit engem Bezug zum Gesundheitsschutz

Cluster Gesundheit			
Handlungsfeld menschliche Gesundheit			
Impact-Indikatoren – Auswirkungen		Response-Indikatoren – Anpassungen	
GE-I-1	Hitzebelastung	GE-R-1	Hitzewarndienst
GE-I-2	Hitzetote	GE-R-2	Erfolge des Hitzewarnsystems
GE-I-3	Belastung mit Ambrosiapollen	GE-R-3	Informationen zu Pollen
GE-I-4	Überträger von Krankheitserregern		
GE-I-5	Blualgenbelastung von Badegewässern		
Cluster Infrastrukturen			
Handlungsfeld Bauwesen			
Impact-Indikatoren – Auswirkungen		Response-Indikatoren – Anpassungen	
BAU-I-1	Wärmebelastung in Städten	BAU-R-1	Erholungsflächen
BAU-I-2	Sommerlicher Wärmeineffekt		
Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur			
Impact-Indikatoren – Auswirkungen			
VE-I-4	Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle		
Cluster Wirtschaft			
Handlungsfeld Tourismuswirtschaft			
Impact-Indikatoren – Auswirkungen			
TOU-I-3	Wärmebelastung in heilklimatischen Kurorten		

SRU, eigene Darstellung; Datenquelle: UBA 2019c

376. Die Risikoabschätzung von Chemikalien ist eine besonders große Herausforderung (Tz. 436 ff.). Aus diesem Grund wurde auf Initiative der Europäischen Kommission die PARC ins Leben gerufen (ANSES und Europäische Kommission – Generaldirektion Forschung und Innovation 2020). Damit im Zusammenhang steht auch

die Einrichtung einer Informationsplattform für das chemische Monitoring (IPCHEM) aus den Mitgliedstaaten (Europäische Kommission 2021b). Darüber können Daten über das Vorkommen von Chemikalien in der Umwelt, in Lebensmitteln, in der Innenraumluft und im Menschen abgerufen werden. Dies soll für mehr

Datentransparenz sorgen und somit zur Stärkung des Vorsorgeansatzes beitragen. Je schneller und umfassender neue Ergebnisse zu Schadstoffbelastungen verfügbar sind, desto schneller können sie ins Risikomanagement einfließen. Gleichzeitig wird es dadurch einfacher, die Stoffrisikobewertung und REACH mit Monitoringergebnissen zu verknüpfen.

377. Für den Austausch von Informationen, Daten und Bewertungen über die Umwelt auf europäischer Ebene ist das Europäische Umweltinformations- und Umweltbeobachtungsnetz (European Environment Information and Observation NETWORK – EIONET) ebenfalls wichtig (EEA 2022c). Koordiniert und entwickelt wird es von der EEA. Das Netzwerk fördert die institutionelle Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten. Dabei werden unter anderem gemeinsame Inhalte und Daten zur Umweltüberwachung erstellt und von der EEA veröffentlicht. Außerdem hat die EEA das Europäische Themenzentrum „Human Health and the Environment“ (European Topic Centre Human health and the environment – ETC HE) ins Leben gerufen. Dieses Konsortium aus zehn europäischen Institutionen unterstützt die EEA unter anderem mit Informationen für ein besseres Verständnis von Umwelt- und Klimabelastungen auf die Gesundheit, bei der Datenberichterstattung und bei der Effektivität von Monitoringaktivitäten (EIONET o. J.).

5.3.1.4 Hin zu einem stärker integrierten Monitoring

378. Monitoringprogramme sind entsprechend bestimmter Ziele, Strategien oder Politiken konzipiert. Die mittels einzelner Programme erhobenen Daten lassen keinen übergreifenden Blick über die Gesamtsituation der Menschen bzw. der Umwelt zu. Dabei enthalten sie oft Informationen, die auch an anderer Stelle hilfreich sein können. Deshalb gibt es schon länger die Empfehlung für ein stärker integriertes Monitoring.

379. Der SRU hat sich bereits 1991 zu der Notwendigkeit eines integrierten Monitorings geäußert und dazu eine Reihe von Empfehlungen gegeben (SRU 1991). Dazu gehörte zum Beispiel, dass eine Institution geschaffen werden sollte, die die Verantwortung für die Koordination und Abstimmung des sektoralen sowie den Ausbau des integrierten Umweltmonitorings übernimmt. Im Jahr 2020 wurde mit der Gründung des Nationalen Monitoringzentrums zur Biodiversität (NMZB) ein erster Schritt in diese Richtung unternommen. Das Zentrum soll unter anderem Aktivitäten im Biodiversitätsmonitoring bündeln.

380. Neben den Ausführungen des SRU gibt es eine Reihe weiterer Vorschläge für eine stärker integrierte Umweltbeobachtung. Zum Beispiel wird empfohlen, die Erfassung von Belastungen stärker mit dem Effektmonitoring zu verzahnen (TOSCHKI et al. 2021). Effektmonitoring ist in diesem Zusammenhang zu verstehen als die Erfassung von biologischen Größen, die auf Umweltbelastungen hinweisen (UBA 2020b). Im urbanen Raum werden inzwischen soziale, ökonomische und umweltbezogene Einflüsse kartografisch abgebildet und übereinandergelegt, um Hotspots sich überlagernder Belastungen zu identifizieren (s. Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin o. J.). Man spricht hierbei ebenfalls von einem integrierten Monitoring.

381. Im Folgenden werden einige aus Sicht des SRU wichtige Bedingungen für ein integriertes Monitoring zusammengefasst:

- Bereits bestehende Monitoringprogramme und -verpflichtungen sowie Expositionsabschätzungen sollten möglichst gut aufeinander abgestimmt sein. Damit verbunden ist eine enge Verzahnung zwischen quellenbezogenen Ansätzen (Erfassung von Emissionen) und qualitätszielbezogenen Ansätzen (insb. die Stoffregulierung, wie zum Beispiel REACH mit Umweltmonitoringprogrammen).
- Monitoringprogramme müssen stetig entsprechend neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen weiterentwickelt werden. Hier dauern die Prozesse bisher noch zu lang.
- Die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten sollte möglichst bis hin zur europäischen Ebene gegeben sein. Das erfordert einheitliche Analysestandards, eine gemeinsame Entwicklung und Abstimmung von Analysemethoden und ein entsprechendes Datenmanagement.
- Die Digitalisierung sollte genutzt werden, um unter anderem die Bereitstellung von Daten zu vereinfachen. Innovationen in diesem Bereich sind zu begrüßen.
- Datentransparenz bzw. ein guter Zugang zu den Daten (open data approach) sollte gewährleistet sein (s. a. IPCHEM).
- Monitoringprogramme sollten in Richtung eines Frühwarnsystems weiterentwickelt werden (s. NOR-

MAN Network o. J.; HBM4EU-Konsortium o. J.). Dafür kann der Einsatz und die Etablierung neuer Technologien, wie zum Beispiel das NTS, hilfreich sein.

- o Neben Forschungsergebnissen, die sich direkt mit Monitoring beschäftigen, sollten auch solche frühzeitig bei der Bewertung und Anpassung des Monitorings einbezogen werden, die erste Hinweise für mögliche Umweltbelastungen geben.
- o Benötigt wird ein System zur Auswertung der erhobenen Monitoringdaten, ähnlich wie es in der HBM4EU vorgesehen ist (APEL et al. 2020) und unter anderem im Rahmen des deutschen Human-Biomonitorings bereits durchgeführt wird (APEL et al. 2017). Dabei kann es sinnvoll sein, Expertisen aus anderen Bereichen miteinzubeziehen – beispielsweise Erkenntnisse aus der Erfassung der Boden-, Gewässer- und Luftbelastung bei der Bewertung der Ergebnisse aus dem Human-Biomonitoring zu integrieren. Erster wichtiger Schritt hierfür ist es, bestehende Schnittpunkte aus unterschiedlichen rechtlichen Verpflichtungen wie REACH, Wasserrahmenrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie und Industrie-Emissions-Richtlinie zu identifizieren. Daran anknüpfend sollten Konzepte entwickelt werden, wie bestehende Synergien und Verbindungen besser genutzt werden können. Ideen und Vorschläge hierfür liegen bereits vor (s. SUHR et al. 2020; UBA 2021k).
- o Bestehende Monitoringpflichten sollten daraufhin überprüft werden, inwieweit sie aktuellen Ansprüchen, unter anderem formuliert im ZPAP, noch gerecht werden. Ein Beispiel ist das Monitoring von Schadstoffen in Böden. Den Belastungen der Böden wurde bisher wenig Aufmerksamkeit zuteil, obwohl sie für die Gesundheit des Menschen eine hohe Relevanz haben, da nur auf intakten Böden langfristig gesunde Lebensmittel angebaut werden können (EEA o. J.; Europäische Kommission 2021c).

5.3.1.5 Fazit

382. In der jüngsten Vergangenheit wurden einige wichtige Initiativen für eine bessere Human- und Umweltbeobachtung auf den Weg gebracht (Abschn. 5.3.1.3). Diese verfolgen unter anderem das Ziel, Mischexpositionen und die große Stoffvielfalt besser zu erfassen und Daten leichter zugänglich zu machen. Dazu gehören auch erste Ansätze, Monitoring noch stärker als bisher in Richtung eines Frühwarnsystems zu entwickeln. Die

Initiativen leisten damit einen Beitrag für ein stärker integriertes Monitoring. Zwar wurden noch nicht alle offenen Fragen beantwortet, aber es wurden unter anderem durch europäische Initiativen wichtige Schritte in Richtung einer zielführenden Umweltbeobachtung gegangen. Deutschland hat bei diesen Initiativen eine wichtige Rolle eingenommen und sollte das in Zukunft so beibehalten.

383. Monitoring benötigt finanzielle und personelle Ressourcen. Ohne diese können entsprechende Daten nicht erhoben und somit keine zuverlässige Risikoabschätzung als Grundlage eines Risikomanagements durchgeführt werden. Es ist sehr zu begrüßen, dass sich die Bundesregierung im aktuellen Koalitionsvertrag dazu verpflichtet hat, für das Human-Biomonitoring und die Umweltüberwachung mit einem besonderen Fokus auf Chemikalienrisiken mehr Mittel bereitzustellen. Außerdem will sie insgesamt das wissenschaftliche Monitoring im Bereich Biodiversitätsschutz stärken (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021). Ebenfalls sollte die Forschung im Bereich umweltbezogener Gesundheitsrisiken und -ressourcen gefördert werden, da sie bei dem Auffinden neuer Risiken und der Methodenentwicklung eine sehr wichtige Rolle einnimmt. In der Vergangenheit hat sich der SRU dafür ausgesprochen, beim Monitoring die Verursacher von Belastungen stärker mit in die Verantwortung zu nehmen, beispielsweise die Hersteller von PSM (SRU 2016a). Diese Einschätzung bleibt unverändert, insbesondere auch, um dem Verursacherprinzip stärker gerecht zu werden. Nicht zuletzt ist es wichtig, dass Erkenntnisse aus dem Monitoring möglichst schnell in Maßnahmen zur Risikominimierung einfließen (SRU 2012a).

5.3.2 Festlegung von Grenzwerten

384. Die Unterscheidung von „gesund“ und „krank“ oder „sicher“ und „unsicher“ erfolgt häufig auf der Basis fachlicher Konventionen, die sich in Standards in der Form von Grenzwerten niedergeschlagen haben. Auch der demokratische Gesetzgeber oder die gesetzessvollziehende Verwaltung arbeitet sehr häufig mit Grenzwertfestlegungen, um gesetzlich festgelegte qualitative Schutzanforderungen (z. B. das Verbot „schädlicher Umwelteinwirkungen“ in § 5 BImSchG) präzise zu bestimmen. So kann ein einheitlicher Gesetzesvollzug gewährleistet werden. Grenzwerte helfen dabei, abstrakte gesetzliche Festlegungen in konkrete quantifizierte Anforderungen zu übersetzen (KÖCK 2022c; 2020b; KÖCK und DILLING 2018; SRU 1996, Tz. 710). Andern-

falls müssten die Verwaltungen für jeden Einzelfall neu bestimmen, welche Emissions- oder Immissionsmengen noch zulässig sind und ab welcher Menge eine unzulässige „schädliche Umwelteinwirkung“ oder eine „schädliche Bodenveränderung“ vorliegt. Grenzwerte erleichtern also die Rechtsanwendung. Abzugrenzen sind sie von Richt- oder Orientierungswerten: Grenzwerte sind zwingende Umweltstandards, die nicht überschritten werden dürfen. Richt- bzw. Orientierungswerte dienen den Behörden bloß als Leitlinie oder als Vorgabe im Normalfall, von der begründete Ausnahmen gemacht werden dürfen (SRU 1996, Tz. 728).

Verfahren der Grenzwertsetzung verbessern

385. In den meisten Fällen ist das Verfahren, in dem Grenzwerte gesetzt werden, gesetzlich nicht geregelt. Grenzwerte werden zumeist nicht durch das Parlament oder die Regierung erarbeitet und festgelegt. Sie entstehen vielmehr in einem wissenschaftlichen Prozess, in welchem wissenschaftlich-technisches Wissen, Umgang mit Unsicherheit und politische Erwägungen der Zumutbarkeit und Verhältnismäßigkeit Eingang finden. All dies vollzieht sich jedoch weitgehend in einer „Black Box“. Rechtliche Verfahrensbedingungen könnten dazu beitragen, dass die Verfahren der Grenzwertsetzung transparenter werden. Grenzwertsetzungen zur Festlegung von Schutzerfordernissen bedürfen stets der Auswertung bzw. Einbeziehung des wissenschaftlich-technischen Sachverständs, aber auch der demokratischen Legitimation, insbesondere zur Bewältigung von Unsicherheitssituationen (KÖCK 2005; 2020b; RÖTHEL 2013; SRU 1999, Tz. 82; SRU 1996, Tz. 721 f., 724, 741, 768, 881 und 914).

386. In der Umweltrechtsgeschichte Deutschlands ist mit dem UGB-Projekt der Versuch unternommen worden, Grunderfordernisse des Verfahrens der Grenzwertsetzung übergreifend gesetzlich zu regeln (KLOEPFER et al. 1991, S. 94 ff.; BMU 1998, S. 112 ff.; 2008, S. 50 f.). Auch der SRU hat sich dazu positioniert und in seinem Umweltgutachten 1996 entsprechende Vorschläge gemacht (SRU 1996, Tz. 845–881, 897 f. und 917–925). Mittlerweile ist das UGB-Projekt ad acta gelegt worden. Dennoch ist es sinnvoll, die Grunderfordernisse des Verfahrens gesetzlich zu verankern. Dafür sprechen nicht nur sachliche Gründe, sondern auch verfassungsrechtliche Erwägungen (DENNINGER 1990; LÜBBE-WOLFF 1991).

387. Verfahrensregeln über Grenzwertfestlegungen sind besonders hilfreich und auch notwendig, wenn keine vollständige wissenschaftliche Evidenz erreicht ist bzw.

sich eine allgemein anerkannte wissenschaftliche Auffassung noch nicht herauskristallisiert hat. In diesen Fällen geht der Grenzwert aus einer Auseinandersetzung mit divergierenden wissenschaftlichen Ansätzen hervor, die – mangels wissenschaftlich eindeutiger Erkenntnislage – letztlich politisch entschieden werden muss. Derartige Entscheidungen mit politischem Charakter, der sich etwa in der Anwendung des Vorsorgeprinzips zeigen kann, sollten auch von der Politik selbst getroffen werden. Deshalb ist in Fällen wissenschaftlicher Unsicherheit die zur Normsetzung befugte Institution dazu verpflichtet, in den Meinungsstreit einzutreten und für eine verbindliche Konkretisierung zu sorgen (KÖCK 2022c, S. 259). Dies kann durch Delegation auf ein Gremium erfolgen oder auch durch unmittelbare untergesetzliche Konkretisierung (BVerfG, Beschl. v. 23.10.2018 – 1 BvR 2523/13).

388. Die gesetzlichen Verfahrensvorschriften sollten sicherstellen, dass das Verfahren zur Grenzwertsetzung die relevanten und aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse berücksichtigt. Außerdem sollten die Vorschriften dafür Sorge tragen, dass Verfahrensabschnitte, die eine politische Interessenabwägung beinhalten, möglichst fair, demokratisch, transparent und partizipativ ablaufen. Derartige Verfahrensvorschriften könnten in den jeweiligen Fachgesetzen ergänzt werden, wie es im BImSchG mit den §§ 48 bis 51 schon in Ansätzen erfolgt ist. Alternativ bietet sich eine übergreifende gesetzliche Regelung an, etwa in einem „Standardsetzungsverfahrensgesetz“. Dieses Gesetz wäre auf alle Grenzwerte bezogen, die hoheitlich gesetzt werden, bzw. zumindest auf die wichtigsten unter ihnen.

389. Die Verfahrensvorgaben sollten außerdem die Pflicht beinhalten, periodisch zu überprüfen, ob die bestehenden Grenzwerte noch auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft sind (vgl. SRU 1996, Tz. 879). Auch die Ergebnisse dieser Aktualitätsprüfungen sollten für die Öffentlichkeit einsehbar sein. Darüber hinaus sollten sogenannte Technikstandards, die durch Emissionsgrenzwerte ausgedrückt werden, daraufhin überprüft werden, ob sie noch dem Stand der Technik entsprechen. Emissionsreduzierungen nach dem Stand der Technik sind insbesondere für den Lärmschutz, der quellenbezogen ansetzt, von großer Bedeutung. Es kann für Emittenten heute technisch und wirtschaftlich machbar sein, Grenzwerte einzuhalten, die noch vor wenigen Jahren unverhältnismäßig streng gewesen wären. Deshalb ist es wichtig, den Fortschritt der Emissionsreduktionsmöglichkeiten fortlaufend zu beobachten und die Grenzwerte periodisch nachzujustieren, um zumindest für

neu errichtete Anlagen bzw. neu hergestellte Produkte die besseren Erkenntnisse und die neuen Techniken anzuwenden. Ob dies auch für bestehende Anlagen oder bereits genutzte Produkte in Betracht kommt, ist eine Frage der Verhältnismäßigkeit bzw. der Vertretbarkeit.

390. Außerdem sollten es die Verfahrensvorgaben Vertretern der Zivilgesellschaft und betroffener Bevölkerungsgruppen erleichtern, sich am Verfahren zu beteiligen. Zwar bieten Grenzwertsetzungen normalerweise die Möglichkeit, sich zu beteiligen. Vertreter der Zivilgesellschaft oder besonders betroffener Bevölkerungsgruppen nutzen diese Möglichkeit jedoch häufig in deutlich geringerem Ausmaß als etwa Vertreter von Wirtschaftsinteressen. Gründe dafür sind Zeit-, Ressourcen- und Personalmangel sowie unzureichende Informationen über anstehende Verfahren der Grenzwertentwicklung (BIRNER et al. 2017; JÖRISSEN 1996). Das für die Grenzwertentwicklung zuständige Gremium sollte deshalb ressourcenschwächere Interessenvertreter finanziell bei der Teilnahme unterstützen, soweit deren Teilnahme für ein faires, demokratisches, partizipatives und transparentes Verfahren förderlich ist. Als finanzielle Unterstützung sind etwa angemessene Aufwandsentschädigungen oder Finanzmittel zur Beauftragung externer Sachverständiger denkbar. Außerdem sollten die Beteiligungsmöglichkeiten so zeit-schonend, niedrighschwellig und attraktiv wie möglich gehalten werden, zum Beispiel durch digitale Sitzungen. Darüber hinaus muss die interessierte Öffentlichkeit unkompliziert umfassende Informationen über anstehende und laufende Prozesse der Grenzwertsetzung erlangen können. Vertreter der Zivilgesellschaft und betroffener Bevölkerungsgruppen sollten rechtzeitig und gezielt über bevorstehende Prozesse der Grenzwertsetzung, ihre Mitwirkungsrechte und finanzielle Unterstützungsmöglichkeiten informiert werden (vgl. BIRNER et al. 2017). Hierzu sollten die Verfahrensvorschriften Regelungen vorsehen.

391. Von den Regelungen des unter Textziffer 388 vorgeschlagenen Standardsetzungsverfahrens-gesetzes sollten die Prozesse umfasst sein, in denen alle oder zumindest die wichtigsten der hoheitlichen Grenzwerte erarbeitet werden. Zu hoheitlichen Verfahren der Grenzwertsetzung zählt die Erarbeitung von Grenzwerten in Ministerien ebenso wie in staatlich eingesetzten Gremien wie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) oder der Trinkwasser-Kommission (KÖCK 2020b). Nicht betroffen

wäre hingegen die Arbeit privater Gremien, wie etwa des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN), des Vereins Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) oder der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (anders jedoch SRU 1996, Tz. 883 und 897 f., der vorschlug, eine Eingangskontrolle für die Rezeption privater Regelwerke in staatlichen Entscheidungen zu etablieren).

Materielle Prinzipien in der Grenzwertsetzung

392. Das Thema der Grenzwerte wirft nicht nur formelle, das Verfahren betreffende Fragen auf, sondern auch die materielle Frage, wonach sich die Höhe von Grenzwerten bemessen sollte. Hierzu kann auf einige der Prinzipien ökosoluter Politik (Kap. 5.2) zurückgegriffen werden.

393. So hat das Vorsorgeprinzip (Tz. 353) in der Grenzwertsetzung große Bedeutung. Wo der Staat die Wirkung oder die Dosis-Wirkungs-Schwelle eines Risikofaktors nicht genau kennt, aber eine Gefahrenvermutung hat, sollte er vorsorgeorientiert vorgehen, Risiken nach Möglichkeit vermeiden und deshalb den Grenzwert entsprechend niedrig ansetzen. Außerdem sollte gezielt dort Forschung gefördert werden, wo es zwar eine Gefährlichkeitsvermutung gibt, aber noch Wissenslücken bestehen.

394. Grenzwerte können helfen, das ökosolute Prinzip der Gerechtigkeit (Tz. 349–351) zu fördern. So bewirken immissionsbezogene Grenzwerte, soweit sie eingehalten werden, dass der Umweltzustand mit Blick auf den entsprechend regulierten Risikofaktor im gesamten Geltungsbereich des Grenzwerts eine gewisse Schädlichkeitsgrenze nicht überschreitet. Damit garantieren Immissionsgrenzwerte überall dort, wo sie gelten und vollzogen werden, eine Umweltmindestqualität, unabhängig von der sozialräumlichen Lage. Sie erhöhen somit auch die gesundheitliche Chancengleichheit (Tz. 50–59) mit Blick auf die Schadstoffexposition (Tz. 37–43).

395. Jeder gesundheitsbezogenen Grenzwertsetzung liegen Annahmen über die Dosis-Wirkungs-Beziehungen und die Bevölkerungsexposition zugrunde. Diese Annahmen stellen notwendigerweise Pauschalisierungen dar. Die darauf basierenden Grenzwerte können deshalb nicht allen Menschen gerecht werden (REHBINDER 2018, § 3 Rn. 26, 232; SPARWASSER et al. 2003, § 1 Rn. 196). Umso wichtiger ist es, dass sich die Bildung dieser Annahmen nach Kriterien richtet, die wissenschaftlich vertretbar, verfassungsrechtlich erlaubt und dem ökosoluten Prinzip der Gerechtigkeit (Tz. 349–351)

möglichst förderlich sind. Das Bedürfnis nach rechtlicher Pauschalisierung ist insbesondere mit den speziellen Gleichheitsrechten aus Art. 3 Abs. 3 GG in Einklang zu bringen. Gemäß diesen ist es grundsätzlich unzulässig, Personen etwa aufgrund von Unterschieden bei Geschlecht oder Abstammung verschieden zu behandeln (JARASS in: JARASS/PIEROTH 2022, GG Art. 3 Rn. 153). Das wäre beispielsweise der Fall, wenn ein Grenzwert auf einer Annahme zur Dosis-Wirkungs-Beziehung beruht, die sich lediglich auf männliche Personen übertragen lässt. Nicht-männliche Personen wären durch einen solchen Grenzwert eventuell schlechter geschützt (BUCHHOLZ 2006, S. 147 f.).

396. Damit sich Dosis-Wirkungs-Beziehungen, Expositionsschätzungen und andere Studienergebnisse auf die Gesamtbevölkerung übertragen lassen, muss die Population, aus der die Studienteilnehmenden rekrutiert wurden (sogenannte Source Population), auch Teil der Zielpopulation sein (sogenannte Target Population) (FOX et al. 2021). Wenn Studien ihre Teilnehmenden nur aus einem Teil der Source Population rekrutiert haben, lassen sich diese Erkenntnisse unter Umständen nicht verallgemeinern (mangelnde Generalisierbarkeit). Das ist etwa dann der Fall, wenn sich die berücksichtigte Source Population (z. B. männliche oder ältere Menschen) von der unberücksichtigten Source Population (z. B. nicht-männliche bzw. jüngere Menschen) hinsichtlich des zugrundeliegenden biologischen Mechanismus oder der (sozialbedingten) Exposition wesentlich unterscheidet. Daher sind auch im umweltbezogenen Gesundheitsschutz alters- und geschlechtersensible Forschungsansätze und Ergebnisse sowie eine Aufteilung nach Geschlecht dringend erforderlich, um die unterschiedlichen Wirkungen ableiten zu können (BOLTE et al. 2018b). Um insbesondere geschlechtsbezogenen Diskriminierungen in Form von hoheitlich gesetzten Grenzwerten vorzubeugen, sollte etwa berücksichtigt werden, dass beispielsweise hormonelle Prozesse, physiologische Merkmale und andere geschlechtsspezifische biologische Differenzen die Wirkung von Schadstoffen auf die Gesundheit beeinflussen (KRIEGER 2003; TRAILDHOFFMANN und TRIPPEL 2021; FOUILLET et al. 2006; s. Tz. 44 f.). Auch das Alter hat große Auswirkungen auf die Gesundheitswirkungen einer Exposition und sollte besondere Berücksichtigung finden. Außerdem sollte beachtet werden, dass gesellschaftliche Normen und Erwartungshaltungen sowie gesellschaftliche Machtstrukturen vielfach beeinflussen, in welchem Maße einzelne Bevölkerungsgruppen durch bestimmte Umweltfaktoren exponiert sind (KRIEGER 2003; ALTMAN et al. 2008; BUCHHOLZ 2006, S. 151 ff.; FAIR-

BURN et al. 2019, S. 1372 ff.). Möglicherweise könnten GIS-gestützte Methoden zur verteilungsbasierten Expositionsabschätzung hier hilfreich sein.

397. Im Allgemeinen sollte der Staat bei der Entwicklung von Grenzwerten jenen Bevölkerungsgruppen besondere Beachtung geben und sie am Verfahren der Grenzwertsetzung beteiligen, die für den jeweiligen Risikofaktor in besonderem Maße anfällig oder ihm gegenüber besonders exponiert sind (Tz. 46–48). So fördert er letztlich die gesundheitliche Chancengleichheit. Außerdem sollte grundsätzlich transparent dokumentiert werden, welche Unsicherheiten bei der Festlegung von Grenzwerten und Risikoabschätzungen vorlagen.

5.3.3 Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung

398. Pläne und Programme sowie behördliche Genehmigungen von Vorhaben ab einem bestimmten Größen- oder Leistungswert bedürfen seit vielen Jahren einer vorherigen Folgenabschätzung in Form einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) bzw. Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Diese Instrumente werden im UVP-Recht unter dem Oberbegriff „Umweltprüfungen“ zusammengefasst. SUP und UVP sind europarechtlichen Ursprungs und haben sich mittlerweile auch in Deutschland zu einem wichtigen Instrument bei der Abschätzung von Umwelt- und Gesundheitsfolgen entwickelt. Der Mensch und insbesondere seine Gesundheit sind ein integraler Bestandteil der Schutzgüter, auf die sich die Abschätzungen zu beziehen haben. Insofern beinhalten SUP und UVP auch Elemente des Instruments der Gesundheitsfolgenabschätzung (Tz. 399–410). In weitaus abgeschwächter Weise lässt sich das in Deutschland für das Verfahren der Gesetzesfolgenabschätzung sagen (Tz. 411–414).

399. Als Gesundheitsfolgenabschätzung oder – zumeist gleichbedeutend – als Health Impact Assessment (HIA), Gesundheitsverträglichkeitsprüfung oder gesundheitliche Wirkungsbilanz werden Verfahren bezeichnet, die dazu dienen, die Gesundheitsfolgen staatlichen Handelns zu prognostizieren und aus fachlicher sowie fachrechtlicher Sicht zu bewerten (LINDEN und TÖPPICH 2021; NOWACKI und MEKEL 2012). Gesundheitsfolgenabschätzungen betrachten staatliches Handeln hinsichtlich seiner biophysikalischen und biochemischen, seiner sozialen und seiner ökonomischen Gesundheitswirkungen sowie hinsichtlich seiner Auswirkungen auf das Ziel der Umweltgerechtigkeit und gesundheitlichen

Chancengleichheit (MEKEL 2020; HARTLIK 2020 (Stand: 2014)–a; NOWACKI und CLAßEN 2020 (Stand: 2014); NOWACKI und MEKEL 2012; AMEGAH et al. 2013). Dabei wird partizipativen Elementen eine besondere Bedeutung beigemessen (NOWACKI und MEKEL 2012). In einigen Ländern sind oder waren Gesundheitsfolgenabschätzungen in verschiedenen Ausformungen gesetzlich vorgeschrieben oder zumindest in der Verwaltungspraxis etabliert (NOWACKI und MEKEL 2012; MEKEL 2020; AMEGAH et al. 2013). In Deutschland existiert die Gesundheitsfolgenabschätzung nicht als eigenständig geregeltes Verfahren. Die bestehenden Verfahren der Folgenabschätzung beziehen sich jedoch unter anderem auf die gesundheitlichen Folgen eines Plans, eines Programms oder eines Vorhabens. Sie beinhalten somit zumindest in Ansätzen auch Gesundheitsfolgenabschätzungen und sollten nach Ansicht des SRU mit Blick auf diese Funktion weiterentwickelt werden.

Folgenabschätzungen im Rahmen von Umweltprüfungen

400. Auf Ebene der Planungs- und Zulassungsentscheidungen werden regelmäßig Umweltprüfungen durchgeführt. Laut Gesetz umfassen sie „die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der erheblichen Auswirkungen eines Vorhabens oder eines Plans oder Programms“ auf die gesetzlich genannten Schutzgüter (§ 3 UVPG). Zu diesen gehören insbesondere Schutzgüter der Umwelt – etwa die biologische Vielfalt, der Boden oder das Klima –, der Mensch und die menschliche Gesundheit sowie deren Wechselwirkungen (§ 2 UVPG).

401. Teile der Wissenschaft kritisieren allerdings, dass sich die Umweltprüfung in der Praxis häufig „auf die Einhaltung einschlägiger umweltmedienbezogener Grenzwerte, den Verlust von Siedlungs-, Wohnumfeld- und Erholungsflächen sowie deren pauschalierte Betrachtung von Beeinträchtigungen durch Schall- oder Luftschadstoffimmissionen“ (HARTLIK und MACHTOLF 2018, S. 177) beschränke (vgl. auch ebd., S. 168 ff. und 180 f.; HARTLIK 2020 (Stand: 2014)–a; HARTLIK und HELLER 2020). Andere Umweltwirkungen eines Vorhabens würden im Rahmen der Umweltprüfungen meist nicht oder nur in geringem Maße berücksichtigt.

402. Dies wäre auf mehreren Ebenen unzureichend:

- o Erstens lassen sich die Gesundheitsfolgen eines konkreten Vorhabens auf eine Betroffenengruppe mit ganz eigener Mehrfachbelastung, Mischexposition, sozialräumlicher Lage und Anfälligkeit (im Einzel-

nen Kap. 2.2) mithilfe von Durchschnittsbetrachtungen nicht verlässlich abschätzen (RIEDEL et al. 2017; RIEDEL 2021; HARTLIK und MACHTOLF 2018).

- o Zweitens ist es nicht ausreichend, allein biophysische Faktoren (z. B. Luftverschmutzung, Lärm) zu betrachten, da sich die Gesundheitsfolgen eines Vorhabens aus dem Zusammenspiel seiner physischen, psychischen, ökonomischen und sozialen Effekte ergeben (RIEDEL 2021; MEKEL 2020; NOWACKI und MEKEL 2012; NOWACKI und CLAßEN 2020 (Stand: 2014)).
- o Drittens sind fachrechtliche Grenzwerte teilweise nicht an dem Ziel der Vorsorge, sondern der Gefahrenabwehr orientiert (HARTLIK und HELLER 2020; vgl. auch CLAßEN 2020 (Stand: 2014), S. 30). Fokussieren Umweltprüfungen zu sehr auf die Einhaltung von Grenzwerten, steht dies ihrem gesetzlichen Zweck entgegen, eine „wirksame [...] Umweltvorsorge“ (§ 3 UVPG; s. a. Tz. 353–355) zu gewährleisten (HARTLIK und MACHTOLF 2018; RIEDEL et al. 2017, S. 109).
- o Viertens können auch die Ziele der Gesundheitsförderung (HARTLIK und MACHTOLF 2018; s. Tz. 348) und der Umweltgerechtigkeit (MEKEL 2020; NOWACKI und MEKEL 2012; s. Tz. 60–63) durch pauschale Betrachtungen in der Regel nicht adäquat verfolgt werden.

403. Aus diesen Gründen ist es erforderlich, dass die Umweltprüfungen nicht nur auf Grundlage pauschaler Annahmen ablaufen, sondern in ausreichendem Maße mit einbeziehen, wo sich besonders anfällige Bevölkerungsgruppen aufhalten, welche Mehrfachbelastungen und Mischexpositionen vorliegen und welche sozialräumliche Lage besteht (HARTLIK 2020 (Stand: 2014)–b, S. 33; KÜHLING 2021; RIEDEL 2021, S. 2). Auch müssen gesundheitsbelastende Auswirkungen, zu denen keine Grenz- oder Richtwerte existieren, ausreichend berücksichtigt werden. Sie treten häufig kumulativ, zusätzlich zu den projektbedingten Effekten im gleichen Wirkraum auf und sind gemäß UVPG ebenfalls zu beachten. Hierzu zählen zum Beispiel klimawandelbedingter Hitzestress und der fehlende wohnortnahe Zugang zu Frei- oder Grünflächen.

404. Dies bedeutet keine Ausweitung des gesetzlichen Prüfungsumfangs oder der fachrechtlichen Anforderungen an bestimmte Vorhaben. Vielmehr entspricht ein solches Vorgehen der derzeitigen Rechtslage. Das

UVPG verlangt, dass sämtliche Sachverhalte ermittelt, beschrieben und bewertet werden sollen, die für das spätere Planungs- bzw. Zulassungsverfahren entscheidungserheblich sind (§§ 3, 16 Abs. 1, 3 und 4, 25 Abs. 1 und 2, 39 Abs. 2, 40 Abs. 3, 43 Abs. 1 UVPG; SCHLACKE 2021, § 5 Rn. 66; KAHL/GÄRDITZ 2021, § 4 Rn. 104; PETERS/BALLA/HESELBARTH 2019, UVPG § 16 Rn. 8 ff.). Der Umfang der Umweltprüfung richtet sich also danach, ob die gewonnenen Informationen im anschließenden Planungs- bzw. Zulassungsverfahren Auswirkungen auf das Verfahrensergebnis haben können. Zu diesen Informationen können schon nach heutiger Rechtslage ortsbezogene Kenntnisse über besondere Anfälligkeiten, Mehrfachbelastungen, Mischexpositionen und die sozialräumliche Lage gehören. Sie sind in späteren Planungs- und Zulassungsverfahren immer dann entscheidungserheblich, wenn es in diesen Verfahren auch auf die Gesundheitswirkungen eines Vorhabens ankommt und diese Gesundheitswirkungen nicht hinreichend durch Ausführungsvorschriften mit Grenz-, Richt- oder Orientierungswerten bestimmt sind. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn für einen sogenannten unbestimmten Rechtsbegriff, etwa „schädliche Umwelteinwirkungen“, überhaupt keine oder keine umfassenden zwingenden Grenzwerte vorliegen (Tz. 384). Ferner sind solche ortsbezogenen Kenntnisse entscheidungserheblich, wenn die Behörde einen Beurteilungs-, Ermessens- oder Abwägungsspielraum hat (HARTLIK und MACHTOLF 2018, S. 185 ff.; RIEDEL et al. 2017, S. 109 f.; KÖCK und DILLING 2018, S. 594). Besonders deutlich wird das dann, wenn sich gesetzliche Bestimmungen nicht auf Grenzwerte beziehen, sondern Ziele setzen. So geht es im Fall von § 1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB darum, das Ziel der gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse in Abwägung mit anderen gesetzlichen Zielen soweit wie möglich zu fördern, also auch unterhalb gesetzlicher Grenzwerte weiter zu verbessern. In diesen Fällen können ortsbezogene Kenntnisse über besondere Anfälligkeiten, Mehrfachbelastungen, Mischexpositionen und die sozialräumliche Lage Auswirkungen auf das Ergebnis der Planungs- und Zulassungsverfahren haben, das heißt entscheidungserheblich sein. Werden diese Sachverhalte in der Umweltprüfung nicht in ausreichendem Maße ermittelt, beschrieben und bewertet, entspricht die Umweltprüfung nicht den Vorgaben des UVPG.

405. Der Bund sollte umfassend ermitteln, inwieweit die genannte Kritik aus der Wissenschaft (Tz. 401) zutrifft, dass die Umweltprüfungen in der Praxis nur unzureichend ausgeführt werden. Sollte sich herausstellen, dass die Behörden den Vorgaben des UVPG in der Pra-

xis nicht umfassend nachkommen und insbesondere ortsbezogene Gegebenheiten wie besondere Anfälligkeiten, Mehrfachbelastungen, Mischexpositionen und die sozialräumliche Lage nur unzureichend in die Prüfung miteinbeziehen, kann der Bund gegensteuern. Dazu könnte der Bundesgesetzgeber die entsprechende rechtliche Verpflichtung im UVPG oder in Anlage 4 zum UVPG klarstellen und konkretisieren. Besondere Anfälligkeiten gegenüber Umweltwirkungen, etwa bei Kindern, alten Menschen, Schwangeren oder Kranken, sind allerdings individuell und lassen sich deshalb nur schwer ermitteln. Hier wäre es denkbar, jene Orte auszumachen, an denen sich besonders anfällige Menschen regelmäßig für längere Zeit aufhalten (Krankenhäuser, Kuranlagen, Kindergärten, Schulen etc.). Zusätzlich könnte die Bundesregierung die Verwaltungsvorschrift zum UVPG dahingehend ändern. Von grundlegender Bedeutung wäre außerdem, unter das Schutzgut „Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit“ in § 2 Abs. 1 UVPG durch „die Bevölkerung und die menschliche Gesundheit“ zu ersetzen. Diese Formulierung findet sich auch in der UVP-Richtlinie. Dies würde verdeutlichen, dass besonders anfällige Gruppen gemeint sind und nicht nur auf durchschnittliche körperliche Belastungsgrenzen abgestellt werden darf. Ähnliche Konkretisierungen bieten sich auch für die baurechtliche Umweltprüfung in § 2 Abs. 4 BauGB sowie in Anlage 1 des BauGB an.

406. Um die erforderlichen ortsbezogenen Kenntnisse (Tz. 403) zu erlangen, sind ortsbezogene Gesundheits- und Sozialdaten nötig. Diese sind vom Vorhaben- bzw. Planungsträger zu ermitteln. Dies entspricht der bisherigen Regelungslage (§§ 16 Abs. 1, 40 Abs. 1 UVPG, § 2 Abs. 4 BauGB) und dem Verursacherprinzip (Tz. 352). Dabei hat die Behörde in einem Verfahren mit integrierter UVP alle zweckdienlichen Informationen zur Verfügung zu stellen (§ 15 Abs. 1 UVPG). Insbesondere Daten zu Sozial- oder Umweltindikatoren liegen den zuständigen Ämtern vielfach vor. Wurde vor Ort zusätzlich ein integriertes Monitoring über die Umwelt-, Gesundheits- und Sozialdaten durchgeführt, wie es der SRU vorschlägt (Abschn. 7.1.2), könnten dem Vorhaben- bzw. Planungsträger nahezu alle benötigten Daten zur Verfügung gestellt werden. Auch die Daten der „Fachpläne Gesundheit“, deren Aufstellung der SRU empfiehlt (Tz. 475 f.), würden im Rahmen der Umweltprüfungen Berücksichtigung finden.

407. Was den Umfang der zu ermittelnden Daten angeht, kann man sich an der aktuellen Rechtslage orientieren. Danach muss der Ermittlungsaufwand des Anlagen-

betreibers in einem angemessenen Verhältnis zu möglichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter und zum Gesamtinvestitionsvolumen des Vorhabens stehen (§ 16 Abs. 5 S. 2 UVPG; REIDT/AUGUSTIN in: SCHINK/REIDT/IMITSCHANG 2018, UVPG § 16 Rn. 45). Dieser Grundsatz könnte mit Blick auf Gesundheits- und Sozialdaten weiter konkretisiert werden. So könnte in Anlage 4 zum UVPG bzw. in Anlage 1 zum BauGB eine Stufenordnung festgelegt werden. Demnach wären bestimmte Gesundheits- und Sozialdaten nur zu ermitteln, wenn es sich um besonders gesundheitsrelevante Vorhabentypen handelt, wenn im Wirkkreis eine bestimmte Bevölkerungsdichte besteht oder wenn besondere Umstände des Einzelfalls eine ausführliche Datenerhebung als erforderlich erscheinen lassen. Letzteres wäre insbesondere der Fall, wenn sich im Wirkkreis des geplanten Vorhabens schon andere gesundheitsbelastende Vorhaben befinden oder Einrichtungen existieren, in denen sich besonders anfällige Gruppen dauerhaft aufhalten (z. B. Kindergärten oder Pflegeheime). Eine solche abgestufte Datenermittlungspflicht sichert die Verhältnismäßigkeit der Umweltprüfung und schützt vor unnötigen Verfahrensverzögerungen.

408. Der Projektträger ist darauf angewiesen, dass allgemein anerkannte wissenschaftliche Methoden existieren, um die benötigten ortsbezogenen Kenntnisse (Tz. 403) zu erlangen. Ist das in unzureichendem Maße der Fall, sollte die Bundesregierung die Erarbeitung entsprechender Fachkonventionen anregen oder selbst die anzuwendenden Methoden in Rechtsverordnungen oder Verwaltungsvorschriften vorschreiben.

409. Neben diesen Änderungen zum Umfang von Umweltprüfungen sollte auch die Regelung, in welchen Fällen eine UVP durchzuführen ist, modifiziert werden. Ein Vorhabenträger sollte auch dann zur UVP verpflichtet sein, wenn sich am Standort bereits besonders gesundheitsrelevante Anlagen befinden, sodass Mehrfachbelastungen oder Mischexpositionen zu erwarten sind. Außerdem sollte eine UVP-Pflicht bestehen, wenn sich besonders anfällige Gruppen dauerhaft im Einwirkungsbereich der Anlage aufhalten. Der SRU empfiehlt, diese Kriterien in Anlage 3 Nr. 2.3 zum UVPG zu ergänzen, damit sie in der Vorprüfung gemäß § 7 UVPG berücksichtigt werden.

410. Im Zuge der Beschleunigungsbestrebungen mit dem Ziel eines zügigen Ausbaus gesundheits- und umweltgerechterer Infrastrukturen (Erneuerbare-Energien-Anlagen, Bahntrassen, Wärmenetze etc.) sehen sich derzeit sämtliche Verfahrensvorgaben einem besonderen

Rechtfertigungsdruck ausgesetzt. Auch die Umweltprüfungen sind davon nicht ausgenommen. Dabei sollte jedoch Berücksichtigung finden, dass sie ebenfalls dem Umwelt- und Gesundheitsschutz dienen. Die Beschleunigung von Umweltprüfungen sollte nicht zulasten von Umwelt und Gesundheit gehen (vgl. etwa die Regelungsvorschläge bei HARTLIK 2022).

Folgenabschätzungen für Gesetzesentwürfe und politische Vorhaben

411. Umweltfolgenabschätzungen dienen letztlich der Rationalisierung von Entscheidungen. Insofern sind sie auch bei Entscheidungen der Rechtssetzung, wie insbesondere der Gesetzgebung, sinnvoll und notwendig. Zwar kennt das System der Umweltprüfungen neben der UVP auch die SUP, welche dazu dient, gesetzlich bestimmte Arten von Plänen und Programmen auf ihre Umweltauswirkungen hin zu überprüfen. Davon sind jedoch „Pläne und Programme mit „Policy-Charakter““ (FAßBENDER 2018), das heißt Gesetzesentwürfe oder politische Vorhaben, nicht umfasst. Dies ist in den ihnen zugrundeliegenden EU-Richtlinien auch nicht vorgesehen. Deshalb gilt es, andere Instrumente zu stärken bzw. zu entwickeln, die eine sogenannte Gesetzesfolgenabschätzung effektiv ermöglichen.

412. Auch Gesetzesentwürfe und politische Vorhaben auf Bundesebene sollten systematisch im Hinblick auf Konsequenzen für Umwelt und Gesundheit überprüft werden. Das Wissen über konkrete Auswirkungen und mögliche Alternativen kann wissenschaftliches Handeln der Politik unterstützen (UBA 2018c; AMEGAH et al. 2013). Es befähigt außerdem die Zivilgesellschaft, politische Entscheidungen und ihre Folgen für Umwelt und Gesundheit nachzuvollziehen und kritisch zu diskutieren (AMEGAH et al. 2013; zum Einbezug der Zivilgesellschaft s. a. Tz. 625). Belange des Umwelt- und Gesundheitsschutzes erlangen so ein angemessenes Gewicht im Prozess der demokratischen Willensbildung (UBA 2018c). Gesetzesfolgenabschätzungen bezwecken also nicht nur, dass sich der Staat über die Folgen seiner Gesetzesvorhaben bewusst wird. Sie ermöglichen auch, dass er schon während der Erarbeitung von Gesetzen mit der Öffentlichkeit über jene fachlichen Annahmen und Folgeabschätzungen diskutiert, auf denen seine Gesetzesüberlegungen beruhen. Diese Annahmen sollten deshalb zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in der Erarbeitungsphase mit der Öffentlichkeit geteilt werden. Nur wenn sich etwa Umweltverbände frühzeitig mit ihrer abweichenden Folgenprognose einbringen können, können sie den Entscheidungsprozess auch fachlich bereichern, anstatt nur dessen Ergebnisse zu kritisieren.

Letztlich ermöglichen Gesetzesfolgenabschätzungen damit Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Erarbeitung von Gesetzen.

413. In der Praxis findet eine Gesetzesfolgenabschätzung, die diesen Anforderungen genügt, jedoch nicht statt (SRU 2019a). Entsprechend der Gemeinsamen Geschäftsordnung der Bundesministerien (GGO) muss die Gesetzesbegründung zumindest alle wesentlichen Auswirkungen eines Gesetzes darstellen, auch unbeabsichtigte Nebenfolgen und speziell auch Wirkungen auf „nachhaltige Entwicklung“ (§ 44 Abs. 1 S. 4 GGO). Mit dieser Formulierung wird auf die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie verwiesen (vgl. BMI 2009; SRU 2019a, Tz. 320), die verschiedene Gesundheitsbezüge aufweist. Insofern enthält die GGO in Ansätzen eine Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung für Gesetze. Es ist allerdings zu beobachten, dass die Pflicht zur Gesetzesfolgenabschätzung in der Praxis eher als formale Anforderung betrachtet wird, die es noch „abzuhaken“ gilt. Somit wird die Folgenabschätzung regelmäßig erst dann durchgeführt, wenn der Gesetzesentwurf schon inhaltlich ausgearbeitet wurde. Die Ergebnisse der Folgenabschätzung dienen weniger der kritischen Reflektion und der Abwägung verschiedener Ausgestaltungsoptionen, sondern eher der nachträglichen Rechtfertigung einer schon gefällten Entscheidung. Dementsprechend werden in der Gesetzesbegründung regelmäßig auch keine negativen Umweltauswirkungen genannt, sondern nur

formelhaft postuliert, dass das Regelungsvorhaben zu einer nachhaltigen Entwicklung beitrage (SRU 2019a, Tz. 320; vgl. auch SRU 2015, Tz. 597; 2012a, Tz. 698 ff.).

414. Ziel muss es stattdessen sein, die Gesetzesfolgenabschätzung schon in den Prozess der Gesetzesausarbeitung zu integrieren und ihr so zu mehr Wirksamkeit zu verhelfen. Dazu hat der SRU schon in der Vergangenheit zu verschiedenen Reformen geraten (SRU 2019a; 2012a, Tz. 701). Kurzfristig kann die Bundesregierung dafür sorgen, dass die Folgenabschätzung schon auf den Referentenentwurf angewendet wird, dass ihre Qualität verbessert wird und dass ihre Ergebnisse umfassend und wirklichkeitsgetreu veröffentlicht werden. Mittelfristig sollte das Instrument der Gesetzesfolgenabschätzung nach dem Vorbild des Impact-Assessment-Verfahrens der EU weiterentwickelt werden (vgl. näher PODHORA und FERRETTI 2020 (Stand: 2014)). Der Gesetzgeber sollte die Gesetzesfolgenabschätzung dazu rechtlich stärker verankern und umfassend regeln. Dabei sollte er Anforderungen an Transparenz und Qualität der Folgenabschätzung bestimmen. Es ist zu empfehlen, dass sich die Regelungen auf sämtliche Gesetzesentwürfe beziehen, unabhängig davon, ob sie durch die Bundesregierung, durch den Bundesrat oder aus der Mitte des Bundestages eingebracht werden (Art. 76 Abs. 1 GG). In letzterem Fall wäre darauf zu achten, das freie Mandat der oder des Abgeordneten (Art. 38 Abs. 1 S. 2 GG) zu wahren.

6

Eine nachhaltige Chemikalienpolitik für eine gesunde Umwelt

Für eine nachhaltige und gesundheitsförderliche Umwelt müssen die Einträge von Schadstoffen reduziert werden. Dabei spielt die europäische Chemikalienregulierung eine bedeutende Rolle. Sie hat durch die Neuorientierung der europäischen Schadstoffpolitik, insbesondere durch den Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ und die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit entscheidende Impulse zur Weiterentwicklung bekommen. Wichtige Aspekte sind dabei die Bewältigung der sehr großen Informationsdefizite bei der Registrierung von Chemikalien, ihre vorsorgende und effiziente Bewertung sowie die Abschätzung des Umwelt- und Gesundheitsrisikos durch Chemikalienmischungen.

415. Die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden gehört neben Klimawandel und Biodiversitätsverlust zu den großen Umweltkrisen unserer Zeit (PERSSON et al. 2022). Anthropogene, das heißt vom Menschen verursachte Einträge, die die Umweltmedien belasten, werden im Konzept der planetaren Grenzen als „novel entities“ bezeichnet (ebd.). Der Begriff „novel entities“ umfasst Chemikalien, geht aber noch darüber hinaus, indem er auch alle Arten neuartiger Stoffe, zum Beispiel auch neuartige Organismen einschließt (STEFFEN et al. 2015, S. 6). Der anthropogene Eintrag von neuartigen

Stoffen in die Umwelt ist auf globaler Ebene insbesondere dann besorgniserregend, wenn die Stoffe persistent sind, eine hohe Mobilität und weite Verbreitung aufweisen sowie potenziell schädliche Auswirkungen auf lebenswichtige Prozesse des Erdsystems haben (ebd.). Die Verschmutzung von Böden und Gewässern durch Chemikalien ist weltweit ein stetig zunehmendes Problem (WBGU 2023, Kap. 5.2). Für Deutschland und Europa zeigen Umweltbeobachtungen und Umweltsurveys, dass die Menschen und die Umwelt durch verschiedene alte und neue Chemikalien belastet sind (zur Belastung in Deutschland s. Abschn. 2.3.1 und Abschn. 3.3.1 für das Bsp. PFAS).

416. Chemikalien werden in einer Vielzahl von Verbraucherprodukten und industriellen Prozessen verwendet. Einträge in die Umwelt erfolgen an „verschiedenen Stellen in der Wertschöpfungskette, von der Gewinnung des Rohmaterials über die Produktion und Weiterverarbeitung bis hin zu Konsum und Entsorgung“ (BMUV 2021b). Weltweit hat sich die Produktionskapazität der chemischen Industrie von 2000 bis 2017 fast verdoppelt (UNEP 2019, S. 27). Für Europa wird ein weiteres Wachstum der Produktion von Chemikalien bis 2030 erwartet; außerhalb Europas wird von einer Verdreifachung der Produktion zwischen 2010 und 2050 aus-

gegangen (EEA 2019a, S. 240). Nach Einschätzung von PERSSON et al. (2022) ist die Belastungsgrenze für „novel entities“ überschritten, „weil die zunehmende Produktionsrate und die Freisetzung größerer Mengen und einer größeren Anzahl neuartiger Stoffe mit unterschiedlichem Risikopotenzial die Fähigkeit der Gesellschaft übersteigen, sicherheitsbezogene Bewertungen und Überwachungen durchzuführen“ (ebd., eigene Übersetzung).

417. Auch der European Green Deal befasst sich mit der Problematik der Umweltverschmutzung: Er legt als ein drittes Ziel, neben Klimaschutz und -anpassung sowie intakten Ökosystemen und biologischer Vielfalt, eine schadstofffreie Umwelt für alle EU-Bürger:innen fest (Europäische Kommission 2019, S. 4). Damit verleiht die Europäische Kommission dem Thema Umwelt und Gesundheit zusätzliches Gewicht. Für die schadstofffreie Umwelt wird ein Null-Schadstoff-Ziel formuliert. Rechtlich verankert wurde dieses Ziel im 8. Umweltaktionsprogramm der EU (Europäische Kommission 2020i, Art. 2 Abs. 2) und präzisiert und weiterentwickelt durch den Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ (EU Action Plan: „Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil“, kurz: Zero Pollution Action Plan (ZPAP), s. Europäische Kommission 2021f; s. a. Kap. 6.1). Für das Ziel einer schadstofffreien Umwelt muss auch der Umgang mit Chemikalien neu überdacht werden, wie im Kapitel 3.3 am Beispiel der Probleme durch die Belastung mit PFAS verdeutlicht wurde. Die von der Europäischen Kommission veröffentlichte Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit greift diese Problematik auf und weist den Weg hin zu einer nachhaltigen Chemikalienpolitik (Kap. 6.2).

418. Eine besondere Bedeutung hat dabei die geplante Überarbeitung der europäischen Chemikalienverordnung REACH (Kap. 6.3). Gemäß dieser Verordnung, die in Deutschland unmittelbar wirksam ist, darf eine Chemikalie in Mengen von einer Tonne oder mehr in der EU erst vermarktet werden, wenn sie registriert wurde (Tz. 433). Anhand der Informationen aus dem Registrierungsdossier wird entschieden, ob Managementmaßnahmen festgelegt werden müssen, um die gesundheits- und umweltsichere Anwendung des Stoffes zu gewährleisten. Kapitel 6.3 fokussiert auf die Frage, ob die Ermittlung von Stoffrisiken und die Stoffbewertung im Rahmen von REACH aus Sicht des Umwelt- und Gesundheitsschutzes ausreichend sind. Die fundierte und vorsorgeorientierte Stoffbewertung ist Voraussetzung für adäquate Managementmaßnahmen. Zudem ist entscheidend, dass auch der Umgang mit den regu-

lierten Stoffen, beispielsweise bei der Abfallverwertung und -beseitigung, in sicherer Weise erfolgt. Dieser relevante Problemkreis wird hier aber nicht thematisiert.

6.1 Der Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“

419. Mit dem ZPAP sollen in der EU bis 2050 die Verschmutzungen von Luft, Wasser und Boden so weit reduziert werden, dass sie nicht länger schädlich für die menschliche Gesundheit und die natürlichen Ökosysteme sind und so eine schadstofffreie Umwelt geschaffen wird (Europäische Kommission 2021f). Der Aktionsplan betrachtet damit den Schutz vor Umweltverschmutzungen gleichrangig neben dem Schutz vor Klimawandel und Biodiversitätsverlust (UBA 2021k, S. 5). Als Verschmutzung werden neben Stoffeinträgen auch Erschütterungen, Hitze und Lärm angesehen (Europäische Kommission 2021f, S. 1, Fn. 1). Medien-, stoff- und anlagenübergreifend benennt der Aktionsplan alle laufenden und geplanten EU-Maßnahmen, die das Ziel haben, die Schadstoffbelastung für den Menschen und die Umwelt zu verringern und gibt somit einen umfassenden Überblick über die entsprechenden Aktivitäten in der EU.

420. Der Aktionsplan soll ein Kompass sein, um die Vermeidung von Umweltverschmutzung in alle maßgeblichen politischen Strategien der EU zu implementieren (Europäische Kommission 2021f, S. 4). Um das Ziel eines gesunden Planeten für alle bis 2050 zu erreichen, werden im Aktionsplan Ziele aufgeführt, die zur Beschleunigung der Schadstoffreduzierung beitragen und bis 2030 erreicht werden sollen (Kasten 6-1). Bei diesen Zielen setzt der ZPAP allerdings keine neuen Akzente, sondern greift auf bereits bestehende Regulierungen und Zielsetzungen zurück. Die Europäische Kommission führt 33 Maßnahmen auf, darunter zum Beispiel die Überarbeitung der Quecksilberregulierung, der Industrieemissions- und der Luftqualitätsrahmenrichtlinie (Europäische Kommission 2021a). Neu ist das geplante integrierte „Zero Pollution Monitoring and Outlook Framework“. 2022 erschien der erste „Zero Pollution Monitoring and Outlook Report“ (Europäische Kommission 2022d), 2024 soll der zweite folgen (ebd.). Diese Monitoringberichte sind wichtig, weil sie Anknüpfungspunkte und Begründungen für notwendige Regulierungen darstellen.

Kasten 6-1 Die im ZPAP aufgeführten Ziele für 2030

Gemäß den EU-Rechtsvorschriften, den Zielen des Green Deals sowie in Synergie mit anderen Initiativen soll die EU bis 2030 Folgendes erreichen:

- eine Reduzierung der gesundheitlichen Auswirkungen (vorzeitige Todesfälle) der Luftverschmutzung um mehr als 55 %
- eine Reduzierung des Anteils der durch Verkehrslärm chronisch beeinträchtigten Menschen um 30 %
- eine Reduzierung der Anzahl der Ökosysteme in der EU, in denen die biologische Vielfalt durch Luftverschmutzung bedroht ist, um 25 %
- eine Senkung der Nährstoffverluste, des Einsatzes und der Risiken chemischer Pestizide, des Einsatzes gefährlicher Pestizide sowie des Verkaufs von für Nutztiere und für die Aquakultur bestimmte Antibiotika um 50 %
- eine Reduzierung von Kunststoffabfällen im Meer um 50 % und eine Reduzierung des in die Umwelt freigesetzten Mikroplastiks um 30 %
- eine erhebliche Senkung des gesamten Abfallaufkommens und eine Reduzierung von Restmüll* um 50 %

(Europäische Kommission 2021f, angepasst; * In der deutschen Übersetzung des ZPAP wird der Begriff „Siedlungsabfälle“ für „residual municipal waste“ verwendet. Der korrekte Begriff ist aber „Restmüll“, s. a. Europäische Kommission o. J.).

421. Im Aktionsplan geht es nur um die Verbesserung bestehender Regulierungen, es gibt keinen regulierungsübergreifenden Ansatz, der den ganzen Lebensweg eines Schadstoffes betrachtet (s. hierzu die Kritik bei UBA 2021k, S. 5). Aus Sicht des SRU könnte dies jedoch einen solchen Aktionsplan auch überfrachten. Allerdings ist es richtig, dass für das Ziel der Schadstofffreiheit, neben den Verbesserungen bei den bestehenden Regulierungen, eine tiefere Transformation des menschlichen Verhaltens und unserer Gesellschaft erforderlich ist (ebd., S. 26 f.).

422. Der SRU begrüßt den ZPAP als einen ambitionierten Aktionsplan, der ein klares Ziel für den Bereich Umwelt und Gesundheit setzt. Mit seinem ambitionierten Ziel der Schadstofffreiheit ist er ein guter Kompass für die langfristige Vision einer schadstofffreien Umwelt (s. a. UBA 2021k, S. 27). Gleichzeitig verbindet er die verschiedenen bestehenden Strategien, die zu diesem Ziel beitragen. Zu den dafür relevanten Strategien gehören zum Beispiel die Farm to Fork-Strategie (Europäische Kommission 2020d), die neue Industriestrategie für Europa (Europäische Kommission 2020g) und der Kreislaufwirtschaftsaktionsplan (Europäische Kommission 2020f). Die Leitbilder Zero Pollution und Kreislaufwirtschaft sollten auch international etabliert werden, um weltweit die Verschmutzungen durch gefährliche Stoffe zu bekämpfen (WBGU 2023, Kap. 5.2.4.1). Für das Ziel, eine schadstofffreie Umwelt zu erreichen, ist ein nachhaltiges Management von Chemikalien zentral. Hierzu hat die Europäische Kommission mit ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit einen wichtigen Grundstein gelegt.

6.2 Die europäische Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit

423. Im Oktober 2020 verabschiedete die Europäische Kommission eine neue Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit (Europäische Kommission 2020e). Die Kommission bezeichnet diese Strategie als ersten Schritt in Richtung des Null-Schadstoff-Ziels, das im European Green Deal angekündigt worden war („Grüner Deal: Kommission verabschiedet neue Chemikalienstrategie für eine schadstofffreie Umwelt“, Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom 14. Oktober 2020). Die Ziele der Strategie sind zum einen, in der EU einen besseren Schutz für Mensch und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien zu erreichen. Zum anderen möchte die Europäische Kommission Innovationen für sichere und nachhaltige Chemikalien fördern (Europäische Kommission 2020e, S. 3 f.). In der Strategie weist die Kommission darauf hin, dass viele Chemikalien mit gefährlichen Eigenschaften die menschliche Gesundheit und die Umwelt belasten. Gleichzeitig betont sie, wie wichtig Chemikalien für unser Wohlbefinden, für den Gesundheitsschutz, unsere Sicherheit und für die grüne und digitale Wende der europäischen Wirtschaft und Gesellschaft sind. Nicht zuletzt wird auf die Bedeutung der chemischen Industrie in Europa hingewiesen: 2018 war Europa der zweitgrößte Chemikalienhersteller (16,9 %

des weltweiten Umsatzes) und die Chemikalienherstellung ist der viertgrößte Industriezweig in der EU, in dem rund 1,2 Millionen Menschen direkt beschäftigt sind (ebd., S. 1 f.). Die Europäische Kommission folgert daraus, dass „mehr Innovation für die grüne Wende der chemischen Industrie und ihrer Wertschöpfungsketten erforderlich [ist]“ (ebd., S. 3). Die derzeitige Chemikalienpolitik der EU müsse „weiterentwickelt werden und schneller und wirksamer auf die Herausforderungen reagieren, die mit gefährlichen Chemikalien verbunden sind“ (ebd.).

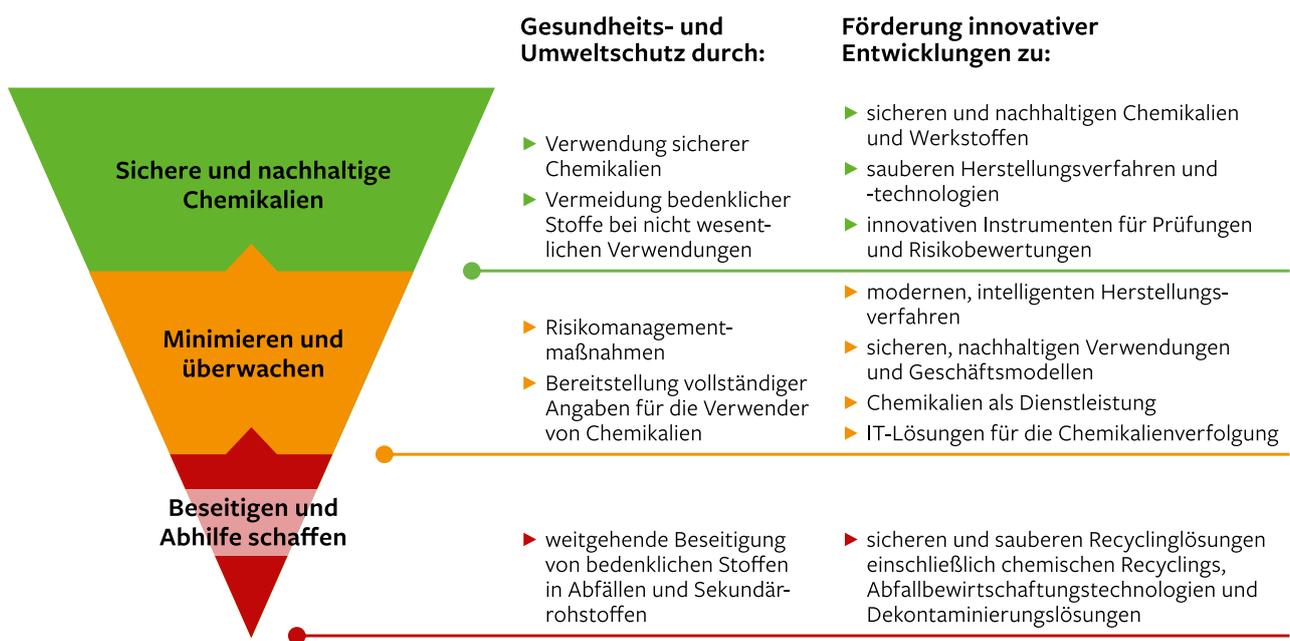
424. In der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit wird dafür eine neue Hierarchie der Schadstofffreiheit vorgeschlagen (Europäische Kommission 2020e, S. 5; s. Abb. 6-1). Entsprechend dieser Hierarchie sollte es zunächst das Ziel sein, nur noch sichere und nachhaltige Chemikalien zu verwenden. Die verbleibende Verwendung gesundheits- und umweltschädlicher Stoffe muss minimiert und überwacht werden. Chemikalien mit chronischer Wirkung für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sollen so wenig wie möglich verwendet und so weit wie möglich substituiert werden (Europäische Kommission 2020e, S. 3 f.). Dazu gehören „auch Stoffe, die verhindern, dass durch Recycling sichere, hochwertige Sekundärrohstoffe gewonnen werden können“ (ebd., S. 4). Für nicht wesentliche gesellschaftliche Verwendungszwecke, insbesondere bei Verbraucher-

produkten, muss nach und nach auf die schädlichsten Chemikalien verzichtet werden. Bedenkliche Stoffe in Abfällen und Sekundärrohstoffen sollten weitestgehend beseitigt werden (ebd., S. 5).

425. Entsprechend der obersten Stufe dieser Hierarchie möchte die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit erreichen, dass zukünftig nur noch inhärent sichere und nachhaltige Chemikalien und Materialien („Safe and Sustainable by Design“ (SSbD), s. a. PATINHA CALDEIRA et al. 2022) verwendet werden. Dieses vorsorgeorientierte Konzept ist die Grundlage für eine nachhaltige Chemikalienpolitik. Es ist auch für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft notwendig, denn diese ist auf schadstofffreie oder schadstoffreduzierte Produkte angewiesen, damit sich Schadstoffe nicht im Kreislauf anreichern können. Der SRU begrüßt diese Neuorientierung der europäischen Chemikalienpolitik. Ein entsprechender Rahmen für die Entwicklung von inhärent sicheren und nachhaltigen Chemikalien ist gerade für Deutschland als einem Land mit einer starken chemischen Industrie wichtig. Damit können die notwendigen Anreize für eine nachhaltige Chemie gesetzt werden. Für die Umsetzung des SSbD-Konzeptes müssen aber noch viele innovative Lösungen erforscht werden. Mit der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit sollen diese Innovationen gefördert werden. Als einen ersten Schritt hat die Europäische Kommission

o **Abbildung 6-1**

Die neue Hierarchie der Schadstofffreiheit beim Chemikalienmanagement



Quelle: Europäische Kommission 2020e, S. 5, verändert

einen Bewertungsrahmen für inhärent sichere und nachhaltige Chemikalien und Materialien und eine Empfehlung zu einer zweijährigen Erprobungsphase des Bewertungsrahmens vorgelegt (Europäische Kommission 2022f).

426. Insgesamt bietet die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit eine große Chance, dem Ziel einer schadstofffreien Umwelt näher zu kommen. Allerdings muss sie dazu auch zügig umgesetzt werden. Dies sieht auch der Rat der Europäischen Union so und hat die Europäische Kommission und die Mitgliedstaaten in seinen Schlussfolgerungen zur Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit angemahnt, die Strategie ohne unnötige Verzögerung zu realisieren (Rat der Europäischen Union 2021, S. 8). Der VCI befürchtet hingegen weitreichende Konsequenzen für die chemische Industrie und für die Verwender ihrer Produkte (VCI 2020). Inzwischen ist der Zeitplan für die Überarbeitung der REACH-Verordnung bereits um ein Jahr verschoben worden (Tz. 438).

427. Die Europäische Kommission möchte im Rahmen der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit insgesamt 56 Maßnahmen ergreifen, die fünf Bereichen zugeordnet sind: 1) innovative Lösungen für sichere und nachhaltige Chemikalien in der EU, 2) stärkerer EU-Rechtsrahmen zur Bewältigung dringender Umwelt- und Gesundheitsprobleme, 3) Vereinfachung und Konsolidierung des Rechtsrahmens, 4) eine umfassende Wissensbasis für Chemikalien und 5) Vorbild für ein weltweites verantwortungsvolles Chemikalienmanagement (Europäische Kommission 2020a; zu Vorschlägen für eine neue Chemikalien-Governance mit internationalem Zulassungsregime s. a. WBGU 2023, Kap. 5.2.4.3).

428. Insbesondere in den Bereichen 2) und 3) werden Maßnahmen aufgeführt, die sich auf eine Überarbeitung der europäischen Chemikalienverordnung REACH beziehen. Zu den Maßnahmen, die das Ziel haben, die Bewertung von Chemikalien vorsorgeorientierter und effizienter zu gestalten sowie die Abschätzung des Umwelt- und Gesundheitsrisikos durch Chemikalienmischungen zu verbessern, gehören die folgenden Vorschläge (Europäische Kommission 2020a, S. 2 ff.):

- „Änderung der REACH-Verordnung, um sicherzustellen, dass bei allen Registrierungen von Stoffen im Rahmen der REACH-Verordnung Konformitätsprüfungen durchgeführt werden“ (ebd.) und dass bei Nichteinhaltung der Konformität die Registrierungsnummern widerrufen werden können (Abschn. 6.3.1);

- Erweiterung des allgemeinen Ansatzes für das Risikomanagement (sog. Generic approach, Abschn. 6.3.2), um sicherzustellen, dass Verbraucherprodukte keine Chemikalien enthalten, die als besonders besorgniserregend gelten, sowie gegebenenfalls Ausweitung des gleichen Ansatzes auf weitere schädliche Chemikalien und auf berufliche Verwendungen;
- Ergänzung der Liste der Kriterien für besonders besorgniserregende Stoffe (Substances of Very High Concern – SVHC) um weitere gefährliche Eigenschaften (Abschn. 6.3.2);
- Prüfung der Möglichkeit, einen oder mehrere Allokationsfaktoren für Gemische in Anhang I der REACH-Verordnung aufzunehmen (Abschn. 6.3.3).

429. Für die Vermeidung schädlicher Chemikalieneinträge in die Umwelt ist zudem ein Vorschlag relevant, der sich auf PFAS bezieht. Darin wird vorgeschlagen, die Verwendung von PFAS im Rahmen der REACH-Verordnung bei allen nicht wesentlichen Verwendungszwecken, auch in Verbraucherprodukten, zu beschränken (Europäische Kommission 2020a; s. dazu ausführlich Tz. 198 ff.).

6.3 Neue Ansätze zur Bewertung und Zulassung von Chemikalien unter REACH

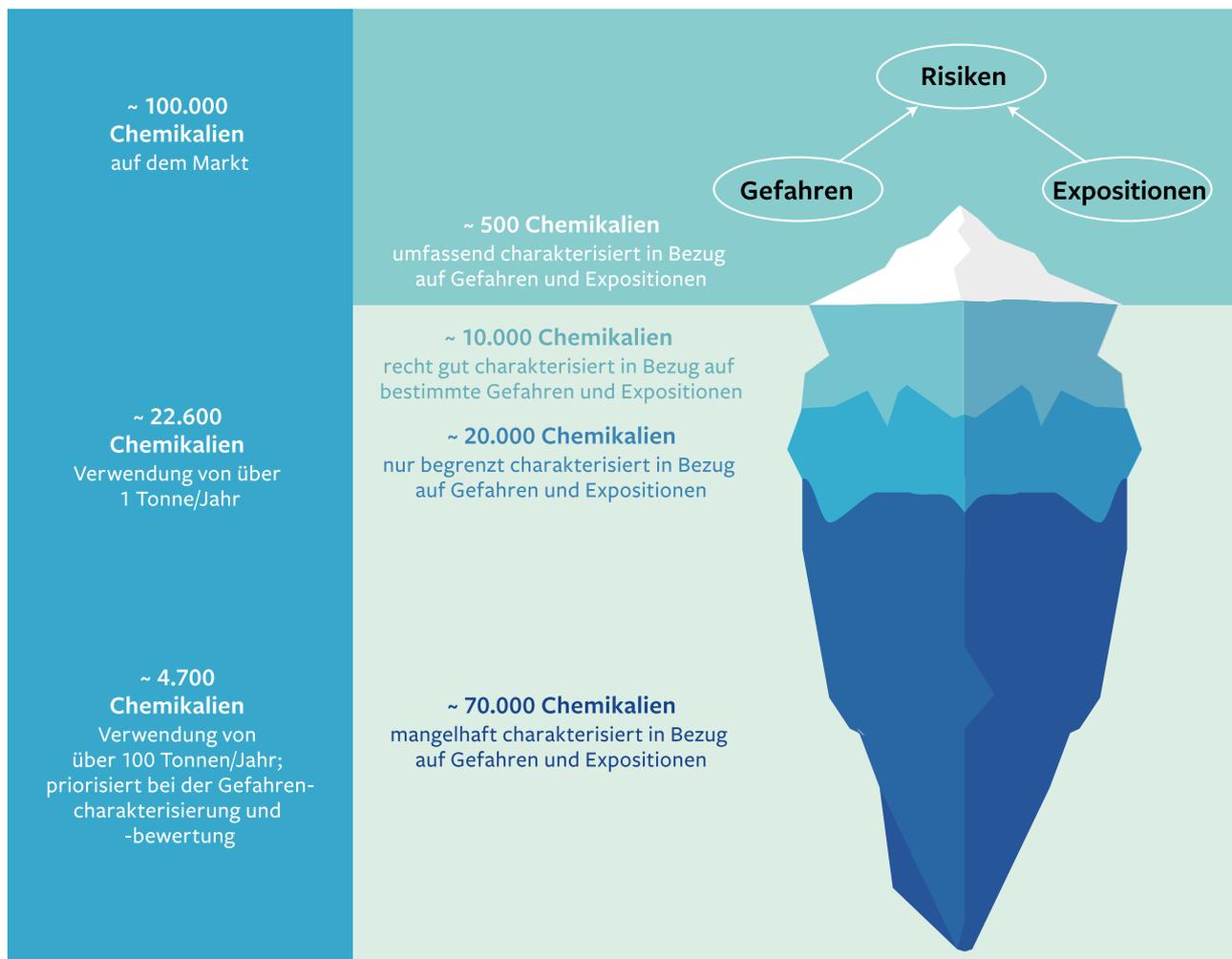
430. Chemikalien werden in der EU durch rund vierzig verschiedene Rechtsakte adressiert (Europäische Kommission 2020e, S. 3). Dazu gehören zum Beispiel die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Classification, Labelling and Packaging – CLP), die Rechtsvorschriften über Karzinogene und Mutagene bei der Arbeit, zu Kosmetika, Biozidprodukten, PSM, Lebensmitteln sowie die Rechtsvorschriften zum Umweltschutz (ebd.). Industriechemikalien fallen unter die REACH-Verordnung. Die REACH-Verordnung wird – neben der CLP-Verordnung – als ein Eckstein der Chemikalienregulierung in der EU bezeichnet (Europäische Kommission 2020e, S. 11). Sie gehört zu den umfassendsten und ambitioniertesten Regelwerken zu Chemikalien weltweit (UBA 2022g, S. 10) und hat viele Regulierungen in anderen Ländern beeinflusst (EEA 2019a, S. 249).

431. Die in der EU geltenden Stoffregulierungen tragen dazu bei, dass sich das Wissen über die Eigenschaften und Risiken von Chemikalien in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert hat (Europäische Kommission 2020e, S. 23). Dennoch existieren auch in der EU Defizite und Lücken, insbesondere im Hinblick darauf, wie die Stoffe verwendet werden und welche Expositionen es gibt (ebd.). Europäische Behörden schätzen, dass von den circa 100.000 Chemikalien, die auf dem Markt sind, bisher circa 500 Chemikalien umfassend und etwa 10.000 Chemikalien recht gut in Bezug auf bestimmte Gefahren und Expositionen charakterisiert worden sind. Demgegenüber gibt es für ungefähr 90.000 Chemikalien nur eine begrenzte oder sogar mangelhafte Charakterisierung ihrer Gefahren und Expositionen (EEA 2019a, S. 238 f.; s. Abb. 6-2).

432. Die Wissenslücken für diese große Zahl an nicht ausreichend geprüften Chemikalien zu schließen, stellt eine enorme Herausforderung dar (Europäische Kommission 2020e, S. 24); eine umfassende Bewertung ihres Umwelt- und Gesundheitsrisikos in absehbarer Zeit ist unrealistisch (EEA 2019a). Zudem gibt es eine unbekannte Zahl an Umwandlungs- oder Abbauprodukten, die aus den Chemikalien entstehen können. Hinzu kommen die potenziellen Kombinationswirkungen, die die Komplexität der Risikobewertung erhöhen. Nicht zuletzt zeigen die Ergebnisse aus der Umweltüberwachung (Monitoring), dass diese die Vielzahl an Stoffen nicht bewältigen kann, denn die meisten Chemikalien, die in die Umwelt gelangen, verbleiben unbemerkt dort. Weitere Maßnahmen sind daher erforderlich, um ein effektives Management der Umwelt- und Gesundheitsrisiken durch Chemikalien zu gewährleisten (ebd.).

o **Abbildung 6-2**

Das unbekannte Terrain chemischer Risiken



Quelle EEA 2019a, Abb. 10.2; deutsche Übersetzung aus: Europäische Kommission 2020e, S. 24

6.3.1 Gründe für den Überarbeitungsbedarf bei REACH

433. Mit der REACH-Verordnung werden Unternehmen verpflichtet, Informationen über die Eigenschaften und Verwendungen der Stoffe (als solche und in Gemischen), die sie in Mengen von einer Tonne oder mehr pro Jahr herstellen oder importieren, zu sammeln (ECHA o. J.). Sie müssen die Gefahren und Risiken beurteilen, die von diesen Stoffen ausgehen können (ebd.). Diese Informationen müssen in einem Registrierungsdossier dokumentiert und bei der ECHA eingereicht werden. Die ECHA prüft, ob die Sicherheitsinformationen ausreichen, und fordert andernfalls zusätzliche Angaben an (Europäische Kommission 2018, S. 1). Erst wenn ein Stoff registriert ist, darf er in Verkehr gebracht werden („Ohne Daten kein Markt“, s. Art. 5 REACH-VO).

434. Die REACH-Verordnung war im Vorfeld ihres Inkrafttretens heftig umstritten. Gemäß dem Verursacherprinzip sollten die Unternehmen jetzt die Beweislast für die Sicherheit ihrer Chemikalien tragen und dies in Dossiers dokumentieren. Vor allem die Industrie befürchtete zu hohe Belastungen durch den zusätzlichen Aufwand bei der Registrierung ihrer Chemikalien (BLAC 2021, S. 2). Die in den Jahren 2013 und 2018 von der Europäischen Kommission durchgeführten Evaluierungen der REACH-Verordnung zeigten allerdings, dass befürchtete negative Auswirkungen, wie zum Beispiel eine Verlagerung der Produktion ins Ausland, weitestgehend ausgeblieben waren. Vielmehr wurden auch von Vertretern der Industrie Vorteile in Bezug auf Innovationen und sichere Produkte gesehen (ebd., S. 2 f.). Außerdem haben die im Rahmen der Registrierung von Chemikalien gesammelten Informationen wesentlich dazu beigetragen, die Datenbasis über die Gefahren und Expositionsrisiken von Chemikalien in der EU zu verbessern (Tz. 431).

435. Die Europäische Kommission stellte in ihrer Evaluierung der REACH-Verordnung von 2018 fest, dass die Verordnung „voll funktionsfähig“ und wirksam sei. Das geschätzte Ausmaß des potenziellen Nutzens für die menschliche Gesundheit und die Umwelt bewegte sich über einen Zeitraum von 25 bis 30 Jahren in einer Größenordnung von 100 Mrd. Euro. Demgegenüber betragen die angefallenen Kosten für die Umsetzung der Verordnung schätzungsweise 2,3 bis 2,6 Mrd. Euro (Europäische Kommission 2018, S. 2). Dennoch seien die Ziele der Verordnung (u. a. „ein hohes Schutzniveau

für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt sicherzustellen“ (Art. 1 REACH-Verordnung)) langsamer erreicht worden als erwartet (Europäische Kommission 2018, S. 2). Angemahnt wurde auch ein verbessertes Risikomanagement bei den Beschränkungs- und Zulassungsverfahren für Chemikalien (ebd., S. 7 f.; s. Abschn. 6.3.2).

436. Zudem gibt es Probleme im Hinblick auf die Konformität der Registrierungsdossiers mit den gesetzlichen Vorschriften. Die ECHA prüft im Rahmen der Registrierung nur die Vollständigkeit der Unterlagen, eine Beurteilung der Qualität oder der Angemessenheit der vorgelegten Daten oder Begründungen erfolgt nicht (Art. 20 Abs. 2 REACH). Eine vertiefte inhaltliche Überprüfung („compliance check“) erfolgt nur stichprobenartig oder auch anlassbezogen, wenn beispielsweise Monitoringdaten einen Verdacht auf Risiken durch die Verwendung bestimmter Chemikalien ergeben. Dies führt dazu, dass Stoffe verboten oder beschränkt werden, die bereits auf dem Markt sind und damit in die Umwelt gelangt sein können. In den Jahren 2014 bis 2018 wurde in einem Forschungsprojekt die „compliance“ von Registrierungsdossiers überprüft. Die Ergebnisse zeigten, dass bei Chemikalien mit einer Vermarktungsmenge von über 1.000 t/a nur 31 % der Firmen die gesetzlich vorgeschriebenen und für eine Risikoanalyse notwendigen Informationen abgeliefert hatten; bei Chemikalien mit einer Vermarktungsmenge zwischen 100 und 1.000 t/a waren es 44 % der Firmen (BfR 2018; EEA 2019a, S. 249). Expert:innen des BfR betrachten diese Nichteinhaltung („non-compliance“) der Registrierungsbedingungen als eines der größten Hemmnisse für das Ziel, gefährliche Stoffe zu erkennen (HERZLER et al. 2021, S. 2597). Fehlende Informationen können zwar nachgefordert werden, dieser Prozess ist aber sehr zeit- und ressourcenintensiv. Die unvollständigen Registrierungsdossiers werden von HERZLER et al. (ebd.) auch als ein Grund genannt (neben zu viel Bürokratie), warum das derzeitige Verfahren zur Zulassung und Beschränkung von chemischen Stoffen unter REACH so zeitaufwendig ist. Abhilfe könnte der verbesserte Zugang für die Mitgliedstaaten zu den Datenbanken der ECHA schaffen (ebd., S. 2597). Noch effektiver ist allerdings der Vorschlag aus der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit, dass bei Nichteinhaltung der Konformität der Registrierungsdossiers die Registrierungsnummern widerrufen werden sollten (Tz. 428). Dies ist aus Sicht des SRU eine wichtige und sinnvolle Empfehlung, sie würde die Registranten stärker motivieren, auf die Vollständigkeit ihrer Registrierungsdossiers zu achten (s. a. UBA 2022g).

437. Ein weiteres, schon lange bekanntes Manko ist die fehlende Bewertung von nicht beabsichtigten Chemikalienmischungen (Abschn. 6.3.3). Bereits 2001 hatte das Weißbuch zur Zukunft der Chemikalienpolitik die Exposition gegenüber Chemikalienmischungen als eine prioritäre Forschungsaufgabe bezeichnet (Europäische Kommission 2020c, S. 2). 2012 stellte die Europäische Kommission fest, dass die aktuellen Gesetzgebungen nicht geeignet seien, um Belastungen des Menschen und der Umwelt durch die kombinierte Exposition und das Zusammenwirken von verschiedenen Chemikalien (auch als Kombinationswirkung oder „Cocktail-Effekt“ bezeichnet) abzudecken (SPANIOL 2022, S. 100; s. a. HAS-SOLD et al. 2021, S. 3; Europäische Kommission 2020c).

438. Diese Defizite werden auch in der europäischen Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit genannt und entsprechende Maßnahmen für die Überarbeitung von REACH vorgeschlagen (Tz. 428). Dazu sah die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit vor, bis spätestens Ende 2022 einen Vorschlag für eine Überarbeitung der REACH-Verordnung vorzulegen (Europäische Kommission 2020e). Allerdings ist diese Überarbeitung von REACH inzwischen auf Ende 2023 verschoben worden (Europäische Kommission 2022a). Diese Verschiebung bedauert der SRU, denn eine an den Grundsätzen des Vorsorgeprinzips ausgerichtete Weiterentwicklung des Chemikalienrechts ist notwendig (s. a. BLAC 2021, S. 13). Zudem kommt die Überarbeitung von REACH damit in das Ende der Amtszeit der jetzigen Europäischen Kommission, sodass eine weitere Bearbeitung möglicherweise darauf warten muss, bis ein neues Europäisches Parlament und eine neue Europäische Kommission gewählt worden sind (s. a. ChemSec 2022). Auch der Rat der Europäischen Union hatte eine zügige Umsetzung der Maßnahmen der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit angemahnt (Tz. 426). Die Verschie-

bung der Überarbeitung von REACH hat zudem Auswirkungen auf zahlreiche EU-Rechtssetzungsverfahren. Dies betrifft verschiedene Rechtsakte, die im Zusammenhang mit der REACH-Verordnung stehen und zurzeit novelliert werden (bspw. die Industrieemissions-Richtlinie oder die ÖkoDesign-Richtlinie).

6.3.2 Beschränkungen und Zulassungen von Chemikalien

439. Aus Sicht des Umwelt- und Gesundheitsschutzes ist es ein wesentliches Defizit der REACH-Verordnung, dass die Verfahren zum Risikomanagement von besonders gefährlichen Stoffen nicht effizient genug sind und beschleunigt werden müssen (Europäische Kommission 2018, S. 7 f.; EEA 2019a, S. 249; UBA 2022g; BLAC 2021). REACH sieht für Chemikalien zwei separate Risikomanagementkonzepte vor:

- Beschränkungen, die sich auf alle Stoffe in Erzeugnissen und Gemischen beziehen. Im Rahmen des Beschränkungsverfahrens können unannehmbare Risiken für die Chemikalien gemeinschaftsweit behandelt werden (HELLER-HUTORAN et al. 2021, S. 5). Dabei können die Herstellung, das Inverkehrbringen oder die Verwendung von Stoffen von der Erfüllung bestimmter Bedingungen abhängig gemacht werden (Europäische Kommission 2018, S. 1).
- Zulassungen, die sich auf besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) beziehen, welche im Anhang XIV der REACH-Verordnung aufgeführt sind. Behörden können ausgewählte Stoffe als SVHC-Kandidaten identifizieren, sie werden dann in einem mehrstufigen Prozess geprüft, bevor sie in den Anhang XIV aufgenommen werden (Kasten 6-2). Die Verwendung

Kasten 6-2 Besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC)

Nach Art. 57 lit. a–e der REACH-Verordnung können Stoffe mit den folgenden Eigenschaften in den Anhang XIV (Verzeichnis der zulassungspflichtigen Stoffe) aufgenommen werden: CMR-Stoffe (kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe) sowie PBT-Stoffe (persistente, bioakkumulierbare und toxische Stoffe) und vPvB-Stoffe (sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe). Außerdem gehören dazu Stoffe mit Eigenschaften, „die nach wissenschaftlichen Erkenntnissen wahrscheinlich schwerwiegende

Wirkungen auf die menschliche Gesundheit oder auf die Umwelt haben, die ebenso besorgniserregend sind wie diejenigen anderer in den Buchstaben a bis e aufgeführter Stoffe“ (Art. 57 lit. f REACH-Verordnung).

Stoffe, die die Kriterien nach Art. 57 erfüllen, unterliegen nicht automatisch einer Zulassungspflicht. Wenn eine Behörde einen Stoff nach Art. 57 identifiziert, wird er zunächst in die sogenannte Kandidatenliste der SVHC aufgenommen. In einem mehrstufigen Prozess wird dann geprüft, ob der Stoff auch in den Anhang XIV der REACH-Verordnung aufgenommen werden soll (HELLER-HUTORAN et al. 2021, S. 5).

und das Inverkehrbringen zur Verwendung eines im Anhang XIV aufgeführten Stoffes ist grundsätzlich verboten, auf Antrag kann die ECHA aber Zulassungen unter Auflagen oder für bestimmte Verwendungen erteilen (Verbot mit Erlaubnisvorbehalt, s. HELLER-HUTORAN et al. 2021, S. 5). Zulassungen sollen gewährleisten, dass SVHC sicher verwendet werden, und zugleich fördern, dass sie durch Alternativen ersetzt werden (Europäische Kommission 2018).

440. Das Vorsorgeprinzip ist in der REACH-Verordnung in Art. 1 Abs. 3 verankert. Vorzugsweise sollen aber die Entscheidungen über die Beschränkung oder Zulassung eines Stoffes auf wissenschaftlich basierte Risikoermittlungen und -bewertungen gestützt werden (KÖCK und KERN 2012, S. 52). Die auf Daten gestützte Risikoermittlung führt allerdings zu langwierigen Verfahren. So stellt die EEA fest, dass die Evaluierung von Stoffen, die potenziell besorgniserregend in Bezug auf die menschliche Gesundheit sind („potential concern to human health“), schätzungsweise sieben bis neun Jahre dauert (EEA 2019a, S. 249). Angesichts von 22.600 unter REACH registrierten chemischen Substanzen, viele mit noch unbekanntem Eigenschaften und Auswirkungen, ist die derzeitige einzelstoffbezogene Herangehensweise nicht adäquat (ebd.; s. a. Abb. 6-2).

441. Mit diesen Defiziten kann die REACH-Verordnung ihr Ziel, ein hohes Schutzniveau für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sicherzustellen (Art. 1 Abs. 1), nicht erreichen. Es müssen effektivere Verfahren eingesetzt werden, die das zeitaufwendige Verfahren der Risikoermittlung von Einzelstoffen beschleunigen können. Eine Möglichkeit hierfür bietet der sogenannte generische Ansatz (oder auch „allgemeiner Ansatz“). Der Ansatz kommt in mehreren Rechtsakten der EU zur Anwendung. Er bedeutet, „dass auf der Grundlage der gefährlichen Eigenschaften der Chemikalie und allgemeiner Erwägungen zur Exposition (z. B. verbreitete Verwendungen, Verwendungen in für Kinder bestimmten Produkten, schwierig zu kontrollierende Exposition) automatisch vorab festgelegte Risikomanagementmaßnahmen (z. B. Verpackungsvorschriften, Beschränkungen, Verbote usw.) getroffen werden“ (Europäische Kommission 2020e, S. 11). Dieses Präventivkonzept ist einfacher und in der Regel schneller (ebd.). Die überwiegende Mehrheit der Chemikalien in der EU wird derzeit aber mithilfe einer spezifischen Risikobewertung, das heißt auf Einzelfallbasis, reguliert. Dabei „werden die Gefahr, die Verwendung des Stoffs und die damit verbundenen spezifischen Expositionsszenarien für

Menschen und für die Umwelt betrachtet, und auf der Grundlage des Bewertungsergebnisses werden Risikomanagementmaßnahmen ergriffen“ (ebd., S. 12).

442. Im Rahmen von REACH wird der generische Ansatz bisher nur für CMR-Stoffe in Verbraucherprodukten angewendet (UBA 2022g, S. 16). Das Verfahren ist für Beschränkungen vorgesehen und in Art. 68 Abs. 2 der REACH-Verordnung festgelegt. Es ist auch deswegen schneller als die spezifische Risikobewertung, weil die Europäische Kommission ermächtigt wird, das Beschränkungsverfahren nach Art. 68 Abs. 2 ohne Beteiligung der wissenschaftlichen Ausschüsse einzuleiten. Diese spezielle Regulierung zu CMR-Stoffen in Verbraucherprodukten hat nach Einschätzung der Europäischen Kommission zu einem der größten gesundheitlichen Nutzen der letzten Dekaden geführt: der Verringerung der Exposition der EU-Bürger:innen gegenüber kanzerogenen Stoffen (Europäische Kommission 2020e, S. 9). In ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit schlägt die Europäische Kommission vor, den generischen Ansatz für Chemikalien stufenweise auszuweiten (Tz. 428). Demnach soll der generische Ansatz zukünftig nicht nur für CMR-Stoffe, sondern auch für persistente und bioakkumulierbare Stoffe in Verbraucherprodukten gelten. Nach einer Folgenabschätzung dieser Änderung soll der Ansatz gegebenenfalls auf weitere schädliche Stoffe angewendet werden. Zudem soll das für Verbraucher:innen geltende Schutzniveau auch auf gewerbliche Anwender ausgeweitet werden. Ausnahmen von den Verboten sollen nur für wesentliche Verwendungszwecke („essential uses“) gelten. Dabei wird an Verwendungen gedacht, die für die Gesundheit oder Sicherheit erforderlich oder für das Funktionieren der Gesellschaft kritisch sind und für die es keine ökologisch und gesundheitlich tragbaren Alternativen gibt (Europäische Kommission 2020e, S. 13). Die Kriterien für „essential uses“ müssen aber noch entwickelt werden (s. a. WBGU 2023, Kap. 5.2.2.4). Bis der generische Ansatz eingeführt ist, sollen Chemikalien außerdem wenn möglich nicht mehr Stoff für Stoff bewertet werden, sondern in einem Gruppenansatz (s. a. das Beispiel PFAS in Tz. 198 f.).

443. Gegen den generischen Ansatz wird die Kritik geäußert, dass gefährliche Eigenschaften alleine noch kein Risiko ausmachen, denn es käme auf die Dosis an, also auf die Höhe der Exposition (HERZLER et al. 2021, S. 2592). Ohne stichhaltige Argumente sollten Stoffe nicht allein aus Vorsorgegründen verboten werden. Viele Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften würden für eine grüne, nachhaltige und klimaneutrale Gesellschaft benötigt (ebd., S. 2599). Diese Argumentation übersieht

aber, dass der generische Ansatz sich auf bestimmte Produkte bezieht (Verbraucherprodukte), in diesem Sinne also sehr wohl die Exposition beachtet. Außerdem sollen Ausnahmen für wichtige, für die Gesellschaft notwendige Verwendungen möglich sein. Unterstützung für die Empfehlungen der Europäischen Kommission zur Erweiterung des generischen Ansatzes unter REACH kommt vom UBA (2022g), das sogar noch einen Schritt weiter geht: Es empfiehlt, den Ansatz nicht nur auf Verbraucherprodukte, sondern von Beginn an auch auf industrielle und professionelle Nutzung auszuweiten (ebd., S. 20). Wenn es Stoffverbote aufgrund dieses generischen Ansatzes gibt, soll es, wie auch von der Europäischen Kommission vorgeschlagen, Ausnahmen nur für wesentliche Verwendungszwecke geben. Diese Ausnahmen könnten zudem die sonst notwendige Bewertung der sozioökonomischen Auswirkungen der Beschränkungsmaßnahme („socio-economic analysis“ – SEA) ersetzen. Sie sollten für eine begrenzte Zeit gewährt werden, zum Beispiel bis Alternativen zur Verfügung stehen. Wenn ein generischer Ansatz nicht möglich ist, soll ein Gruppenansatz durchgeführt werden (ebd., S. 17 f.).

444. Aus Sicht des SRU ist die generische Risikobewertung der richtige Weg, um effizienter und schneller die Verwendung von schädlichen Stoffen zu verringern. Dies ist auch eine „wichtige Voraussetzung für die Verwirklichung einer sauberen Kreislaufwirtschaft“ (Europäische Kommission 2020e, S. 6), die darauf angewiesen ist, dass möglichst wenige schädliche Stoffe eingeschleust werden. Die Ausweitung auf professionelle Anwendungen ist sachgerecht, da hierunter auch sehr kleine Betriebe fallen, in denen der Arbeitsschutz möglicherweise nicht ausreichend gewährleistet werden kann. Die Ausweitung auf industrielle Anwendungen sollte geprüft werden. Für wesentliche Verwendungszwecke, also gesellschaftlich wichtige Verwendungen, muss es Ausnahmen geben. Ein Konzept für diese „essential uses“ sollte daher dringend erarbeitet werden. Dabei könnte auch eine Rolle spielen, ob die Chemikalien, für die es Ausnahmen geben soll, nur in der industriellen Anwendung vorkommen und dort im Kreislauf geführt werden, also praktisch nicht in die Umwelt gelangen.

445. Für die Vision einer schadstofffreien Umwelt müssen umweltgefährliche Stoffe nach und nach durch sichere und nachhaltige Chemikalien ersetzt werden. Ein Instrument hierfür bietet das Zulassungsverfahren unter REACH, bei dem für SVHC gilt, dass diese grundsätzlich verboten sind und nur auf Antrag Ausnahmen

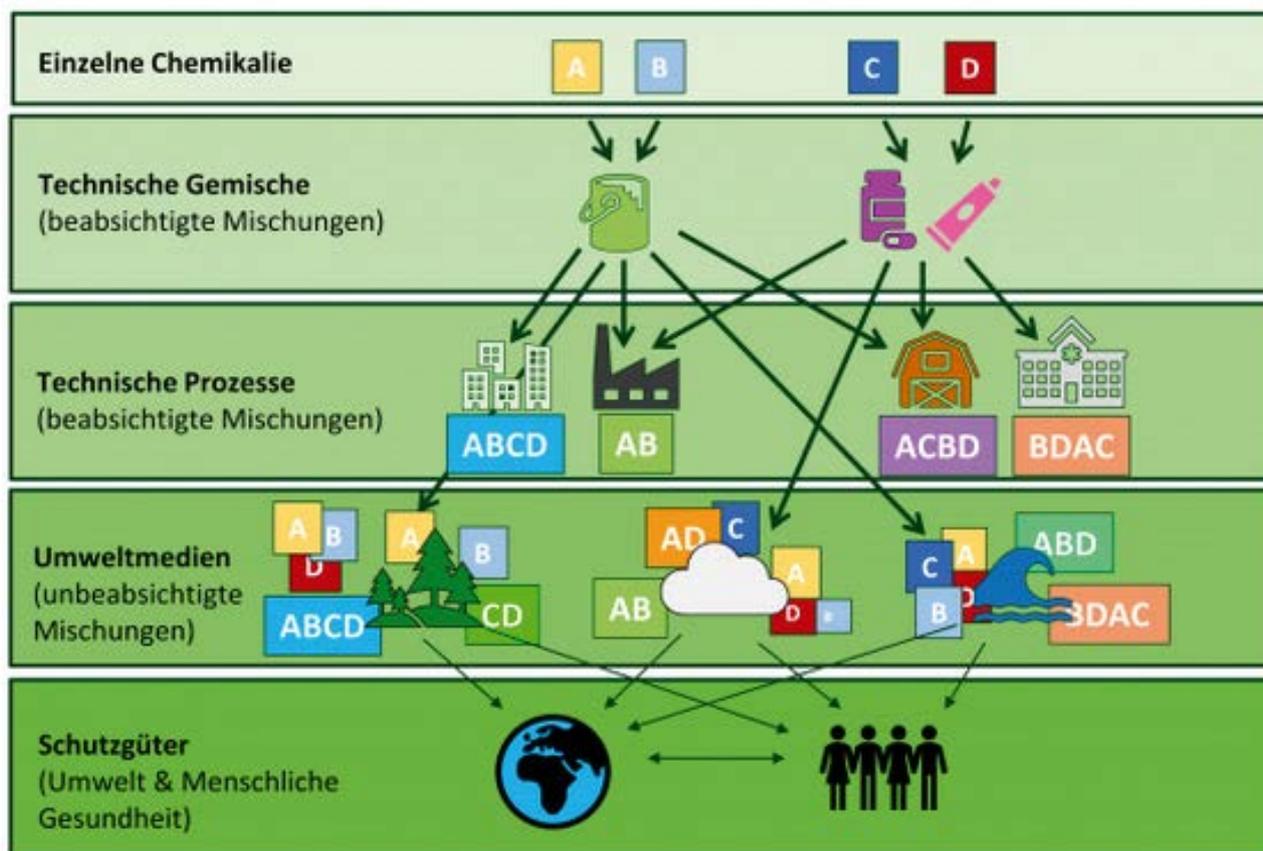
zugelassen werden (Tz. 439). Die Europäische Kommission möchte die Liste der Kriterien für SVHC erweitern und eigenständige Kriterien für endokrine Disruptoren (Stoffe, die das Hormonsystem mit schädigender Wirkung beeinflussen) und für persistente (schlecht abbaubare), mobile und toxische Stoffe (PMT-Stoffe) sowie sehr persistente und sehr mobile Stoffe (vPvM-Stoffe) einführen. Damit wäre die Einstufung von Stoffen als endokrine Disruptoren oder als PMT- oder vPvM-Stoff möglich, ohne dass ein Wirkungsvergleich nach Art. 57 lit. f. der REACH-Verordnung erforderlich ist. Dieses Anliegen unterstützt der SRU. Endokrine Disruptoren gehören zu einer gesundheits- und umweltschädlichen Stoffgruppe, deren Einträge in die Umwelt weiter reduziert werden sollten (SRU 2007). Das Beispiel der PFAS wiederum hat gezeigt, dass die Kombination der Eigenschaften Persistenz und Mobilität bei der Beurteilung der Stoffrisiken eine stärkere Rolle spielen muss (Tz. 200). Auch wenn einzelne PFAS nur eine geringe akute Toxizität aufweisen, können sie gerade bei längerer (chronischer) Exposition trotzdem ein Gesundheitsrisiko darstellen. PFAS haben sich bereits weltweit in der Umwelt verteilt und in Organismen einschließlich dem Menschen angereichert (BLAC 2022, Nr. 4): Generell gilt, dass für PMT- und vPvM-Stoffe keine sicheren Konzentrationsschwellen angegeben werden können, denn sie werden aufgrund ihrer Persistenz nicht oder nur sehr schlecht abgebaut und reichern sich daher in der Umwelt oder in Biota an. Ihre Konzentration in der Umwelt wird so mit der Zeit zunehmend größer. Oftmals gibt es bei diesen Stoffen eine Entkopplung zwischen Exposition und adversen Effekten und vor allem bei mobilen Stoffen können die Effekte weit weg vom Ort des Eintrags erfolgen (UBA 2022g, S. 16).

6.3.3 Mischungsbewertung von Chemikalien

446. Chemikalien kommen in der Umwelt selten allein, sondern in der Regel in Mischungen mit anderen Chemikalien vor. Dabei übersteigt das Risiko der Chemikalienmischung in Bezug auf schädliche Umwelt- oder Gesundheitswirkungen sehr oft das Risiko der jeweiligen Einzelstoffe (Europäische Kommission 2020b, S. 6). Die Stoffe einer Mischung wirken meist additiv zusammen (sog. Kombinationswirkung). In selteneren Fällen kann es auch synergistische (sich gegenseitig verstärkende) oder antagonistische (sich gegenseitig abschwächende) Wechselwirkungen zwischen Chemikalien geben (HASSOLD et al. 2021, S. 2). Bei den Mischungen werden zwei Arten unterschieden: intendierte, das heißt beabsich-

o **Abbildung 6-3**

Wie entstehen Chemikalienmischungen in der Umwelt?



Quellen: HASSOLD et al. 2021, S. 2, Übersetzung nach UBA 2022h

tigte Mischungen (z. B. Farben, Lacke, Reinigungsmittel, s. ebd.) und unbeabsichtigte Mischungen, wenn verschiedene Chemikalien aus unterschiedlichen Quellen zufällig zusammen in den Umweltmedien vorkommen (Abb. 6-3).

447. Intendierte Mischungen, wie zum Beispiel Kombinationspräparate bei Tierarzneimitteln oder PSM mit mehreren Wirkstoffen, werden in den entsprechenden Regulierungen berücksichtigt (HASSOLD et al. 2021, S. 3). Im Unterschied dazu werden bei der Registrierung von Stoffen im Rahmen von REACH ausschließlich Einzelstoffe betrachtet. Es gibt bei REACH keine explizite gesetzliche Verpflichtung, um Kombinationseffekte von intendierten Mischungen zu bewerten (mit Ausnahme von bestimmten Anforderungen zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung einer intendierten Mischung, s. ebd.; Europäische Kommission 2020b, S. 13 f.). Damit kann bei der Risikobewertung gemäß REACH die einzelne Konzentration eines Stoffes zwar unterhalb

einer gefährlichen Umweltkonzentration liegen. Wenn aber das gemeinsame Vorkommen dieses Stoffes mit anderen Stoffen in der Umwelt oder im Menschen beachtet wird, sind die kombinierten Risiken der Mischung möglicherweise höher.

448. Daher sollten die Vorgaben bei REACH in Bezug auf intendierte Mischungen verbessert werden. Hierfür wäre es möglich, bestimmte spezifische Bewertungsmethoden einzuführen, wie sie auch bei PSM und Bioziden üblich sind (HASSOLD et al. 2021, S. 2). Die Bewertung könnte über eine Testung der Mischung, über die Vorhersage der Konzentration in der Mischung und die Addition der Einzelstoff-Toxizitätsdaten oder über die Summe der Risikoquotienten erfolgen (HASSOLD et al. 2021; s. a. SPANIOL 2022). Für eine spezifische Mischungsbewertung fehlen häufig Expositionsdaten der einzelnen Chemikalien im gesamten Verlauf ihres Lebenszyklus und damit zum zeitlich-räumlichen Auftreten der Mischung. Vor allem für Stoffe mit niedrigen

Produktionsvolumen gibt es Datenlücken zur (Öko-) Toxizität. Diese Lücken könnten zum Beispiel durch alternative Testsysteme gefüllt werden. Daher sollten die Bemühungen fortgesetzt werden, durch Vereinfachung von Testsystemen leichter und schneller zu belastbaren Bewertungen zu kommen (s. dazu näher ESCHER et al. 2023).

449. Für unbeabsichtigte Mischungen sind die Daten, die für eine spezifische Mischungsbewertung notwendig sind, naturgemäß noch seltener vorhanden als bei den intendierten Mischungen. Allein um zu beurteilen, welche unbeabsichtigten Mischungen in der Umwelt entstehen können, werden Monitoringdaten, valide Einzelstoffdaten und Verbrauchsdaten benötigt. Vielen Firmen, die im Rahmen einer Registrierung gemäß REACH eine Stoffsicherheitsbeurteilung für ihre Stoffe machen müssen, fehlen diese Daten. Daher könnte ein pauschaler Allokationsfaktor für Mischungen (Mixture Assessment Factor – MAF) ein geeignetes Instrument sein (HASSOLD et al. 2021, S. 9 f.). Mit dem MAF könnte bei der Risikobewertung von Einzelstoffen (das heißt im Rahmen der Stoffsicherheitsbeurteilung der Unternehmen) berücksichtigt werden, dass diese in der Realität nicht auf eine unbelastete Umwelt oder einen unbelasteten Menschen treffen, sondern auf Menschen und Umweltmedien, in denen bereits andere Chemikalien vorkommen können. Damit würde das erlaubte Risikoniveau des Einzelstoffes abgesenkt (SPANIOL 2022, S. 100; s. a. HASSOLD et al. 2021). Dies hätte aber keinesfalls Auswirkungen auf alle Chemikalien unter REACH, sondern nur auf diejenigen, deren Risikoquotient bereits relativ hoch ist.

450. Auch die Europäische Kommission empfiehlt in ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit, dass für die Bewertung von Mischungen ein MAF eingeführt werden sollte (Tz. 428). Für die Höhe des MAF werden unterschiedliche Werte diskutiert, sie reichen von 2 (Vorschlag der chemischen Industrie) bis 100 (Vorschlag der Nichtregierungsorganisationen – NGOs) (s. SPANIOL 2022, S. 102). Ein möglicher Ansatz, einen geeigneten Wert herzuleiten, wurde 2021 von der schwedischen Chemikalienagentur vorgeschlagen (KEMI 2021). Insgesamt bestehen aber mit Blick auf die Implementierung eines MAF noch zentrale Fragen und Herausforderungen (HASSOLD et al. 2021, S. 9 f.). Unter anderem muss geklärt werden, wie die Größe des MAF ermittelt werden soll, ob es einen einheitlichen Faktor oder verschiedene Faktoren für die unterschiedlichen Umweltkompartimente geben sollte und welche Ausnahmen es von diesem Verfahren geben könnte (ebd.).

451. Expert:innen des BfR sehen die Einführung eines MAF für nicht beabsichtigte Mischungen dagegen kritisch (HERZLER et al. 2021, S. 2593). Sie sind der Auffassung, dass es eine eher geringe Wahrscheinlichkeit dafür gibt, dass Verbraucher:innen in der EU durch Exposition gegenüber unbeabsichtigten Chemikalienmischungen signifikanten Gesundheitsrisiken ausgesetzt sind (betrachtet wurde dabei nur die Gefährdung des Menschen, nicht die der Umwelt). Allerdings wird konstatiert, dass es schwierig sei, vor allem chronische und Langzeiteffekte durch unbeabsichtigte Chemikalienmischungen in der Umwelt wissenschaftlich robust nachzuweisen; auf dieser unsicheren Grundlage sollte kein pauschaler Faktor eingeführt werden (ebd., S. 2595 f.). Demgegenüber weisen viele Akteure darauf hin, dass sich in den letzten Jahren die Hinweise auf Belastungen von Mensch und Umwelt durch Chemikalienmischungen verstärkt haben (KORTENKAMP und FAUST 2018; HASSOLD et al. 2021, S. 2; Europäische Kommission 2020b, S. 6; RKI 2020; s. a. Ergebnisse des EU-Monitoringprojekts HBM4EU in Abschn. 5.3.1.3). Damit liegen Anhaltspunkte für entsprechende Risiken vor, sodass rechtliche Möglichkeiten bestehen, das Vorsorgeprinzip anzuwenden (Tz. 353 ff.).

452. Auch der SRU hält es für sinnvoll, bei der Risikobewertung von Chemikalien einen MAF einzuführen, mit dessen Hilfe Unternehmen im Rahmen der Stoffsicherheitsbewertung Mischungsrisiken in Bezug auf die Umwelt- und die Gesundheitsgefährdung berücksichtigen können. Dies stärkt die Vorsorge bei der Regulierung von Chemikalien. Die Einführung eines MAF wäre ein Paradigmenwechsel bei REACH, mit dem anerkannt würde, dass Chemikalien in der Umwelt nicht alleine vorkommen, sondern in Kombination mit anderen Stoffen wirken können. Davon unabhängig sollten Behörden in bestimmten Fällen, wenn es beispielsweise konkrete Hinweise auf ein erhöhtes Umwelt- oder Gesundheitsrisiko durch unbeabsichtigte Chemikalienmischungen gibt, zusätzlich spezifische Bewertungen durchführen.

453. Der Vorschlag zur Einführung eines MAF bezieht sich nur auf Chemikalien, die unter REACH reguliert sind. Unberücksichtigt bleiben dabei die möglichen Kombinationswirkungen mit den Chemikalien anderer Regulierungen, wie zum Beispiel PSM oder Biozide. PSM und teilweise auch Biozide werden absichtlich in die Umwelt eingebracht und sind daher sehr relevant im Hinblick auf ihre Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen. Insgesamt fehlt einerseits eine regelungsübergreifende Betrachtung aller umwelt- und gesundheits-

relevanten Chemikalieneinträge. Andererseits weisen auch die PSM- und Biozidregulierungen Lücken auf, wenn es darum geht, unbeabsichtigte Mischungen zu berücksichtigen. Eine Untersuchung des Zulassungsverfahrens für PSM ergab, dass bei den derzeitigen Verfahren zur Umweltrisikobewertung die Risiken durch das Auftreten von Kombinationswirkungen zu wenig beachtet werden (SCHÄFFER et al. 2018). Dies betraf vor allem die gleichzeitige Anwendung verschiedener PSM in Tankmischungen oder die sequenzielle Anwendung in Spritzserien. Damit würden die Risiken von Chemikalien systematisch unterschätzt (ebd.). Der Vorschlag für ein MAF-Konzept darf daher bei REACH nicht stehenbleiben, sondern muss verantwortungsvoll weiterentwickelt werden, um realen Belastungslagen besser gerecht zu werden. Dafür spricht mit Blick auf Umwelt und Gesundheit nicht nur das Vorsorgeprinzip, sondern auch der Gleichbehandlungsgrundsatz, weil sonst befürchtet werden muss, dass REACH-Produkte gegenüber anderen Gefahrstoffprodukten diskriminiert werden.



Die Stadt als Knotenpunkt einer ökosaluten Politik

Ökosalute Politik hat das Ziel, eine Umwelt zu schaffen, in der alle Menschen gut und gesund leben können. Da die meisten Menschen in Städten leben, sind diese als Lebensumwelt von besonderer Bedeutung. In Großstädten – also Orten mit großer Bevölkerungsdichte, dichter Bebauung und hohem Verkehrsaufkommen – konzentrieren sich außerdem gesundheitsbezogene Umweltbelastungen wie Hitze, Lärm und Luftschadstoffe und es fehlen vielfach wohnortnahe gesundheitsfördernde Ressourcen wie Grünräume und Gewässer. Zudem kommt es häufig zu Mehrfachbelastungen und sozialräumlich ungleich verteilten Umweltbedingungen. Städte sind aber auch Orte der Transformation. Hier können zukunftsweisende Veränderungen hin zu nachhaltigen, gesunden und gerechten Lebenswelten angestoßen und umgesetzt werden.

454. Die Lebenswelten (Kasten 7-4), in denen sich Menschen in ihrem Alltag aufhalten, spielen für ihre Gesundheit und Lebensqualität eine entscheidende Rolle (Abschn. 2.2.3). Sie werden durch individuelle, soziale und im besonderen Maße durch ökologische und bauliche Faktoren beeinflusst, die gesundheitsbelastend, gesundheitserhaltend oder auch gesundheitsförderlich sein können (HARTUNG und ROSENBROCK 2022). Be-

zogen auf den Fokus dieses Gutachtens – die natürliche und die bebaute Umwelt (Tz. 19) – sind als gesundheitsbelastende Faktoren insbesondere Luftbelastungen, Lärm und Hitze sowie als gesundheitserhaltende und gesundheitsförderliche Faktoren innerstädtische Grünräume und Gewässer (Kap. 4.1) zu nennen.

455. In Deutschland leben rund zwei Drittel der Menschen in Städten mit mehr als 20.000 Einwohner:innen, davon fast die Hälfte in Großstädten (>100.000 Einwohner:innen, BBSR o. J.-b). Vor allem in Großstädten sind die umweltbezogenen Gesundheitsbelastungen hoch: So werden an verkehrsreichen Straßen die höchsten Luftschadstoff- und Lärmwerte gemessen (für Feinstaub s. Kap. 3.1; zum Lärm s. SRU 2020, Kap. 5.2). Stadtbewohner:innen werden zudem durch große Hitze in den Städten gesundheitlich stark belastet oder versterben – insbesondere bei Vorerkrankungen – vorzeitig (Kap. 3.4). Globale Herausforderungen, die sich lokal auswirken (Klimawandel, Biodiversitätsverlust), verstärken diese Effekte. Häufig kommt es zu Mehrfachbelastungen (s. a. Abschn. 2.2.1). Außerdem sind die Umweltbelastungen und -ressourcen oft ungleich verteilt, sodass Menschen mit einem niedrigen sozioökonomischen Status häufig in dicht besiedelten Stadtteilen

mit viel Verkehr und geringem Zugang zu Grün- und Erholungsflächen leben (Abschn. 2.2.3; Abb. 7-1; s. a. „Umweltgerechtigkeit: Neuer Atlas zur Verteilung der Umweltbelastungen im Stadtgebiet veröffentlicht“, Pressemitteilung der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin vom 2. August 2022).

456. Die Risiken in Städten wachsen zudem durch globale Herausforderungen, die sich lokal auswirken. Dazu zählen Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Ressourcenknappheit, Migration, der demografische Wandel, Pandemien oder die rasante Veränderung der Wirtschaft (BMI 2020, S. 1; 2021a). Der soziodemografische Wandel verändert die Gesellschaft tiefgreifend (FEHR und HORNBERG 2018, S. 14). In vielen Städten nehmen soziale Ungleichheit und räumliche Verdrängungsprozesse zu (BÖHME et. al. 2022a, S. 102). Auf der anderen Seite sind Städte wesentliche Akteure bei der notwendigen Transformation zur Nachhaltigkeit und besitzen eine große transformative Kraft (WBGU 2016, S. 414). Aufgrund ihrer hohen Wirtschaftskraft und Bevölkerungsdichte spielen Städte aber auch eine zentrale Rolle für die Energiewende und den Klimaschutz. Eines der Ziele der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung ist es daher, dass Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestaltet werden (SDG 11, BMZ o. J.). Neben dem Ziel, die Umweltbelastungen zu verringern oder zu vermeiden, ist es ebenso wichtig, die Gesundheit aller Stadtbewohner:innen zu erhalten und zu fördern. Dies kann gelingen, indem der gleichberechtigte Zugang zu Umweltressourcen verbessert und ihre räumliche und sozial gerechte Verteilung gewährleistet wird (zur Umweltgerechtigkeit s. Tz. 60 ff.). Dies entspricht auch dem Ziel der Neuen Leipzig-Charta für eine nachhaltige europäische Stadt (BMI 2020).

457. Gesundheitsbezogener Umweltschutz in Städten bedeutet, Umweltrisiken wie Lärm, Luftschadstoffe oder Hitze zu mindern oder zu vermeiden und zusätzlich gesundheitsförderliche Umweltressourcen zu stärken. Wie dies zusammen mit dem Thema Umweltgerechtigkeit in der städtischen Planung verbessert werden kann, wird in Kapitel 7.1 untersucht. Das Planungsrecht spielt zudem eine besondere Rolle für den Erhalt und Ausbau von innerstädtischen Grünräumen (Kap. 7.2). Kommunen sollten vom Bund auch für die Herausforderung der Klimaanpassung unterstützt werden (Kap. 7.3). Um den Wert von Krankheitsprävention und die Bedingungen für eine erfolgreiche Gesundheitsförderung zu stärken, ist es darüber hinaus wichtig, die im Rahmen des

Präventionsgesetzes erarbeitete nationale Präventionsstrategie weiterzuentwickeln (Kap. 7.4).

458. Das städtische Umland ist ein gesondertes Thema und wird hier nicht betrachtet. Dennoch sei darauf hingewiesen, dass sich Aspekte, die mit der städtischen Gesundheit in Verbindung stehen, wie Verkehr bzw. Mobilität, Wohnen, Klimaschutz und Klimaanpassung, nur lösen lassen, wenn die räumlich-funktionale Verflechtung von Stadt und Land beachtet wird (s. a. UBA 2021h).

7.1 Gesundheitsbezogenen Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit in der städtischen Planung stärken

459. Umweltbezogene Belastungen und Ressourcen lassen sich räumlich klar zuordnen, sie sind räumliche Determinanten von Gesundheit (KÖCKLER 2019). Daher haben räumliche Planung und planerischer Umweltschutz eine große Bedeutung für die Verbesserung von umweltbezogener Gesundheit und Umweltgerechtigkeit in Städten. Hinzu kommt die räumlich ungleiche Verteilung der umweltbezogenen Belastungen und Ressourcen (Tz. 455). Hier setzt die Umweltgerechtigkeit an: Sie zielt darauf ab, sozialräumlich ungleiche Verteilungen gesundheitsrelevanter Umweltrisiken und -ressourcen zu vermeiden bzw. zu reduzieren (Tz. 60). Dies ist gerade in großen Städten von Bedeutung, in denen die Bevölkerung häufig stark segregiert lebt (s. Tz. 56 ff.).

460. Die Lebenswelten, die Gesundheit und Lebensqualität der Menschen bestimmen, können vor Ort direkt und maßgeblich gestaltet werden. Allerdings hat der einzelne Mensch in der Regel nur einen begrenzten Einfluss auf die Raumentwicklung und die Verbesserung der örtlichen Umweltqualitäten. Eine große Verantwortung kommt vielmehr dem Staat (SRU 2020, Tz. 410) und insbesondere der kommunalen Ebene vor Ort zu. Der Staat gestaltet den gesundheitsbezogenen Umweltschutz und die Verbesserung der Umweltgerechtigkeit durch verschiedene planerische, ordnungsrechtliche, organisatorische, informatorische, partizipative und ökonomische Instrumente aus (KLOEPFER 2016, § 5 Rn. 41; BÖHME et. al. 2015, S. 99 ff.; s. Tab. 7-1). Deren konkrete Umsetzung liegt häufig in der Verantwortung der Städte. Planerische Instrumente können formeller

o Tabelle 7-1

Beispiele für Instrumente zur Verwirklichung von gesundheitsbezogenem Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit in Städten

Planerische Instrumente	
Formelle Planungsinstrumente	Informelle Planungsinstrumente
<ul style="list-style-type: none"> o Bauleitplanung o Luftreinhalteplanung o Lärminderungs-/Lärmaktionsplanung o Landschaftsplanung 	<ul style="list-style-type: none"> o Stadtentwicklungsplanung o Verkehrsentwicklungsplanung o Freiraumentwicklungsplanung o Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte o Fachpläne Gesundheit o Gesundheitsfolgenabschätzungen o Entwicklungskonzepte im Rahmen der „sozialen Stadt“
Ordnungsrechtliche Instrumente	
<ul style="list-style-type: none"> o Anzeige- und Genehmigungspflichten o Aufsichtsbehördliche Überwachungs- und Eingriffsbefugnisse o Ge- und Verbote (z. B. immissionsschutzrechtliche Pflichten für Anlagenbetreiber, Umweltprüfungen, Ausgleichs- und Kompensationspflichten) 	
Organisatorische, informatorische und partizipative Instrumente	
<ul style="list-style-type: none"> o Quartiersmanagement o Beteiligungsverfahren o Stadtmonitoring o Bildung für nachhaltige Entwicklung/Umweltbildung 	
Ökonomische Instrumente	
<ul style="list-style-type: none"> o Städtebauförderung o kommunale Förderprogramme 	

Quellen: KLOEPFER 2016, § 5; JÄNICKE et. al. 2003, S. 101; Instrumente für Umweltgerechtigkeit nach Difu 2018, modifiziert

oder informeller Natur sein. Der Unterschied liegt darin, dass informelle Planung nicht oder nur oberflächlich gesetzlich ausgestaltet und für Bürger:innen nicht direkt rechtsverbindlich ist (DANIELZYK und SONDERMANN 2018). Ökonomische Instrumente können Städte für eigene Maßnahmen in Anspruch nehmen oder als Anreiz gegenüber ihren Bürger:innen einsetzen.

461. Bei der Förderung von Wohnwertverbesserungen des Quartiers muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu Verdrängungen kommt. Wenn zum Beispiel Quartiere durch die Entwicklung und Aufwertung grüner Infrastrukturen attraktiver werden, können infolgedessen die Mietpreise steigen (JELKS et. al. 2021; SRU

2018, Tz. 139). Gerade in Städten ist die Gefahr groß, dass aufgrund des angespannten kommunalen Wohnungsmarktes Menschen mit niedrigerem Einkommen in Stadtteile gedrängt werden, die eine geringere Umweltqualität haben (BÖHME et. al. 2022a, S. 102). Diesen Prozessen sollte frühzeitig entgegengesteuert werden (Tz. 506).

7.1.1 Herausforderungen

462. In der Praxis der städtischen Planung erhalten gesundheitsbezogener Umweltschutz und Umweltgerechtigkeit jedoch häufig nicht die notwendige Aufmerk-

samkeit und werden im Vergleich zu anderen Themen wie Wohnungsbau oder wirtschaftliche Entwicklung nachrangig behandelt (zur Priorisierung des Wohnungsbaus s. a. DEGREIF et. al. 2022, S. 50). Zu den Ursachen für diese Problematik zählt, dass es in vielen Städten an einer ressortübergreifenden Kooperation innerhalb der Verwaltung mangelt und vor allem die Gesundheitsämter häufig nicht beteiligt sind (BÖHME et. al. 2021; BUNGE 2020, S. 153 f.). Dabei erfordert das Thema Umwelt und Gesundheit eine integrierte Betrachtung im Verwaltungshandeln (BAUMGART et. al. 2018, S. 426 f.). Vielfach fehlt auch immer noch eine integrierte Berichterstattung, die gesundheits-, sozial- und umweltbezogene Daten zusammenfasst. Eine solche Zusammenfassung ist aber eine wichtige Grundlage für die Abwägung bei Interessenskonflikten (ebd.).

463. Um die Bindungswirkung von fachplanerischen Instrumenten zu erhöhen, sind darüber hinaus Schutzniveaus im Sinne von Grenzwerten unerlässlich (BAUMGART et. al. 2018, S. 426). Konkrete qualitätsbezogene Grenzwerte fehlen aber beispielsweise beim Umgebungslärm (BUNGE 2020, S. 152). Beim Lärmschutz zeigen sich auch Zielkonflikte zwischen Umwelt- und Gesundheitsschutz: zum Beispiel zwischen einer kompakten, Nutzungsgemischten Stadtstruktur mit kurzen Wegen einerseits und höherer Lärmbelastung und weniger Freiflächen in den Nutzungsgemischten Quartieren andererseits (ebd., S. 153 f.; zur Lärmbelastung in urbanen Gebieten s. SRU 2017b). Auch bestehen Lärmprobleme ganz überwiegend im bereits gebauten Bestand der Städte, dennoch gibt es keinen Rechtsanspruch auf Lärmsanierung im Bestand (s. a. SRU 2020, Tz. 428 f.).

464. Insgesamt können für die Schwierigkeiten bei der Integration gesundheitlicher Belange in Planungsprozesse vier Aspekte genannt werden: 1) Gesundheitsthemen sind im Vergleich zu Themen wie bauliche bzw. städtebauliche und wirtschaftliche Entwicklung oder sozialer Zusammenhalt und soziale Integration unterrepräsentiert; 2) bei der (ressortübergreifenden) Kooperation innerhalb der Verwaltung sind die Gesundheitsämter häufig nicht beteiligt; 3) die Berücksichtigung des Themas Gesundheit in einer integrierten Stadtentwicklungsplanung hängt stark vom Gestaltungs- und Umsetzungswillen der politischen Akteure und Verwaltungsakteure ab; 4) bei der Beteiligung lokaler Bevölkerungs- und Akteursgruppen werden bestimmte Gruppen nicht erreicht (BÖHME et. al. 2021). Die Beteiligung der Öffentlichkeit spielt eine große Rolle, weil eine gesunde Umwelt nicht nur für Stadtbewohner:innen

entwickelt wird, sie muss auch mit ihnen geplant werden (KÖCKLER und SIEBER 2020; SIEBER 2017). Insofern ist partizipativen Prozessen in Planungsverfahren von Beginn an mehr Raum einzuräumen.

465. In Bezug auf das Querschnittsthema Umweltgerechtigkeit kann festgestellt werden, dass eine „deutliche Förderung der kommunalen Ebene beim Einsatz für mehr Umweltgerechtigkeit [...] derzeit kaum erkennbar [ist]“ (BÖHME et. al. 2022a, S. 101). Umweltgerechtigkeit würde bislang nur von wenigen Bundesländern verfolgt und sei eigentlich nur im Umweltressort des Bundes und in Gremien wie der UMK ein Thema. Um mehr Umweltgerechtigkeit in Städten und Gemeinden zu schaffen, benötigten die Kommunen die Unterstützung von Bund und Ländern (ebd.).

466. Ausgehend von dieser Analyse gibt es in der Literatur zahlreiche Hinweise und Empfehlungen, wie eine gesundheitsförderliche Stadt gestaltet werden kann, die Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen entwickelt (u. a. BÖHME et. al. 2022b; 2021; DEGREIF et. al. 2022, S. 50; s. a. das Konzept „Nachhaltige StadtGesundheit“, Kasten 7-1). Aus Sicht des SRU sind insbesondere die folgenden vier Aspekte wichtig, um den genannten Schwierigkeiten zu begegnen:

- Für die Verbesserung und Stärkung der Argumentation in den planerischen Aushandlungsprozessen ist eine integrierte und räumlich differenzierte gesundheits-, sozial- und umweltbezogene Datenbasis notwendig (Abschn. 7.1.2).
- Um die Beachtung von umweltbezogenen Gesundheitswirkungen zu stärken, sollten die Gesundheitsämter eine aktive Rolle bei der Berücksichtigung gesundheitlicher Belange in Planungsverfahren spielen (Abschn. 7.1.3).
- Die Öffentlichkeitsbeteiligung aller Bevölkerungsgruppen ist für eine nachhaltige Stadtgesundheit notwendig und sollte sichergestellt werden (Abschn. 7.1.4).
- Bund und Länder sollten die Städte durch gesetzgeberische und finanzielle Maßnahmen stärker darin unterstützen, Umweltgerechtigkeit und umweltbezogene Gesundheitsförderung zu stärken (Abschn. 7.1.5, zur Förderung von Grünräumen Kap. 7.2 und zur finanziellen Förderung von Klimaanpassungsmaßnahmen Kap. 7.3).

Kasten 7-1 „Nachhaltige StadtGesundheit“

Das Konzept „Nachhaltige StadtGesundheit“ verfolgt die Ziele Förderung, Schutz und Wiederherstellung der Gesundheit städtischer Bevölkerungsgruppen unter Berücksichtigung von Benachteiligungen und Verletzbarkeit der oder des Einzelnen (FEHR und HORNBERG 2018, S. 101 ff.). Es handelt sich um einen integrativen, auf Lebensverhältnissen orientierten wissenschaftlichen Ansatz. Nach dem Konzept spielen Lebenswelten oder Settings eine wichtige Rolle für Prävention und Gesundheitsförderung bei Menschen. Nachhaltige StadtGesundheit plädiert dafür, „die Gestaltbarkeit von Settings stärker als bisher zum Thema

zu machen“ (ebd., S. 134). Die Betrachtung der städtischen Strukturen und Prozesse soll sowohl kurzfristige als auch längerfristige Zeitperspektiven einnehmen (ebd., S. 135). Nachhaltige StadtGesundheit greift den HiAP-Ansatz auf (Tz. 603), der darauf abzielt, die Gesundheit der Gesamtbevölkerung zu verbessern und die gesundheitliche Chancengleichheit zu stärken (TROJAN und FEHR 2020, S. 955). Somit bezieht sich das Konzept auch auf alle Themen der Stadtentwicklung, die Bezüge zu Gesundheit und Nachhaltigkeit haben (z. B. Abfallwesen, Arbeitswelt, Bildung und Erziehung, Energie, Kultur, Sport, Trinkwasserversorgung, Verkehr, Wohnungsbau, s. FEHR und HORNBERG 2018, S. 139).

7.1.2 Räumlich differenziertes und integriertes Monitoring einführen

467. Um Mehrfachbelastungen und eine sozialräumlich ungleiche Verteilung von Umweltbelastungen und -ressourcen zu erfassen, ist ein räumlich differenziertes und integriertes Monitoring notwendig. Dazu sollten die Kommunen ausgewählte Größen und Merkmale der Sozialstruktur und der Umweltqualität zusammenfassen. Hierfür eignen sich Indikatoren, für die in den meisten Kommunen ohnehin Daten vorliegen, zum Beispiel Luftgüte, Lärm, Bioklima, Versorgung mit Grün- und Freiflächen sowie sozioökonomische Daten (SRU 2020, Tz. 411). Darauf aufbauend können Maßnahmen ergriffen werden, die zu einer Verbesserung der Umweltqualität insbesondere für sozioökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen führen. Ein praktikabler Ansatz ist zum Beispiel das SUHEI-Modell (Kasten 7-2). Für das Modell werden keine Gesundheitsindikatoren benötigt, denn die Auswahl der Indikatoren basiert bereits auf ihrer Gesundheitsrelevanz (KÖCKLER et. al. 2020, S. 101). Allein dieser Ansatz macht deutlich, dass eine flächendeckende, integrierte Berichterstattung für die Kommunen praxistauglich und zumutbar ist.

468. Einige Kommunen haben bereits ein räumlich differenziertes, integriertes Monitoring etabliert, bei dem Umweltfaktoren und soziale Faktoren erhoben werden, um die Verteilung von Umweltbelastungen und -ressourcen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen (BÖHME et. al. 2022a, S. 95; zu Beispielen s. a. SRU 2020, Tz. 412 ff.). In vielen Städten fehlen aber

solche Monitoring- und Berichterstattungssysteme (BÖHME et. al. 2022a, S. 93 f.; LIEBIG-GONGLACH et. al. 2020). Dabei ist eine gute Datengrundlage wichtig für eine verbesserte Evidenz und eine fundierte Argumentation (KÖCKLER et. al. 2018, S. 268 f.; BAUMGART et. al. 2018, S. 424). Der SRU empfiehlt daher, dass die Bundesländer ihre Kommunen mit über 100.000 Einwohner:innen und einer Bevölkerungsdichte von mehr als 1.000 Einwohner:innen pro Quadratkilometer (entspricht der Definition Ballungsraum in § 47b BImSchG) dazu verpflichten, ein räumlich differenziertes und integriertes Monitoring zu Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage aufzustellen und alle fünf Jahre zu aktualisieren. Bund und Länder sollten die Kommunen bei der Entwicklung von Indikatorensets und Monitoringsystemen durch wissenschaftliche Begleitforschung unterstützen (BÖHME et. al. 2022a, S. 122). Dies könnte beispielsweise im Rahmen des APUG erfolgen (zum APUG s. Kap. 8.4). Auch die Finanzierung eines solchen Monitorings könnte vom Bund unterstützt werden, zum Beispiel über eine neue Aufgabenzuweisung für den ÖGD (Tz. 475 ff.).

Kasten 7-2 Das SUHEI-Modell

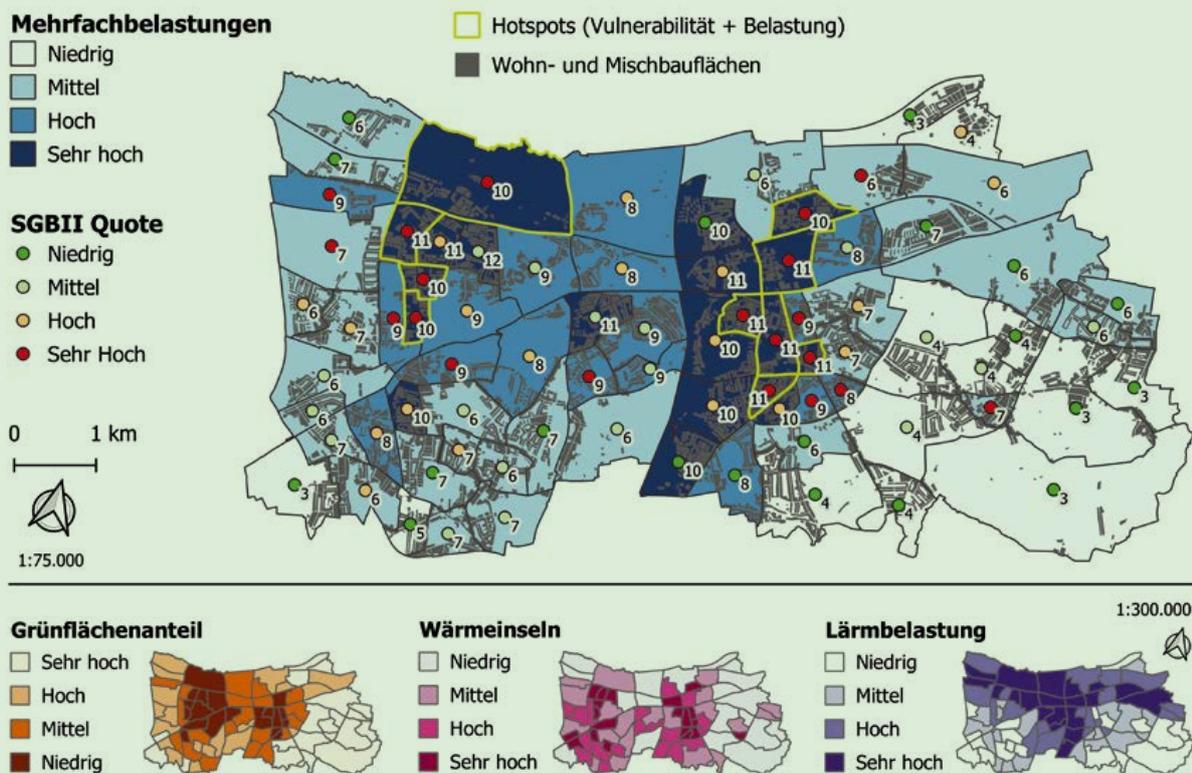
Mit Blick auf die Praxis hat sich das SUHEI-Modell (Spatial Urban Health Equity Indicators) bereits in einigen Kommunen – wie etwa Bochum, Gelsenkirchen oder Herne – als praktikabel erwiesen. Dabei werden in vier Schritten bestehende Umwelt- und Sozialindikatoren zusammengeführt, um aus umweltbezogener Verteilungsgerechtigkeit Mehr-

fachbelastungen abzuleiten (KÖCKLER et. al. 2020; FLACKE et. al. 2016; FLACKE und KÖCKLER 2015; s. Abb. 7-1). Dafür müssen Kommunen zunächst gesundheitsgefährdende und -fördernde Umweltindikatoren (Flächenanteil je Raumeinheit) sowie Sozialindikatoren (Personenanteil je Raumeinheit) berechnen und einheitlich klassifizieren. Anschließend können die Umweltindikatoren zu einem Mehrfachbelastungsindikator aufsummiert und mit den Sozialindikatoren

überlagert werden. Durch die gemeinsame Betrachtung dieser Indikatorengruppen können Kommunen „Hotspots der Ungleichheit“ identifizieren. Indikatoren zu Erkrankungen und Sterblichkeit werden in die lokalen Anwendungen explizit nicht einbezogen, da die Auswahl der Indikatoren bereits in ihrer Gesundheitsrelevanz begründet liegt. Das SUHEI-Modell liefert Städten und Gemeinden mit relativ geringem Aufwand eine Datenbasis für raumrelevante Entscheidungen.

o **Abbildung 7-1**

Mehrfachbelastungskarte der Stadt Herne nach dem SUHEI-Modell



Quelle: KÖCKLER et. al. 2020, S. 106

469. Um die Orientierung an Sozialräumen bei allen Fachbehörden in Bund, Ländern und Kommunen noch stärker zu verankern, ist es darüber hinaus sinnvoll, eine sozialräumlich integrierte Berichterstattung zu Umwelt und Gesundheit auch auf Bundes- und Länderebene zu etablieren. Dies könnte beispielsweise in Anlehnung an das EJSscreen der amerikanischen Umweltschutzbehörde US EPA (2022a) geschehen (Kasten 7-3) und die Basis

für integrierte, ressortübergreifende Informationen darstellen (s. SRU 2020, Tz. 454).

470. Für den flächendeckenden Aufbau eines entsprechenden Monitorings müsste zunächst definiert werden, welche Indikatoren angewandt werden sollen. Die Vielfalt möglicher Umwelt-, Gesundheits- und Sozialindikatoren zur Fortschrittsmessung ist groß (DOYLE

Kasten 7-3 Environmental Justice Screening and Mapping Tool

Das Environmental Justice Screening and Mapping Tool (EJScreen) ist ein Online-Instrument der United States Environmental Protection Agency (US EPA). Es liefert im Internet einen national einheitlichen Datensatz zu umweltbezogenen und sozio-ökonomischen Indikatoren und die Möglichkeit, diese auf verschiedenen räumlichen Ebenen zu kombinieren. EJScreen ermöglicht, die Informationen darzustellen, in einen Index für umweltbezogene Gerechtigkeit zu integrieren und mit regionalen sowie nationalen Daten zu vergleichen, um relative soziale Ungleichheiten in der Umweltgüte darzustellen. Das EJScreen wird sowohl von Behörden als auch Forschenden sowie der Öffentlichkeit genutzt. Zur Nutzung werden umfangreiche Informationen bereitgestellt (US EPA 2022a, eigene Übersetzung).

et. al. 2020a; SCHÖNTHALER et. al. 2011; KRUG und MÜCKE 2018; TOBOLLIK et. al. 2018a; PINEO et. al. 2018; ROTHENBERG et. al. 2015; OSIUS et. al. 2001). Daher bedarf es einer nachvollziehbaren und transparenten Indikatorenauswahl, die zudem auf Kompatibilität zu prüfen ist. Umweltbezogene Indikatoren meinen beispielsweise den Anteil von Grünflächen je Raumeinheit oder den Anteil der durch Straßenverkehrslärm belasteten Fläche je Raumeinheit. Die allgemeine oder ursachenspezifische Sterblichkeitsrate je Raumeinheit oder neue Fälle umweltassoziiierter Erkrankungen pro 100.000 Menschen je Raumeinheit sind mögliche gesundheitsbezogene Indikatoren. Soziale Indikatoren können etwa die Anzahl sozialer Einrichtungen je Raumeinheit oder der Anteil der Menschen mit Transferleistungsbezug nach SGB II (Bürgergeld) sein.

471. Für eine deutschlandweite integrierte Berichterstattung könnten das Statistische Bundesamt, das UBA, das RKI sowie das Bundesamt für Soziale Sicherung gemeinsam ein mehrstufiges Verfahren zur Entwicklung eines Indikatorensets durchführen. Voraussetzung müsste das Vorliegen aussagekräftiger Daten sein, die kleinräumig und pseudonymisiert zur Verfügung stehen. Mithilfe einer Ad-hoc-Surveillance kann das finale Indikatorenset zu einer Datenbasis zusammengeführt und in der Praxis erprobt werden.

7.1.3 Umweltbezogene Gesundheitsaspekte in Planungsprozessen stärken

Aktive Mitwirkung der Gesundheitsämter

472. Umweltbezogener Gesundheitsschutz ist eine Querschnittsaufgabe, die idealerweise durch eine integrierende städtische Planung gesteuert wird. Dabei ist einerseits das kooperative Handeln der betroffenen Behörden untereinander wichtig, zum anderen müssen die Gesundheitsbelange auch inhaltlich in den Planungen verankert werden (BÖHME et. al. 2021; zur inhaltlichen Verankerung von Umweltgerechtigkeit s. Abschn. 7.1.5). Vor allem integrierte Stadtentwicklungskonzepte (ISEK) haben ein großes Potenzial, die Gesundheitsförderung zu berücksichtigen (z. B. BÖHME et. al. 2021, Kap. 5). Die kooperativen Verfahren der integrierten Stadtentwicklungsplanung öffnen das System zudem für bürgerschaftliches Engagement und Partizipation (Deutscher Städtetag 2015, S. 5; zur Partizipation s. Abschn. 7.1.4).

473. Bei den Kooperations- und Integrationsprozessen spielen die Gesundheitsämter insofern eine große Rolle, als ihre Beteiligung in Planungsprozessen die zentrale Voraussetzung für die Berücksichtigung und fachliche Integration unterschiedlicher Gesundheitsbelange ist. Allerdings wurde in einer Studie des UBA festgestellt, dass Gesundheitsämter in Planungsverfahren, in denen sie zu fachlichen Stellungnahmen aufgefordert werden (u. a. in formellen Planungen wie Flächennutzungsplan, Bebauungsplan oder Lärmaktionsplan), wegen prekärer Personalausstattung oftmals keine Stellungnahme abgeben und somit keine gesundheitlichen Belange in die Planung einbringen (BÖHME et. al. 2021). Für die mangelnde Beteiligung des Gesundheitssektors gibt es verschiedene Ursachen: Es können generelle Schwierigkeiten im ressortübergreifenden Handeln vorliegen, aber auch strukturelle Hindernisse, unterschiedliche fachliche Zugänge und damit verbunden ein unterschiedliches Verständnis der Bedeutung und Reichweite gesundheitlicher Belange – von einer Reduzierung der Gesundheitsbelastung über die Vorsorge bis hin zur Gesundheitsförderung (BUNGE 2020, S. 153). Um eine aktivere Rolle der Gesundheitsämter zu stärken, empfiehlt der SRU, in den Fachgesetzen der Länder festzulegen, dass relevante Fachplanungen regelhaft unter Beteiligung des ÖGD erstellt werden sollten (siehe z. B. § 8 Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen – ÖGDG NRW).

474. Eine intensive Einbindung der Gesundheitsämter „setzt [auch] voraus, dass diese in ihrer Aufgabenerfüllung einen stärkeren (sozial)räumlichen Bezug ausbilden, um an räumlichen Planungen und Konzepten partizipieren zu können“ (BÖHME et. al. 2021, S. 88). Hierzu müssen die Fachkräfte in den Gesundheitsämtern entsprechend ausgebildet und qualifiziert werden. Dazu wäre beispielsweise eine stärkere Verknüpfung der Studiengänge Public Health und Raumplanung in den Curricula der Aus-, Fort- und Weiterbildung sinnvoll (FEHR et. al. 2022).

Fachplan Gesundheit und Weiterentwicklung ÖGD

475. Die aktive Einbindung der Gesundheitsämter kann auch durch einen Fachplan Gesundheit als informelles Instrument unterstützt werden. Er wird seit einigen Jahren in der Praxis erprobt (BAUMGART und RÜDIGER 2022, S. 394 ff.; BAUMGART und DILGER 2018). Ziel dieses Fachplans ist es unter anderem, gesundheitsbezogene Anliegen, sozialräumliche Besonderheiten und quartiersbezogene Handlungsbedarfe darzustellen (CLAßEN und MEKEL 2020, S. 400). Für die raumbezogene Problemanalyse können Daten der Gesundheitsberichterstattung und der Gesundheitskonferenzen genutzt werden (BAUMGART und DILGER 2018, S. 206; HARTLIK und MACHTOLF 2018). Daraus können Zielsetzungen und Maßnahmenvorschläge abgeleitet werden (BAUMGART und DILGER 2018, S. 204). Der Fachplan Gesundheit kann das räumlich differenzierte und integrierte Monitoring unterstützen (Abschn. 7.1.2); zudem könnte er proaktiv raumbezogene Anforderungen in Bezug auf den Zusammenhang zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit formulieren (BAUMGART et. al. 2018, S. 424).

476. Die Erstellung eines Fachplans Gesundheit gehört nicht zu den Pflichtaufgaben der Gesundheitsämter und geht über die bisherige Gesundheitsberichterstattung des ÖGD hinaus (BAUMGART und DILGER 2018). Angesichts einer unzureichenden Personal- und Ressourcenausstattung des ÖGD (Tz. 249) ist es nicht verwunderlich, dass für diese zusätzlichen Planwerke oftmals keine Finanzmittel bereitgestellt werden (BAUMGART und DILGER 2018, S. 206). Den Gesundheitsämtern sollte daher für diese Aufgaben finanzielle und personelle Unterstützung zur Verfügung gestellt werden. Mit dem Pakt für den ÖGD haben sich Bund und Länder geeinigt, Gesundheitsämter mit 4 Mrd. Euro für sechs Jahre zu unterstützen, damit sie personell aufgestockt, modernisiert und digital vernetzt werden. Allerdings sind die Finanzhilfen für den Pakt für den ÖGD nur bis 2026

bewilligt worden. Eine Verstetigung des Paktes ist daher notwendig (s. Empfehlung in Tz. 250).

477. Außerdem sollte die Modernisierung und Weiterentwicklung des ÖGD auch dahingehend erfolgen, dass der Themenbereich Umwelt und Gesundheit in seiner Vielschichtigkeit von den Gesundheitsämtern besser adressiert werden kann (zur Bedeutung der Stärkung des ÖGD für die Hitzevorsorge und den Hitzeschutz s. Tz. 249). Bisher vorliegende Empfehlungen zur Weiterentwicklung des ÖGD befassen sich meist mit der besseren Vorbereitung auf zukünftige Pandemien (pandemic preparedness) und gesundheitliche Notlagen (Beirat Pakt ÖGD 2021). Langfristig sollte die Weiterentwicklung des ÖGD so erfolgen, wie sie das BMG in einem Forschungsvorhaben formuliert hat (bvpg 2022), unter anderem mit folgenden thematischen Schwerpunkten:

- Forschungsprojekte fördern, die die Weiterentwicklung von Strukturen und Aufgaben des ÖGD untersuchen. Schwerpunkte dabei sind unter anderem Gesundheitsberichterstattung und Gesundheitsfolgenabschätzung sowie Steigerung der Qualität von Daten und deren Auswertung.
- Umweltbezogener Gesundheitsschutz auf Bevölkerungsebene unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels.
- Gesundheitsförderung und Prävention.
- Gesundheit von vulnerablen und marginalisierten Gruppen unter Berücksichtigung des Zugangs zu Gesundheitsangeboten und der Erreichbarkeit der genannten Gruppen durch den ÖGD.
- Umsetzung des HiAP-Ansatzes im ÖGD.

Das Gesunde Städte-Netzwerk

478. Eine seit vielen Jahren bestehende Initiative, die ebenfalls das Ziel hat, Gesundheit als Querschnittsthema stärker in kommunale Entscheidungen und Politiken einzubinden, ist das Gesunde Städte-Netzwerk (s. a. WETH 2020; FEHR und HORNBERG 2018, S. 109). Bei diesem Netzwerk handelt es sich um einen freiwilligen Zusammenschluss von Kommunen, die sich für die Schaffung eines gesunden städtischen Umfelds engagieren. Mit einem integrativen Ansatz im Sinne von HiAP (Tz. 603) sollen möglichst viele Institutionen und Politikfelder beteiligt werden, die an den Determinanten von Gesundheit (HURRELMANN und RICHTER 2022)

ansetzen, ein originäres Interesse an ihnen haben und Einfluss auf sie nehmen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Bereiche Bildung, Stadtentwicklung, Umwelt, Verkehr und Wohnen.

479. Das Gesunde Städte-Netzwerk wurde 1989 in Deutschland gegründet (Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland o. J.–b). Das Netzwerk baut auf der Gesunde Städte-Bewegung der WHO (1992) auf und ist in die internationalen Aktivitäten hierzu eingebunden. Die WHO-Initiative wurde 1988 mit dem Ziel gegründet, das körperliche, soziale und geistige Wohlbefinden der Menschen und die Umwelt der Menschen in der Stadt zu verbessern. Bis zum 9. Februar 2022 haben sich deutschlandweit insgesamt 94 Städte, Kreise und Stadtbezirke dem Gesunde Städte-Netzwerk angeschlossen, das ständig weiterwächst. Die Städte werden nicht nur durch Kommunalverwaltungen vertreten, sondern auch zum Beispiel durch Patientenverbände oder Selbsthilfegruppen. Jedes neue Mitglied muss vor dem Beitritt einem Neun-Punkte-Plan zustimmen (Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland o. J.–a). Damit verpflichten sich die Städte unter anderem, die Ziele der Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung (WHO 1986) zu verfolgen, Ressourcen für die Gesunde Städte-Arbeit bereitzustellen, alle relevanten Institutionen einzubinden und Bürgerbeteiligung zu ermöglichen – unter anderem auch durch die Veröffentlichung von gut verständlichen Informationen.

480. Das Netzwerk vertritt die Interessen der Kommunen insbesondere gegenüber Bund und Ländern. Es erfolgt eine Vernetzung auch mit anderen Akteuren, zum Beispiel mit dem Deutsche Städtetag und wissenschaftlichen Einrichtungen. Zusätzlich werden Appelle und Erklärungen zu gesundheitsförderlichen Themen, beispielsweise acht Thesen zu Lehren aus der Pandemie für die kommunale Gesundheitsförderung, veröffentlicht (Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland 2020a). Ein wichtiges Thema ist, den gesundheitlichen und sozialen Benachteiligungen in bestimmten Stadtteilen entgegenzuwirken. Maßnahmen zielen zum Beispiel darauf ab, Bedingungen für eine gesunde Lebensweise und eine gesundheitsförderliche Stadtgestaltung zu schaffen.

481. Aus Sicht des SRU stellt das Gesunde Städte-Netzwerk eine gelungene Kooperation dar, um den gesundheitsbezogenen Umweltschutz in den Städten zu fördern. Es gibt jedoch eine Reihe von Hindernissen bei den Bemühungen, integriert zu arbeiten und gesundheitsfördernde Aspekte bei der Stadtentwicklung nach vorne

zu stellen. Diese reichen von mangelnden personellen sowie finanziellen Ressourcen bis hin zu eingeschränkten Handlungsspielräumen, unter anderem auch durch einen hohen bürokratischen Aufwand beim Umsetzen von Maßnahmen (s. bspw. NEUBAUER 2021). Deshalb ist es wichtig, dass Bund und Länder die Kommunen unterstützen, eine gesunde Lebenswelt im urbanen Raum zu schaffen (s. a. die Empfehlungen in Abschn. 7.1.5). Das bedeutet auch, dass die Handlungsspielräume in der Kommunalpolitik verbessert werden müssen (z. B. für die Gestaltung einer Parkraumbewirtschaftung oder die Festlegung einer Regelhöchstgeschwindigkeit von 30 km/h innerorts (siehe u. a. SRU 2020, Kap. 6; Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland 2020b)). Aus dem Gesunde Städte-Netzwerk kommt unter anderem der Wunsch, dass die Kommunen einen Sitz und eine Stimme in der Nationalen Präventionskonferenz (NPK) erhalten (Tz. 587). Wichtig ist, dass die Kommunen und Stadtbezirke, die dem Netzwerk angehören, Gesundheit eine hohe Priorität einräumen (ein Beispiel hierfür ist die Stadt Utrecht, siehe u. a. WEBER und SCHREURS 2018).

7.1.4 Öffentlichkeitsbeteiligung sicherstellen

482. Eine ökosale Politik erfordert ausreichende Partizipationsmöglichkeiten der Öffentlichkeit. Diese Notwendigkeit wird sowohl aus Umwelt- als auch aus Gesundheitsperspektive deutlich: Öffentlichkeitsbeteiligung an umweltrelevanten politischen Entscheidungen stellt eine zentrale Säule der Aarhus-Konvention dar und ist ein grundlegendes Recht jeder EU-Bürgerin und jedes EU-Bürgers (Richtlinie 2003/35/EG). Studien zeigen außerdem, dass Öffentlichkeitsbeteiligung das Umweltschutzniveau erhöht (SCHÜTTE et. al. 2023; NEWIG et. al. 2012; 2017). Die Gesundheitsziele der WHO wiederum beziehen sich explizit auf Beteiligung als Faktor für gesundheitsförderliche Lebensbedingungen (WHO 1986). Allgemein tragen beteiligungs-offene Prozesse dazu bei, die Legitimation politischer Entscheidungen zu stärken und technokratische Lösungsansätze zu vermeiden (SRU 2019a).

483. Beteiligung kann mehrere Formen annehmen und etwa formelle und informelle Verfahren umfassen. Zumeist wird ein Modell aufeinander aufbauender Beteiligungsstufen angenommen (aufbauend auf ARNSTEIN 1969): Beteiligung setzt mindestens Information, Anhörung und Einbeziehung (Vorstufen der Partizipation) voraus. Umfassende Partizipation erfordert darüber

hinaus Mitbestimmung und Entscheidungskompetenz (WRIGHT et. al. 2008, S. 751). Partizipationsmöglichkeiten sollten dabei immer in die konkreten Entscheidungsprozesse formell legitimer Gremien eingebunden werden (SRU 2019a, Tz. 295 und 306). Zivilgesellschaftliche Akteure brauchen eine verbindliche Rolle bei der Entscheidungsfindung, um diese substantiell beeinflussen zu können (WRIGHT et. al. 2008, S. 750).

484. Auf kommunaler Ebene gelten adäquate Beteiligungsmöglichkeiten als notwendige Bedingung gesundheitsförderlicher Stadtplanung (HEALEY 1998; KÖCKLER et. al. 2018; KÖCKLER und SIEBER 2020), denn Praxisakteure können mit ort- und kontextspezifischem Wissen die lokalen Auswirkungen von Politikmaßnahmen oftmals besser einschätzen als externe Expert:innen (HERTIN 2016). Beispielsweise verbessert Partizipation das in HIA generierte Wissen über gesundheitsförderliche Maßnahmen (den BROEDER et. al. 2017). Können Bürger:innen bereits die Konzeption städtischer Grünräume aktiv mitgestalten, so steigt deren soziales und gesundheitliches Potenzial (DUH 2014, S. 13).

485. Vor diesem Hintergrund stellt Partizipation ein wesentliches Element der integrierten Stadtentwicklungsplanung dar (BAUMGART und RÜDIGER 2022, S. 110 ff.). Diese orientiert sich „an den realen Problemen und Herausforderungen vor Ort“ (ebd., S. 103), bezieht also alle relevanten lokalen und kommunalen Akteure aus Politik, Zivilgesellschaft und Privatwirtschaft mit ein. Auf dieser Basis kann integrierte Stadtentwicklungsplanung die Bedürfnisse unterschiedlicher Stakeholder identifizieren und miteinander abgleichen. Bestenfalls lassen sich so Zielkonflikte entschärfen und Synergien über verschiedene Handlungsfelder und Sektoren hinweg schaffen.

486. Die Fallbeispiele zu urbanem Hitzestress und Feinstaub zeigen, wie stark eine gesundheitsfördernde Lebensumwelt hier von der Stadtplanung abhängt. Durch die Erhaltung von Kaltluftschneisen oder die Aufwertung der Stadtnatur reduziert eine gesundheitsförderliche Stadtplanung beispielsweise die Gesundheitsrisiken des städtischen Wärmeinseleffekts (Tz. 230).

487. Die Chance zur Teilhabe an gesundheitsrelevanten Planungsprozessen sollte dabei unabhängig von der sozialen Lage sein. Nur so können alle gesellschaftlichen Gruppen ihre Perspektiven, Erfahrungen und Bedürf-

nisse in die Planung einbringen. Sozial benachteiligte Menschen verfügen vielfach allerdings über vergleichsweise wenig Ressourcen, sich an Planungs- und Entscheidungsprozessen zu beteiligen. Die Forschung zur politischen Partizipation macht zudem deutlich, dass die tatsächliche Partizipation umso ungleicher ist, je anspruchsvoller die Verfahren sind: Reiche, akademisch Gebildete und Männer mittleren Alters beteiligen sich überproportional häufig und setzen ihre Interessen eher durch (SCHÄFER 2010; QUILLING und KÖCKLER 2018, S. 109). Interventionen zur Gesundheitsförderung erreichen auch nicht immer die gewünschten Zielgruppen, etwa Menschen mit Migrationsgeschichte (HEMETEK 2019). Damit also nicht nur diejenigen Akteure profitieren, „die ihre Interessen besonders gut artikulieren und verfolgen können“ (QUILLING und KÖCKLER 2018, S. 112), sollten Beteiligungsformate sorgfältig vorbereitet werden. Stakeholderanalysen tragen dazu bei, die bestehenden Akteurs- und Interessenkonstellationen bereits in der Konzeption von Beteiligungsformaten zu berücksichtigen. Diese Formate sollten möglichst barrierefrei sein und auf die Bedürfnisse sozial benachteiligter Bevölkerungsgruppen eingehen (zur umweltbezogenen Verfahrensgerechtigkeit s. a. HEMETEK 2019; Tz. 62 f.).

488. Schließlich ist „Scheinpartizipation“ zu vermeiden, also formal umfassende Partizipationsangebote, die letztlich aber keine aktive Mitgestaltung erlauben (WRIGHT 2021). Bei Beteiligungsprozessen geht daher Qualität vor Quantität: „Transparente, gut strukturierte, gezielte Formate mit relativ geringer Anzahl von Teilnehmenden können einen höheren Wert besitzen als groß angelegte, über Monate laufende Prozesse, bei denen die Nutzung der Ergebnisse undefiniert bleibt“ (SRU 2019a, Tz. 295). Dabei hängt der adäquate Umfang des Prozesses (Laufzeit, Zahl der Teilnehmenden etc.) vom spezifischen Kontext ab. Beteiligungsprozesse erfordern somit Kompetenzentwicklung sowohl in der Bevölkerung als auch bei den Verfahrensverantwortlichen. Gelingt die Partizipation auf Augenhöhe, können Bürger:innen ihre Lebensumwelt aktiv mitgestalten und erlangen so „Kontrolle über die eigenen Gesundheitsbelange (Empowerment)“ (WRIGHT et. al. 2008, S. 148).

7.1.5 Unterstützung durch Bund und Länder verbessern

489. Angesichts der großen Herausforderungen wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust, soziodemogra-

fischer Wandel und Ressourcenknappheit (Tz. 456) benötigen die Kommunen Unterstützung von Bund und Ländern, um den gesundheitsbezogenen Umweltschutz und die Umweltgerechtigkeit in Städten zu verbessern. Dies kann durch verschiedene gesetzgeberische und ökonomische Maßnahmen erfolgen, die an den in Tabelle 7-1 aufgeführten Instrumenten ansetzen. Dazu gehören die Empfehlungen, den Aspekt Umweltgerechtigkeit in der Bauleitplanung, im „Besonderen Städtebaurecht“, in den Instrumenten des planerischen Umweltschutzes und bei Umweltprüfungen stärker zu verankern (Tz. 490–492 und 494). Zusätzlich sind organisatorische und informatorische Maßnahmen sinnvoll, um Umweltgerechtigkeit und umweltbezogenen Gesundheitsschutz zu fördern (Tz. 495). Für den Gesundheitsschutz sollten die bundesweiten Vorgaben zum Lärmschutz verbessert werden (Tz. 493). Um Synergien zwischen Luft- und Lärmaktionsplanung zu heben, wird eine integrierte Verkehrsentwicklungsplanung empfohlen (Tz. 496). Darüber hinaus wird vorgeschlagen, die Möglichkeit von Experimentalspielräumen in Städten zu fördern (Tz. 497). Der abschließende Blick auf die Städtebauförderung zeigt ihre große Bedeutung für die Förderung von Umwelt und Gesundheit in Städten, verweist aber auch auf bestehende strukturelle Probleme (Tz. 498 f.). Weitere Empfehlungen, wie Bund und Länder die Städte bei Gesundheitsförderung und Umweltgerechtigkeit unterstützen können, finden sich in Abschnitt 7.1.2 (Einführung eines räumlich differenzierten und integrierten Monitorings), in Abschnitt 7.1.3 (Finanzierung und Weiterentwicklung des ÖGD) sowie in Kapitel 7.2 (Verbesserung der städtischen Grünraumversorgung) und in Kapitel 7.3 (Unterstützung der Städte bei der Klimaanpassung).

Bauleitplanung

490. Im Katalog der Belange für die Bauleitplanung ist der Aspekt Umweltgerechtigkeit implizit enthalten (§ 1 Abs. 5, Abs. 6 Nr. 1 und Nr. 7 lit. c BauGB). Damit das Thema Umweltgerechtigkeit aber die notwendige Aufmerksamkeit erhält, ist es aus Sicht des SRU sinnvoll, diesen Aspekt explizit in den Katalog der Belange einzufügen und Umweltgerechtigkeit zum Bestandteil der räumlichen Planung zu machen (s. a. BÖHME et. al. 2022a, S. 107 f.). Es stärkt zudem die Empfehlung, dass in größeren Städten eine integrierte Analyse sozial-räumlicher, umwelt- und gesundheitsbezogener Daten durchgeführt werden sollte (Tz. 468), denn diese Informationen werden benötigt, um den gesetzlich genannten konkreten städtebaulichen Belang zur Umweltgerechtigkeit abarbeiten zu können.

Festlegung von Sanierungsgebieten und Entwicklungsbereichen sowie Entwicklungskonzepte im Rahmen der „Sozialen Stadt“

491. Die kommunale Bauleitplanung ist im Wesentlichen ein Instrument für die wachsende Stadt und taugt nur partiell zur Problembewältigung, wenn es um bereits bebaute Areale geht (KÖCK und FISCHER 2018, S. 145). Wenn Städte mehrfach belastete Stadtquartiere entlasten wollen, um damit mehr lokale Umweltgerechtigkeit herzustellen, bedarf es in einem ersten Schritt der Überplanung, mit der zumindest eine Trendumkehr zur Besserung der Belastungssituation eingeleitet werden kann (ebd., S. 158). Darüber hinaus ist die Stadt auf flankierende Instrumente, vor allem auch öffentliche Finanzmittel, angewiesen, um den Konsequenzen des baurechtlichen Bestandsschutzes und Abwägungsgebotes Rechnung tragen zu können (ebd.; s. a. Tz. 531). Hier kann insbesondere die Nutzung des Instrumentariums des Besonderen Städtebaurechts im BauGB, wie etwa die Festlegung von Sanierungsgebieten, Entwicklungsbereichen und Maßnahmen der „Sozialen Stadt“ (§§ 136–186 BauGB), hilfreich sein. Diese Maßnahmen sind das „schärfste rechtliche Schwert für eine gesundheitsfördernde Stadtentwicklung“ (KÖCK und FISCHER 2018, S. 163). Um Umweltgerechtigkeit auch in Bestandsstrukturen im Rahmen von städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen, von Stadtumbaumaßnahmen sowie von Maßnahmen der „Sozialen Stadt“ herzustellen, sollten die Kriterien und Beurteilungsmaßstäbe des Besonderen Städtebaurechts für das Vorliegen städtebaulicher Missstände (§ 136 Abs. 2 und 3 BauGB), erheblicher städtebaulicher Funktionsverluste (§ 171a Abs. 2 BauGB) und sozialer Missstände (§ 171e Abs. 2 BauGB) um Aspekte von Umweltgerechtigkeit erweitert werden (BÖHME et. al. 2022a, S. 107). Damit könnten die Sanierungsgebiete daraufhin untersucht werden, ob in ihnen das Gerechtigkeitsanliegen ausreichend transportiert wird (zu Sanierungsmaßnahmen zur Grünraumentwicklung s. Tz. 531 f.).

Luftreinhalte- und Lärminderungsplanung

492. Weder in der Luftreinhalte- noch in der Lärminderungsplanung spielt soziale Ungleichheit von exponierten Bevölkerungs(teil)gruppen eine Rolle (SRU 2020, Tz. 453). Der SRU empfiehlt daher, dass in den Instrumenten des planerischen Umweltschutzes gesetzlich festgelegt wird, bei der Planung die räumliche Verteilung von Umweltbelastungen bzw. Umweltressourcen in Verbindung mit der sozialen Lage der Bevölkerung zu berücksichtigen (s. a. BÖHME et. al. 2022a, S. 107 f.). Mit einer solchen Herangehensweise kann umweltbezogene Verteilungsgerechtigkeit im

Rahmen sektoraler Umweltplanung berücksichtigt werden. Dies befördert auch die Zusammenarbeit verschiedener Fachämter. Die Empfehlung kann dazu führen, dass Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltsituation nach der sozialen Lage der Quartiere priorisiert werden. Für die Berücksichtigung der sozialen Lage ist ein räumlich differenziertes und integriertes Monitoring sinnvoll (Abschn. 7.1.2). Um die Qualität der Umweltsituation in den Quartieren festzustellen, ist es zudem wichtig, Indikatoren zu erarbeiten. Für Grünräume wären dies zum Beispiel die wohnortnahe Grünversorgung und Grünerreichbarkeit oder die Ausstattung mit Straßenbäumen (Tz. 514).

493. Wenngleich die gesetzlichen Vorgaben zur Luftqualität und zum Lärm die Kommunen bereits darin unterstützen, eine bessere Luftqualität zu erreichen und Lärmemissionen zu reduzieren, gibt es noch deutlichen Verbesserungsbedarf. Der SRU empfiehlt zum Beispiel die Einführung einer Lärmaktionsplanungsverordnung, in der bundeseinheitliche Lärmschwellen (Auslöswerte) festgelegt werden, deren Überschreitung eine Lärmaktionsplanung mit entsprechenden Minderungsmaßnahmen auslöst. Die Verordnung sollte auch Vorgaben für ruhige Gebiete enthalten. Dabei ist es wichtig, dass möglichst viele Bewohner:innen fußläufig Zugang zu einem ruhigen Gebiet haben. Außerdem sollten für bestehende Straßen und Schienenwege anspruchsvolle Lärmschwellen verbindlich festgelegt und Kommunen bei Lärminderungsmaßnahmen an Straßen in kommunaler Baulast dauerhaft finanziell unterstützt werden (SRU 2020, Kap. 5.7). Hilfreich wäre auch die Einführung einer Methode zur Gesamtlärbewertung, wie bereits im Koalitionsvertrag vorgeschlagen (s. a. SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021). Außerdem unterstützt der SRU den im Oktober 2022 veröffentlichten Kommissionsvorschlag (Europäische Kommission 2022h) für eine neue Luftqualitätsrichtlinie, der deutlich abgesenkte Feinstaubgrenzwerte für 2030 vorsieht. Diese neuen Grenzwerte spiegeln den aktuellen Wissensstand zur gesundheitlichen Belastung von Feinstaub besser wider (Tz. 126).

Umweltprüfungen

494. Umweltgerechtigkeit sollte im UVPG als verbindliches Kriterium für Umweltprüfungen aufgenommen werden (BÖHME et. al. 2022a). Auch der SRU hält es für wichtig, Aspekte der Umweltgerechtigkeit stärker bei den Umweltprüfungen zu berücksichtigen. Dazu sollten im Rahmen der Umweltprüfungen entsprechende Daten (z. B. Gesundheits- und Sozialdaten) vermehrt erhoben werden. Wie dies im UVPG in einer differen-

zierten und abgestuften Weise konkretisiert werden könnte, wurde in Abschnitt 5.3.3 erläutert.

Organisatorische und informatorische Instrumente

495. Um das Thema Umweltgerechtigkeit in den Kommunen zu stärken, gibt es außerdem Empfehlungen zur Organisation und Kooperation auf Bundes- und Länderebene. Dazu gehört beispielsweise, federführende Koordinator:innen auf Bundes- und Länderebene zu benennen und eine Austauschplattform je Land und den jeweiligen Kommunen zum Thema Umweltgerechtigkeit einzurichten (BÖHME et. al. 2022a, S. 111 f.). Außerdem wird vorgeschlagen, „eine bundesweite Servicestelle Umweltgerechtigkeit einzurichten, der eine zentrale Beratungs-, Informations- und Vernetzungsfunktion obliegt. Sie sollte sich sowohl an Politik und Verwaltung auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene richten als auch an Akteure außerhalb von Politik und Verwaltung“ (ebd., S. 31 f.). Diese Vorschläge zur Organisation und Kooperation auf Bundes- und Länderebene hält der SRU für sinnvoll. Wichtig wäre es jedoch, die Aktivitäten zu Umweltgerechtigkeit und umweltbezogenem Gesundheitsschutz zu bündeln, beispielsweise im APUG (s. Kap. 8.4). Insgesamt darf dabei aber die Umweltgerechtigkeit nicht zur Nebensache werden, sie ist vielmehr ein zentraler Aspekt der ökosoluten Politik (Tz. 349 ff.).

Verkehrsentwicklungsplanung

496. Sowohl der Luftreinhalteplan als auch der Lärmaktionsplan adressieren in besonderem Maße den Verkehr. Beide Pläne sind aber nur sehr eingeschränkt in der Lage, auf die Verkehrsplanung Einfluss zu nehmen, und schauen nur von ihren sektoralen Problemwahrnehmungen auf den Verkehr (KÖCK und FISCHER 2018, S. 160). Um Synergien zu heben, ist es daher sinnvoll, diese Pläne miteinander zu verzahnen und sie darüber hinaus in eine integrierte Verkehrsentwicklungsplanung einzubinden (SRU 2020, Tz. 450; BÖHME et. al. 2018). Der SRU empfiehlt, dass Kommunen ab einer Größe von 50.000 Einwohner:innen verpflichtet werden sollten, einen integrierten Verkehrsentwicklungsplan aufzustellen. Dieser sollte „verkehrlich relevante Aspekte aus Fachplänen, wie der Luftreinhalteplanung oder der Lärminderungsplanung, und übergeordnete Rahmenbedingungen“ einbeziehen (SRU 2020, Tz. 529, auch Tz. 448 ff.; 2012a, Tz. 337 ff.; s. a. KÖCK und FISCHER 2018, S. 161). Sinnvoll wäre es, wenn der integrierte Verkehrsentwicklungsplan auch Aspekte von Klimaschutz und Bewegungsförderung sowie multifunktionale Flächennutzung beinhalten würde. Er wäre dann vielmehr

ein Mobilitätsentwicklungsplan als ein Verkehrsentwicklungsplan.

Städte als Reallabore

497. In Städten können Reallabore für die zukunftsfähige Gestaltung urbaner Quartiere initiiert werden (SCHÄPKE et. al. 2018; SCHNEIDEWIND 2018, S. 447 ff.). Um entsprechende Innovationen zu stimulieren, sollten Experimentalspielräume in Städten gefördert werden. Zum Beispiel könnten Gemeinden, gegebenenfalls auch sachlich eingegrenzt (z. B. zu nachhaltiger Mobilität), durch Experimentierklauseln im Straßenverkehrsrecht gesetzlich ermächtigt werden, Experimentalspielräume einzurichten. Grundsätzlich sollte das Experiment aber immer verantwortbar sein; das heißt, es muss berechtigten Sicherheitserwartungen genügen (KÖCK 2022a). Hierbei hat es sich bewährt, anstelle der Verfahren die Ziele, zum Beispiel eine Verbesserung des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes, zu definieren. So kann eine Gemeinde nachweisen, dass sie die Ziele auf andere Weise erfüllt. Dies fördert die Innovation.

Städtebauförderung

498. Mit zahlreichen Programmen zur Städtebauförderung unterstützt der Bund, gemeinsam mit den Ländern, „die Herstellung nachhaltiger städtebaulicher Strukturen“ (BMWSB o. J.). Außerdem erfolgt eine Vernetzung und Förderung durch die Nationale Stadtentwicklungspolitik (NSP) (Nationale Stadtentwicklungspolitik o. J.). Das Städtebauförderprogramm „Soziale Stadt“, mit dem seit 1999 baulich-investive und sozial-integrative Maßnahmen gefördert wurden, wurde 2020 durch das Programm „Sozialer Zusammenhalt – Zusammenleben im Quartier gemeinsam gestalten“ abgelöst (GRAF 2020, S. 263 und 267). Die jährlich zwischen Bund und Ländern ausgehandelte Verwaltungsvereinbarung zur Höhe und Verteilung der Städtebauförderung enthält seit 2016 – zunächst für das Programm „Soziale Stadt“, seit 2020 für das Programm „Sozialer Zusammenhalt“ – das Ziel, die Umweltgerechtigkeit in Städten zu verbessern (Art. 9 Abs. 1 Ergänzende Verwaltungsvereinbarung – ErgVV Städtebauförderung 2017; BUNGE 2020, S. 150). Die explizite Benennung des Bereichs „Umwelt und Gesundheit“ fehlt zwar in der Verwaltungsvereinbarung (BAUMGART und DILGER 2018, S. 425), aber seit 2020 gehört die angemessene Berücksichtigung von Maßnahmen des Klimaschutzes bzw. zur Anpassung an den Klimawandel zu den generellen Fördervoraussetzungen aller Städtebauförderungsprogramme. Dies kann in den Fördergebieten unter anderem durch Maßnahmen zur Verbesserung der grünen

Infrastruktur oder im Bereich klimafreundlicher Mobilität sowie durch energetische Gebäudesanierung, Bodenentsiegelung oder die Nutzung klimaschonender Baustoffe umgesetzt werden. Fördervoraussetzung für die Städtebauförderprogramme von Bund und Ländern ist die Erarbeitung von ISEK (ErgVV Städtebauförderung 2017; BMWSB 2021a; s. a. BUNGE 2020, S. 150 f.; Tz. 472).

499. Die Programme der Städtebauförderung sind zusammen mit der NSP eine treibende Kraft für die Entwicklung integrierter Handlungsansätze in den Kommunen Deutschlands (BÖHME et. al. 2021, S. 81). Allerdings erschweren strukturelle Probleme den Kommunen, an Förderprogrammen teilzunehmen (Tz. 565 ff.). Außerdem bezieht sich die Städtebauförderung nur auf Teilgebiete einer Stadt, sie ist nicht für eine gesamtstädtische Entwicklung geeignet. Eine solche wird aber für den Ausbau von grüner und blauer Infrastruktur benötigt. Hierfür können die vorhandenen speziellen Programme des Bundes verwendet werden (Abschn. 7.3.1).

7.2 Fokus: Städtische Grünräume erhalten und ausbauen

500. Bäume, Sträucher, Wiesen, Parks, bewachsene Dächer und Fassaden, Brachflächen, Flüsse und Seen: Stadtnatur ist vielfältig und erbringt zahlreiche wichtige Leistungen. Sie verbessert Lebensqualität und Gesundheit, ist Ort der Erholung, Begegnung und Bewegung, dient der Klimaanpassung und dem Klimaschutz und ist Lebensraum für Tiere und Pflanzen (SRU 2018, Abschn. 4.2.1; vgl. auch WBGU 2023; s. Kap. 3.4 und Kap. 4). Dabei hängen Grünräume stark vom lokalen Wasserhaushalt ab. Sie fangen Niederschlagswasser auf und speichern es. So können sie bei Starkregen als Regenrückhalte- und Versickerungsflächen dienen und für Trockenperioden Wasser vorhalten. Sie erfüllen also auch eine wichtige Funktion im innerstädtischen Wassermanagement (vgl. auch mit Blick auf Reformvorschläge MÜLLER et. al. 2023). Mit fortschreitendem Klimawandel nimmt auch der Trockenstress für Grünräume zu (BÖLL et. al. 2014). Parks und Bäume verlieren an Vitalität und werden anfälliger für Schädlinge und Krankheiten. Damit verändert sich zum einen die Artenzusammensetzung und zum anderen steigt der Pflgebedarf, zum Beispiel für Bewässerung. Gesundheitlich relevante Ökosystemleistungen wie Kühlung

können dadurch beeinträchtigt werden (KRAEMER und KABISCH 2022).

501. Wegen sinkender Niederschlagsmengen und Grundwasserstände wird in Zukunft mehr Regenwasser statt in die Kanalisation auf Grünflächen geleitet werden müssen, um die Vegetation zu erhalten. Das Leitbild der wassersensiblen Stadt sieht vor, dass Regenwasser versickert, verdunstet, genutzt sowie gespeichert und weniger abgeleitet wird (LAWA 2021). Es erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen den Akteuren der Stadtentwicklung, der Landschaftsplanung und der Wasserwirtschaft (MÜLLER et. al. 2023, S. 118 ff.). Insbesondere in Regionen, die stark von Trockenheit betroffen sind, könnte in Zukunft auch Grauwasser stärker in das Wassermanagement einbezogen werden. Im Gegensatz zum Regenwasser fällt es kontinuierlich als Abwasser in Haushalten zum Beispiel beim Händewaschen, Duschen oder Wäschewaschen an.

7.2.1 Funktionen von Grünräumen trotz Flächenknappheit sichern

502. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für die gesundheitsförderliche und lebenswerte Stadt wird für Grün- und Blaustrukturen die Bezeichnung grün-blaue Infrastruktur verwendet (BfN 2017; SRU 2018, Tz.144). Dazu gehören sämtliche unversiegelten oder begrünten Flächen, also etwa Stadtwälder, Parkanlagen, Brachen, Kleingärten, Friedhöfe, begrünte Hinterhöfe, Fassaden- und Dachbegrünungen sowie Gewässer und Uferbereiche. Grün-blaue Infrastruktur ergänzt die graue Infrastruktur aus Ver- und Entsorgungs- sowie Verkehrssystemen und Einrichtungen wie Kindergärten, Schulen und Altenheimen (BfN 2017). Sie ist für ein gutes Leben in der Stadt ebenso wichtig wie technische oder soziale Infrastruktur. Grün-blaue und graue Infrastruktur können miteinander verbunden werden und sich ergänzen. Besonders an sozialen Einrichtungen können in Form von Naturerfahrungsräumen, kleinen Parks oder Gärten Elemente der grünen-blauen Infrastruktur entstehen, die gleichzeitig die sozialen und gesundheitlichen Ziele dieser Einrichtungen unterstützen.

503. In wachsenden Städten trifft ein hoher Wohnungsbaubedarf auf einen ebenfalls steigenden Bedarf an grün-blauer Infrastruktur. Trotz ihrer besonderen Bedeutung werden Grünräume stark bebaut (SRU 2018, Tz. 23–25). Durch die Zunahme der Bevölkerungszahl

steigt der Nutzungsdruck auf die verbleibenden Flächen. Dadurch werden die Grünräume kleiner, sind weniger miteinander vernetzt oder gehen vollständig verloren (ebd.). Der Bund unterstützt die Kommunen dabei, Wohnraum zu schaffen, indem er mit den §§ 13a und 13b BauGB den Wohnungsneubau erleichtert hat. Erfolgt dieser durch Nachverdichtung, so geht er vielfach zulasten der grün-blauen Infrastruktur und somit der Lebensqualität und Gesundheit in den Städten. Werden die neuen Wohnungen jedoch am Stadtrand errichtet, dehnt sich der urbane Raum weiter aus und beeinträchtigt dadurch außerstädtische Ökosysteme und Bodenfunktionen. Dies läuft dem Ziel der Bundesregierung, den Flächenverbrauch zu senken, entgegen (Bundesregierung 2021a, S. 270 ff.).

504. Der SRU hat sich deshalb in der Vergangenheit für das Konzept der doppelten Innenentwicklung ausgesprochen (SRU 2018; BÖHM et. al. 2016). Dieses sieht vor, Flächenreserven im Siedlungsbestand einerseits baulich, andererseits als Freiraum zu entwickeln. Innerstädtische Flächenpotenziale wie Baulücken, Brachflächen oder Möglichkeiten im Bestand sollen somit unter anderem für die Schaffung von Wohnraum genutzt werden (DRL 2006). Zugleich sollen Grünräume beispielsweise als Parks oder begrünte Plätze erhalten, qualitativ (multifunktional) aufgewertet und möglichst miteinander vernetzt werden. Dem Konzept doppelter Innenentwicklung entsprechend fordert der Bund Deutscher Landschaftsarchitekt:innen (bdla 2022a), dass die Bundesregierung ihre Wohnungsbauoffensive von 400.000 Wohnungen im Jahr (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021, S. 69) durch eine Freiraumoffensive von mindestens 1.000 Nachbarschaftsparks mit je einer Mindestgröße von 1 ha ergänzt. Wird das Konzept der doppelten Innenentwicklung noch um Aspekte klimafreundlicher Mobilität erweitert, spricht man von dreifacher Innenentwicklung (UBA 2022d).

505. Mit Blick auf die Flächenkonkurrenz liegen die größten Chancen darin, Flächen und Räume mehrfach zu nutzen, die derzeit monofunktional genutzt und/oder versiegelt sind. Ein attraktiv gestaltetes, multifunktionales, grünes Wohnumfeld fördert Bewegung und Begegnung und somit neben der Gesundheit auch den sozialen Zusammenhalt. Neben der Multifunktionalität innenstädtischer Flächen ist daher auch die Gemeinwohlorientierung der Nutzung ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Solche multifunktionalen Flächen sind etwa tiefergelegte Sportplätze oder frei zugängliche Mulden in öffentlichen Parks, die bei starkem Niederschlag Wasser zurückhalten können. Auch bebaute Grundstücke

können multifunktional genutzt werden, indem Dächer und Fassaden begrünt und die Grundstücksflächen so unversiegelt bleiben wie möglich. Dazu könnten etwa Häuser mit weniger Grundfläche und stattdessen mit mehr Geschossen gebaut werden, also weniger „in die Breite“ und mehr „in die Höhe“. Im Bestand ist entsprechend auch eine Aufstockung von Häusern durch zusätzliche Etagen auf Flachdächern eine flächensparende Option. Verkehrsflächen können mit versickerungsfähigen Belägen zum Wasserrückhalt beitragen.

506. Die Entwicklung und Aufwertung urbaner Grünräume macht Quartiere attraktiver und kann infolgedessen Mietpreise steigen lassen (JELKS et. al. 2021; SRU 2018, Tz. 139). Dies kann zu Verdrängungsprozessen auf dem Wohnungsmarkt, insbesondere für Geringverdienende, führen (sog. Green Gentrification, ebd.; s. a. Abschn. 2.2.3). Dabei sind urbane Grünräume allerdings nur ein Einflussfaktor unter vielen und haben im Vergleich zu strukturellen Parametern wie Alter, Größe und Lage der Immobilien nur einen geringen Einfluss auf die Preise (WÜSTEMANN und KOLBE 2017). Um derartigen Prozessen dennoch frühzeitig entgegenzusteuern und sie nach Möglichkeit zu vermeiden, sind beispielsweise eine integrierte Stadtentwicklungsplanung, eine Förderung sozialen und/oder kommunalen Wohnraums sowie Erhaltungs- oder Milieuschutzsatzungen hilfreich (KÖCK und FISCHER 2018, S. 149; FRANKE et. al. 2017). Auch die weitere Ausschöpfung der verfassungsrechtlichen Möglichkeiten zur Stärkung einer sozialgerechten Bodennutzung, die das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) stets wegen des Sozialbezugs des Grundeigentums als besonders weit bezeichnet hat (BVerfG, Beschl. v. 22.05.2001 – Baulandumlegung), darf kein Tabu sein.

507. Das Bundesumweltministerium hat das Weißbuch Stadtgrün und den Masterplan Stadtnatur vorgelegt (BMUB 2017c; BMU 2019), um Kommunen und andere Akteure dabei zu unterstützen, Stadtnatur zu schaffen, zu entwickeln und zu erhalten. Auch mit seinem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz bekräftigt der Bund die Bedeutung urbaner Grün- und Blauräume für den Klimaschutz und die Klimaanpassung und plant zahlreiche Maßnahmen für Siedlungs- und Verkehrsflächen (BMUV 2023a). So sollen unter anderem neue Stadtbäume gepflanzt, das Mikroklima durch kühlende grün-blaue Infrastruktur verbessert, Böden entsiegelt oder Kommunen bei der Stärkung des natürlichen Klimaschutzes im Rahmen der Bauleitplanung beraten werden. Relevant sind zudem die Nationale Wasserstrategie (BMUV 2023b) und der am 4. April 2023 ver-

öffentlichte Referentenentwurf für ein Bundes-Klimaanpassungsgesetz, der mittelbar auch die Gemeinden in den Blick nimmt und die Erarbeitung von Anpassungskonzepten unter Berücksichtigung von Synergien zu anderen Bereichen der Nachhaltigkeit vorsieht (BMUV 2023c). Der SRU begrüßt diese Ansätze, hält allerdings angesichts der großen Herausforderung eines gesundheits- und klimagerechten Stadtumbaus weitere Maßnahmen des Bundes für nötig. Zwar sind die Kommunen für die Stadtplanung und damit auch für Erhaltung und Entwicklung des Stadtgrüns zuständig. Allerdings agieren sie innerhalb eines gesetzlichen Rahmens, den zu weiten Teilen der Bund bestimmt (und der daran auch durch das sogenannte gemeindliche Aufgabenübertragungsverbot gemäß Art. 84 Abs. 1 S. 7 GG nicht gehindert ist). Durch Gesetzesanpassungen kann er den Weg hin zur doppelten Innenentwicklung erleichtern. Diese sind umso drängender, als auch von der Europäischen Kommission Vorgaben zur Erhaltung bzw. Erweiterung von urbanen Grünräumen zu erwarten sind: In ihrem Entwurf für eine Verordnung über die Wiederherstellung der Natur sieht die Europäische Kommission vor, den Verlust städtischer Grünräume bis 2030 zu stoppen und anzustreben, die städtischen Grünräume bis 2050 um 5 % auszudehnen (Europäische Kommission 2022i). Da die örtlichen Grünraumverhältnisse aber sehr unterschiedlich sind, reichen pauschale Ziele für die Grünraumentwicklung nicht aus. Vielmehr ist die Grünraumentwicklung auch über Zielvorgaben für Mindestausstattungen entsprechend den fachlichen Orientierungen in der vorgeschlagenen Grünraumverordnung zu organisieren (Abschn. 7.2.2).

7.2.2 Eine Grünraumverordnung erarbeiten

508. Grünräume sind in ihren Eigenschaften sehr vielfältig. Sie unterscheiden sich unter anderem in ihrer Größe, ihrer ökologischen Qualität und ihrem Vernetzungsgrad. Grünräume existieren als innerstädtische Wälder und öffentliche Parks, als private Gärten und Hinterhöfe sowie als Fassaden- und Dachbegrünung. Dementsprechend komplex sind die qualitativen und quantitativen Anforderungen an die grüne Infrastruktur (BÖHM et. al. 2016, S. 28). Das Recht äußert sich bislang nicht dazu, welche konkreten Anforderungen die urbane grüne Infrastruktur in den verschiedenen Gebiets-typen (Wohngebiete, Gewerbegebiete, Industriegebiete etc.) erfüllen sollte. Will man Erhalt und Ausbau grüner Infrastruktur rechtlich stärker regeln, bedarf es jedoch quantitativer und qualitativer Orientierungswerte.

509. Orientierungswerte der Grünraumverordnung sollten so ausgestaltet sein, dass sie einen Handlungsbedarf anzeigen, aber die jeweils zuständige Behörde bzw. die planende Gemeinde in begründeten Fällen davon abweichen kann. Sie unterscheiden sich insofern von strikt einzuhaltenden Grenzwerten, aber auch von solchen Orientierungswerten, die der Verwaltung als bloße Leitlinie dienen und überhaupt keine Bindungskraft entfalten (Tz. 384). Bei der Frage, ob die zuständige Behörde bzw. die planende Gemeinde von den Orientierungswerten der Grünraumverordnung abweichen darf, wäre insbesondere zu berücksichtigen, wie groß der städtebauliche Nutzen des neuen Gebäudes bzw. der neuen Bebauungsplanung wäre und welche Qualität und Bedeutung die betroffene Fläche für die lokale grüne Infrastruktur hat. Eine Grünraumverordnung, die mit derartigen Orientierungswerten ausgestattet wäre, würde voraussichtlich eine signifikante Steuerungswirkung entfalten und zugleich genügend Flexibilität ermöglichen, um besonderen Umständen gerecht zu werden.

510. Orientierungswerte für die grüne Infrastruktur bieten viele Vorteile: Sie dienen Sachverständigen, Planer:innen, Behörden, Gerichten und Grundstückseigentümer:innen zur Orientierung (BÖHM et. al. 2016, S. 28 ff.; HANSEN et. al. 2018, S. 135). Sie können unbestimmte Rechtsbegriffe konkretisieren und ein Anknüpfungspunkt für gesetzliche Vorgaben sein. Für die Grünraumentwicklung sind insbesondere die unbestimmten Rechtsbegriffe relevant, die sich in § 1 Abs. 6 Nr. 14 BauGB („ausreichende Versorgung mit Grün- und Freiflächen“) und § 1 Abs. 6 Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG („Freiräume [...] in ausreichendem Maße und hinreichender Qualität“) finden (BfN 2023). Werden solche Rechtsbegriffe durch Orientierungswerte konkretisiert, müssen die Behörden nicht in jedem Einzelfall erneut erwägen, wann etwa eine „ausreichende Versorgung mit Grün- und Freiflächen“ im Rechtssinne konkret vorliegt. Das entlastet die Behörden und auch die planende Gemeinde. Zugleich führt es zu einheitlicheren Verwaltungsentscheidungen, was die Rechtssicherheit und die Gleichbehandlung für die Bürger:innen und die Investoren erhöht (ebd.; Tz. 384). Einheitliche Orientierungswerte fördern zudem perspektivisch eine ausgewogene Verteilung von Grünraum im Stadtgebiet. Dadurch, dass diese Orientierungswerte auch in sozial benachteiligten Wohngebieten ein Mindestmaß an qualitativ hochwertigen Grünflächen verlangen, fördern sie gesundheitliche Chancengleichheit und Umweltgerechtigkeit (BMU 2019, S. 12; Tz. 50–55 und 60–63). Daneben hat die Vereinheitlichung zur Folge, dass Städte nicht mehr mit jedem Investor aufs Neue das Ausmaß

der überbaubaren Fläche verhandeln müssen, sondern auf die Orientierungswerte verweisen können. Das wäre gerade in Städten mit hoher Flächenkonkurrenz von großer Bedeutung (BfN 2023). Planerische Belange, die quantitativ unterlegt sind, sind zudem greifbarer, argumentativ weniger „dehnbar“ und deshalb durchsetzungsstärker in Abwägungsprozessen (BMU 2019, S. 12; BfN 2023; SRU 2018, Tz. 193). Des Weiteren kann der Bund die Städtebauförderung an die Einhaltung der Orientierungswerte knüpfen (BfN 2023; bdlA 2022b, S. 8 f.) oder die Gemeinden mithilfe der Städtebauförderung dabei unterstützen, die Orientierungswerte zu erreichen. Zuletzt ermöglichen Orientierungswerte es den Städten und Gemeinden, den Status quo und den Zielzustand ihrer grün-blauen Infrastruktur zu bestimmen und so konkreten Verbesserungsbedarf zu identifizieren (BfN 2023). Wird das Stadtgrün regelmäßig im Hinblick auf die Orientierungswerte erfasst, ermöglicht das ein langfristiges Monitoring seiner Entwicklung (ebd.).

511. Die Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) entwickelte bereits 1973 Orientierungswerte für die Freiraumversorgung, die daraufhin vom Deutschen Städtetag verabschiedet wurden (BfN 2023). Trotz neuer Herausforderungen wie des anhaltenden Wachstums der Städte, der Anpassung an den Klimawandel sowie der Erhaltung der biologischen Vielfalt wurden sie jedoch nicht weiterentwickelt (ebd.; bdlA 2022a, S. 8 f.). Sie wurden auch nicht in Bundes- oder Landesrecht überführt. Die Planungspraxis in den Kommunen ist dementsprechend uneinheitlich (BfN 2023). Einige Städte orientieren sich an den Werten der GALK, einige an selbstentwickelten Werten und einige wenden überhaupt keine Orientierungswerte an. Meist konzentrieren sich die Kommunen, die Orientierungswerte nutzen, auf die Erholungsfunktion der Grünräume. Die Funktionen Gesundheitsförderung, Klimaanpassung und Biodiversitätsschutz werden nur selten direkt adressiert (ebd.). Der Masterplan Stadtnatur des Bundesumweltministeriums sieht nun vor, „im Rahmen einer Fachkonvention bundeseinheitliche Orientierungswerte für die Grünausstattung und Erholungsversorgung“ (BMU 2019, S. 12) vorzulegen. Um dieses Vorhaben mit naturschutzfachlichem Sachverstand zu unterstützen, hat das BfN das Forschungsprojekt „Stadtnatur erfassen, schützen, entwickeln“ initiiert (Tz. 514). Die Forschungsergebnisse sollen genutzt werden, um den Prozess zur Entwicklung einer entsprechenden Fachkonvention fortzuführen.

512. Der SRU begrüßt diese Entwicklungen (vgl. auch schon SRU 2018, Tz. 193). Er empfiehlt jedoch, die

Orientierungswerte nicht als Fachkonvention, sondern als Rechtsverordnung zu erlassen. Fachkonventionen können als wissenschafts- bzw. fachintern entwickelte Verständigungen über ein bestimmtes wissenschaftliches oder technisches Vorgehen, anzuwendende Methoden oder zu beachtende Standards sowie Grenz- oder Orientierungswerte verstanden werden. Eine Fachkonvention entfaltet aus sich heraus keine Rechtswirkung, sondern ist auf rechtliche Rezeption, also auf Anerkennung durch Gerichte oder durch die Exekutive angewiesen. Gerichte billigen Fachkonventionen nur dann eine bindende Wirkung zu, wenn diese wissenschaftlich allgemein anerkannt sind (BVerwG, Urt. v. 09.07.2008 – 9 A 14/07, NVwZ 2009, 302; BVerwG, Urt. v. 28.04.2016 – 9 A 9/15, NVwZ 2016, 1710; BVerwG, Urt. v. 16.03.2006 – 4 A 1075/04, NVwZ-Beil. 2006, 1). Erfahrungen aus dem Artenschutzrecht (Stichwort „Helgoländer Papier“, s. LAG VSW 2014) haben jedoch gezeigt, dass der Prozess zur Herausbildung einer wissenschaftlich allgemein anerkannten Ansicht vergleichsweise lange dauern kann. Der klimagerechte Umbau der Städte ist von großer Bedeutung, nicht zuletzt für die Gesundheit ihrer Bewohner:innen. Da er mehrere Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird, sollte er möglichst früh und energisch angegangen werden, um mit der steten Erwärmung des Mikroklimas und der Zunahme von Hitzewellen Schritt halten zu können. Dies spricht dafür, nicht erst darauf zu warten, bis sich eine Fachkonvention zur wissenschaftlich allgemein anerkannten Ansicht entwickelt hat. Der Bund sollte stattdessen möglichst schnell im Spektrum der fachlich und wissenschaftlich vertretbaren Auffassungen eine Grünraumverordnung erlassen. Dafür spricht auch die Entscheidung des BVerfG aus dem Jahr 2018, wonach der Gesetzgeber zwar kurzfristig darauf vertrauen darf, dass sich eine wissenschaftlich allgemein anerkannte Ansicht von allein herausbildet. Längerfristig muss er jedoch, „sofern die fachlichen Zusammenhänge weiter ungeklärt sind“ (BVerfG, Beschl. v. 23.10.2018 – 1 BvR 2523/13; s. a. KÖCK 2022c), selbst in den Meinungsstreit eintreten und „für eine zumindest untergesetzliche Maßstababildung“ sorgen (ebd.).

513. Damit die Bundesregierung eine solche Grünraumverordnung – als Rechtsverordnung – erlassen kann, müsste der Bundgesetzgeber sie gemäß Art. 80 GG dazu ermächtigen. Die Bundesregierung sollte dann einen gemeinsamen Prozess mit Ländern und Kommunen anstoßen und moderieren, in dem diese Verordnung erarbeitet wird (HANSEN et. al. 2018, S. 135). Der Prozess sollte wissenschaftsbasiert, transparent und partizipativ ablaufen. Dabei kann man die Orientierungswerte zu-

rate ziehen, die sich in der Landschaftsplanung entwickelt haben, sowie Erfahrungen jener Städte, die sich bei der Grünraumplanung schon an solchen Werten orientieren (HANSEN et. al. 2018, S. 62; BÖHM et. al. 2016, S. 28 f.). Darüber hinaus stellt insbesondere das BfN-Forschungsprojekt „StadtNatur erfassen, schützen, entwickeln“ ein belastbares fachwissenschaftliches Fundament dar (Tz. 514).

514. Es bieten sich viele Indikatoren an, für die in der Grünraumverordnung Orientierungswerte festgelegt werden könnten (vgl. etwa HANSEN et. al. 2018, S. 62 f. und 135; BÖHM et. al. 2016, S. 28 ff.). Der SRU hält die Ergebnisse des BfN-Projektes „StadtNatur erfassen, schützen, entwickeln“ für einen guten Ausgangspunkt für weitere wissenschaftliche und politische Diskussionen (BfN 2023). Im BfN-Projekt wurden zunächst vier wesentliche Funktionen von Stadtgrün identifiziert: Erholung, Gesundheit, Klimaanpassung und Biodiversität. Für jede dieser Funktionen wurden daraufhin zentrale Indikatoren entwickelt, anhand derer sich die entsprechende Funktionsfähigkeit der grünen Infrastruktur einer Stadt bewerten lässt. Dazu zählen etwa die Indikatoren Grünversorgung, Grünerreichbarkeit, Ausstattung mit Straßenbäumen, Umweltgerechtigkeit oder Arten- und Lebensraumvielfalt (ebd.). Schließlich wurden für jeden dieser Indikatoren eigene Orientierungswerte bestimmt. Beispielsweise wird für die Funktion Gesundheit unter anderem der Indikator Erreichbarkeit von Grünflächen für relevant befunden und definiert als „Anteil der Einwohner*innen in fußläufiger Entfernung zu öffentlichen gesundheitswirksamen Grünflächen mit definierter Mindestgröße in der Gesamtstadt oder einer anderen definierten räumlichen Bezugsebene (in %)“ (ebd.). Als entsprechender Orientierungswert wird festgelegt, dass „100 % der Einwohner*innen in Städten [...] in einer fußläufigen Entfernung von maximal 500 m (ca. 300 m Luftlinie) zu öffentlichen gesundheitswirksamen Grünflächen“ (ebd.) mit einem Gesamtumfang von ≥ 1 ha wohnen sollen.

515. Wie es auch das BfN-Forschungsprojekt vorsieht, sollten die Orientierungswerte dem Prinzip der Umweltgerechtigkeit genügen (Tz. 60–63). Dabei spielen neben quantitativen Aspekten (Erreichbarkeit und Versorgung mit öffentlichen Grünräumen) auch qualitative Aspekte eine Rolle. Die Politik sollte deutlich stärker darauf hinwirken, dass auch und gerade die StadtNatur in sozial benachteiligten Gebieten eine hohe (Aufenthalts-) Qualität hat und entsprechend gepflegt und ausgestattet wird. So kann die gesundheitliche Chancengleichheit gefördert werden.

7.2.3 Bestehende Grünräume erhalten

516. Unbebaute Flächen sind für private Bauherren wie auch für die Kommunen oftmals die erste Wahl, wenn ein Ort für die Errichtung neuer (Wohn-)Gebäude gesucht wird. Doch selbst wenn eine Stadtverwaltung etwa eine Brache vor Bebauung schützen will, hat sie dazu nur begrenzte Möglichkeiten. In Deutschland haben Grundstückseigentümer:innen im Rahmen bauplanungs- und bauordnungsrechtlicher Vorschriften einen Anspruch auf Erteilung der Baugenehmigung: Die Verwaltung muss ein Bauvorhaben genehmigen, wenn dessen Erschließung gesichert ist und ihm weder Bestimmungen im Bebauungsplan noch im Gesetz entgegenstehen (§§ 29 ff. BauGB; KÖCK 2022c). Vor diesem Hintergrund gibt es verschiedene Ansatzpunkte, um bestehende Grünräume vor Bebauung zu bewahren oder zumindest das bestehende Niveau von städtischer grüner Infrastruktur in der Summe zu halten.

Planerische Absicherung von Grünräumen

517. Der Bundesgesetzgeber sollte dafür sorgen, dass die bestehenden innerstädtischen Grünräume planungsrechtlich besser abgesichert sind. Innerstädtische Bereiche sind regelmäßig historisch gewachsen und nicht geplant worden, weshalb hier meist keine qualifizierten Bauleitpläne existieren. Bebauungspläne werden – jenseits der besonderen Bebauungspläne der Innenentwicklung (§ 13a BauGB) – zumeist für Neubaugebiete im Außenbereich aufgestellt, da Bauleitplanung aufwendig ist und mit § 34 BauGB ein Maßstab zur Verfügung steht, der Bauen im Innenbereich auch ohne planerische Grundlage ermöglicht. Vor großflächigen innerstädtischen Überplanungen wird zudem zurückgeschreckt, weil die Gemeinden angesichts der privaten Grundeigentümerinteressen befürchten, dass ihre Planungen einer Abwägungskontrolle nicht standhalten könnten (KÖCK und FISCHER 2018). Ist der Innenbereich aber unbeplant, so richtet sich die Frage, ob und wie ein Grundstück bebaut werden darf, danach, ob es sich in die umgebende Bebauung einfügt (§ 34 BauGB). Diese Regelung führt einen bereits vorhandenen Zustand also fort. Sie ermöglicht es der Behörde deshalb nicht ohne weiteres, unbebaute Grundstücke in einer bebauten Umgebung weiter von Bebauung freizuhalten (s. aber für die Empfehlung zu § 34 BauGB Tz. 527–530). Deshalb ist trotz der genannten Hürden die Überplanung wichtig, denn sie schafft die rechtlichen Voraussetzungen für eine Trendumkehr (KÖCK und FISCHER 2018).

518. Überplanung innerstädtischer Räume im Interesse der Sicherung und Entwicklung von Grünstrukturen muss die Rechte der Grundstückseigentümer:innen aus Art. 14 Abs. 1 GG im Vorgang der Planung beachten. Wie weit diese verfassungsmäßigen Rechte allerdings reichen und wie viel Spielraum demzufolge die planende Gemeinde hat, wird zu weiten Teilen durch die Gesetze bestimmt (WIELAND in: DREIER 2013, GG Art. 14 Rn. 27). Hier kommt es insbesondere auf die Ausgestaltung des § 34 BauGB an, denn § 34 BauGB bestimmt die Rechte der Grundstückseigentümer:innen, deren innerstädtische Grundstücke nicht überplant sind. Je mehr der Gesetzgeber also schon in § 34 Abs. 1 BauGB Konzepte der Gesundheitsförderung und der Grünraumentwicklung verankert (siehe dazu die Vorschläge in Tz. 527–530), umso weniger Rechte gehen den Grundstückseigentümer:innen durch Überplanung verloren und desto größere Überplanungsmöglichkeiten stehen der Gemeinde folglich zur Verfügung.

519. Planerische Festlegungen zu lokalen Grünräumen erfolgen sowohl in Fachplänen (Landschaftspläne, Grünordnungspläne, Gewässerentwicklungspläne, Abwasserkonzepte) als auch in räumlichen Gesamtplänen (Flächennutzungspläne und Bebauungspläne). Das von den Regierungsparteien angekündigte Bundes-Klimaanpassungsgesetz sieht darüber hinaus auch eine strategische Anpassungsplanung als integrierte Fachplanung mit entsprechenden Maßnahmen in Anpassungskonzepten vor (BMUV 2023c), die ebenfalls für die Grünraumplanung relevant sein werden. Für die Grünraumplanung kommt es sowohl auf die jeweiligen Fachplanungen wie auch auf die räumliche Gesamtplanung an. Die Fachplanungen stellen unverzichtbare Teilbeiträge für die gesamtplanerische Abwägung zur Verfügung, können aber im lokalen Bereich gesamtplanerische Darstellungen und Festsetzungen nicht ersetzen (KÖCK 2023a, S. 269 f.). Nach Überzeugung des SRU sollte die Grünraumplanung daher auch künftig in die räumliche Gesamtplanung einmünden. Zudem steht mit dem Bebauungsplan nicht nur für Bauzwecke, sondern auch für das Ziel der Grünraumentwicklung ein wirksames außenverbindliches Planungsinstrument zur Verfügung. Für die nötige Stärkung der Grünraumbelange werden die Beiträge der Fachplanungen, aber auch die zu erwartende strategische Klimaanpassungsplanung und nicht zuletzt auch die hier vorgeschlagene Grünraumverordnung sorgen.

520. Die Grünraumentwicklung in erster Linie auf die Landschafts- und Grünordnungspläne zu stützen, ist schon aufgrund ihres fachspezifischen Charakters nicht

sinnvoll (anders SRU 2018, Tz. 194; s. Tz. 519): Landschafts- und Grünordnungspläne dienen Naturschutz und Landschaftspflege (sog. Fachplanung, s. GELLERMANN in: von LANDMANN/ROHMER 2022, BNatSchG Vorb. §§ 8–12 Rn. 7). Grünraumentwicklung ist aber nicht nur Naturschutz oder Landschaftspflege, sondern auch Klimaanpassung, Niederschlagswassermanagement und nicht zuletzt auch Gesundheitsförderung und gehört schon aufgrund dieser Multifunktionalität zwingend in die Gesamtplanung. Hinzu kommt die rechtliche Unverbindlichkeit der Landschaftsplanung. Zwar könnte der Bundesgesetzgeber Landschafts- oder Grünordnungsplänen mehr Rechtsverbindlichkeit verleihen (BÖHM et. al. 2016, S. 263), indem er sie auf dieselbe Stufe stellt wie Bebauungspläne. Das würde jedoch einen recht weitreichenden Eingriff in die Architektur des deutschen Planungsrechts darstellen, das im Grundsatz nur solchen Plänen verbindliche Außenwirkung zukommen lassen will, die fachübergreifenden Charakter haben. Problematisch wird dieser Eingriff insbesondere dann, wenn sich der Landschafts- bzw. Grünordnungsplan und der Bebauungsplan in ihren Aussagen widersprechen, aber beide gegenüber den Grundstückseigentümer:innen verbindlich sind. Dieser Fall wird bislang dadurch vermieden, dass die Landschafts- bzw. Grünordnungspläne selbst keine Außenwirkung haben, aber in die Aufstellung eines Bebauungsplans einfließen (KLOEPFER 2016, § 11 Rn. 231 ff.). Von einer Gleichstellung der Planungsarten, die den Landschafts- und Grünordnungsplänen selbst Außenwirkung verleihen würde, wird deshalb abgeraten.

521. Der SRU schlägt daher vor, für die Grünraumentwicklung zwar das fachplanerische Instrumentarium, insbesondere die in diesen Plänen und Konzepten vergegenständlichten Fachbeiträge, zu nutzen, aber am Ende auf das bewährte Zusammenspiel von Flächennutzungs- und Bebauungsplanung zurückzugreifen und es speziell für diese Aufgabe weiterzuentwickeln. Dazu sollte sowohl die Regelung der Flächennutzungsplanung (Tz. 522) als auch der Bebauungsplanung (Tz. 523) speziell auf die Grünraumentwicklung angepasst werden.

522. Flächennutzungspläne sind integrative Gesamtpläne und vermitteln dadurch zwischen den Belangen insbesondere der grün-blauen Infrastruktur, der Versorgung mit Wohnraum und der Verkehrsinfrastruktur. Sie sind weiträumig und können so ein gesamtstädtisches Grünraumkonzept abbilden. Letzteres ist wichtig, denn bestimmte Grünraumfunktionen lassen sich besser oder ausschließlich in einem Freiraum- und Bio-

topverbundsystem erreichen. Hinsichtlich Funktionen wie der Naherholungs- und Bewegungsmöglichkeit, der Frischluftversorgung oder der Biodiversitätsförderung leistet ein solches Verbundsystem mehr als die Summe seiner Teile. Außerdem erfüllen verschiedene Arten von Begrünung verschiedene Funktionen. Fassadenbegrünung erbringt andere Ökosystemleistungen als ein Stadtpark oder eine Reihe von Straßenbäumen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016). Genauso wie auch die verschiedenen Elemente der baulichen Infrastruktur aufeinander abgestimmt und ausgewogen über eine Stadt verteilt werden müssen, ist dies also auch für die Elemente der grünen Infrastruktur erforderlich. Das erfordert ein gesamtstädtisches Konzept. Außerdem ist nachgewiesen, dass ein gesamtstädtisches Grün- und Freiraumkonzept dem Thema der Grün- und Freiraumentwicklung mehr Bedeutung in Politik und Verwaltung verschaffen kann (BBSR 2022b). Flächennutzungspläne, die ein solches gesamtstädtisches Konzept transportieren können, haben zwar selbst keine Außenwirkung. Sie entfalten jedoch starken Einfluss auf die Ebene der Bebauungsplanung, da sich ihre Festsetzungen in den entsprechenden Bebauungsplänen wiederfinden und dort konkretisiert werden müssen (§ 8 Abs. 2 S. 1 BauGB). Insofern sollte den Flächennutzungsplänen im Bereich der Grünraumentwicklung die Aufgabe zugewiesen werden, ein gesamtstädtisches Grünraumkonzept abzubilden, an die Ebene der Bebauungsplanung weiterzureichen und so die Aufstellung mehrerer kleinräumiger, dafür aber konkreterer und verbindlicher Bebauungspläne inhaltlich vorzubereiten. Der Bundesgesetzgeber sollte dafür sorgen, dass die Kommunen verpflichtet werden, ihre Flächennutzungspläne periodisch zu erneuern und dabei auch Grün- und Freiraumkonzepte in sie zu integrieren. Dies wird schon deshalb notwendig sein, weil die – laut dem Referentenentwurf zum Bundes-Klimaanpassungsgesetz (BMUV 2023c) – beabsichtigte Klimaanpassungsplanung ohnehin periodische Aktualisierungen vorsieht. Dabei sind entsprechende Festsetzungen in Landschaftsplänen, soweit sie aktuell sind, miteinzubeziehen. Außerdem sollte der Gesetzgeber den kommunalen Planungsträgern ermöglichen, Flächennutzungspläne als sachliche Teilpläne zur Grünraumentwicklung bzw. zur Klimaanpassung aufzustellen. Er könnte sich dazu an § 5 Abs. 2b BauGB orientieren, der ebendies zur Windenergieplanung ermöglicht. Sachliche Teilpläne konzentrieren sich auf die Planung einer bestimmten Form der Flächennutzung. Der Planungsaufwand ist deshalb geringer. Zugleich beziehen sie die übrigen Belange in die Abwägung ein und unterscheiden sich darin vom sektoralen Blick der Fachplanung (vgl. RUNKEL in: SPANNOWSKY/RUNKEL/

GOPPEL 2018, ROG § 7 Rn. 24, allerdings hinsichtlich sachlicher Teilpläne der Raumordnung).

523. An den Flächennutzungsplan schließt die Ebene der Bebauungsplanung an. Der Bebauungsplan ist gegenüber den Grundstückseigentümer:innen rechtsverbindlich und bestimmt so unmittelbar, ob und wie ein Grundstück bebaut werden darf. Schon heute haben die Kommunen die Möglichkeit, bestehende Grünräume in Bebauungsplänen als Grünflächen festzusetzen oder jedenfalls als Flächen, die von Bebauung freizuhalten sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 15 bzw. Nr. 10 BauGB). Auch lässt es das geltende Recht zu, Bebauungspläne allein zum Zwecke des Eingriffsausgleichs zu erlassen (§ 9 Abs. 1a BauGB). Allerdings ist die Aufstellung von Bebauungsplänen relativ aufwendig, was die Kommunen häufig davon abhält (Tz. 517). Deshalb sollten Verfahrensvereinfachungen und -beschleunigungen speziell für solche Bebauungspläne eingeführt werden, die der Grünraumentwicklung dienen. Dabei könnte sich der Gesetzgeber an § 13a BauGB orientieren. Dieser Paragraph enthält spezielle Regelungen der Verfahrensvereinfachungen und -beschleunigungen für einen sogenannten Bebauungsplan der Innenentwicklung. Dabei handelt es sich um einen Bebauungsplan, der die Wiedernutzbarmachung von Flächen, die Nachverdichtung oder andere Maßnahmen der Innenentwicklung vorsieht. Die Regelung des § 13a BauGB wurde mit dem Ziel eingeführt, die bauliche Innenentwicklung, insbesondere den Ausbau von Arbeitsplätzen, Wohnungen und Infrastruktureinrichtungen im Innenbereich, zu vereinfachen und zu beschleunigen (BATTIS in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 13a Rn. 1). Dem Konzept der doppelten Innenentwicklung (Tz. 504) würde es entsprechen, dem auf bauliche graue Infrastruktur ausgerichteten Bebauungsplan der Innenentwicklung aus § 13a BauGB einen auf grüne Infrastruktur ausgerichteten „Bebauungsplan der Grünraumentwicklung“ an die Seite zu stellen. Genauso wie der Bebauungsplan der Innenentwicklung sollte auch der Bebauungsplan der Grünraumentwicklung in einem vereinfachten und beschleunigten Verfahren aufgestellt werden können. Derartige Regelungen der Verfahrensvereinfachung und -beschleunigung könnten sich inhaltlich an den Regelungen des § 13a BauGB orientieren und in einem neu zu erlassenden § 13c BauGB geregelt werden.

524. In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass ein Bebauungsplan selbst dann, wenn er ausschließlich Festsetzungen von Grünflächen oder von Flächen enthält, die von Bebauung freizuhalten sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 15 bzw. Nr. 10 BauGB), nicht gegen das bauplanungsrecht-

liche Erforderlichkeitsgebot des § 1 Abs. 3 BauGB verstößt. Gemäß diesem Gebot sind Bauleitpläne nur dann aufzustellen, wenn städtebauliche Bedürfnisse es erfordern (BVerwG, Beschl. v. 27.07.1990 – 4 B 156/89, Rn. 8 (juris)). Ein Bebauungsplan, der nur Grün- und freizuhaltende Flächen festsetzt, ist jedoch dann nicht auf die bloße Verhinderung konkreter baulicher Vorhaben gerichtet, wenn und soweit ihm ein positives, auf die zukünftige Sicherung und Entwicklung der Grünflächenfunktion gerichtetes Konzept zugrunde liegt (KÜLPMANN 2022, S. 82 f.). Diese Hürde ist umso leichter zu nehmen, als solche Konzepte in der Regel aus fachplanerischen Beiträgen oder auch aus einem Klimaanpassungskonzept entwickelt werden.

525. Der hier vorgeschlagene Rückgriff auf das bekannte Gefüge von Flächennutzungs- und Bebauungsplanung für die Grünraumentwicklung entspricht auch der schon bestehenden und wachsenden Bedeutung, die Grünräume für eine Stadt haben. Grünräume sind ausdrücklich nicht nur als gestalterisches Element der Stadtentwicklung zu begreifen, welches die graue Infrastruktur einer Stadt ästhetisch begleitet. Vielmehr gehören Grünräume, wie dargestellt, zur Infrastruktur einer nachhaltigen, gesunden und lebenswerten Stadt dazu, ganz besonders in Zeiten des Klimawandels. Das Gefüge aus Flächennutzungs- und Bebauungsplanung, fachlich unterstützt durch Beiträge der Fachplanung, bildet seit jeher das zentrale Instrument, um die zukünftige Entwicklung einer Stadt inklusive ihrer Infrastruktur zu gestalten. Es ist deshalb nur konsequent, wenn der Gesetzgeber auch die grüne Infrastruktur mithilfe dieses Instruments ausbaut und so sämtliche Infrastrukturelemente einer Stadt integrativ entwickelt.

526. Wie erwähnt, benötigt die fachübergreifende Flächennutzungs- und Bebauungsplanung für die Stärkung der Grün- und Blauräume fachliche Teilbeiträge aus den bestehenden Fachplanungen, wie etwa der örtlichen Landschaftsplanung oder der Abwasserplanung (inklusive Regenwassermanagement). In größeren Städten gibt es darüber hinaus auch weitere Fachplanungen (wie etwa die Luftreinhalteplanung oder Planungen, mit denen spezifische Ziele der Wasserrahmenrichtlinie abgearbeitet werden und die für die Grünraumentwicklung ebenfalls bedeutsam sein können). Der SRU empfiehlt überdies auch die Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen. Sie können ebenfalls wichtige Beiträge für eine Stärkung von Grünräumen leisten (Tz. 238–252) und sind möglicherweise künftig als Teilelement eines Klimaanpassungskonzeptes einzuordnen, wie es der Referentenentwurf des Bundes-Klimaanpassungs-

gesetzes vorsieht (BMUV 2023c). All diese fachlichen Beiträge sind auch wichtig für die Erarbeitung städtebaulicher Konzepte zur Grünraumentwicklung gemäß § 1 Abs 6 Nr. 11 BauGB, die der Erstellung eines formellen Flächennutzungsplans oder Bebauungsplans vorausgehen können.

Absicherung von Grünräumen im unbeplanten Innenbereich

527. Existiert kein Bebauungsplan, wie es in vielen Bereichen der Kernstädte der Fall ist, richtet sich die Zulässigkeit einer Bebauung nach den Vorschriften der §§ 34, 35 BauGB. Für ein Grundstück, das sich innerhalb zusammenhängender Bebauung befindet, also etwa für eine Baulücke in einem Straßenzug, gilt § 34 BauGB. Demnach darf das Grundstück im Wesentlichen dann bebaut werden, wenn sich das Gebäude und die Grundstücksnutzung in die Umgebung einfügen (MITSCHANG/REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, § 34 Rn. 25 ff.; SPANNOWSKY in: SPANNOWSKY/UECHTRITZ 2023, ROG § 34 Rn. 35 ff.). Ist dies gegeben, zum Beispiel wenn ein Wohngebäude in ein Wohnquartier gebaut werden soll, haben die Gemeinde und die Genehmigungsbehörde in der Regel keine Möglichkeit mehr, den Neubau zu verhindern und die Grünfläche zu bewahren, denn auch die Verweigerung des gemeindlichen Einvernehmens gemäß § 36 BauGB muss sich auf Rechtsgründe im Zusammenhang mit § 34 BauGB stützen (REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 36 Rn. 13).

528. Zwar fordert § 34 BauGB zusätzlich zum Kriterium des „Sich-Einfügens“, dass die „Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ durch die Bebauung gewahrt bleiben müssen, und de facto haben Grünräume maßgebliche gesundheitliche Auswirkungen auf die Wohn- und Arbeitsverhältnisse vor Ort (Kap. 4). Die Rechtsprechung wendet diese Regelung allerdings üblicherweise nicht auf die Bebauung von Grünräumen an (SÖFKER in: ERNST/ZINKHAHN/BIELLENBERG/KRAUTZBERGER 2022, BauGB § 34 Rn. 66 ff.). Der Bund sollte in § 34 BauGB deshalb gesetzlich klarstellen, dass gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse auch beeinträchtigt sind, wenn die Ausstattung der Umgebung mit grüner Infrastruktur nicht mehr ausreichend gesichert ist. Des Weiteren sollte der Gesetzgeber zur Konkretisierung auf die Orientierungswerte der Grünraumverordnung (Abschn. 7.2.2) verweisen. Das hätte zur Folge, dass sich die Genehmigungsbehörden bei der Frage, ob ein Bauvorhaben die gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse beeinträchtigt, auch nach den Orientierungswerten der Grünraum-

verordnung zu richten hätten. Da es sich dabei um Orientierungswerte und nicht um strikte Vorgaben handeln würde, könnten sie in begründeten Ausnahmefällen auch überschritten werden (Tz. 509). Das würde der Regelung ein gewisses Maß an Flexibilität im konkreten Einzelfall verleihen. Wird eine Genehmigung gemäß § 34 BauGB grundsätzlich davon abhängig gemacht, dass in der Umgebung auch weiterhin die Orientierungswerte eingehalten werden, wird nicht nur die Bebauung von Grundstücken reguliert. Antragstellende bekämen auch den Anreiz, ihr Vorhaben „grüner“ zu gestalten und so die Chancen auf Erteilung der Baugenehmigung zu erhöhen. Beispielsweise könnten sie dazu eine Fassaden- und Dachbegrünung vorsehen oder den Anteil der jeweils zu versiegelnden Grundstücksfläche reduzieren. Zwar gibt die Verfassung dem Gesetzgeber keinen unbegrenzten Spielraum, wie er Inhalt und Schranken des Eigentums gesetzlich bestimmen kann. Die vorgeschlagene Ergänzung des § 34 BauGB um eine konkretisierende Regelung zu gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen überschreitet diesen Spielraum aber grundsätzlich nicht. Das liegt insbesondere daran, dass grüne Infrastruktur für die Allgemeinheit und die Gesundheit der Anwohner:innen von großer Bedeutung ist und im Zuge des Klimawandels noch wichtiger wird. Darüber hinaus sieht die vorgeschlagene Regelung Ausnahmen für besondere Härtefälle vor und ermöglicht den Antragstellenden, ihre Vorhaben den Vorgaben ein Stück weit anzupassen. Eine entsprechende Ergänzung des § 34 BauGB hätte darüber hinaus auch positive Auswirkungen auf mögliche Überplanungen des Innenbereichs, weil Überplanungen im Interesse der Grünraumentwicklung spiegelbildlich immer auch Möglichkeiten erweitern, Baurechte zu schaffen, denn je besser für die Grünraumentwicklung gesorgt ist, umso eher sind auch Bebauungen wieder raumverträglich.

529. Um den Kommunen weitere Mittel zur Verfügung zu stellen, vorhandene Grünräume zu erhalten bzw. bestehende innerstädtische Brachen und Baulücken für die Grünraumentwicklung zu nutzen, sollte der Bund zudem das Vorkaufsrecht der Gemeinden stärken. Entschließt sich ein:e Eigentümer:in eines unbebauten Grundstücks zum Verkauf etwa an einen Investor, könnte die Gemeinde an die Stelle des Käufers treten und das Grundstück selbst erwerben. Sie müsste dabei den Verkehrswert zahlen (bzw. nur den Kaufpreis, wenn er unter dem Verkehrswert liegt; vgl. § 28 Abs. 2 S. 1, Abs. 3 S. 1 BauGB). So könnte die Gemeinde die Bebauung verhindern, wenn sie das nötige Geld zur Verfügung hat. Durch offizielle und inoffizielle planerische Konzepte zur Grünraumentwicklung und auch durch grünraumbezo-

gene Orientierungswerte könnte aber Einfluss darauf genommen werden, dass die Verkehrswerte nicht in die Höhe schießen. Schon heute besteht ein gemeindliches Vorkaufsrecht unter anderem, um ein Grundstück zum Zweck des vorbeugenden Hochwasserschutzes von Bebauung freizuhalten (§ 24 Abs. 1 S. 1 Nr. 7 BauGB). Es wäre sinnvoll, dieses Vorkaufsrecht ganz allgemein auf den Zweck des Grünraumschutzes auszuweiten (bdla 2022a, S. 7 f.).

530. Der Bund sollte auch mit Blick auf die eigenen Flächen mit gutem Beispiel vorangehen. Er besitzt häufig Flächen, die für die Entwicklung einer Stadt bedeutsam sind. Diese sollte er so betreiben, dass sie Mehrfachnutzung ermöglichen und viele Ökosystemleistungen erbringen. Die für die Veräußerung zuständige Bundesanstalt für Immobilienangelegenheiten sollte Aspekte der Nachhaltigkeit und Gesundheit hoch gewichten. Eine umwelt- und gesundheitsorientierte Liegenschaftspolitik kann einen hohen Nutzen für die Stadtgesellschaft haben. Das BfN hat in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, dass der Bund bei der Übertragung von Flächen solche Kommunen bevorzugen soll, die die Flächen – im Rahmen von Modellvorhaben – zur Entwicklung ihrer grünen Infrastruktur verwenden wollen (HANSEN et. al. 2018, S. 137). Es ist zu begrüßen, dass das BMUV im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz vorsieht, die Chancen und Potenziale der Bundesliegenschaften für die Grünraumnutzung zu ermitteln und konkrete, ortsbezogene Konzepte vorzulegen (BMUV 2023a).

7.2.4 Grüne Infrastruktur im städtebaulichen Bestand entwickeln

531. Grüne Infrastruktur im Bestand zu entwickeln, ist besonders schwierig. Findet kein Neubau statt, fehlen der Gemeinde häufig die Instrumente, um die Grundstückseigentümer:innen zur Entsiegelung der Hinterhöfe oder Begrünung von Dächern und Fassaden zu bewegen. Das städtebauliche Entsiegelungsgebot (§ 179 BauGB) und auch das städtebauliche Pflanzgebot (§ 178 BauGB) haben einen engen Anwendungsbereich und setzen entweder einen entsprechenden Bebauungsplan oder einen sogenannten Missstand voraus. Fördergelder an Hauseigentümer:innen sind ein mögliches Instrument. Ein anderes ist die Weiterentwicklung oder Ergänzung des Instruments der „Städtebaulichen Sanierungsmaßnahme“ (§§ 136–164b BauGB). Sanie-

rungsmaßnahmen werden gebündelt angewandt, um ein zuvor bestimmtes Sanierungsgebiet tiefgreifend umzugestalten und zu verbessern. Sie können darin bestehen, die Grundstücke neu zuzuschneiden (Bodenordnung), Grundstücke zu erwerben, den Umzug von Bewohner:innen und Betrieben anzuleiten und zu organisieren, bestehende Gebäude zu beseitigen (Freilegung von Grundstücken), Erschließungsanlagen anzulegen oder die Grundstückseigentümer:innen etwa zur Modernisierung oder Instandsetzung ihrer Gebäude zu verpflichten (§§ 147 ff. BauGB; MITSCHANG in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 146 Rn. 1 ff.). Solche Sanierungsmaßnahmen können nur angewandt werden, wenn zuvor ein sogenannter städtebaulicher Missstand festgestellt wurde (MITSCHANG in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 136 Rn. 9 ff.). Laut § 136 BauGB ist das unter anderem dann der Fall, wenn „das Gebiet nach seiner vorhandenen Bebauung oder nach seiner sonstigen Beschaffenheit den allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder an die Sicherheit der in ihm wohnenden oder arbeitenden Menschen auch unter Berücksichtigung der Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung nicht entspricht“. Dabei sei besonders zu berücksichtigen, ob „die Funktionsfähigkeit des Gebiets in Bezug auf [...] seine Ausstattung mit und die Vernetzung von Grün- und Freiflächen unter Berücksichtigung der Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung“ gewahrt ist. Allerdings bleibt das Instrument der Sanierungsmaßnahme zum Zwecke der Klimaanpassung in der Praxis häufig ungenutzt, weil es ser aufwendig ist.

532. Um weitergehende Regelungen zur Grünraumentwicklung im Sanierungsrecht zu etablieren und es in der Handhabung einfacher auszugestalten, müsste das Sanierungsrecht konzeptionell tiefgreifend umgebaut werden. Deshalb dürfte es näherliegen, die Grünraumentwicklung nicht mithilfe des Sanierungsrechts voranzutreiben, sondern das Besondere Städtebaurecht um ein speziell auf die Aufgabe der Grünraumentwicklung und der Klimaanpassung zugeschnittenes Instrument zu ergänzen, das man „Gesundheitsfördernde Stadt“ oder „Klimaresiliente Stadt“ nennen könnte. Dieses Instrument könnte Kommunen dazu befähigen, ausgewählte Quartiere, zum Beispiel klimatische Hotspots, von Überflutung gefährdete Gebiete oder Quartiere mit gesundheitlich besonders anfälligen Gruppen, tiefgreifend umzugestalten. Das Instrument könnte etwa Maßnahmen vorsehen, um Gewässer offenzulegen und über Grundstücksgrenzen hinwegzuführen, Gärten miteinander zu verbinden und dem Risiko der „Green

Gentrification“ (Tz. 506) zielgenau entgegenzuwirken. Zur Durchführung solcher Maßnahmen sollte der Bund zusätzliche Fördermittel bereitstellen. Auch die Finanzierung regionaler oder überregionaler Beratungsstellen durch Bundesmittel wäre zu erwägen, um die Kommunen zu unterstützen.

7.2.5 Grüne Infrastruktur bei Neubauten einbinden

533. Geht es nicht um die Begrünung des Bestandes, sondern von Neubauten und Neubaugebieten, stehen als Instrumente insbesondere der Grünflächenfaktor (Tz. 534–539), der Eingriffsausgleich (Tz. 540–544) sowie die kommunale Erschließungspflicht (Tz. 545–547) im Zentrum.

Einführung eines Grünflächenfaktor in die Baunutzungsverordnung

534. Auf die Begrünung von Neubauten zielt die Einführung eines sogenannten Grünflächenfaktors (auch: Grünfaktor) in die Baunutzungsverordnung (BauNVO) (vgl. HANSEN et. al. 2018, S. 135; SRU 2018, Tz. 194; BBSR 2018a). Mithilfe von städtebaulichen Kennwerten gibt die BauNVO bislang Orientierungswerte dafür vor, welche Gebäudemasse in einem Bauleitplan festgesetzt werden dürfen (§§ 5, 9 BauGB i. V. m. § 17 BauNVO). Die Orientierungswerte betreffen die Frage, welche Grundflächenzahl (Verhältnis der überbauten Fläche zur Grundstücksfläche), welche Geschossflächenzahl (Verhältnis der Geschossfläche zur Grundstücksfläche) und welche Baumassenzahl (Verhältnis des Gebäudevolumens zur Grundstücksfläche) in den verschiedenen Gebietstypen maximal erlaubt werden dürfen, soweit sich eine Abweichung nicht städtebaulich begründen lässt (SÖFKER in: ERNST/ZINKHAHN/BIELENBERG/KRAUTZBERGER 2022, BauNVO § 17 Rn. 12–12a). Eine Gemeinde darf beispielsweise in einem reinen Wohngebiet ohne Weiteres keine Gebäude erlauben, die mehr als 40 % der Grundstücksfläche überdecken. Diese städtebaulichen Kennwerte könnten in § 16 Abs. 2 BauNVO durch einen Grünflächenfaktor ergänzt werden (bdla 2022a, S. 9). Für diesen Grünflächenfaktor könnten entweder in § 17 BauNVO oder in der empfohlenen Grünraumverordnung (Abschn. 7.2.2) Orientierungswerte festgelegt werden. Dann könnte die Gemeinde in einem Bebauungsplan festschreiben, dass jedes Grundstück ein Mindestmaß an Begrünung (mit einer bestimmten Mindestqualität) enthalten muss, wenn kein begründeter Ausnahmefall vorliegt.

535. In Verbindung damit sollte in § 16 Abs. 3 BauNVO festgeschrieben werden, dass bei der Aufstellung eines Bebauungsplans auch der Grünflächenfaktor festzusetzen ist. Eine solche Regelung hätte zur Folge, dass in jedem neu aufgestellten Bebauungsplan festgeschrieben wäre, welchen Grünflächenfaktor ein neu bebautes Grundstück zu erreichen hätte. Die Städte und Gemeinden müssten, je nach Gebietstyp, ein bestimmtes Mindestmaß an Grünflächenfaktor vorgeben, könnten jedoch auch schärfere Vorgaben machen.

536. So hätten die Städte einen Steuerungsansatz zur Entwicklung von Stadtgrün bei Neubauten, ohne dabei eine bauliche Verdichtung zu verhindern und ohne dies für jede Einzelplanung neu begründen zu müssen. Der Grünflächenfaktor würde keine konkreten Handlungen, sondern nur eine Zahl vorgeben. Dadurch wäre er für die Grundstückseigentümer:innen flexibel handhabbar. Diese könnten selbst entscheiden, wie sie den Grünflächenfaktor erreichen, etwa indem sie Wildwiesen anlegen oder Bäume pflanzen, Dach oder Fassade begrünen oder weniger Grundstücksfläche versiegeln.

537. Der Grünflächenfaktor ist somit ein geeignetes Instrument, um im beplanten Bereich ein Mindestmaß an Grünausstattung auf Grundstücks-, Fassaden- und Dachflächen zu erreichen. Auch im unbeplanten Innenbereich würde er sich positiv auswirken, soweit er von den Gerichten zur Auslegung des § 34 BauGB herangezogen würde, wie heute schon § 17 BauNVO (JAEGER in: SPANNOWSKY/HORNMANN/KÄMPER 2023, BauNVO § 17 Rn. 2). Bei der Ausarbeitung dieses Instruments stellt sich jedoch insbesondere die Frage, wie sich der komplexe und vielfältige Regelungsgegenstand der Grünausstattung durch numerische Kennwerte hinreichend differenziert erfassen lässt. Es macht für die Ökosystemleistung, die von einem Grundstück ausgeht, einen Unterschied, ob es mit englischem Rasen oder einer Wildwiese, mit Fassadenbegrünung oder Dachbegrünung, mit Bäumen heimischer oder nicht-heimischer Art bestückt ist. Der Grünflächenfaktor sollte solche verschiedenen Wertigkeiten berücksichtigen können und die Bewertungskriterien sollten schon in der BauNVO dargelegt werden. Wie differenziert der Gesetzgeber dabei vorgeht, wäre abzuwägen.

538. Bei der rechtlichen Ausgestaltung kann sich der Bund an den Fällen orientieren, in denen bereits mit einem Grünflächenfaktor gearbeitet wird. Die fachlichen Grundlagen für einen ökologischen Kennwert auf Grundstücksebene wurden bereits 1988 unter dem

Begriff Biotopflächenfaktor (BFF) für Berlin geschaffen (BÖTTICHER und FISCH 1988; MÜHLTHALER 2023; Landschaft Planen & Bauen und Becker Giseke Mohren Richard 1990). Daneben sind die Weiterentwicklungen des Instruments in Schweden („grönytefaktor“ – GYF) und neuerdings die Gesetzesinitiative für eine „Grünflächenzahl“ (GrünFZ) im Land Salzburg in Österreich zu nennen (vgl. etwa „Nachhaltige Stadtplanung macht Salzburg klimafit“, Pressemitteilung der Stadt Salzburg vom 11. August 2021). Der BFF in seiner heutigen Form bestimmt die Qualität der Grünausstattung danach, welchen Anteil die „naturhaushaltswirksame“ Fläche an der Grundstücksfläche einnimmt und wie groß die Ökosystemleistung dieser Fläche ist (BBSR 2018b; BECKER et. al. 2017, S. 74 ff.). Um Letztere zu bestimmen, werden unterschiedliche Flächentypen differenziert (etwa versiegelte, teilversiegelte und halboffene Flächen, Vegetationsflächen mit wenig, mittelmäßig und viel Wurzelraum, Fassaden- und Dachbegrünung). Jedem Flächentyp wird ein Anrechnungsfaktor zugeteilt. In der Summe lässt sich dadurch für jedes Grundstück ein bestimmter Wert errechnen. So kann geprüft werden, ob das Grundstück einen vorgegebenen Zielwert erreicht.

539. Die Wirksamkeit eines Grünflächenfaktors wird in der Praxis dadurch begrenzt, dass viele Bauvorhaben verfahrens- oder genehmigungsfrei gestellt sind und so die Möglichkeit entfällt, im Rahmen von Baugenehmigungen die festgesetzten Zielwerte zu überprüfen. Ebenso schwierig ist es zu prüfen, ob die Begrünung nach Bauabnahme gepflegt und auf dem vorgegebenen Niveau gehalten wird. Um dem zu begegnen, sollten gegebenenfalls Regelungen und Verfahren des Monitorings entwickelt werden.

Eingriffe in bestehende Grünräume innerhalb des Stadtgebiets ausgleichen

540. Ebenfalls relevant ist eine Reform der Eingriffsregelungen in § 1a Abs. 3 BauGB sowie in den §§ 13 ff. BNatSchG. Während § 1a Abs. 3 BauGB die Vermeidung und den Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft regelt, die aufgrund von Bauleitplänen zu erwarten sind, und die §§ 135a bis 135c BauGB die Verantwortlichkeit und die Kostentragung bestimmen, behandeln die §§ 13 ff. BNatSchG Vermeidung und Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft außerhalb städtebaulicher Planungsprozesse (zur rechtlichen Abgrenzung s. § 18 BNatSchG, sog. Baurechtskompromiss). Diese Aufteilung hat insbesondere zur Folge, dass Eingriffe in Natur und Landschaft, die durch Bebauung im unbeplanten Innenbereich erfolgen, also gemäß § 34

BauGB, nicht ausgleichspflichtig sind (§ 18 Abs. 2 S. 1 BauGB).

541. Der SRU empfiehlt, künftig auch für Vorhaben, die auf der Basis des § 34 BauGB genehmigt werden, einen Eingriffsausgleich zu verlangen, um das Verursacherprinzip wieder zur Anwendung zu bringen und auf diese Weise Anreize für die Vermeidung übermäßiger Versiegelungen und für Fassaden- und Dachbegrünungen zu setzen.

542. Soweit Fassaden- und Dachbegrünungen nicht ausreichen, um die Folgen für Natur und Landschaft auszugleichen, sollte das Konzept des städtebaulichen Eingriffsausgleichs (insb. § 135a BauGB) auch für Vorhaben im Sinne von § 34 BauGB Anwendung finden.

543. Der Zuständigkeitswechsel vom Vorhabenträger auf die Gemeinde erscheint sachgerecht, soweit der Eingriffsausgleich sich auf dem Baugrundstück nicht vollständig vornehmen lässt. Die Gemeinde hat bessere Möglichkeiten, im Stadtgebiet Flächen für den Eingriffsausgleich verfügbar zu machen und sie könnte auf diese Weise Refinanzierungsmittel für die Implementation ihres Grünraumentwicklungskonzepts erschließen.

544. Konsequenterweise sollten auch die Bebauungspläne der Innenentwicklung (Tz. 523) künftig in den Eingriffsausgleich einbezogen werden. Gemäß § 13a Abs. 2 Nr. 4 i. V. m. § 1a Abs. 3 S. 6 BauGB sind bislang bauliche Eingriffe in Natur und Landschaft, die im Geltungsbereich eines Bebauungsplans der Innenentwicklung erfolgen, nicht ausgleichspflichtig. Zwar dient die Regelung des § 13a BauGB auch dazu, die Nachverdichtung im Innenbereich zu fördern, um den Außenbereich zu schonen (BATTIS in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 13a Rn. 1). Im Sinne einer doppelten Innenentwicklung (Tz. 504) sollte jedoch zugleich sichergestellt werden, dass nicht nur die Nachverdichtung, sondern auch die Entwicklung von innerstädtischen Grünräumen im Zentrum städtebaulicher Entwicklung steht. Dem steht § 13a Abs. 2 Nr. 4 i. V. m. § 1a Abs. 3 S. 6 BauGB jedoch entgegen.

Grüne Infrastruktur als Teil der kommunalen Erschließungspflicht

545. Weist eine Gemeinde ein neues Baugebiet aus, muss sie dafür Sorge tragen, dass die Grundstücke so genutzt werden können, wie rechtlich vorgesehen. In einem Wohngebiet etwa müssen Bedingungen herrschen, die dem Wohnen angemessen sind. Diese sogenannte Erschließungspflicht der Gemeinden ist in § 123 BauGB

normiert (KMENT in: JARASS/KMENT 2022, BauGB § 123 Rn. 7, 8; REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022; BVerwG, NVwZ 2015, 298 Rn. 12). Sie umfasst nicht nur graue, sondern auch grüne Infrastruktur. Es geht also nicht nur um den Anschluss der Grundstücke an das Verkehrs- und Kommunikationsnetz, an die Versorgung mit Wärme, Strom, Gas und Wasser sowie an die Abwasserentsorgung, sondern auch um die ausreichende Versorgung mit Grünanlagen (REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, Vorbemerkung zu den §§ 123 bis 135 BauGB Rn. 6, 7; ERNST/GRZIWOTZ in: ERNST/ZINKHAHN/BIELENBERG/KRAUTZBERGER 2022, BauGB § 123 Rn. 3c–4b; nicht genannt jedoch in JAEGER in: SPANNOWSKY/UECHTRITZ 2023, BauGB § 123 Rn. 10, 13). Grünanlagen tragen entscheidend dazu bei, ein Baugebiet nutzbar zu machen, indem sie das Mikroklima verbessern sowie Lärmschutz und Naherholungsmöglichkeiten bieten. Darüber hinaus dienen sie der Gliederung und Auflockerung des Gebiets.

546. Aufgrund des Klimawandels erwärmt sich vielerorts das Mikroklima und Hitzewellen nehmen zu (Kap. 3.4). Dementsprechend verändert sich auch das, was die Gemeinden leisten müssen, um ihrer Erschließungspflicht gemäß § 123 BauGB nachzukommen. Insbesondere wird es in Zukunft deutlich häufiger nötig sein, Grünanlagen zu errichten und zu erhalten, um angemessene Lebensbedingungen in Wohngebieten, aber auch Arbeitsbedingungen etwa in Gewerbegebieten zu schaffen. Der Bund sollte schon jetzt darauf reagieren und die Erschließungspflicht des § 123 BauGB untergesetzlich konkretisieren. Dazu bietet sich die hier empfohlene Grünraumverordnung mit ihren Orientierungswerten für die Versorgung mit grün-blauer Infrastruktur an (bdla 2022a, S. 8 f.; Abschn. 7.2.2). Das gäbe sowohl den Gemeinden als auch den Gerichten Orientierung dabei, welche grüne Infrastruktur notwendig ist, damit ein Neubaugebiet als erschlossen gilt. Außerdem schafft es Aufmerksamkeit dafür, dass auch Grünanlagen von der kommunalen Erschließungspflicht umfasst sind.

547. Juristisch umstritten ist, ob neben der erstmaligen Einrichtung von Grünanlagen auch die Unterhaltung, Verbesserung und Erweiterung zu den Erschließungspflichten der Gemeinde nach § 123 BauGB gehört (REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 123 Rn. 10; KMENT in: JARASS/KMENT 2022, BauGB § 123 Rn. 3, 4). Auch dies sollte in der Grünraumverordnung klargestellt werden. Gegebenenfalls wäre dazu § 123 Abs. 4 BauGB anzupassen.

7.2.6 Finanzierbarkeit der Grünraumentwicklung gewährleisten

548. Bestehende Grünräume zu erhalten und zusätzliche zu schaffen, kann einer Stadt hohe Kosten verursachen. Sollen etwa bestehende Grünräume planerisch gesichert werden, kann das unter Umständen Entschädigungspflichten nach sich ziehen (Tz. 549 f.). Auch wenn eine Stadt ein bebautes Grundstück in eine Grünfläche umwandeln will, können ihr Kosten entstehen (§ 179 Abs. 3 BauGB). In der Regel wird sie die Verfügungsgewalt über entsprechende Grundstücke anstreben. Dazu muss sie das Grundeigentum käuflich erwerben oder aber von den Enteignungsmöglichkeiten Gebrauch machen, die durch § 85 BauGB eröffnet werden. Auch die Entwicklung und die Pflege einer Grünfläche sind kostenintensiv. Die Kosten können dazu führen, dass eine Stadt sich außerstande sieht, ihre grüne Infrastruktur im Interesse von Gesundheitsförderung und Klimaanpassung weiter auszubauen. Deshalb sollte darüber nachgedacht werden, wie die Gemeinden in die Lage versetzt werden können, diese Kosten zu tragen (Tz. 552–556).

549. Verboten ein Plan die Bebauung eines Grundstücks im bislang unbeplanten Innenbereich (Tz. 517), so nimmt er dem Grundstückseigentümer sein bisheriges Baurecht und beschränkt dadurch dessen Eigentumsrecht (Art. 14 GG) (BATTIS in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 42 Rn. 3). Dafür ist der Eigentümer gemäß § 42 BauGB grundsätzlich zu entschädigen. Das gilt jedoch dann nicht, wenn er das Grundstück innerhalb der letzten sieben Jahre vor Planaufstellung hätte bebauen können, es aber nicht getan hat (§ 42 Abs. 3 i. V. m. Abs. 2 BauGB; BATTIS in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 42 Rn. 8). Hinter dieser Regelung steht der Gedanke, dass derjenige, der sein Baurecht über lange Zeit nicht ausgeübt hat, weniger schutzwürdig ist, wenn es eingeschränkt wird (KMENT in: JARASS/KMENT 2022, BauGB § 42 Rn. 9).

550. Der Rechtsgedanke des § 42 BauGB ist aber nicht ohne Weiteres auf Grundstücke übertragbar, die auf der Grundlage von § 34 BauGB bebaubar sind, weil es hier an einem Bebauungsplan fehlt und damit auch an einem Startpunkt für die 7-Jahresregel. Auch § 238 BauGB spricht in systematischer Hinsicht dafür, dass der Rechtsgedanke des § 42 BauGB nicht einfach auf Vorhaben im Anwendungsbereich des § 34 BauGB übertragbar ist. Deshalb besteht für die Kommunen das Risiko,

dass Überplanungen im Anwendungsbereich des § 34 BauGB mit dem Ziel der Grünraumentwicklung mit Entschädigungszahlungen an die Grundstückseigentümer:innen verbunden sind. Dieses Risiko wird allerdings dadurch reduziert, dass der Bund § 34 BauGB – wie empfohlen – durch Konzepte der Gesundheitsförderung und Grünraumentwicklung anreichert (Tz. 528). Denn, wenn schon auf Grundlage von § 34 BauGB eine Bebauung nur dann möglich ist, wenn sie bestimmte Anforderungen der Begrünung einhält, so werden die Grundstückseigentümer:innen durch eine Überplanung, die Begrünungsvorgaben macht, nur noch in deutlich geringerem Maße in ihren Rechten beschnitten. Das heißt, je enger § 34 BauGB das Baurecht der Grundstückseigentümer:innen im unbeplanten Innenbereich daran knüpft, dass die Ausstattung der Umgebung mit grüner Infrastruktur noch ausreichend gesichert ist (ebd.), desto weniger greift die Gemeinde in das bestehende Baurecht der Grundstückseigentümer:innen ein, wenn sie einen an der Grünraumentwicklung orientierten Bebauungsplan erlässt (ebd.). Je weniger sie aber in bestehende Baurechte eingreift, desto geringer sind voraussichtlich auch Risiko und Umfang etwaiger Entschädigungspflichten gegenüber den Grundstückseigentümer:innen. Ob wiederum die empfohlene Modifikation des § 34 BauGB ausgleichspflichtig ist, hängt, da es sich um eine sogenannte Inhalts- und Schrankenbestimmung handelt (WIELAND in: DREIER 2013, GG Art. 14 Rn. 151 ff.), davon ab, ob sie ansonsten unverhältnismäßige Lasten gegenüber den Grundstückseigentümer:innen bedeuten würde. Es sprechen gute Gründe dafür anzunehmen, dass eine solche Modifikation auch ohne Ausgleich verhältnismäßig wäre (Tz. 528). Sie ergänzt § 34 BauGB um eine auf die gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse zielende Grünraumkomponente. Sie dient damit der Gesundheitsförderung, der Anpassung an den Klimawandel sowie dem Schutz der Natur und der Sicherung der Biodiversität. Hierbei handelt es sich um gewichtige öffentliche Interessen, die angesichts von Klimawandel und Biodiversitätsverlust weiter an Bedeutung zunehmen werden. Darüber hinaus können die Grundstückseigentümer:innen durch eine grünere Ausgestaltung ihres baulichen Vorhabens die Möglichkeit behalten, ihr Baurecht zu nutzen.

551. Unabhängig von der Frage der Entschädigungspflichtigkeit ist jedoch zu betonen, dass eine Überplanung von privaten Grundstücken als Grünflächen jedenfalls nur dann dem rechtlichen Abwägungsgebot genügt, wenn das öffentliche Interesse an der Erhaltung innerstädtischer Brachflächen mit dem Ziel der Entwicklung

von Grünflächen das private Interesse des Grundstückseigentümers an der baulichen Nutzung seines Grundstücks überwiegt. Die Gerichte haben in der Vergangenheit häufig zugunsten der privaten Interessen entschieden (vgl. etwa OVG Münster, ZfBR 2016, 591). Wegen der wachsenden Bedeutung der Klimaanpassung dürfte das öffentliche Interesse jedoch weiter an Gewicht gewinnen, sodass entsprechende Überplanungen künftig sehr viel eher abwägungsgerecht sein können.

552. Unabhängig davon, ob Überplanungen zur Grünraumentwicklung mit Ausgleichsansprüchen der Grundstückseigentümer:innen verbunden sind (Tz. 549–550), sind auch die Grünraumentwicklung und die Pflegemaßnahmen kostenintensiv. Deshalb benötigen Gemeinden eine aufgabengerechte Finanzausstattung.

553. Grünraumentwicklungen erfolgen aber nicht nur im Allgemeininteresse, sondern sie dienen in vielerlei Hinsicht auch gerade einem spezifischen Adressatenkreis in der näheren Umgebung der Grünflächenentwicklung, dessen Lebens- und Wohnqualität verbessert wird. Umliegende Grundstücke gewinnen durch eine benachbarte Grünfläche regelmäßig an Wert (Tz. 506). Diese Zugewinne für die anliegenden Grundstücke basieren nicht auf Leistungen der Eigentümer:innen, sondern resultieren allein aus der öffentlichen Planung und den (öffentlichen) Investitionen zur Implementation der Planung. Deshalb wäre zu erwägen, ob sie partiell abgeschöpft und der Allgemeinheit zugeführt werden sollten. Dieser Grundgedanke findet sich schon heute im Besonderen Städtebaurecht im Abschnitt über die Sanierungsgebiete. Dort ist geregelt, dass Grundstückseigentümer:innen grundsätzlich sämtliche Wertzuwächse, die ihnen aufgrund einer städtebaulichen Sanierung entstanden sind, an die öffentliche Hand abführen (§§ 154 ff. BauGB). Auch das Konzept des Planungswertausgleichs folgt diesem Gedanken (KÖCK und RHEINSCHMITT 2020, S. 1697 und 1700; KÖCK 2017, S. 684 und 687 f.). Um den Zugewinn abschöpfen zu können, der den Eigentümer:innen anliegender Grundstücke aufgrund einer Grünfläche entsteht, wäre eine gesetzliche Regelung notwendig. Mit ihrer Hilfe könnte ein Teil der Kosten, die der Gemeinde bei der Schaffung einer neuen Grünfläche entstünden, finanziert werden. Wird der Stadtumbau mithilfe von städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt (Tz. 531 f.), kann selbstverständlich auf dort kodifizierte Ausgleichsregelungen zurückgegriffen werden.

554. Bei der politischen Abwägung, ob die Wertzuwächse der Grundstücke auf diese Weise abgeschöpft werden

sollten, ist allerdings auch das Risiko zu berücksichtigen, dass Grundstückseigentümer:innen eine solche Wertabschöpfung vollständig an die Mieter:innen weitergeben (vgl. dazu SRU 2018, Tz. 139). Das könnte dazu führen, dass im Umkreis etwa eines neu angelegten Stadtparks die Mieten steigen und dadurch einkommensschwache Mieter:innen verdrängt werden („Green Gentrification“). So würde gerade das Ziel konterkariert, auch sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen eine ausreichende Versorgung mit erreichbarem Stadtgrün zu verschaffen. Gegebenenfalls wäre die Abschöpfung von Wertzuwächsen mit Instrumenten zu verbinden, die einer sozialen Verdrängung entgegenwirken (Tz. 506).

555. Auch die Kostentragung im Erschließungsrecht hat den Zweck, Ausgaben der öffentlichen Hand, die im Interesse von Privatpersonen sind, auf diese umzulegen (zum Erschließungsrecht s. Tz. 545–547). Die Erschließung dient dazu, die Grundstücke eines neu ausgewiesenen Baugebiets nutzbar zu machen, und liegt deshalb wesentlich im Interesse der Grundstückseigentümer:innen (REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 127 Rn. 32–35; EIDING in: SPANNOWSKY/UECHTRITZ 2023, BauGB § 127 Rn. 68 ff.). Deshalb können die Kosten, die einer Gemeinde bei der Erschließung eines Baugebiets entstehen, unter gewissen Umständen auf die Eigentümer:innen der erschlossenen Grundstücke umgelegt werden (§ 127 BauGB). Hier orientiert sich die Bemessung des Ausgleichswerts also – im Gegensatz zur Regelung im Sanierungsrecht – nicht am leistungslosen Zugewinn, sondern an den Kosten für die öffentliche Hand (REIDT in: BATTIS/KRAUTZBERGER/LÖHR 2022, BauGB § 154 Rn. 1 ff.). Gemäß § 127 Abs. 2 Nr. 4 BauGB können auch die Kosten von Parkflächen und Grünanlagen auf die Eigentümer:innen der erschlossenen Grundstücke umgelegt werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Parkflächen und Grünanlagen „nach städtebaulichen Grundsätzen innerhalb der Baugebiete zu deren Erschließung notwendig sind“. Dieser Norm sollte ein Verweis auf die Grünraumverordnung (Abschn. 7.2.2) beigefügt werden. In der Grünraumverordnung wäre zu regeln, dass Grünräume in diesem Sinne nach städtebaulichen Grundsätzen zur Erschließung notwendig sind, wenn ansonsten gewisse Orientierungswerte vor Ort überschritten würden. So könnte ein weiterer Teil der Kosten des Stadtumbaus finanziert werden.

556. Schließlich könnte der Bund die Gemeinden finanziell beim grün-blauen Stadtumbau unterstützen (Kap. 7.3).

7.2.7 Die Einhaltung der Begrünungsvorgaben sicherstellen

557. Um Grünräume zu erhalten und zu entwickeln, sind private und öffentliche Flächen gleichermaßen erforderlich. Auf den eigenen Flächen ist die öffentliche Hand selbst dafür verantwortlich, die rechtlichen Vorgaben einzuhalten. Geht es jedoch um private Grundstücke, muss die Behörde nachprüfen können, ob das Grundstück im vorgeschriebenen Ausmaß begrünt wurde. Der Bund Deutscher Landschaftsarchitekt:innen (bdla) schlägt deshalb das Instrument eines sogenannten qualifizierten Freiflächengestaltungsplans vor (bdla 2022b). Wer eine Baugenehmigung beantragt, soll demnach dazu verpflichtet werden, einen qualifizierten Freiflächengestaltungsplan beizufügen. Dieser Plan bezieht sich nur auf das konkrete zu bebauende Grundstück und enthält detaillierte Angaben dazu, wie dessen Freiflächen derzeit beschaffen sind und im Rahmen der Bebauung gestaltet werden sollen. Er stellt die geplanten Maßnahmen auf den Freiflächen des Grundstücks in einem Gesamtkonzept dar, etwa Maßnahmen zum Regenwassermanagement, zur Klimaanpassung, zum Artenschutz sowie zur Anlage von Erholungsflächen, Spielplätzen und Rettungswegen (ebd., S. 7). Damit ergänzt der qualifizierte Freiflächengestaltungsplan jene mit dem Bauantrag einzureichenden Unterlagen (sog. Bauvorlagen), die Angaben zum Gebäude enthalten, etwa Lagepläne, Bauzeichnungen, Baubeschreibungen, Standsicherheitsnachweise und Brandschutznachweise (bdla 2022b, S. 11). Die Behörde kann anhand eines Freiflächengestaltungsplans im Genehmigungsverfahren prüfen, ob die geplante Begrünung den Vorgaben entspricht, und bei der Bauabnahme kontrollieren, ob die Begrünung auch tatsächlich realisiert wurde (ebd., S. 15). Einige Kommunen verlangen einen qualifizierten Freiflächengestaltungsplan schon heute in gemeindlichen Freiflächengestaltungs-, Begrünungs- oder Umweltsatzungen (ebd., S. 14).

558. Es wäre möglich, den Freiflächengestaltungsplan in die Liste der Bauvorlagen aufzunehmen, sodass es auch unabhängig von gemeindlichen Satzungen verpflichtend wäre, ihn mit dem Bauantrag einzureichen. Eine solche Regelung würde, als bauordnungsrechtliche Regelung, in die Kompetenz der Länder fallen (BVerfGE 3, 407). Einige Länder sind diesen Schritt schon gegangen, mit unterschiedlicher Ambition (vgl. etwa § 1 Abs. 1 und 2 Nr. 2 i. V. m. § 3 Abs. 5 der saarländischen Bauvorlagenverordnung, Nr. 1.1, 3 des hessischen Bau-

vorlagenerlasses oder § 9 Abs. 7 der Bremischen Bauvorlagenverordnung). Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) sollte prüfen, ob eine solche Regelung sinnvoll wäre und wie sie optimal auszugestalten ist. Hält das Bundesministerium sie für unterstützenswert, sollte es sich auf der Bauministerkonferenz dafür einsetzen, dass die Länder sie in ihre Bauordnungen oder die zugehörigen Durchführungs- bzw. Bauvorlagenverordnungen aufnehmen (vgl. auch bdla 2022b, S. 14 f.; 2022a, S. 8).

7.3 Fokus: Städte bei der Klimaanpassung unterstützen

559. Die Anpassung an den Klimawandel gehört zu den großen Herausforderungen in der Stadtentwicklung. Dies wurde am Beispiel der Hitzezunahme in Folge des Klimawandels (Kap. 3.4) und der Herausforderungen bei der Schaffung und Erhaltung von Grün- und Blauflächen (Kap. 7.2) bereits ausgeführt. Eine große Hürde stellt dabei die Finanzierung von Konzepten und Maßnahmen für die Kommunen dar. So ist zum Beispiel die Schaffung von Kalt- und Frischluftflächen sowie die stärkere Anpassung der Infrastruktur an hohe Temperaturen, Dürren und starke Niederschläge mit einem erheblichen Finanzbedarf verbunden (SCHANZE et. al. 2021). Der Deutsche Städtetag hat unter anderem auf den besonderen Bedarf der Kommunen, bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen vom Bund unterstützt zu werden, hingewiesen (Deutscher Städtetag 2019). Dies ist insbesondere auch deshalb von hoher Relevanz, da sich die Haushaltsslage der Kommunen seit Jahren zunehmend verschlechtert und ein Fortschreiten dieser Entwicklung auch für die nächsten Jahre prognostiziert wird („Hohe Defizite der Kommunen in den Jahren 2022 und 2023“, Pressemitteilung des Deutschen Städte- und Gemeindebunds vom 18. August 2022; Bertelsmann Stiftung 2021).

7.3.1 Bisherige Maßnahmen des Bundes

560. Die im Dezember 2008 verabschiedete DAS schafft einen wichtigen Rahmen für Anpassungsmaßnahmen in Deutschland (Tz. 226). Die Strategie thematisiert die Bundesverantwortung bei dieser wichtigen Aufgabe und dient darüber hinaus als Orientierung für andere Akteure. Mit dem dort festgelegten Handlungsrahmen ist

zugleich eine Hilfestellung für Länder und Kommunen geschaffen worden, Anpassungsnotwendigkeiten zu identifizieren und eigene Strategien zu entwickeln. Als Folge der DAS und des im März 2022 auf den Weg gebrachten Sofortprogramms Klimaanpassung wurden darüber hinaus Förderprogramme initiiert bzw. Förderrichtlinien angepasst, mit denen Klimaanpassungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene noch besser vom Bund unterstützt werden können („Steffi Lemke präsentiert Sofortprogramm Klimaanpassung“, Pressemitteilung des BMUV vom 24. März 2022; s. Tab. 7-2).

561. Eine wichtige Finanzierungsmöglichkeit für Klimaanpassungsmaßnahmen ergibt sich aus dem Klima- und Transformationsfonds (KFT). Mit dem Bundesprogramm „Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel“, welches über den KFT finanziert wird, können Maßnahmen zur Klimaanpassung und Modernisierung von Grün- und Freiräumen im urbanen Raum gefördert werden (BBSR 2022a). Beispiele sind die Ertüchtigung von Park- und Grünanlagen, die Entsiegelung und Begrünung von Frei- und Verkehrsflächen sowie die Fassadenbegrünung. Hohes Investitionsvolumen und ein besonderes Innovationspotenzial sind wichtige Förderkriterien. Das maximale Fördervolumen beträgt 85 %, der Mindesteigenanteil der Kommunen wurde auf 10 % festgelegt. Drittmittel können genutzt werden, um Förderlücken zu schließen bzw. die Kosten zu decken, die über den verpflichtenden Eigenanteil der Kommunen hinausgehen. Allein im Jahr 2022 wurden 286 Projektskizzen aus 235 Kommunen mit einer Gesamtfördersumme von 983 Mio. Euro zur Förderung eingereicht (schriftliche Mitteilung des BMWSB vom 18. Januar 2023).

562. Ein weiteres Beispiel ist das 2021 aufgelegte Förderprogramm „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (BMUV o. J.; 2021a). Das Programm soll insbesondere regionale und lokale Akteure und somit speziell auch Kommunen ansprechen. Gefördert werden die Erstellung und Umsetzung von nachhaltigen Anpassungskonzepten, ausgewählte Anpassungsmaßnahmen sowie innovative Modellprojekte. Die Förderquote liegt zwischen 50 und 90 %. Für finanzschwache Kommunen wurde sie explizit höher festgelegt, um den Eigenanteil zu reduzieren (BMUV 2021a).

563. Im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets zur Bewältigung der Corona-Krise wurde das Förderprogramm „Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen“ vom BMUV eingerichtet (BMUV 2021c). Über dieses können zum Beispiel bauliche Veränderungen zur Hitze-

o Tabelle 7-2

Beispiele für Programme, über die kommunale Maßnahmen zur Klimaanpassung gefördert werden können

Förderprogramme	Fördergeber
1. Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
2. Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
3. Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
4. KfW-Umweltprogramm	Kreditanstalt für Wiederaufbau
5. Umweltschutzförderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
6. Städtebauförderung	Bund und Länder

SRU, eigene Darstellung; Datenquelle: BMWK 2023

reduzierung oder Maßnahmen zur Fassaden- und Dachbegrünung finanziert werden. Auch hier liegt die maximale Förderhöhe bei 90 %. Das Programm war ursprünglich auf die Jahre 2020 bis 2023 befristet, soll aber unter anderem aufgrund der sehr guten Resonanz über das Jahr 2023 hinaus fortgeführt werden („Steffi Lemke präsentiert Sofortprogramm Klimaanpassung“, Pressemitteilung des BMUV vom 24. März 2022).

564. Nicht zuletzt können Anpassungsmaßnahmen über die Bund-Länder-Städtebauförderung finanziell unterstützt werden (Abschn. 7.1.5 und 7.2.4). Um Grün- und Blauräume, die in Bezug auf die Klimaanpassung eine zentrale Rolle spielen, zu fördern, hatte das von 2017 bis 2019 laufende Programm „Zukunft Stadtgrün“ besondere Bedeutung (BMWSB 2021b). Dieses wurde bedauerlicherweise entgegen den Empfehlungen des SRU nicht weiter fortgeführt (SRU 2018, Tz. 202). Allerdings werden Mittel für städtische Erholungsräume weiterhin in anderen Programmen bereitgestellt. Ein Beispiel ist das Programm „Sozialer Zusammenhalt – Zusammenleben im Quartier gemeinsam gestalten“. Über dieses können Mittel für Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensumfeldes und der Umweltgerechtigkeit beantragt werden (BMWSB 2021a). Das Programm „Lebendige Zentren“ stellt unter anderem Mittel zur Verfügung, um den innerstädtischen öffentlichen Raum einschließlich Grünräumen zu erhalten und weiterzu-

entwickeln. In der Verwaltungsvereinbarung „Städtebauförderung 2022“ werden explizit Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zur Verbesserung der grünen und blauen Infrastruktur als förderfähig benannt (s. Art. 4 Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung 2022; Abschn. 7.2.4). Fördervoraussetzung ist unter anderem, dass das Gebiet räumlich abgrenzbar ist und dass ein Entwicklungskonzept in den Kommunen unter Beteiligung der Bürger:innen erstellt wird, das in ein – soweit vorhanden – gesamtstädtisches Konzept eingebettet ist (s. Art. 3 Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung 2022). Dies trägt dazu bei, einen integrierten Ansatz bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Um auf die Belange kleiner Kommunen einzugehen, sollen die Anforderungen an das Entwicklungskonzept die Gemeindegroßen berücksichtigen. Der Förderanteil von Bund und Ländern kann jeweils bis zu 45 % betragen, womit der Eigenanteil der Kommunen dann auf bis zu 10 % abgesenkt werden könnte. Auch für die Vorbereitung von Gesamtmaßnahmen einschließlich der Erarbeitung des Entwicklungskonzeptes und für die Beteiligung von Bürger:innen werden Mittel bereitgestellt.

565. Ein schon oft formuliertes Problem, das viele Förderprogramme betrifft, ist die fehlende personelle Kapazität, um entsprechende Anträge zu stellen und Maßnahmen umzusetzen (SRU 2018; FRERICHS et. al.

2022). Kleine Kommunen scheitern oftmals schon daran, Mittel zu beantragen, da ihnen das Personal und zum Teil auch die entsprechende Kompetenz fehlt (Deutscher Städtetag 2022). Deshalb sollte mindestens die Finanzierung von Personal in den Programmen enthalten sein. Teilweise ist dies schon der Fall, aber nicht immer für einen ausreichend langen Zeitraum (BMWK 2022; FRERICHS et. al. 2022). Im Sofortprogramm Klimaanpassung wurde dieser Punkt ebenfalls berücksichtigt. So besteht die Möglichkeit, Expert:innen, die Klimaanpassungskonzepte in den Kommunen erstellen, über das Programm „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ zu finanzieren.

566. Bei den aktuell umfangreichen verfügbaren Mitteln und dem großen Interesse an den Programmen, ist unklar, ob auf Bundesebene genug Personal vorhanden ist, um diese Fördermittel zu verwalten („Bundesprogramm Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel – Hohe Resonanz auf Projektauftrag“, Pressemitteilung des BMWSB vom 27. Oktober 2022).

567. Zudem sind bei einigen Programmen die Antragsfristen sehr kurz, was ebenfalls den Abruf der Mittel erschwert (FRERICHS et. al. 2022). Ein Vorlauf von nur wenigen Monaten zwischen Aufruf und Abgabefrist für Projekte ist in der Regel für Kommunen viel zu kurz. Einen Förderantrag zu erarbeiten, abzustimmen und zu stellen nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch. Sinnvoll wäre es daher, die Fristen zu verlängern und es zu ermöglichen, bereits begonnene Projekte einzureichen.

568. Bei einigen Kommunen ist aufgrund der angespannten Haushaltslage selbst der niedrigste Eigenanteil noch zu hoch, um Maßnahmen umzusetzen. Deshalb gibt es die Empfehlung, den Eigenanteil weiter abzusenken. Die Vielzahl von Förderprogrammen macht eine Auswahl schwierig und die Expertise für die Beantragung ist nicht immer ausreichend vorhanden. Deshalb besteht der Bedarf nach einer Beratung zur Finanzierung von Maßnahmen. Erste Institutionen, die solche Beratungsangebote anbieten, wurden bereits eingerichtet, zum Beispiel das im Auftrag des Bundesumweltministeriums geschaffene ZKA und das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz (SK:KK) am Difu. Letzteres bietet im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) eine entsprechende Beratung für Kommunen an (ZKA o. J.).

569. Ein weiteres Defizit ist eine fehlende Finanzierung der Pflege- und Unterhaltungsaufwände von umgesetzten Maßnahmen, beispielsweise für die Erhaltung neu

geschaffener Grünflächen. Eine Ausnahme davon ist das neue Förderprogramm des BMUV, welches im Rahmen des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz geschaffen wird und über das unter anderem eine Umstellung auf ein naturnahes Grünflächenmanagement förderfähig ist (BMUV 2023a). Grünflächen müssen dauerhaft erhalten und gepflegt werden, um ihre multiplen Funktionen erfüllen zu können (Tz. 272 ff.). Dafür entstehen Kosten, die die Kommunen davon abhalten können, Maßnahmen trotz Förderoptionen umzusetzen. Kritisiert wurde auch, dass die Grünraumvernetzung nur schwer finanziert werden kann, da diese meist über ein Fördergebiet hinausreicht (Abschn. 7.1.5). Deshalb ist es notwendig, die Förderkulisse entsprechend anzupassen (FRERICHS et. al. 2022).

570. Zweifelsohne sollte die Entscheidung, welche Kommune Fördergelder erhält, von fachlichen Argumenten bestimmt sein. Gremien aus unabhängigen Expert:innen sind hierfür gut geeignet. Klimaanpassung und umweltbezogene Gesundheit haben eine räumliche Ausprägung. Um den effizienten Mitteleinsatz zu gewährleisten, sollten daher prioritär Gebiete gefördert werden, die mikroklimatische oder gesundheitsbezogene Defizite aufweisen.

571. FRERICHS et. al. (2022) kritisieren zudem, dass bei einigen Programmen entweder die Erstellung von Konzepten oder die Umsetzung von Maßnahmen finanziert wird, nicht aber beides zusammen. Somit fehlt den Kommunen das Geld für einen der beiden Teile bzw. muss dieses noch einmal separat beantragt werden. Hier wäre eine engere Verzahnung der Programme wünschenswert. Dieses Defizit trifft aber nicht auf die Städtebauförderung zu.

572. Ein zentraler Kritikpunkt an den bestehenden Programmen ist, dass sie keine richtige Planungssicherheit schaffen. Sie stellen zwar einen wichtigen Anschlag für Maßnahmen dar, tragen aber nicht dazu bei, Aktivitäten der Kommunen zu verstetigen (FRERICHS et. al. 2022). Deshalb empfiehlt der Deutsche Städtetag, den Kommunen ein festes Budget für mindestens zehn Jahre bereitzustellen („Klimaschutz und Klimaanpassung gibt es nicht zum Nulltarif“, Pressemitteilung des Deutschen Städtetags vom 21. Juli 2022). Dafür sei ein rechtlich abgesichertes Finanzierungsprogramm für die Kommunen zur Umsetzung von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung erforderlich. Eine Option, um dieses zu realisieren, ist aus seiner Sicht eine Bund-Länder-Gemeinschaftsaufgabe „Klimaschutz und Klimaanpassung“ (Deutscher Städtetag 2022).

7.3.2 Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung schaffen

573. Ein wesentlicher Teil der Aufgaben der Klimaanpassung im urbanen Raum fällt in den Aufgabenbereich der Länder und innerhalb dieser wiederum in die kommunale Zuständigkeit (GROTH et. al. 2021, S. 388). Zentrale Regelungsbereiche sind dabei das Planungsrecht (Raumordnung sowie Landschafts- und Bauleitplanung) sowie das Städtebaurecht (ebd.), deren Rechtsrahmen bundesrechtlich vorgegeben ist. Vielfach stellen Klimaanpassungsmaßnahmen für sich betrachtet keine neuen Aufgaben dar – beispielsweise zählen die Planung und Erhaltung von Grünflächen, die Sorge um gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder die Beseitigung des Niederschlagswassers seit langem zu den kommunalen Aufgaben. Neu ist jedoch insbesondere das Ausmaß der Aufgaben, das mit dem Fortschreiten des Klimawandels erheblich zunimmt, und damit verbunden der finanzielle Aufwand, um den wachsenden Risiken für die Bewohner:innen und für die kommunale Infrastruktur zu begegnen.

574. Die Verfassung normiert in Art. 104a Abs. 1 GG, dass Bund und Länder die Ausgaben, die sich aus der Erfüllung ihrer jeweiligen Aufgaben ergeben, selbst tragen müssen. Im föderalen Staatsaufbau der Bundesrepublik stellen die Kommunen dabei keine eigene Ebene dar, sondern sind den Ländern zugeordnet. Letztere sind dafür verantwortlich, die Kommunen mit ausreichend Finanzmitteln auszustatten, damit diese ihre Aufgaben erfüllen können (LEISNER-EGENSPERGER 2021, S. 1487). Nach diesen Maßgaben richtet sich die Verantwortung für eine verbesserte Finanzierung der Klimaanpassung zunächst an die Länder. In Anbetracht des enormen Finanzierungsbedarfs für eine wirksame Klimaanpassung und der schwierigen finanziellen Situation vieler Länder und Kommunen gibt es indes vermehrt Forderungen nach einer langfristigen und verlässlichen finanziellen Unterstützung durch den Bund (UBA 2021b; Deutscher Städtetag 2022; ALBRECHT et. al. 2022, S. 8). Auf der Bundesebene zeichnet sich eine grundsätzliche Bereitschaft zu einer teilweisen Übernahme der Finanzierungslast für die Aufgabe der Klimaanpassung ab (BMUV 2022d; SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021, insb. S. 40).

575. Doch selbst wenn sich alle Akteure insoweit einig wären, kann der Bund eine Finanzierungshilfe aus verfassungsrechtlichen Gründen nicht ohne Weiteres gewähren. Eine solche verstößt gegen den sogenannten

Grundsatz der getrennten und eigenverantwortlichen Aufgabenwahrnehmung (HELLERMANN 2012, Rn. 1; SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 91a Rn. 1). In der föderal organisierten Bundesrepublik weist das Grundgesetz Bund und Ländern jeweils Verwaltungsaufgaben zu, die diese getrennt und eigenverantwortlich erfüllen müssen. Wer für eine Verwaltungsaufgabe zuständig ist, trägt wiederum die Finanzierungslast. Es ist weder eine sogenannte Mischverwaltung noch eine Mischfinanzierung zulässig, wenn nicht die Verfassung selbst eine Ausnahme vorsieht (BVerfG, Urt. v. 07.10.2014 – 2 BvR 1641/11, Rn. 91 f.). Diese klare Trennung dient unter anderem dazu, Klarheit über die politische Verantwortlichkeit für das Verwaltungshandeln zu sichern. Zudem soll die Eigenständigkeit der Länder vor einer Einflussnahme des Bundes bewahrt werden (BVerfG, Urt. v. 02.06.2015 – 2 BvE 7/11, Rn. 107). Das Grundgesetz enthält indes verschiedene Ausnahmenvorschriften, die eine Zusammenarbeit von Bund und Ländern bei der Erfüllung bestimmter Aufgaben bzw. eine Beteiligung des Bundes bei der Finanzierung ermöglichen. Einige dieser Aufgaben weisen sachlich bereits Bezüge zur Klimaanpassung auf.

576. Für die Anpassung der Städte an die Folgen des Klimawandels ist die auf Art. 104b GG gestützte Städtebauförderung hervorzuheben. In der bereits erwähnten Verwaltungsvereinbarung von Bund und Ländern (Tz. 564) findet auch die Anpassung an die Folgen des Klimawandels Berücksichtigung. Art. 104b GG statuiert eine Ausnahme vom Verbot der Mischfinanzierung. Der Bund darf die Länder bei der Erfüllung ihrer Aufgaben finanziell unterstützen, aber die Länder führen diese eigenständig aus. Die Einflussnahme des Bundes ist darauf beschränkt, eine zweckentsprechende und wirtschaftliche Verwendung der Bundesmittel durch die Länder sicherzustellen (SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 104b Rn. 4a). Auf Grundlage von Art. 104b GG dürfen jedoch keine dauerhaften Förderungen vereinbart werden. Die Mittel des Bundes sind befristet zu gewähren und müssen im Lauf der Jahre im Umfang abnehmen (Art. 104b Abs. 2 S. 6 und 7 GG). Die Befristung und degressive Ausgestaltung der Finanzhilfen soll einer Verfestigung von Finanzhilfestrukturen entgegenwirken (SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 104b Rn. 56 und 58).

577. Eine andere Form der Bund-Länder-Kooperation stellen die in Art. 91a GG festgelegten „Gemeinschaftsaufgaben“ dar. Bei ihnen stellt der Bund nicht nur Fördermittel bereit, sondern wirkt auch bei der Erfüllung der Aufgabe mit (HEINTZEN 2016, S. 1219). Nach

bestehendem Recht stellt die „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ eine Gemeinschaftsaufgabe dar (Art. 91a Abs. 1 Nr. 2 GG). Sowohl der Küstenschutz als auch die Verbesserung der Agrarstruktur weisen sachliche Bezüge zur Klimaanpassung auf, erfassen hiervon aber nur Teilbereiche.

578. Damit der Bund den Ländern und Kommunen darüber hinaus eine gezielte, strukturelle und langfristige Förderung für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zukommen lassen kann, müsste eine entsprechende Ausnahmebestimmung in die Verfassung aufgenommen werden. Dabei ist zu beachten, dass der Bund in keinem Fall zur unmittelbaren Einwirkung auf die Kommunen berechtigt ist (SCHWARZ in: DÜRIG/HERZOG/SCHOLZ 2022, GG Art. 91a Rn. 20). Wenn der Bund die Kommunen als zentrale Akteure bei der Umsetzung konkreter Anpassungsmaßnahmen fördern möchte (vgl. BMUV 2022d), kann er dies nur über die Kooperation mit den Ländern erreichen. Im Grundsatz kommen dazu zwei Modelle in Betracht: entweder eine Mischfinanzierung nach dem Muster der Art. 104b ff. GG für bestimmte Investitionen oder eine Mitwirkungs- und Finanzierungsbefugnis entsprechend der Vorschriften für Gemeinschaftsaufgaben (Art. 91a ff. GG).

579. Gegen das Mischfinanzierungsmodell spricht, dass teilweise Schwierigkeiten auftreten könnten, bestimmte Klimaanpassungsmaßnahmen unter den Investitionsbegriff der Art. 104b ff. GG zu fassen, etwa die Einstellung zusätzlichen Personals (VERHEYEN und HÖLZEN 2022, S. 43) oder die Nicht-Bebauung von Freiflächen. Vor allem aber wird für die Klimaanpassung auch Bedarf an einer verstärkten inhaltlichen und prozeduralen Kooperation von Bund, Ländern und Kommunen gesehen (SAURER 2022, S. 517; REESE 2015, S. 18). Dies spricht für die Schaffung einer Gemeinschaftsaufgabe, bei der die Mitwirkung des Bundes bei der Aufgabenerfüllung der Länder prägend ist. So erscheint eine Abstimmung von Bund und Ländern darüber, welches Szenario den Anpassungsmaßnahmen zugrunde gelegt werden soll, sinnvoll. Das UBA hat etwa empfohlen, aus Vorsorgegründen einen starken Klimawandel (+3 °C zur Jahrhundertmitte in Deutschland) als handlungsleitendes Szenario für die Anpassungsplanung heranzuziehen (UBA 2021b). Ein gemeinsames Planungsszenario kann die länder- und akteursübergreifende Abstimmung von Anpassungsmaßnahmen erleichtern. Auch ist es zweckdienlich, Belastungs-Hotspots zu ermitteln und diese bei Allokation der Fördermittel zu berücksichtigen (vgl. ebd.). Ähnlich wie bei der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“

könnten Bund und Länder einen gemeinsamen Rahmenplan beschließen und darin zum Beispiel die Anpassungsziele, die durchzuführenden Maßnahmen und nähere Vorgaben zur Förderung festlegen (vgl. § 5 des Gesetzes über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“). Eine solche Vorschrift könnte gegebenenfalls in das angekündigte Bundes-Klimaanpassungsgesetz aufgenommen werden. Die genannten Gründe sprechen dafür, eine Gemeinschaftsaufgabe „Anpassung an den Klimawandel“ in das Grundgesetz aufzunehmen. Naheliegender wäre eine entsprechende Ergänzung des Art. 91a GG. Um Abgrenzungsschwierigkeiten zu vermeiden, könnte gegebenenfalls die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ angepasst werden.

580. Die gemeinschaftliche Erfüllung von Aufgaben, die eigentlich den Ländern zugewiesen sind, ist gemäß Art. 91a Abs. 1 GG nur zulässig, wenn diese „für die Gesamtheit bedeutsam sind“ und „die Mitwirkung des Bundes zur Verbesserung der Lebensverhältnisse erforderlich ist“. Auch diese Voraussetzungen sind grundsätzlich erfüllt. Eine Aufgabe ist nach einer häufigen Umschreibung in der Literatur dann für die Gesamtheit bedeutsam, wenn deren Erfüllung aus gesamtstaatlicher Sicht für das Gemeinwohl und für die Bevölkerung in mehreren Ländern wichtig und vordringlich erscheint (HELLERMANN 2012, Rn. 35). Die zahlreichen und teils gravierenden Risiken, die der Klimawandel und seine Folgen für die Bundesrepublik mit sich bringen, sind zuletzt in der Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 des Bundes dargelegt worden (KAHLENBORN et. al. 2021). Dass die Anpassung an die Folgen des Klimawandels für die Gesamtheit bedeutsam ist, dürfte außer Zweifel stehen.

581. Die Mitwirkung des Bundes zur Verbesserung der Lebensverhältnisse ist erforderlich, wenn die Länder die Aufgabe nicht allein bewältigen können (SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 92a Rn. 23). Nach verbreiteter Einschätzung sind die Länder und insbesondere die Kommunen mit der im Gesamtbild neuartigen und kostenintensiven Herausforderung der Klimaanpassung überfordert (Deutscher Städtetag 2022; BMUV 2022d). Teils liegt dies an Wissensdefiziten darüber, mit welchen Folgen vor Ort konkret zu rechnen ist und wie darauf reagiert werden soll, teils an fehlendem Geld oder Personal zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen (Tz. 565 und 568 f.). Die Wissensdefizite sind auch darauf zurückzuführen, dass die Folgen des Klimawandels und die entsprechenden Anpassungsbedarfe lokal und

regional sehr unterschiedlich ausfallen (SAURER 2022, S. 517). Es wird bezweifelt, ob sich die notwendige Wissensbasis ohne Mitwirkung des Bundes erarbeiten lässt (REESE 2015, S. 18). Wo aber Städte und Kommunen nicht ausreichend dazu in der Lage sind, sich auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten, ist in der Zukunft mit gravierenden Schäden materieller wie immaterieller Art – auch an der Gesundheit – zu rechnen. Um eine Verschlechterung der Lebensverhältnisse zu verhindern, die innerhalb des Bundesgebiets überdies sehr ungleich ausfallen könnte, ist eine Mitwirkung des Bundes erforderlich. Dabei gilt es insbesondere zu verhindern, dass die vor Ort geplanten Klimaanpassungsmaßnahmen statt von den Folgen des Klimawandels maßgeblich von der Finanzkraft der jeweiligen Kommunen bzw. des Bundeslandes determiniert werden.

582. Der Vorschlag, die Anpassung an die Folgen des Klimawandels als Gemeinschaftsaufgabe ins Grundgesetz aufzunehmen (UBA 2021b; Deutscher Städtetag 2022, S. 34; ALBRECHT et. al. 2022, S. 8), ist daher zu unterstützen. Für die in diesem Kapitel im Fokus stehende Klimaanpassung in den Städten besteht dabei die Besonderheit, dass diese teilweise bereits von der auf Art. 104b GG basierenden Städtebauförderung des Bundes umfasst wird. Dies stellt jedoch kein Hindernis für eine entsprechende Gemeinschaftsaufgabe mit teilweise gleicher Zielsetzung dar (SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 104b Rn. 6; SCHWARZ in: DÜRIG/HERZOG/SCHOLZ 2022, GG Art. 104b Rn. 12). Eine vergleichbare Konstellation liegt nach derzeitigem Recht für die Förderung der regionalen Wirtschaftsstruktur vor, die sowohl auf Art. 91a Abs. 1 Nr. 1 GG als auch auf Art. 104b Abs. 1 Nr. 2 GG gestützt werden kann. Da beide Normen unterschiedliche Anwendungsvoraussetzungen haben, muss der Bund allerdings im Einzelfall entscheiden, auf welches Instrument er zurückgreifen will (SIEKMANN in: SACHS 2021, GG Art. 104b Rn. 6).

7.4 Den Lebensweltenansatz durch das Präventionsgesetz stärken

583. Um chronische Krankheiten zu vermeiden, kommt Prävention und Gesundheitsförderung eine große Bedeutung zu (Tz. 25 ff.). Dabei haben die Kommunen eine große Verantwortung, da die Gestaltung des Wohnumfeldes mit dem Blick auf Umweltschutz und -ressourcen hierzu viel beitragen kann. Es gibt vielfältige Bereiche in Deutschland, in denen Prävention bereits auf eine

langjährige Tradition zurückgreifen kann. Positive Beispiele sind die frühzeitige Erkennung von Erkrankungen und Fehlentwicklungen bei Säuglingen und Kindern sowie die Gesundheitsvorsorge in der Arbeits- und Sozialmedizin (LOER 2016). Zu erwähnen sind auch die vielfältigen Aufgabengebiete der Umwelthygiene und der Umweltmedizin, denen eine besondere Bedeutung zukommt, da sie sich mit der Erforschung, Vermeidung und Früherkennung umweltbedingter Gesundheitsrisiken sowie mit umweltbezogenen Aspekten der Gesundheitsförderung befassen. Die Umweltmedizin ist somit auch eine wesentliche Grundlage für eine ökosale Politik (Kap. 5.1). Allerdings besteht in dem Bereich Prävention gegen umweltbedingte Erkrankungen noch erheblicher Verbesserungsbedarf (LIEDTKE et. al. 2020).

584. Ein wichtiger Indikator, welche Bedeutung die Prävention in der Gesundheitspolitik einnimmt, sind die hierfür eingesetzten Mittel. Vor der COVID-19-Pandemie machten diese weniger als 3 % der Gelder der Gesundheitsleistungen aus (BMG 2020; GBE Bund 2022).

585. Public Health als die Wissenschaft und Praxis, die dazu dient, Krankheiten vorzubeugen, Leben zu verlängern und die Gesundheit zu fördern, spielt für die Krankheitsprävention eine zentrale Rolle (Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften et. al. 2015). Allerdings wird dieser Ansatz bisher in Deutschland in der Praxis noch zu wenig umgesetzt (Tz. 322 ff.). Public Health-Expert:innen kritisieren zudem, dass Einflüsse des Lebensumfelds und der Umwelt in der Gesundheitspolitik bisher zu wenig beachtet wurden (JACKSON 1999). Dies ändert sich erst schrittweise in dem Maße, wie auch der Erkenntnisstand zur Bedeutung von Umwelteinflüssen auf das Wohlbefinden zunimmt (SOENTGEN et. al. 2020).

586. Das im Juli 2015 verabschiedete Präventionsgesetz (PrävG) zielt darauf ab, die Gesundheitsförderung und Prävention insbesondere in den Lebenswelten der Bürger:innen zu stärken (Kasten 7-4). Zudem soll die Zusammenarbeit von Akteuren in diesen Bereichen auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene verbessert werden (LIEDTKE et. al. 2020).

587. Die Krankenkassen wurden verpflichtet, mit den übrigen Trägern der Sozialversicherungen eine gemeinsame nationale Präventionsstrategie zu entwickeln und fortzuschreiben. Dazu wurde eine Nationale Präventionskonferenz (NPK) eingerichtet, die sich – neben an-

Kasten 7-4 Setting- oder Lebensweltenansatz

Der klar abgrenzbare soziale Zusammenhang, in dem Menschen sich in ihrem Alltag aufhalten und der Einfluss auf ihre Gesundheit hat, wird auch als Setting oder Lebenswelt bezeichnet (HARTUNG und ROSENBROCK 2022). Zur Lebenswelt gehören formale Organisationen wie Kita, Schule oder Betrieb und sozialräumliche Systeme wie Stadtteil oder Quartier. Die Gesundheit der Menschen oder einer Bevölkerungsgruppe wird von einer Reihe gesundheitsförderlicher oder gesundheitsbelastender Faktoren beeinflusst. Der Setting- oder Lebensweltenansatz greift diese Erkenntnis auf und geht damit von einem ganzheitlichen, das heißt alle Lebensbereiche und -umstände berücksichtigenden, multifaktoriellen und ressourcenorientierten Gesundheitsverständnis aus (ebd.). Der Ansatz wurde in der Ottawa-Charta für Gesundheitsförderung von 1986 fest verankert (WHO 1986).

deren beratenden Mitgliedern – aus Vertreter:innen der Spitzenorganisationen der Sozialversicherungen und dem Verband der privaten Krankenversicherungen zusammensetzt. Die nationale Präventionsstrategie umfasst eine Bundesrahmenempfehlung mit Zielen, zentralen Handlungsfeldern und Zielgruppen sowie zu beteiligende Institutionen und regelmäßige Präventionsberichte (alle vier Jahre) (NPK o. J.). In der NPK übernehmen unter anderem der Bund, die Länder und die kommunalen Spitzenverbände auf Bundesebene (bspw. Deutscher Städtetag) sowie die Bundesagentur für Arbeit und die Spitzenorganisationen der Arbeitgeber und Arbeitnehmer eine beratende Funktion. Darüber hinaus wird die NPK durch das jährlich stattfindende Präventionsforum beraten, welches sich insbesondere aus Organisationen und Verbänden aus dem Bereich Prävention und Gesundheitsförderung zusammensetzt.

588. Die NPK hat im Zusammenhang mit der Bundesrahmenvereinbarung drei übergreifende Ziele definiert, die die Grundlage der Präventionsstrategie darstellen (NPK 2018): (1) gesund aufwachsen, (2) gesund leben und arbeiten sowie (3) gesund im Alter. Für diese Ziele wurden vordringliche Handlungsbedarfe und wesentliche Zielgruppen ermittelt. Ein wichtiger Grundsatz der Rahmenvereinbarung ist der „Schutz vor Krankheiten und Unfällen sowie die Förderung von Gesundheit, Sicherheit und gesellschaftlicher Teilhabe in den Lebens-

welten [...] die eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe mit vielen Verantwortlichen“ (ebd.) bilden. Dafür wird angeregt, ressortübergreifendes Handeln zu ermöglichen (GKV-Spitzenverband et. al. 2019).

589. Die Bundesrahmenempfehlungen wurden in den Bundesländern in Form von Landesrahmenvereinbarungen weiter konkretisiert (GKV-Spitzenverband 2022). In den Ländern wurden mit den Koordinierungsstellen Gesundheitliche Chancengleichheit Gremien geschaffen, die die Zusammenarbeit im Bereich Prävention und Gesundheitsförderung organisieren sollen. Die eigentlichen Projekte werden unter Einbeziehung anderer Akteure wie die Gesundheitsämter auf der Ebene der Kommunen umgesetzt. Auch hierfür wurden entsprechende Kooperationsstrukturen etabliert.

590. Mit dem Präventionsgesetz sind Krankenkassen aufgefordert, Leistungen für die Gesundheitsprävention vorzusehen. Ein „besonderes Augenmerk“ der Leistungen liegt in der Verhinderung und Verminderung von Krankheitsrisiken sowie der Förderung des selbstbestimmten gesundheitsorientierten Handelns. Mit diesen Zielsetzungen soll ein Beitrag zur Verminderung sozialbedingter und geschlechtsbezogener Ungleichheit von Gesundheitschancen geleistet werden. Insbesondere sollen mit Leistungen der gesetzlichen Krankenkassen die gesundheitsförderlichen Strukturen in den Lebenswelten gestärkt werden. Gemäß § 20a Abs. 1 S. 1 SGB V werden Lebenswelten als abgrenzbare, soziale Systeme definiert, die zum Beispiel Wohnen, Lernen, medizinische und pflegerische Versorgung sowie Freizeitgestaltung einschließlich sportlicher Aktivitäten umfassen (Kasten 7-4). Somit können die Krankenkassen die Kommunen bei der Schaffung gesunder Lebensumfelder unterstützen, denn die lebensweltbezogene Gesundheitsförderung und Prävention (§ 20a Abs. 1 SGB V) umfasst auch die Lebenswelt Kommune (GKV-Spitzenverband 2014, S. 26 f.). Über das Setting Kommune lassen sich insbesondere Gruppen erreichen, die über Bildungseinrichtungen und Betriebe nicht einbezogen werden können, wie Menschen ohne Erwerbsarbeit, sozial isolierte Menschen und alte Menschen. Damit verbunden sind auch Anknüpfungen an den umweltbezogenen Gesundheitsschutz, denkt man an die Gestaltung eines möglichst belastungsfreien Wohnumfelds – mit möglichst geringen Lärm- und Luftbelastungen – und die Bereitstellung von Gesundheitsressourcen.

591. Die Höhe der Mittel, die die Krankenkassen für die Gesundheitsförderung und primäre Prävention bereit-

stellen müssen, ist gesetzlich festgelegt und wird jährlich angepasst (§ 20 Abs. 6 SGB V). Für das Jahr 2023 sind das 8,19 Euro pro versicherte Person. Der Betrag wird jährlich angepasst. Die Krankenkassen sollen insbesondere „Vorschläge zur Verbesserung der gesundheitlichen Situation sowie zur Stärkung der gesundheitlichen Ressourcen und Fähigkeiten entwickeln und deren Umsetzung“ unterstützen (§ 20a Abs. 1 S. 3 SGB V).

592. Es gibt bereits eine Vielzahl von Maßnahmen und Projekten, die über das Präventionsgesetz finanziert werden. Ein Beispiel ist das Kommunale Förderprogramm des GKV-Bündnisses für Gesundheit (o. J.). Dort werden kommunale Steuerungsstrukturen sowie präventive und gesundheitsförderliche Maßnahmen für sozial und gesundheitlich benachteiligte Menschen gefördert. Ein weiteres Beispiel ist das Projekt „Gesund durch Bewegung“ in Wattenscheid, über das der öffentliche Raum belebt und die Bewohner:innen motiviert werden sollen, sich mehr körperlich zu bewegen (Gesund durch Bewegung in Wattenscheid o. J.).

593. Ebenfalls förderfähig sind etwa Beratungs- und Schulungsleistungen zur verhältnispräventiven Umgestaltung von Stadträumen. Ausgeschlossene Leistungen sind demgegenüber Kosten für Baumaßnahmen. Demnach können Krankenkassen Kommunen zwar beraten, wie sie die Umweltbedingungen möglichst gesundheitsförderlich gestalten können, bzw. die Beratung finanzieren. Radwege und Parks dürfen die Kassen jedoch nicht mitfinanzieren, da Krankenkassenbeiträge nicht für Infrastrukturmaßnahmen genutzt werden dürfen, die in kommunaler Verantwortung liegen (Deutscher Bundestag 2015; BSG, Urt. v. 18.05.2021 – B 1 A 2/20 R, Rn. 53).

594. Insgesamt ist zu begrüßen, dass mit den Krankenkassen ein weiterer Akteur aus dem Gesundheitsbereich bei der Schaffung von gesundheitsfördernden Angeboten im öffentlichen Raum einbezogen wird. So kann eine Vielzahl von räumlichen Planungen stärker gesundheitsfördernd ausgerichtet werden (Abschn. 7.1.3). Neben der Beratung könnten sich die Kassen auch an der Kommunikation zu umweltbezogenen Risiken beteiligen. Eine andere Option ist die Schulung von Expert:innen aus den Stadtverwaltungen (Gesundheitsämter, Umweltämter, Sozialämter) und Planungsbüros, die an der Berücksichtigung gesundheitlicher Belange in Planungsverfahren beteiligt sind.

595. LIEDTKE et. al. (2020) fassen den ersten Präventionsbericht der NPK vom Sommer 2019 (GKV-Spitzen-

verband et. al. 2019) dahingehend zusammen, dass die Sozialversicherungsträger zwar ihr Engagement für den präventiven Gesundheitsschutz intensiviert haben, jedoch zahlreiche gesundheitliche Faktoren, die die Lebenswelten beeinflussen, jenseits ihrer Handlungsmöglichkeiten liegen. Das betrifft zum Beispiel das Wohnumfeld, wirtschaftliche Verhältnisse und Bildungsangebote. Mögliche Maßnahmen für die Gesundheitsförderung, die über das Präventionsgesetz finanziert werden könnten, wären zum Beispiel die Schaffung eines flächendeckenden Angebots an Bewegungsmöglichkeiten durch die Kommunen bzw. in Kooperation mit ihnen. Die Autor:innen heben positiv hervor, dass inzwischen auf bundes-, länder- und kommunaler Ebene Kooperationsstrukturen für Prävention und vorsorgenden Gesundheitsschutz geschaffen wurden. Diese Strukturen sollten genutzt werden, um Gesundheitsförderung als gesamtgesellschaftliche und politikübergreifende Aufgabe erfolgreich anzugehen.

596. Kritikwürdig ist allerdings, dass das Präventionsgesetz keinen wirklichen HiAP-Ansatz verfolgt (LOER 2016; BÖHM et. al. 2020; GEENE et. al. 2020). Vielmehr hat der Bund unter Ausschöpfung seiner kompetenzrechtlichen Möglichkeiten auf der Grundlage seiner Zuständigkeit für die Sozialversicherung mit dem Präventionsgesetz das Ziel verfolgt, Prävention in Lebenswelten zu stärken, Leistungen zur Früherkennung weiterzuentwickeln und das Zusammenwirken von betrieblicher Gesundheitsförderung und Arbeitsschutz zu verbessern. Das Präventionsgesetz stellt demnach zwar eine Verbesserung gegenüber den zuvor geltenden Rechtsbestimmungen dar, wird aber dem Leitbild einer HiAP nicht gerecht (GERLINGER 2021).

597. Zu begrüßen ist die Absicht, Gesundheitsressourcen zu stärken und intensiver als bisher das individuelle Verhalten zu beeinflussen (SRU 2023, Kap. 3.1 und 3.2). Bei Letzterem bleibt es aber uneindeutig, wie das gelingen kann. Das Präventionsgesetz greift zu kurz, was die Gesundheitsvorsorge angeht: Es fokussiert sehr deutlich auf die medizinische Vorsorge im Code eines lediglich in „gesund/krank“ operierenden Gesundheitssystems (WELTI 2015). So bleiben einige wichtige Aspekte, die für die Prävention von Bedeutung sind, unberücksichtigt. Das zeigt sich auch bei der Umsetzung des Präventionsgesetzes in die Praxis (ALTGELD et. al. 2021):

- Beispielsweise werden die umweltbezogenen Faktoren kaum angesprochen. Der Beitrag zum umweltbezogenen Gesundheitsschutz ist somit zu gering.

- Kritisiert wird des Weiteren, dass vulnerable Zielgruppen wie Kinder und Ältere aus sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen noch zu wenig erreicht werden.
- Auch scheint es bei der Zusammenarbeit zwischen den Sozialkassen und den Kommunen noch Verbesserungsbedarf zu geben.

ALTGELD et. al. (2021) schlagen vor, dass Bund und Länder im Sinne einer gesamtgesellschaftlichen Aufgabe noch mehr Verantwortung bei Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung übernehmen.

598. Somit kann das Präventionsgesetz als Wegbereiter für eine neue, die Gesundheitsförderung und Prävention in den Mittelpunkt stellende Entwicklung bewertet werden, die den Lebenswelten mehr Bedeutung einräumt. Dieser erste Schritt sollte aber unbedingt weitergegangen werden. Kernanliegen sollte es sein, dass die Präventionsstrategie klar Ziele und Verantwortlichkeiten, die über die Sozialkassen hinausgehen, bei der Krankheitsvorbeugung und Gesundheitsförderung benennt und einen Rahmen setzt, um alle Aktivitäten in diesem Feld zu bündeln (s. a. LOER 2016). Im Vordergrund sollte die Gestaltung eines holistischen Public Health-Konzepts stehen. Die COVID-19-Pandemie verdeutlicht einmal mehr, dass Gesundheit im Sinne von HiAP ein gesamtgesellschaftliches Thema ist, und zeigt, wie unterschiedlichste Sektoren (Wirtschaft, Kultur,

Bildung) mit gesundheitlichen Belangen verknüpft sind. So waren für die Eindämmung der Pandemie nicht nur der Gesundheitssektor, sondern auch andere Verantwortlichkeiten notwendig, beispielsweise die des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs, der Bildungs- und Betreuungseinrichtung oder Unternehmen. Somit können die Erfahrungen aus der COVID-19-Pandemie genutzt werden, um einen HiAP-Ansatz in die Praxis umzusetzen (EWERT und LOER 2021). Damit dies gelingt, müssen noch mehr Politiken und Verantwortlichkeiten angesprochen werden. Kernziel der Strategie sollte es sein, chronische Krankheiten, gerade auch solche mit Umweltbezug, in Deutschland zurückzudrängen. Die Entwicklung dieser Krankheitsgeschehen ist ein guter Indikator für den Erfolg der Präventionsstrategie bzw. deren Umsetzung. Um die Lücke zum Umweltschutz zu schließen, wäre es wichtig, die Umwelt-, Landwirtschafts- und Verbraucherschutzpolitik sowie die Stadtplanung stärker einzubinden (Kap. 8.2). Um diese Kompetenzen in der NPK zu stärken, ist es eine Option, den kommunalen Spitzenverbänden ein Stimmrecht einzuräumen. Zudem könnte das Gesunde Städte-Netzwerk Mitglied in der NPK werden. Begründet wäre dies durch die große Bedeutung der Kommunen bei der Umsetzung von Präventionsmaßnahmen (Kap. 7.1). Wie im Präventionsgesetz vorgesehen, sollte die Schaffung eines gesunden Lebensumfelds für alle, gerade auch für sozial schwächer gestellte Menschen, ein Schwerpunkt der Präventionsstrategie sein.



Umwelt und Gesundheit als Querschnittsaufgabe

Gesundheitsbezogener Umweltschutz erfordert integrative Ansätze, die unterschiedliche Disziplinen, Politikfelder sowie Ressortgrenzen überbrücken. Politikintegration gestaltet sich oftmals jedoch schwierig, insbesondere wegen der starken institutionellen Ausdifferenzierung über unterschiedliche Politikebenen und -felder hinweg. Daher sollten bekannte Erfolgsbedingungen für Integration gefördert werden: Ein klares Commitment durch politische Entscheidungsträger, angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten zugunsten des Umwelt- und Gesundheitsschutzes und zivilgesellschaftliche Unterstützung begünstigen Politikintegration. Als zentrales Koordinationsinstrument auf Bundesebene dient das jüngst aktualisierte Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG). Das APUG sollte daher mit personellen und finanziellen Ressourcen untersetzt, ausgebaut und durch die genannten Faktoren gestärkt werden.

599. Ökosale Politik ist auf die sektoren- und ressortübergreifende Bearbeitung von Umwelt- und Gesundheitsproblemen angewiesen. Politikintegration muss dabei mehrere Herausforderungen überwinden. Die starke institutionelle Wahrnehmung führt zu selektiver Wahrnehmung. Dies erschwert die integrative Arbeit an Querschnittsaufgaben. In der Praxis sieht sich Politikintegration daher konkreten Widerständen wie

Silodenken, bürokratischer Konkurrenz und der Inkongruenz zwischen ausdifferenzierten Strukturen und interdependenten Problemen gegenüber.

600. Drei Faktoren können dazu beitragen, diese Widerstände zu überwinden. Erstens fördert das Commitment von politischen Entscheidungsträgern zu umweltbezogenem Gesundheitsschutz integrative Ansätze auf allen Politikebenen. Zweitens können angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten den Umwelt- und Gesundheitsschutz stärken: Insbesondere sollten die Behörden des problemverursachenden Sektors (z. B. Kfz-Verkehr) die Einhaltung von Umweltauflagen gemeinsam mit den Umweltbehörden prüfen und durchsetzen. Drittens unterstützt politischer Druck aus der Zivilgesellschaft integrative Ansätze.

601. Das APUG fungiert auf Bundesebene als zentrales Instrument zur Integration des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes. 2021 erfolgte eine Neuauflage des APUG (BMU et al. 2021). Der SRU unterstützt diese Fortschreibung und empfiehlt, es weiter zu stärken. Insbesondere bedarf das APUG eigens ausgewiesener personeller und finanzieller Ressourcen, da die beteiligten Institutionen hier bislang auf ihr allgemeines Budget zurückgreifen müssen.

8.1 Auf bestehende Integrationsansätze zum Umwelt- und Gesundheitsschutz aufbauen

602. Politikintegration meint die übergreifende Bearbeitung von Problemen, die die Grenzen von etablierten Politikfeldern überschreiten. Zu den verschiedenen konzeptionellen Varianten und praktischen Ansätzen von Politikintegration hat sich bereits eine umfangreiche Forschungsliteratur gebildet (TOSUN und LANG 2017; TREIN et al. 2021). Dabei kann sich Politikintegration auf Ergebnisse (d. h. integrierte Policies), aber auch auf Prozesse, die zu einer Integration führen, beziehen (CANDEL und BIESBROEK 2016). So stellt etwa das jüngst weiterentwickelte APUG eine vornehmlich prozessorientierte Variante von Politikintegration dar (Kap. 8.4). Sowohl zum Gesundheits- als auch zum Umweltschutz existieren bereits Integrationsansätze. Der HiAP-Ansatz strebt danach, Gesundheitsbelange in anderen Politikfeldern zu verankern (Tz. 603–605). Die Umweltpolitikintegration wiederum zielt darauf ab, Umweltschutz in andere Politikbereiche wie Verkehr, Bauen und Landwirtschaft zu integrieren (BORNE-MANN 2014, S. 23 f.; Tz. 606–609).

Erfahrungen des Health in All Policies-Ansatzes: Die südaustralische Modellregion

603. Mit dem HiAP-Ansatz zielt die WHO auf umfassende Politikintegration zum Gesundheitsschutz. HiAP adressiert dabei insbesondere auch die außerhalb der Gesundheitspolitik liegenden Determinanten von Gesundheit (Tz. 50 ff.). So soll die Gesundheit der Gesamtbevölkerung verbessert und die gesundheitliche Chancengleichheit gestärkt werden. Dafür berücksichtigt HiAP die Gesundheitsauswirkungen politischer Entscheidungen, versucht Synergien zu nutzen und etwaige gesundheitsschädigende Wirkungen zu minimieren (WHO 2014). Hierfür bedarf es der Zusammenarbeit der für die Gesundheitsprobleme und deren Lösungen relevanten Ressorts sowie der Einbindung nicht staatlicher Akteure wie Vereine, Unternehmen oder Universitäten. HiAP zielt darauf ab, auch die gesellschaftlichen Ursachen gesundheitlicher Ungleichheit (Upstream) zu mildern, nicht nur die individuellen Krankheitsrisiken (Midstream) oder Krankheitssymptome (Downstream). Solche Upstream-Maßnahmen bedürfen also grundlegender sozialer und wirtschaftlicher Reformen (SHANKARDASS et al. 2012, S. 27). Bislang wurde HiAP in einer Reihe von Initiativen angewandt,

etwa in den Niederlanden, Wales, Finnland oder Kanada (GUGLIELMIN et al. 2018; STÄHL 2018). Die WHO-Modellregion „HiAP Südaustralien“ illustriert beispielhaft die Bemühungen, Gesundheitsbelange in alle relevanten Politikbereichen zu integrieren.

604. Das südaustralische HiAP-Modell setzt sich aus drei Bausteinen zusammen: integrativen Strukturen (Governance), einem iterativen Politikprozess (Praktiken und Prozesse) sowie kurz- und langfristigen Auswirkungen (Ergebnisse).

- Governance: Das Modell baut zunächst auf einer übergreifenden Governance-Strategie auf. Diese beinhaltet eine zentral verankerte Führung und Verantwortung, eine strategische Arbeitsgruppe innerhalb des Gesundheitsressorts und einen transparenten Priorisierungsprozess. Das Gesundheitsressort finanziert die HiAP-Initiative und leitet diese gemeinsam mit der südaustralischen Regionalregierung. Seit 2011 darf das Gesundheitsministerium Ratschläge für andere Ressorts erteilen oder Verfahren entwickeln, um die Förderung der Gesundheit sicherzustellen.
- Praktiken und Prozesse: Die Umsetzung der HiAP-Initiative erfolgt als iterativer Prozess. Die beteiligten Akteure (z. B. Gesundheitsämter, Schulen, Sozialarbeiter:innen, Stadtplanungsverantwortliche) beginnen damit, ein gemeinsames Problemverständnis herauszuarbeiten (z. B. in den Bereichen Ernährung oder Mobilität) und einen Arbeitsprozess zu definieren. Anschließend tragen sie qualitative und quantitative Daten zusammen, die möglichst viele relevante Perspektiven auf die Problemstellung berücksichtigen. Darauf aufbauend werden Lösungsvorschläge entwickelt (z. B. Ernährungsangebote in der Schule) und in den politischen Entscheidungsfindungsprozess getragen. Regelmäßige Prozessevaluationen begleiten die einzelnen Schritte.
- Ergebnisse: Die HiAP-Initiative verfolgt kurz- und langfristige Ziele. Kurzfristig geht es darum, Kapazitäten aufzubauen, Wissen zu generieren und übergreifende Kooperationen zu stärken. Mittel- bis langfristig soll dies dazu beitragen, die Gesundheit und Lebensqualität der Gesamtbevölkerung zu verbessern und Ungleichheiten zu reduzieren. Hierzu werden sogenannte „Health Lens“-Analysen (ähnlich zu Gesundheitsfolgenabschätzungen, s. Tz. 399) durchgeführt, welche die gesundheitsrelevanten Konsequenzen jeder Maßnahme (z. B. zu einer Mobilitäts-

strategie) kontinuierlich dokumentieren und bewerten. Iterative Bewertungsschleifen sollen dabei die Effektivität der HiAP-Initiative erhöhen.

605. Bisher zeigen die Evaluationen der südaustralischen HiAP-Modellregionen ein ambivalentes Bild (LAWLESS et al. 2018; BAUM et al. 2017). Einerseits schafft das Programm integrative Strukturen und ermöglicht so den kontinuierlichen Austausch zwischen allen relevanten Akteuren (LAWLESS et al. 2012). Andererseits bleiben die Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung bislang unklar (BAUM et al. 2019). Zudem kann die gesundheitliche Chancengerechtigkeit aufgrund sozioökonomischer Pfadabhängigkeiten nur mittel- bis langfristig verbessert werden (van EYK et al. 2017, S. 16). So wurden anfängliche Bemühungen, im Rahmen des HiAP-Ansatzes auch soziale Ungleichheiten zu adressieren und Teilhabemöglichkeiten zu verbessern, wegen konkurrierender wirtschaftspolitischer Erwägungen wieder aufgegeben (ebd.). Auch die Erfahrungen von anderen HiAP-Fallbeispielen zeigen zumeist eine Diskrepanz zwischen den vorab formulierten Zielen und den tatsächlich erreichten Fortschritten (z. B. GREAVES und BIALYSTOK 2011; CAIRNEY et al. 2021).

Erfahrungen der Umweltpolitikintegration

606. Im Kontext der Umweltpolitik wird das Thema Politikintegration bereits vergleichsweise stark diskutiert und erforscht (BORNEMANN 2014, S. 23 f.). Die Verankerung des Umweltschutzes als Ziel in allen relevanten Sektoren soll es dabei ermöglichen, auf die Ursachen von Umweltproblemen zu fokussieren und bessere Lösungen zu finden (PERSSON und RUNHAAR 2018, S. 141; KARLSSON-VINKHUYZEN et al. 2018, S. 132; BORNEMANN und WEILAND 2021, S. 98; zu dieser Diskussion s. a. SRU 2019a, Tz. 271 ff.). Besondere Bedeutung gewonnen hat das Prinzip der Umweltpolitikintegration seit den 1990er-Jahren als Reaktion auf die im Brundtland-Bericht von 1987 (WCED 1987) beschriebene Herausforderung der Vereinbarkeit von Wirtschaft, Sozialem und Umwelt und der Agenda 21 (UN CED 1992; JORDAN und LENSCHOW 2010, S. 147; JACOB et al. 2008, S. 3; LAFFERTY und HOVDEN 2003, S. 3 f.).

607. Die Erfahrungen aus der Umweltpolitikintegration zeigen dabei, dass Politikintegration durch einen zentralen Akteur nur gelingen kann, wenn diese zentrale Institution über genügend Einfluss verfügt, um die Umweltbelange in den anderen Sektoren durchzusetzen. Bei Umweltpolitikressorts ist dies oftmals nicht der Fall (LAFFERTY und HOVDEN 2003, S. 16). Gehen die Integrationsbemühungen von den einzelnen Politikbereichen

selbst aus, erzeugen sie weniger Konflikte und sind daher politisch meist einfacher umsetzbar (LAFFERTY und HOVDEN 2003, S. 17–19). Allerdings wurde beobachtet, dass diese Form der Integration allein nur geringe Veränderungen auslöst, wenn sie nicht von einer zentralen Institution begleitet wird. Eine Verlagerung der Zuständigkeit in andere Ressorts kann vor allem dann von Vorteil sein, wenn ein gewisses Mindestmaß an Einigkeit über die Zielrichtung besteht (NILSSON 2005, S. 220). Insgesamt sind Instrumente, die große Reformen bedeuten und Macht und Ressourcen zugunsten der Umweltressorts neu verteilen, schwieriger einzuführen als solche, die das bestehende System nur ergänzen. Sie sind daher auch seltener zu beobachten (JACOB et al. 2008, S. 35–42).

608. Verschiedene Instrumente wurden eingesetzt, um Umweltaspekte in andere Bereiche zu integrieren:

- Kommunikationsinstrumente, wie Pläne, Strategien, Berichtspflichten oder externe Begutachtungen: Diese sind relativ leicht politisch umsetzbar, da sie meist eher eine Ergänzung zu bestehenden Prozessen und Strukturen darstellen. Ihre Wirksamkeit scheint eher begrenzt (JACOB et al. 2008, S. 27). Besonders wenn die Aufmerksamkeit für das Ziel der Umweltpolitikintegration sinkt und keine aktive Unterstützung der beteiligten Ressorts und von hoher politischer Ebene vorhanden ist, schwindet auch der Effekt dieser Instrumente (ebd., S. 42; zu Nachhaltigkeitsstrategien: STEURER 2008).
- Organisatorische Instrumente, wie die Veränderung der Ressortaufteilung, die Einrichtung von Umweltbeauftragten oder Umwelteinheiten in einzelnen Ressorts oder die Einführung übergreifender Arbeitsgruppen: Diese können das Umweltressort stärken und Netzwerke schaffen. Jedoch ist beobachtet worden, dass entsprechende Instrumente oftmals kaum Einfluss auf politische Entscheidungen haben (JACOB et al. 2008, S. 27).
- Prozedurale Reformen, wie eine Stärkung des Einflusses des Umweltressorts oder Instrumente wie die SUP: Diese haben den Vorteil, dass sie direkt am Prozess der Entscheidungsfindung ansetzen und je nach konkreter Ausgestaltung umweltpolitische Perspektiven schon frühzeitig einbinden (JACOB et al. 2008, S. 28; HERTIN et al. 2008).

609. Sinnvoll sind umweltpolitische Integrationsinstrumente vor allem dann, wenn sie über den gesamten Poli-

tikzyklus hinweg zum Tragen kommen (JACOB et al. 2008, S. 339). Werden mögliche Umweltwirkungen von Politikinstrumenten schon früh im Prozess betrachtet, können Korrekturen noch rechtzeitig vorgenommen und Umweltziele eher erreicht werden (SRU 2019a, Tz. 271).

Bilanz bisheriger Integrationsbemühungen

610. Insgesamt zeichnen die Erfahrungen sowohl des HiAP-Ansatzes als auch der Umweltpolitikintegration ein ähnliches Bild. Die Einführung von Kommunikations- und organisatorischen Instrumenten stellt keine Garantie für integrierte Prozesse oder gar veränderte Entscheidungen dar, wenngleich in den letzten Jahren Fortschritte zu verzeichnen waren (zur Umweltpolitikintegration siehe u. a. SRU 2019a, Tz. 335). Die Integration neuer Ziele in die politische Agenda einer Organisation oder eines Ressorts ist ein Lern- und Veränderungsprozess, der nicht über formale Anforderungen erzwungen werden kann (HERTIN 2016). Ein klares Bekenntnis und die aktive Unterstützung der Integrationsbemühungen, beispielsweise durch die Hausleitung oder das politische Umfeld, bleibt Voraussetzung für erfolgreiche Integration (z. B. PINTO et al. 2015). Auch zivilgesellschaftliche Unterstützung und sich wandelnde Politiktraditionen können Politikintegration erleichtern (PERSSON 2004, S. 36). Ansonsten kann es oft bei rein administrativen Prozessen ohne eine wirkliche inhaltliche Veränderung bleiben (JORDAN und LENSCHOW 2010, S. 154; PERSSON 2004, S. 36; LAFFERTY et al. 2008, S. 220; NILSSON und PERSSON 2008, S. 242; zu Nachhaltigkeitsstrategien: STEURER 2008, S. 109). Neue Strukturen müssen fest verankert werden, um beständiger und weniger abhängig von Politikwechseln zu sein (NILSSON und PERSSON 2008, S. 242). Sind integrative Strukturen und Prozesse einmal angelegt, so können sozioökonomische Pfadabhängigkeiten dennoch dazu führen, dass die Ziele des Gesundheits- und Umweltschutzes nur mittel- bis langfristig erreichbar sind.

8.2 Herausforderungen für Politikintegration reduzieren

Grundlegende Herausforderungen: ausdifferenzierte Strukturen und institutionelles Eigeninteresse

611. Die politik- und verwaltungswissenschaftliche Forschung hat immer wieder gezeigt, dass adminis-

trative Strukturen in hohem Maße auch Politikprozesse und -ergebnisse beeinflussen (EGEBERG 1999; TRONDAL 2017). Ministerialbürokratien und Verwaltungsbehörden stellen nicht nur ausführende Organe dar. Vielmehr haben sie bereits eine entscheidende Position bei der Formulierung von Policies und konkreten Gesetzesvorlagen inne (PAGE und JENKINS 2005). Zudem fungieren sie als Vermittler zwischen gewählten Entscheidungsträgern und Interessengruppen, pflegen enge Kontakte zu Policy-Netzwerken und verfügen über ausgewiesenes Expertenwissen (PAGE 2012).

612. Dabei zeigt sich eine starke arbeitsteilige und weiter zunehmende institutionelle Spezialisierung (zu Bundesministerien s. BÖCHER und TÖLLER 2012, S. 71; LUHMANN 1984). Die Spezialisierung erfolgt sowohl horizontal als auch vertikal (TRONDAL 2017): Horizontale Spezialisierung umfasst eine sektorale, funktionale oder territoriale Arbeitsteilung innerhalb und zwischen Organisationen. Beispielsweise lassen sich innerhalb des Umweltbereichs den verschiedenen Verwaltungseinheiten jeweils spezifische Funktionen zuweisen (UBA, BfN, BfS) und territoriale Zuständigkeiten definieren (Landesumweltämter). Vertikale Spezialisierung meint dagegen die Auslagerung bestimmter Aufgaben in nachgelagerte Einheiten. Die institutionelle Komplexität wird zudem durch die Überlagerung mehrerer Regierungsebenen gesteigert (BACHE und FLINDERS 2005). So weisen innerhalb der EU alle Regierungsebenen eigene Umweltbehörden aus – die EEA auf EU-Ebene, das UBA auf Bundesebene sowie die Landesumweltämter in den Bundesländern und die Umweltabteilungen in der Kommunalverwaltung.

613. Diese zunehmende institutionelle Spezialisierung fordert Integrationsbemühungen heraus, denn administrative Strukturen legen gleichzeitig Rollenverständnisse, also informelle Regeln und Handlungsroutinen, fest (MARCH und OLSEN 2011). Institutionelle Binnenlogik kann zu Silodenken führen und dadurch integrative Ansätze erschweren (Tz. 615). Hinzu kommt das Eigeninteresse aller am politischen Prozess beteiligten Akteure (MUELLER 2003; für den Bereich öffentlicher Gesundheit s. Überblick in LEESON und THOMPOSON 2021). So ist davon auszugehen, dass Verwaltungseinheiten ihre Ressourcen vergrößern, sowie den jeweiligen Zuständigkeitsbereich ausweiten möchten (NISKANEN 1994) – was zumeist zulasten anderer Verwaltungseinheiten geht und daher eher Konkurrenzdenken fördert (Tz. 616).

Silodenken, bürokratische Konkurrenz und Inkongruenz zwischen Strukturen und interdependenten Problemen

614. Die grundlegenden Herausforderungen führen zu drei spezifischen, teils überlappenden Integrationshürden: Silodenken, bürokratische Konkurrenz und die Inkongruenz zwischen administrativen Strukturen und Problemzusammenhängen.

615. Erstens kann Silodenken integrative Ansätze erschweren. Bereits früh wiesen die Organisationswissenschaften darauf hin, dass die in Institutionen festgelegten Rollenverständnisse zu selektiver Wahrnehmung führen (DEARBORN und SIMON 1958). Die Organisationsgrenzen schränken gleichzeitig die Problemwahrnehmung und den Aufmerksamkeitsfokus ein. Nur die innerhalb dieser Perspektive verortbaren Standardprobleme werden wahrgenommen und bearbeitet. Einzelne Verwaltungseinheiten lassen sich demnach als nebeneinanderstehende Silos interpretieren (MAYNTZ und SCHARPF 1975; TRONDAL 2017). Darüber hinaus kommt der organisatorischen Zuordnung einzelner Politikfelder große Bedeutung zu: In welcher Weise ein gegebenes Problem gerahmt wird, bzw. ob ein bestimmter Aspekt überhaupt institutionell abbildbar ist, hängt von der Perspektive der zuständigen Verwaltungseinheit ab (z. B. Perspektive des Umwelt- oder Verkehrssektors). Zusätzlich weisen die Organisationswissenschaften auf den asymmetrischen Einfluss von Generalist:innen und Spezialist:innen innerhalb von Institutionen hin (JANN und WEGRICH 2019). Spezialist:innen haben intern tendenziell größeren Einfluss auf Agenda-Setting und Politikformulierung als Generalist:innen. Gerade letztere stehen aber bereichsübergreifenden Ansätzen prinzipiell aufgeschlossen gegenüber (ebd.). Dies verschärft die Tendenz zum Silodenken. Auf Bundesebene wurde „Ressortdenken“ bereits als starker Widerstand für die Umweltpolitikintegration benannt (SRU 2019a, Tz. 234; BÖCHER und TÖLLER 2012; FLEISCHER und HUSTEDT 2012).

616. Zweitens erschwert die Konkurrenz zwischen Institutionen die Politikintegration. Je stärker sich Verwaltungshandeln strategisch an Budget-, Reputations- und Kompetenzzuwachs orientiert, desto härter fällt die Konkurrenz zwischen verschiedenen Verwaltungseinheiten aus (vgl. NICHOLSON-CROTTY 2005). Allgemein gilt dies etwa auch für die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Abteilungen eines Unternehmens. Insbesondere achten Institutionen auf Reputationswahrung und den Schutz des eigenen Zuständigkeitsbereichs (in der englischsprachigen Literatur

als „turf protection“ bezeichnet, s. a. MAOR 2015; CARPENTER 2010; RIMKUTĖ 2018). Übergreifende Kooperation erscheint daher aus Sicht der beteiligten Behörden nur dann vorteilhaft, wenn dadurch ein Reputationsgewinn erzielt werden kann (z. B. BUSUIOC 2016). Umgekehrt stellt ein potenzieller Reputationsverlust eine hohe Hürde gegenüber Kooperation dar. Als Konsequenz erscheint die Neuordnung von Kompetenzen, beispielsweise im Ressortzuschnitt bei Bundesministerien, insgesamt als Nullsummenspiel.

617. Diese Konkurrenzsituation führt oftmals zu „negativer Koordination“ (SCHARPF 1993): Hier nimmt eine federführende Verwaltungseinheit das Problem-Framing vor. Weitere Institutionen beteiligen sich nur, insoweit ihnen aus der Kooperation kein Schaden (Kompetenzen, Reputation, Ressourcen) erwächst. Kooperation reduziert sich damit auf den kleinsten gemeinsamen Nenner von miteinander konkurrierenden Akteuren (HUSTEDT und DANKEN 2017). Dieses Muster prägt etwa die institutionenübergreifende Zusammenarbeit in den Bereichen Klimaschutz und Klimaanpassung (Kopernikus-Projekt Ariadne 2021; HUSTEDT 2014). Auch scheiterten beispielsweise Versuche, Gesundheitsaspekte in andere Politikbereiche zu integrieren, bereits an der mangelnden Berücksichtigung der dort jeweils maßgeblichen Agenden (NUTBEAM 1994; O’NEILL et al. 1997). Insofern kommt selbst negative Koordination nicht zustande, wenn potenziell beteiligte Akteure davon Nachteile erwarten.

618. Drittens besteht eine grundsätzliche Schwierigkeit darin, vielschichtige Problemzusammenhänge adäquat institutionell abzubilden (bereits analysiert von SCHARPF 1972, S. 171). Die Inkongruenz zwischen Silostrukturen und sich überlappenden Problemen lässt sich nicht einfach beheben, indem betroffene Bereiche fusioniert oder neu sortiert werden, denn je nach Kontext unterscheiden sich die jeweils relevanten Regierungsebenen, Akteure und Sektoren. So ergibt sich ein „Steuerungsparadox“, da zwar erhöhter Koordinationsbedarf besteht, gleichzeitig aber das Steuerungszentrum fehlt, um alle Teilentwicklungen integriert bearbeiten zu können (SRU 2016a, Tz. 82).

619. Diese Problematik verdeutlichen gerade auch die in Kapitel 3 dargestellten Fallbeispiele. So sind in den Problemfeldern Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen und Feinstaubemissionen jeweils verschiedene Sektoren (Landwirtschaft und Verkehr) mitverantwortlich. Zusätzlich entfallen Ursache und Wirkung auf teils unterschiedliche Ebenen, etwa bei den globalen Treibern

des Klimawandels und ihren lokalen Auswirkungen auf urbane Hitzebelastung. Die Aspekte Stadt- und Landschaftsplanung zeigen, dass Politikintegration auch räumlich gefordert ist (s. Tz. 459 ff.): Je höher die Anforderungen an die Umweltqualität in den Städten, desto höher der urbane Flächenbedarf. Stadtentwicklungspolitik darf aber nicht einseitig zulasten des Umlands gehen, daher müssen unterschiedliche Perspektiven und Interessen ausgeglichen werden.

8.3 Erfolgsbedingungen fördern

620. Politikintegration zum gesundheitsbezogenen Umweltschutz sollte an mehreren Stellschrauben zugleich ansetzen, um sich dauerhaft etablieren und Wirkung entfalten zu können (s. a. WBGU 2023). Insbesondere drei Erfolgsbedingungen sind dabei hervorzuheben (GREER und LILLVIS 2014): Integration bedarf des klaren Commitments durch politische Entscheidungsträger (Tz. 621). Angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten können die Integration fördern (Tz. 622–624). Zivilgesellschaftliche Akteure sollten dabei unterstützt werden, den politischen Handlungsdruck zu erhöhen (Tz. 625 f.).

621. Erstens zeigen Erfahrungen sowohl des HiAP-Ansatzes als auch der Umweltpolitikintegration, dass substanzielle politische Unterstützung durch politische Entscheidungsträger eine Voraussetzung für dauerhafte und effektive Integration darstellt (s. Tz. 603 ff.). Hierzu empfahl der SRU bereits, Integrationsprogramme zentral anzusiedeln und Querschnittsthemen durch gemeinsame Federführung aller beteiligten Ressorts zu tragen (vgl. SRU 2016a, Tz. 82). Entsprechend sollte sich Commitment für gesundheitsbezogenen Umweltschutz zukünftig durch die substanzielle Aufwertung des APUG ausdrücken (Kap. 8.4).

622. Zweitens können angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten den Umwelt- und Gesundheitsschutz auch in anderen Politikbereichen stärken. Um etwa die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie ressortübergreifend zu verankern, wurden im Jahr 2016 in allen Ministerialverwaltungen Ressortkoordinator:innen etabliert. Diese Koordinationsstellen sind zu begrüßen und weiter zu stärken. Ein suspensives Vetorecht für die Ressortkoordinator:innen, adäquate Kompetenzzuweisung und Personalausstattung könnten die übergreifende Koordination zusätzlich fördern (SRU 2019a, Tz. 335). Die Verknüpfung der Aspekte Gesundheits- und Um-

weltschutz ist bereits Teil der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sowie auch der SDGs der Vereinten Nationen (s. Kasten 5-1). Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie wurden kürzlich ressortübergreifende Transformationsteams geschaffen, davon eines zum Themenbereich „Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten; soziale Gerechtigkeit“. Dieses Transformationsteam sollte ökosale Politik in allen beteiligten Ressorts unterstützen und einfordern. Damit nicht nur Einzelpersonen als Brücke zwischen den Institutionen fungieren, rät der SRU generell dazu, vermehrt auf projektbasierte Arbeitsgruppen zu setzen (SRU 2019a, Tz. 312). Auch eine modernere Verwaltungskultur kann dazu beitragen, das aus der sektoralen Spezialisierung erwachsende Ressortdenken zu überwinden (MOLENVELD et al. 2020; SRU 2019a, Tz. 306 und 312). Hierzu hat der nationale Normenkontrollrat jüngst vorgeschlagen, insbesondere bei der Personalrekrutierung auf Diversität und Interdisziplinarität zu achten sowie die Durchlässigkeit zu Zivilgesellschaft und Privatwirtschaft zu erhöhen (Nationaler Normenkontrollrat 2021, S. 4).

623. Der gesundheitsbezogene Umweltschutz lässt sich außerdem stärken, wenn die Einhaltung von Umweltauflagen nicht nur von den „Verursacherressorts“ (PEHLE 1998), also den Ministerien und Behörden des verursachenden Sektors, überwacht wird, sondern grundsätzlich auch von Umweltbehörden. Ein Beispiel aus dem Bereich der öffentlichen Gesundheit zeigt, wie sich institutionelle Neuordnungen auf Prozesse und Policies auswirken können: Im Jahr 2010 wechselte die Pharmazeutika-Regulierung der EU vom Generaldirektorat Industrie zum Generaldirektorat Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, was einen substanziellen Effekt auf das Framing und die Priorisierung von Problemen und Policy-Schwerpunkten nach sich zog (VESTLUND 2015). Dabei rückte insbesondere der Verbraucherschutz gegenüber den Interessen der Pharmaindustrie in den Vordergrund. Dieser Effekt entstand rein durch die veränderte Organisationszugehörigkeit, da die betreffende Pharmazeutika-Untereinheit sowohl strukturell, personell als auch finanziell identisch ausgestattet blieb.

624. Win-win-Situationen, in denen alle betroffenen Institutionen von der Kooperation profitieren, können bürokratische Konkurrenz überwinden (MOLNAR et al. 2016). Als Mindestvoraussetzung für jedwede Kooperation gilt, dass keiner der beteiligten Partner einen Verlust an Reputation, Kompetenzen oder Ressourcen erleidet. Wenn darüber hinaus alle beteiligten Institu-

tionen eine potenzielle Verbesserung wahrnehmen, entstehen Win-win-Situationen. Diese erfordern den bewussten Abgleich der Agenden aller Partner, um unterschiedlichen Perspektiven Rechnung zu tragen und die jeweiligen Ziele explizit zu berücksichtigen (BAUM et al. 2017; KRIEGNER et al. 2021). Bisweilen wird auch vorgeschlagen, eine Institution ausdrücklich damit zu beauftragen, ressortübergreifende Kooperation zu moderieren und zu steuern (KRIEGNER et al. 2021, S. 73, für den Bereich öffentlicher Gesundheitsinterventionen). Allerdings kann zentrale Steuerung auch zu Inflexibilität führen. Im Gegensatz dazu sind informelle Integrationsprozesse mit vagen Zielen und potenziell wechselnden Akteuren zwar weniger kohärent, dafür sind sie aber anpassungsfähiger gegenüber neuen Herausforderungen (EGEBERG 1999; MARCH und OLSEN 1976; TRONDAL 2017). Somit erfordert Politikintegration nicht unbedingt zentrale Steuerung, etwa durch eine neu zu schaffende Behörde. Wichtiger scheint der Anreiz für jede einzelne Institution, mit anderen zu kooperieren: Je stärker das Aufgabenprofil einzelner Verwaltungseinheiten bereits sektorübergreifende Elemente beinhaltet, desto größer der Anreiz zur Kooperation (TREIN und ANSELL 2021).

625. Drittens können zivilgesellschaftliche Akteure über adäquate Beteiligungs- und Klagemöglichkeiten politischen Handlungsdruck im Sinne einer ökosoluten Politik erzeugen. So empfehlen etwa GREER und LILLVIS (2014), NGOs zu fördern, die sich für Gesundheitsschutz einsetzen. Beispielsweise können Transparenz und verbesserter Datenzugang fehlenden Vollzug von Umweltschutzmaßnahmen offenlegen. Werden solche Defizite in der Öffentlichkeit thematisiert, setzt dies die jeweils verantwortlichen Institutionen unter Druck. Um konkrete politische Entscheidungsprozesse beeinflussen zu können, brauchen zivilgesellschaftliche Akteure ausreichend Beteiligungsmöglichkeiten auf allen Regierungsebenen (s. Tz. 482 ff.).

626. Zudem sollten alle Verbände, die sich für den Schutz der öffentlichen Gesundheit einsetzen, ebenfalls über umweltrechtliche Verbandsklagerechte verfügen. Bislang erhalten nur solche Verbände ein umweltrechtliches Klagerecht, die „vorwiegend die Ziele des Umweltschutzes“ verfolgen (§ 3 Abs. 1 Nr. 1 Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz – UmwRG). Das Verbandsklagerecht entfaltet unter bestimmten Umständen bereits positive Umweltwirkungen (TÖLLER 2020; BOTHNER et al. 2022): Es erlaubt Umweltverbänden, auf ein rechtskonformes Verwaltungshandeln zu klagen und so die Regelungen, die dem Schutz von Umwelt und Gesundheit

dienen, effektiv durchzusetzen (SCHLACKE 2021, § 6 Rn. 15; KAHL/GÄRDITZ 2021, § 5 Rn. 51). Jedoch haben auch Gesundheitsverbände ein Interesse daran, dass der Staat die umweltrechtlichen Vorgaben einhält – beispielsweise da adäquate Luftreinhalteplanung zugunsten der Krebsprävention wirkt. Erhielten auch Gesundheitsverbände entsprechende Klagerechte, so würde dies nicht nur dazu führen, dass das Umweltrecht besser durchgesetzt wird. Zugleich würde das öffentliche Bewusstsein dafür gestärkt, dass Umweltrechtsverstöße häufig auch die öffentliche Gesundheit schädigen. Auf lange Sicht fördert dies die breite zivilgesellschaftliche Unterstützung des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes.

8.4 Das Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit stärken

627. Seit 1999 koordiniert das APUG die Aktivitäten von BMUV, BMG (ab 2002 auch BMEL) und nachgeordneten Behörden in diesem Querschnittsbereich. Das ursprüngliche APUG zielte vor allem auf eine Verbesserung der Managementstrategien ab (BMG und BMU 1999, S. 4). Zudem wurden Umweltqualitätsziele für prioritäre Bereiche festgelegt, beispielsweise Außenluft und Klima oder ionisierende Strahlung (ebd., S. 15 ff.). Bis 2005 liefen unter dem APUG verschiedene Projekte und Aktivitäten, etwa zum Thema umweltbedingte Gesundheitsrisiken bei Kindern (APUG 2005). In den Folgejahren wurde das APUG thematisch erweitert: Ab 2008 wurde das neue Thema Umweltgerechtigkeit im Umweltressort und darüber hinaus etabliert, 2013 kam das Thema Klimawandel und Gesundheit hinzu. Parallel liefen zwischen den am APUG beteiligten Bundesministerien Gespräche über eine programmatische Weiterentwicklung. Schließlich legten BMUV, BMG und BMEL im Jahr 2021 ein gemeinsames Dokument über die „Ressortübergreifende Zusammenarbeit zur Fortschreibung des Aktionsprogramms „Umwelt und Gesundheit““ vor (BMU et al. 2021).

628. Die Fortschreibung richtet das APUG neu aus: Es enthält im Unterschied zur ursprünglichen Version von 1999 keine konkreten Schwerpunktthemen und Umweltziele mehr. Vielmehr liegt der Fokus auf der ressortübergreifenden Zusammenarbeit und dem Austausch der nachgeordneten Behörden der Geschäftsbereiche untereinander (BMU et al. 2021). Insgesamt arbeiten zwölf Institutionen im Rahmen des APUG zusammen.

Diese Zusammenarbeit soll sich auf fünf Handlungsfelder fokussieren (ebd., S. 9):

- Informations- und Wissensmanagement verbessern
- Umwelt- und Gesundheitsberichterstattung weiterentwickeln
- Risikokommunikation ausbauen und vernetzen
- Vulnerable Gruppen, Lebensräume und Lebenswelten berücksichtigen
- Forschung zu Umwelt und Gesundheit fördern

629. Diese Handlungsfelder sind also nicht thematisch zugeschnitten, sondern umfassen prinzipiell jeweils den ganzen Querschnittsbereich Umwelt und Gesundheit. „Die ressortübergreifende Zusammenarbeit im Rahmen der Handlungsfelder des APUG dient auch den spezifischen Aktivitäten in diesen Bereichen“ (BMU et al. 2021, S. 9).

630. Wichtige Bezugspunkte für das aktualisierte APUG stellen die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung mit den SDGs und das One Health-Konzept dar. Entsprechend soll das APUG eine durchweg integrative Herangehensweise ermöglichen: „Fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit und Forschung sind notwendig, um Synergieeffekte zu erzielen, Zielkonflikte auszutarieren und negative Wechselwirkungen zu verhindern“ (BMU 2021 et al., S. 8). Dabei wird das APUG als „offener Prozess“ verstanden, der „anlassbezogen auf weitere Bereiche reagieren“ kann, sofern „ein Bedarf für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz erkennbar ist“ (ebd., S. 10). Die Treffen der nachgeordneten Behörden im Rahmen des aktualisierten APUG, die seit Juli 2021 stattfinden, schaffen einen großen Mehrwert für die Akteure (persönliche Mitteilung des UBA vom 24. April 2022). Aus Sicht der Beteiligten ist zudem zu begrüßen, dass die Schwerpunkte der Zusammenarbeit flexibel im Rahmen des Austauschs entwickelt werden können (ebd.). Jedoch weist auch die Fortschreibung des APUG keine zusätzlichen finanziellen oder personellen Mittel aus.

631. Der SRU begrüßt das aktualisierte APUG ausdrücklich. Es war und ist eine wichtige Grundlage zur Förderung des Themas Umwelt und Gesundheit. Allerdings wurde bereits 2002 empfohlen, das Aktionsprogramm zu einem Regierungsprogramm zu erweitern (APUG-Koordinierungsgruppe 2002, S. 69 ff. und 78). Es gelang

den beteiligten Bundesressorts aber in den Folgejahren nicht, thematische Strategien für ein Regierungsprogramm zum gesundheitsbezogenen Umweltschutz festzulegen. Zukünftig empfiehlt der SRU daher, das APUG weiter zu stärken. Die Integrationshürden (s. Kap. 8.2) treten im Bereich Umwelt und Gesundheit besonders zutage. Insbesondere reicht die bisher praktizierte ressortübergreifende Zusammenarbeit weiterhin nicht aus: Für verschiedene umweltbezogene Gesundheitsbelastungen (z. B. Lärmschutz, Luftbelastung, Grundwasserbelastung durch Nitrat) ist das Umweltressort federführend zuständig, ohne ausreichend sichtbare Unterstützung durch das Gesundheitsressort zu erfahren. Da im Rahmen des APUG bis zu zwölf Institutionen miteinander kooperieren, müssen auch bis zu zwölf institutionelle Perspektiven und Eigeninteressen Berücksichtigung finden. Ein grundsätzliches Problem besteht zudem darin, dass viele Maßnahmen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes von anderen Ressorts, beispielsweise vom Verkehrs- oder Landwirtschaftsressort, eingeführt und umgesetzt werden müssten. Am Beispiel des Dieselskandals zeigte sich darüber hinaus, wie folgenschwer es sein kann, wenn die Zuständigkeit für die Einhaltung von Umweltauflagen nicht bei Umweltbehörden, sondern bei den Behörden des Verursacherbereichs – in diesem Fall beim Kraftfahrt-Bundesamt – liegt (LUHMANN 2017, S. 174).

632. Um vor diesem Hintergrund das APUG als Koordinationsforum zu stärken, empfiehlt der SRU ein klares Commitment durch politische Entscheidungsträger (Tz. 621). Auf Arbeitsebene sind eigens ausgewiesene Ressourcen notwendig, die das APUG in zweierlei Hinsicht stärken: Erstens stellt die Beteiligung an übergreifenden Aktivitäten aus Sicht einzelner Behörden bislang eine Zusatzlast dar, die ausschließlich mit den bereits vorhandenen Budgets erbracht werden muss. Zusätzliche APUG-gebundene Ressourcen steigern also den Anreiz, sich aktiv in die Kooperation einzubringen. Zweitens können die Ressourcen dazu dienen, zusätzliche Schwerpunktthemen auszuweisen, personell zu untersetzen und projektbezogen zu bearbeiten. Die APUG-Schwerpunktthemen sollten dabei flexibel an neu entstehende Herausforderungen angepasst werden. Vor diesem Hintergrund begrüßt der SRU insbesondere auch das neu geschaffene, ressortübergreifende Transformationsteam „Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten; soziale Gerechtigkeit“, das in die APUG-Aktivitäten eingebunden werden sollte.

633. Weiterhin rät der SRU, die Informationsangebote weiterzuentwickeln und die Öffentlichkeitsarbeit des

APUG im digitalen Bereich aufzuwerten (BMU 2021 et al., S. 10 f.). Immerhin 84 % der Bevölkerung Deutschlands halten es für eher oder sehr wahrscheinlich, dass eine nachhaltige Entwicklung sich auch positiv auf die Gesundheit der Menschen auswirkt (s. a. BMUB 2017, S. 30, Abb. 11). Die Verknüpfung der Themen Umwelt und Gesundheit bietet also Motivationspotenziale, die aber noch zu selten genutzt werden (s. a. SRU 2023, Tz. 133 und 202). Der SRU empfiehlt insbesondere, die Bedeutung von Salutogenese – hier den Zusammenhang von Naturschutz und Gesundheitsförderung – im APUG noch stärker zu betonen und zu kommunizieren.

634. Insgesamt sollte ein durch finanzielle und personelle Ressourcen gestärktes APUG so weiterentwickelt werden, dass es Synergieeffekte bei allen bereits laufenden Aktivitäten an der Schnittstelle Umwelt und Gesundheit fördert. Idealerweise erfassen und quantifizieren die im Rahmen des APUG beteiligten Behörden Umweltrisiken und -gewinne, führen systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen zur Wirksamkeit von umweltbezogenen Interventionen durch, entwickeln die Methodik zur umweltbedingten Krankheitslast weiter, leiten Gesundheitsfolgenabschätzungen an und setzen Aufklärungs- und Sensibilisierungskampagnen um. Schließlich sollte das APUG Stakeholder dabei unterstützen, Forschungsbedarfe mit gemeinsamen Umsetzungs- und Finanzierungsstrategien zu decken.

9

Zusammenfassung der Empfehlungen

635. In Deutschland sind weiterhin viele Menschen von umweltbezogenen Krankheiten betroffen. Neue Gesundheitsrisiken kommen hinzu. Chancen, die sich aus den vielen positiven Effekten der Natur auf die menschliche Gesundheit ergeben, werden zu wenig genutzt. Um hier zu wirksamen Veränderungen zu kommen, sind zahlreiche Maßnahmen nötig. Es braucht allerdings auch ein neues Denken in Politik und Gesellschaft, das anerkennt, wie stark Menschen in Natur und Umwelt eingebettet sind. Der SRU zeigt in diesem Sondergutachten Wege auf, wie eine Umwelt geschaffen werden kann, in der alle gut und gesund leben können (Abb. 9-1).

Etablierte Instrumente anwenden und weiterentwickeln

636. Die etablierten Instrumente, um Umweltbelastungen zu erkennen, zu überwachen und zu reduzieren, haben sich grundsätzlich bewährt, müssen aber an aktuelle Erfordernisse angepasst werden. Im umweltbezogenen Gesundheitsschutz hat sich über die Jahre eine Reihe wichtiger Instrumente etabliert. Zu diesen gehören im Besonderen die Umweltüberwachung, die Grenzwertsetzung und die Umwelt- und Gesundheitsfolgenabschätzung.

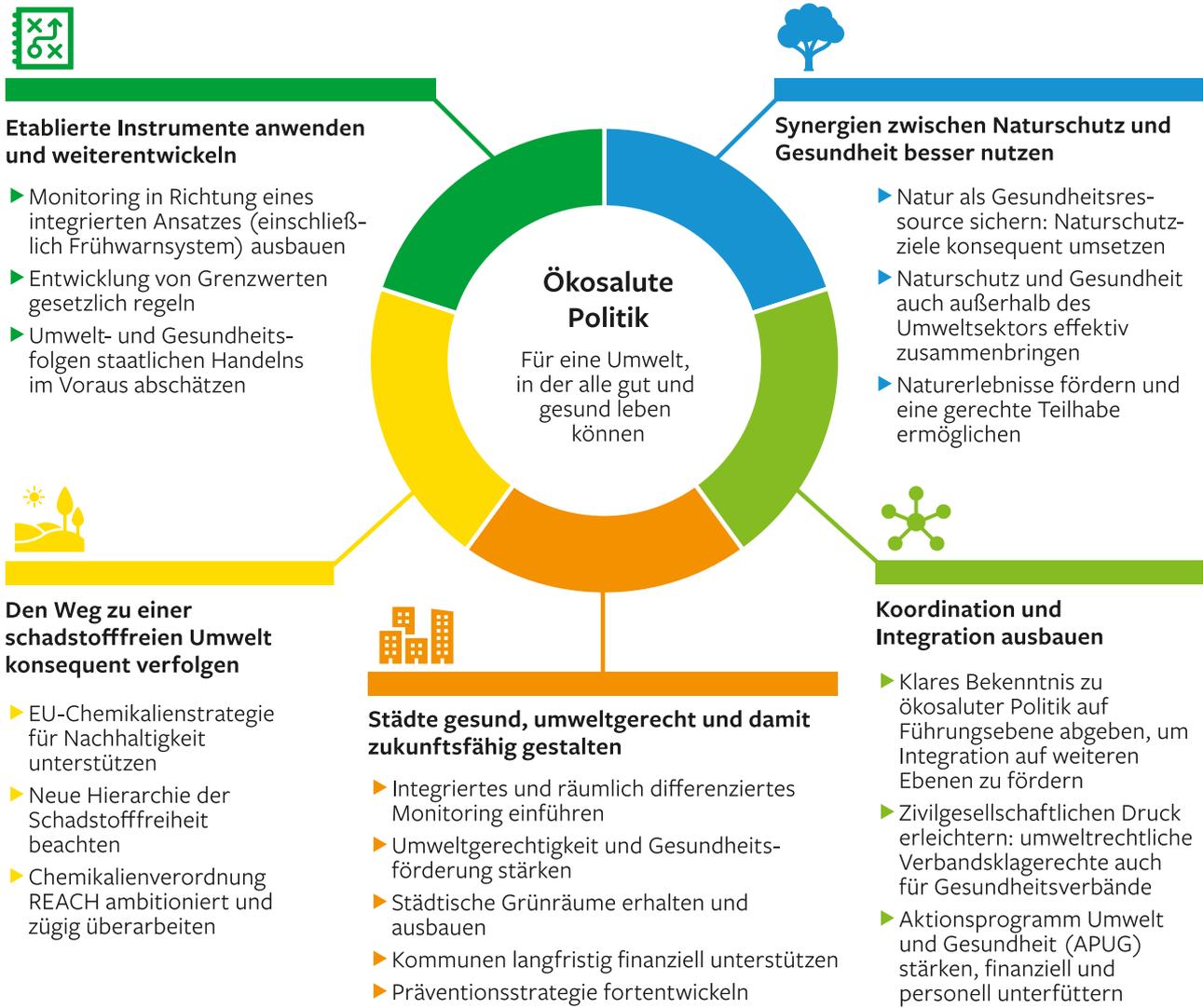
637. Die Umweltüberwachung sollte unbedingt weiter gestärkt und zu einem integrierenden System weiterentwickelt werden (Abschn. 5.3.1.4). Sie dient insbesondere dazu, Risiken zu erkennen und zu beobachten sowie die Wirkung von Maßnahmen zu dokumentieren. Um Risiken noch früher als bisher erkennen zu kön-

nen, empfiehlt es sich, neue Technologien wie das NTS (nicht zielgerichtete Analyse von Proben nach möglichen Kontaminationen) zu etablieren. Darüber hinaus sollten Ergebnisse aus unterschiedlichen Monitoringprogrammen noch besser zusammengeführt werden. Es ist beispielsweise sinnvoll, Daten zu umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Einflüssen mit Ergebnissen aus der kontinuierlichen Dokumentation von Erkrankungen und Sterberaten (bspw. der Hospitalisierungsrate aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankungen) gemeinsam auszuwerten. Ziel sollte es dabei unter anderem sein, Mehrfachbelastungen, zum Beispiel durch Lärm und Luftverschmutzungen, noch besser zu erkennen.

638. Hoheitlich festzulegende Grenzwerte müssen wissenschaftsbasiert, transparent, demokratisch und partizipativ entwickelt werden. Sie sollten außerdem periodisch überprüft werden. Um dies zu gewährleisten, sollte der Gesetzgeber das Verfahren zur Grenzwertsetzung gesetzlich regeln. Grenzwerte dienen dazu, qualitativ umschriebene Schutzmaßstäbe in Gesetzen, wie etwa den Begriff der „schädlichen Umwelteinwirkungen“, zu konkretisieren. Sie vereinfachen und vereinheitlichen dadurch das Verwaltungshandeln zum gesundheitsbezogenen Umweltschutz. Dabei bedürfen sie stets der Auswertung bzw. Einbeziehung des wissenschaftlich-technischen Sachverstandes, aber auch der demokratischen Legitimation. Um dies sicherzustellen, sollte ihre Entwicklung und Festsetzung gesetzlich geregelt werden. Verfahrensregeln zur Grenzwertsetzung könnten in den jeweiligen Fachgesetzen oder einem übergreifenden „Standardsetzungsverfahrensgesetz“ getroffen werden. Darüber hinaus sollte periodisch ge-

o **Abbildung 9-1**

Überblick über die Empfehlungen für eine ökosalute Politik



SRU, eigene Darstellung

prüft werden, ob die Grenzwerte noch auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft sind. Bei der Festsetzung der Grenzwerte sollten außerdem jene Gruppen besondere Beachtung finden und beteiligt werden, die dem entsprechenden Umweltfaktor gegenüber in besonderem Maße exponiert oder für ihn besonders anfällig sind. Das dient der gesundheitlichen Chancengleichheit.

639. Umweltprüfungen, insbesondere die UVP, sollten einen größeren Fokus auf die gesundheitsrelevanten Faktoren vor Ort legen. Ohne Wissen über die Vulnerabilität der betroffenen Bevölkerungsgruppen vor Ort, über die bestehenden Mehrfachbelastungen und Misch-

expositionen sowie über die sozialräumliche Lage ist es nicht in befriedigendem Ausmaß möglich, die Gesundheitsfolgen eines Umwelteingriffs zu prognostizieren. Der Gesetzgeber sollte sicherstellen, dass derartige Daten in ausreichendem Maße erhoben und in die Umweltprüfungen einbezogen werden. Dabei sollten Aufwand und Verfahrensdauer jedoch in Grenzen gehalten werden. Dazu könnte der Gesetzgeber den Umfang der zu erhebenden und einzubeziehenden Gesundheits- und Sozialdaten vom Einzelfall abhängig machen. Es wären umso mehr Daten zu erheben, je gesundheitsrelevanter der Vorhabentyp, je höher die Bevölkerungsdichte im Wirkkreis und je mehr andere gesundheitsbelastende

Vorhaben schon vor Ort vorhanden sind oder Einrichtungen existieren, in denen sich besonders anfällige Gruppen dauerhaft aufhalten (z. B. Kindergärten oder Pflegeheime). Die Gesundheits- und Sozialdaten könnten in allen Planungs- und Genehmigungsverfahren Berücksichtigung finden, in denen ein Beurteilungs-, Ermessens- oder Abwägungsspielraum besteht oder unbestimmte Rechtsbegriffe zur Anwendung kommen.

640. Die Gesetzesfolgenabschätzung sollte schon in die Ausarbeitung von Gesetzen integriert werden, damit sie einen effektiven Einfluss auf den politischen Prozess hat. Gesetzesfolgenabschätzungen können wissensbasiertes Handeln der Politik unterstützen und die Zivilgesellschaft dazu befähigen, an der Erarbeitung von Gesetzen kritisch mitzuwirken. Dies erfordert jedoch, dass die Gesetzesfolgenabschätzung schon in der Erarbeitungsphase eines Gesetzes stattfindet und nicht erst, nachdem die Inhalte des Gesetzesentwurfs feststehen. In der Praxis ist dies jedoch regelmäßig nicht der Fall. Die Bundesregierung sollte deshalb die Folgenabschätzung schon auf Referentenentwürfe anwenden. Mittelfristig sollte die Gesetzesfolgenabschätzung nach dem Vorbild des Impact-Assessment-Verfahrens der EU weiterentwickelt werden.

Synergien zwischen Naturschutz und Gesundheit besser nutzen

641. Die Gesundheitsressourcen der Natur stehen nur dauerhaft zur Verfügung, wenn Naturschutzziele auf globaler, europäischer und nationaler Ebene konsequent umgesetzt werden (Tz. 303 ff.). Auf vielfältige Weise kann die Natur die physische, mentale und soziale Dimension der menschlichen Gesundheit günstig beeinflussen. Unter anderem versorgen Ökosysteme den Menschen mit lebensnotwendigen und somit gesund-erhaltenden Gütern und erbringen essenzielle Regulierungsleistungen. Natur kann zudem vor schädlichen Umwelteinflüssen durch menschliche Aktivitäten schützen, positive Emotionen hervorrufen und soziale Interaktionen stärken. Um die positiven Gesundheitswirkungen der Natur zu sichern, ist es notwendig, naturnahe Lebensräume zu erhalten und degradierte Ökosysteme wiederherzustellen. Für die Umsetzung entsprechender Ziele auf globaler, europäischer und nationaler Ebene ist das EU-Naturschutzrecht ein wesentlicher Motor. Daher sollte sich die Bundesregierung aus Sicht des SRU entschieden dafür einsetzen, dass es effektiv umgesetzt und vollzogen wird. Damit degradierte Ökosysteme renaturiert werden können, wie es der Vorschlag der

Europäischen Kommission für eine Verordnung über die Wiederherstellung der Natur vorsieht, sind häufig langfristige und großflächig angelegte Maßnahmen notwendig. Eine der dringendsten Aufgaben der Bundesregierung ist es nach Ansicht des SRU daher, gemeinsam mit den Bundesländern die rechtlichen, finanziellen und administrativen Rahmenbedingungen zur Wiederherstellung von Ökosystemen entsprechend zu gestalten. Hierzu gehört unter anderem, Flächen zur Verfügung zu stellen, getroffene Maßnahmen dauerhaft rechtlich abzusichern und Eingriffe in bestehende Nutzungsrechte finanziell auszugleichen, soweit nur auf diese Weise die Zumutbarkeit des Eingriffs gewährleistet werden kann. Sowohl im Naturschutz als auch im Themenfeld „Natur als Gesundheitsressource“ sind außerdem ausreichend Fachpersonal und zusätzliche Aus-, Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten nötig. Finanzielle Ressourcen für einen effektiveren Naturschutz auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene könnten durch einen Abbau umweltschädigender Subventionen erschlossen werden.

642. Um die positiven Gesundheitswirkungen der Natur in allen relevanten Sektoren stärker zu berücksichtigen, ist die strategische und konzeptionelle Verankerung des Naturschutzes und seine Verknüpfung mit Gesundheitsbelangen sowohl in internationalen Initiativen und Strategien, als auch in Ressorts und Querschnittsbereichen auf nationaler Ebene notwendig (Tz. 307 ff.). Dabei gilt es, national wie international insbesondere die Themen Naturschutz, Klimaschutz und Klimaanpassung außerhalb des Umweltsektors effektiv zusammenzubringen – zum Beispiel in der Stadt- und Landschaftsplanung, der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft sowie dem vorbeugenden Hochwasser- und Katastrophenschutz. Auch sollte neben bewährten Strategien zur Infektions- und Krankheitsvorbeugung (z. B. Hygiene, Bekämpfung von tierischen Vektoren und Einschränkung des Wildtierhandels) der Naturschutz und die damit verbundene Erhaltung der Biodiversität als eine weitere Säule der Pandemieprävention etabliert werden. Auf EU-Ebene ist es für die Erhaltung der biologischen Vielfalt und ihres gesundheitsförderlichen Potenzials unerlässlich, die GAP stärker ökologisch auszurichten und den begonnenen Weg hin zu einer Honorierung von öffentlichen Klima- und Umweltleistungen fortzusetzen. Die Bundesregierung sollte hierfür die neu ermöglichten nationalen Spielräume für eine weitergehende Ökologisierung ausschöpfen. Die GAP sollte künftig auch genutzt werden, um die großflächige Renaturierung auf landwirtschaftlichen Flächen finanziell zu honorieren bzw. zu kompensieren.

643. Der Kontakt der Menschen mit der Natur sollte in jedem Lebensalter intensiver als bisher gefördert werden, zum Beispiel durch Erhaltung bzw. Schaffung von Naturerfahrungsräumen, deren qualitative Aufwertung sowie entsprechende Bildungs-, Freizeit- und Erholungsangebote (Tz. 313 ff.). Viele positive Gesundheitswirkungen der Natur setzen das Erleben von Natur voraus. Damit Naturerlebnisse potenziell allen zugutekommen, sind wohnortnahe Grünräume und Gewässer in allen Stadtquartieren in ausreichender Menge und Qualität erforderlich. Außerhalb von Städten sind naturnahe Ökosysteme und vielfältige Kulturlandschaften von überregionaler Bedeutung für das Naturerleben. Sie sollten auch im Sinne der menschlichen Gesundheit erhalten bzw. biodiversitätsfördernd bewirtschaftet werden.

Den Weg zu einer schadstofffreien Umwelt konsequent verfolgen: Die Überarbeitung der EU-Chemikalienverordnung

644. Mit ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit schlägt die EU den richtigen Weg ein, um zukünftig nur noch sichere und nachhaltige Chemikalien herzustellen und zu verwenden. Für eine nachhaltige und gesundheitsförderliche Umwelt ist es notwendig, die Einträge von Schadstoffen zu reduzieren. Dabei spielt die europäische Regulierung von Chemikalien eine wichtige Rolle. Sie hat durch die Neuorientierung der europäischen Schadstoffpolitik, insbesondere durch den Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“ (Zero Pollution Action Plan – ZPAP) und die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit, entscheidende Impulse zur Weiterentwicklung bekommen, denn mit dem ZPAP wird der Schutz vor Umweltverschmutzung (Null-Schadstoff-Ziel) gleichrangig neben dem Schutz vor Klimawandel und Biodiversitätsverlust betrachtet (Kap. 6.1). In der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit wird zudem eine neue Hierarchie der Schadstofffreiheit vorgeschlagen (Kap. 6.2). Diese setzt primär auf inhärent sichere sowie nachhaltige Chemikalien und verfolgt konsequent das Ziel, die Verwendung von gesundheits- und umweltgefährlichen Stoffen zu minimieren. Dieser Ansatz ist auch eine wichtige Grundlage für die Kreislaufwirtschaftspolitik der EU. Der SRU begrüßt diese Neuorientierung. Ein entsprechender Rahmen für die Entwicklung von inhärent sicheren und nachhaltigen Chemikalien ist gerade für Deutschland als ein Land mit einer starken chemischen Industrie wichtig, damit die notwendigen Anreize für eine nach-

haltige Chemie gesetzt werden. Das Beispiel der PFAS zeigt deutlich, wie wichtig eine Vorsorgestrategie ist, um das Ziel einer schadstofffreien Umwelt zu erreichen.

645. Der SRU empfiehlt der Bundesregierung, sich für eine zügige und ambitionierte Überarbeitung der EU-Chemikalienverordnung REACH einzusetzen. Ein Ziel der Überarbeitung ist es, die sehr großen Informationsdefizite bei der Registrierung von Chemikalien zu bewältigen und die vorsorgende und effiziente Bewertung von Chemikalien sowie die Abschätzung des Umwelt- und Gesundheitsrisikos durch Chemikalienmischungen zu verbessern (Kap. 6.3). In diesem Sinne unterstützt der SRU entsprechende, in der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit vorgesehene Maßnahmen: Dies ist zum einen eine Empfehlung zur Verbesserung der Sanktionsmöglichkeiten für den Fall, dass Unternehmen die erforderlichen Registrierungsdossiers nicht regelkonform abliefern. Zum anderen wird empfohlen, den sogenannten generischen Ansatz auf weitere Stoffgruppen mit gesundheits- und umweltgefährlichen Eigenschaften auszuweiten. Das bedeutet, dass die Verfahren zur Verwendungsbeschränkung für diese Stoffe schneller und einfacher durchgeführt werden können. Für wesentliche Verwendungen, die für die Gesundheit, die Sicherheit oder das Funktionieren der Gesellschaft notwendig sind, soll es Ausnahmen von den Verwendungsbeschränkungen geben. Außerdem sollen die Kriterien für die Gruppe der SVHC, die einer Zulassungspflicht unterworfen werden können, um weitere gefährliche Eigenschaften erweitert werden. Schließlich wird vorgeschlagen, bei der Bewertung von Chemikalien einen zusätzlichen Bewertungsfaktor einzuführen, der die Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch das Auftreten von Chemikalienmischungen in der Umwelt stärker berücksichtigt.

Städte gesund, umweltgerecht und damit zukunftsfähig gestalten

646. Städte sind Knotenpunkte einer ökosyaluten Politik und sollten darin unterstützt werden, die Gesundheit ihrer gesamten Bevölkerung zu verbessern und die gesundheitliche Chancengleichheit zu stärken. Vor allem in großen Städten verdichten sich umweltbezogene Gesundheitsbelastungen wie Hitze, Lärm, Luftschadstoffe oder fehlende Grünräume. Städte sind aber auch zentral für eine nachhaltige Entwicklung und bieten Chancen, gesundheitsfördernde und auf Umweltgerechtigkeit bedachte Lebenswelten zu schaffen. Um dies zu erreichen, ist ein integriertes und kooperatives Han-

deln zwischen den relevanten städtischen Planungsbehörden notwendig. Bund und Länder können die Städte mit entsprechenden Rahmenbedingungen unterstützen: Größere Kommunen sollten dazu verpflichtet und dabei unterstützt werden, ein räumlich differenziertes und integriertes, handlungsorientiertes Monitoring zu Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage aufzustellen (Abschn. 7.1.2). Zudem wäre es sinnvoll, die Unterstützung des Bundes und der Länder für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (Pakt für den ÖGD) so auszuweiten und zu verstetigen, dass den Gesundheitsämtern vor Ort langfristig ausreichend Ressourcen bereitgestellt werden, um eine aktivere Rolle bei den städtischen Planungsprozessen ausüben zu können. Dazu gehört auch, einen Fachplan Gesundheit zu erstellen (Abschn. 7.1.3). Partizipation ist ein wesentliches Element der integrierten Stadtentwicklungsplanung. Dabei sollte die formelle und informelle Öffentlichkeitsbeteiligung alle Bevölkerungsgruppen einbeziehen (Abschn. 7.1.4). Weitere Empfehlungen des SRU beziehen sich darauf, den Aspekt Umweltgerechtigkeit in der Bauleitplanung, im „Besonderen Städtebaurecht“, in den Instrumenten des planerischen Umweltschutzes und bei Umweltprüfungen stärker zu verankern. Für den Gesundheitsschutz ist es wichtig, die bundesweiten Vorgaben zum Lärmschutz zu stärken. Zudem empfiehlt der SRU eine Verbesserung der Organisation und Kooperation auf Bundes- und Länderebene zum Thema „Umwelt und Gesundheit unter Berücksichtigung sozialer Belange“. Die Städtebauförderung ist von großer Bedeutung für die Förderung von Umwelt und Gesundheit in Städten, hier gilt es aber, einige bestehende strukturelle Probleme zu beseitigen (Abschn. 7.1.5).

647. Um innerstädtische Grünräume zu erhalten und auszubauen, spielt das Planungsrecht eine besondere Rolle. Der Bund sollte hier grundlegende Anpassungen vornehmen, um die Städte bei der Begrünung ihres Stadtgebiets bestmöglich zu unterstützen. Dazu sollte er zunächst eine Grünraumverordnung erlassen und darin Orientierungswerte für die Qualität und die Erreichbarkeit von innerstädtischen Grünräumen vorgeben. Um bestehende Grünflächen zu erhalten und weiter auszubauen, sollte der Gesetzgeber dafür sorgen, dass Bauleitpläne, die der Grünraumentwicklung dienen, leichter und schneller aufgestellt werden können. Insbesondere bietet es sich an, dem bisherigen Instrument des „Bebauungsplans zur Innenentwicklung“ einen speziellen „Bebauungsplan zur Grünraumentwicklung“ an die Seite zu stellen. Das würde dem Konzept der doppelten Innenentwicklung entsprechen, wonach die bauliche und die grüne Infrastruktur einer

Stadt gleichermaßen entwickelt werden sollen. Ob ein Grundstück im unbeplanten Innenbereich bebaut werden darf, sollte – soweit kein begründeter Ausnahmefall vorliegt – nur noch dann möglich sein, wenn weiterhin eine ausreichende Versorgung der Umgebung mit Grünräumen sichergestellt ist.

648. Nicht jede Grün- und Freifläche kann von Bebauung freigehalten werden. Doch auch wenn ein Grundstück bebaut wird, kann es noch wertvolle Ökosystemdienstleistungen erbringen. Dazu muss jedoch sichergestellt sein, dass es ausreichend begrünt ist. Zu diesem Zweck sollte zum einen die Baunutzungsverordnung (BauNVO) um einen sogenannten Grünflächenfaktor ergänzt werden. Werden Grundstücke neu bebaut, müssen die Grundstückseigentümer:innen sicherstellen, dass ihr Grundstück weiterhin ausreichend Ökosystemleistungen erbringt, um diesen Grünflächenfaktor zu erreichen. Auf welche Weise dieses Minimum erfüllt wird – ob durch Bäume, unversiegelte Flächen, Fassaden- oder Dachbegrünung – bleibt den Grundstückseigentümer:innen überlassen. Außerdem sollte der Gesetzgeber dafür sorgen, dass bauliche Eingriffe in die grüne Infrastruktur einer Stadt stets innerstädtisch ausgeglichen werden. Wird die grüne Infrastruktur also an einer Stelle beschnitten, sollte sie an anderer Stelle im gleichen Ausmaß und Niveau erweitert werden. Insbesondere für Vorhaben, die im unbeplanten Innenbereich errichtet werden, besteht eine solche Ausgleichspflicht bislang nur unzureichend. Schließlich sollte der Bund mithilfe der beschriebenen Grünraumverordnung (Abschn. 7.2.2) konkretisieren, welches Maß an qualitätsvollen Grünräumen vorhanden sein muss, damit die Kommune ihre Erschließungspflicht erfüllt.

649. Entwicklung und Erhalt von Grünräumen kosten eine Kommune viel Geld. Zugleich gewinnen anliegende Grundstücke häufig an Wert. Diese Zugewinne könnten abgeschöpft werden. Sie basieren nicht auf Leistungen der Grundstückseigentümer:innen, sondern resultieren allein aus den Investitionen der öffentlichen Hand. Sie könnten deshalb der Allgemeinheit zugeführt werden, wie es etwa bei städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen schon heute der Fall ist. So könnte die öffentliche Hand einen Teil ihrer Kosten refinanzieren. Der Bund sollte prüfen, ob eine solche Gewinnabschöpfung zweckmäßig wäre.

650. Kommunen sollten vom Bund auch für die Herausforderung der Klimaanpassung unterstützt werden. Für die Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen durch die Kommunen hat der Bund

erfreulicherweise inzwischen eine ganze Reihe von Förderprogrammen und -optionen auf den Weg gebracht. Diese weisen allerdings noch einige Defizite auf. Insbesondere bedarf es einer langfristigen Sicherung von Finanzmitteln. Eine Option, die finanzielle Unterstützung durch den Bund zu verstetigen, ist es, eine neue Gemeinschaftsaufgabe „Klimaschutz und Klimaanpassung“ zu schaffen (Abschn. 7.3.2). Um die Grün- und Blauraumversorgung zu verbessern, sind nicht nur Mittel für die Schaffung, sondern auch für den Erhalt dieser Flächen erforderlich.

651. Die Verhältnisprävention, die dazu beiträgt, das Entstehen von umweltbezogenen Krankheiten zu verhindern, sollte gestärkt werden. Übertragbare und nicht übertragbare Erkrankungen werden durch eine Reihe von Faktoren bestimmt, die vom Menschen beeinflusst werden können. Zu diesen zählen auch die Umweltbedingungen wie der Zustand von Luft, Wasser, Boden und Biodiversität. Das Präventionsgesetz (PrävG) verfolgt das Ziel, Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung zu stärken. Damit wurden die Sozialkassen verpflichtet, sich stärker bei der Prävention in den Lebenswelten zu engagieren – also dort, wo die Menschen wohnen, lernen und arbeiten. Das Präventionsgesetz ist ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung (Kap. 7.4). Allerdings ist es erforderlich, bei der Arbeit an der damit verbundenen Präventionsstrategie den HiAP-Ansatz in den Fokus zu stellen. Dafür müssen möglichst alle Verantwortlichen einbezogen und zum gemeinsamen Handeln verpflichtet werden. Beispielsweise sollten Akteure aus den Bereichen Umweltschutz und Stadtplanung bei der Fortentwicklung der Präventionsstrategie stärker eingebunden werden.

Koordination und Integration ausbauen

652. Der gesundheitsbezogene Umweltschutz erfordert integriertes Handeln über Sektoren- und Ressortgrenzen hinweg (Kap. 8). Politikintegration steht in der Verwaltungspraxis jedoch vor mehreren Herausforderungen. So können die starke institutionelle Ausdifferenzierung über unterschiedliche Politikebenen und

Politikfelder hinweg und das Eigeninteresse jeder Institution zu Silodenken und bürokratischer Konkurrenz führen. Ökosale Politik als Querschnittsaufgabe bedarf daher der Bewusstseinsbildung in allen relevanten Institutionen – gerade auch in den „Verursacherressorts“. Hierzu können drei Faktoren positiv beitragen: Erstens fördert ein klares Commitment zu umweltbezogenem Gesundheitsschutz auf politischer Führungsebene integrative Ansätze auch auf den unteren Politikebenen. Hier empfiehlt der SRU insbesondere, das APUG deutlich zu stärken (s. Tz. 631 ff.). Zweitens können angepasste institutionelle Verantwortlichkeiten zugunsten des Umwelt- und Gesundheitsschutzes wirken. So sollte die Einhaltung von Umweltauflagen nicht ausschließlich bei Behörden des verursachenden Sektors liegen, sondern auch bei Umweltbehörden, wie beispielsweise der Dieselskandal gezeigt hat. Drittens unterstützt politischer Druck aus der Zivilgesellschaft die Politikintegration. Der SRU empfiehlt daher, die umweltrechtlichen Verbandsklagerechte auch auf Verbände auszuweiten, die sich für den Schutz der öffentlichen Gesundheit einsetzen.

653. Das APUG fungiert als zentrales Scharnier, um Politikintegration über unterschiedliche Sektoren und Ressorts hinweg zu koordinieren, und sollte deutlich gestärkt werden. Bislang stehen den am APUG beteiligten Institutionen keine eigens dafür ausgewiesenen Ressourcen zur Verfügung. Ein klares Bekenntnis der Bundesregierung zum APUG ist daher notwendig. Der SRU empfiehlt, das APUG durch eigens ausgewiesene finanzielle und personelle Ressourcen substanziell zu unterfüttern (Tz. 632). Zudem sollte das im Rahmen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie neu geschaffene ressortübergreifende Transformationsteam „Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten; soziale Gerechtigkeit“ die Integration der Themenfelder Umwelt und Gesundheit unterstützen. So könnten Synergien weitaus besser als bisher genutzt werden. Schließlich leisten die Kommunikationsaktivitäten des APUG einen wichtigen Beitrag, um das öffentliche Wissen über die elementaren Zusammenhänge von Umwelt und Gesundheit zu verbessern. Der SRU rät daher, die Informationsangebote zu erweitern und die Öffentlichkeitsarbeit des APUG gerade im digitalen Bereich auszubauen.

Literatur

77 Organisationen der Zivilgesellschaft (2022): Manifest für ein dringendes Verbot der „ewigen Chemikalien“ PFAS. Prague, London: Arnika, CHEM Trust. <https://banpfasmanifesto.org/de> (23.11.2022).

Abraham, K., Mielke, H., Fromme, H., Völkel, W., Menzel, J., Peiser, M., Zepp, F., Willich, S. N., Weikert, C. (2020): Internal exposure to perfluoroalkyl substances (PFASs) and biological markers in 101 healthy 1-year-old children: associations between levels of perfluorooctanoic acid (PFOA) and vaccine response. *Archives of Toxicology* 94 (6), S. 2131–2147.

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des UBA und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (2008): Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 51 (11), S. 1370–1378.

ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) (2022): Partikelemissionen: Benzinmotoren könnten noch besser sein. München: ADAC. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/abgasnormen/partikel-emission-euro7/> (06.02.2023).

Adger, W. N., Brown, K. (2009): Vulnerability and Resilience to Environmental Change: Ecological and Social Perspectives. In: Castree, N., Demeritt, D., Liverman, D., Rhoads, B. (Hrsg.): *A Companion to Environmental Geography*. New York, NY: Wiley. Blackwell Companions to Geography, S. 109–122.

Aerts, R., Honnay, O., Van Nieuwenhuysse, A. (2018): Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces. *British Medical Bulletin* 127 (1), S. 5–22.

AG Antibiotikaresistenz des BVL und des BfR (Arbeitsgruppe Antibiotikaresistenz des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit und des Bundesinstituts für Risikobewertung) (2021): Lagebild zur Antibiotikaresistenz im Bereich Tierhaltung und Lebensmittelkette 2021. Berlin: AG Antibiotikaresistenz des BVL und des BfR. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Tiergesundheit/Tierarzneimittel/lagebild-antibiotikaeinsatz-bei-tieren-2021.pdf (23.11.2022).

AG Antibiotikaresistenz im BMEL (Arbeitsgruppe Antibiotikaresistenz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2018): Lagebild zur Antibiotikaresistenz im Bereich Tierhaltung und Lebensmittelkette. Berlin: AG Antibiotikaresistenz im BMEL. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Tiergesundheit/Tierarzneimittel/Lagebild-Antibiotikaeinsatz-bei-Tieren-Juli-2018.pdf (23.02.2022).

Aguirre, A. A., Basu, N., Kahn, L. H., Morin, X. K., Echaubard, P., Wilcox, B. A., Beasley, V. R. (2019): Transdisciplinary and social-ecological health frameworks – Novel approaches to emerging parasitic and vector-borne diseases. *Parasite Epidemiology and Control* 4, e00084. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2019.e00084> (28.02.2022).

Ahn, J., Hayes, R. B. (2021): Environmental Influences on the Human Microbiome and Implications for Non-communicable Disease. *Annual Review of Public Health* 42, S. 277–292.

Ajuntament de Barcelona (o. J.): Barcelona Superblock. Barcelona: Ajuntament de Barcelona. <https://www.barcelona.cat/pla-superilla-barcelona/en/barcelona-superblock> (08.02.2023).

Albrecht, J., Eckersley, P., Haupt, W., Huber, B., Irmisch, J., Lipp, T., Miechielsen, M., Sterzel, T. (2022): Stärkung der Integration von Klimaanpassung an Hitze und Starkregen in die kommunale Planung. Zwölf Handlungsempfehlungen aus dem Dialog mit kommunalen Planer:innen im Projekt ExTrass. *Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen – Typologien und Transfer von Anpassungsstrategien in kleinen Großstädten und Mittelstädten*. Berlin: adelphi research gemeinnützige GmbH. https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/_ExTrass_Policy_Brief_221114_finaleVersion_b.pdf.

Alkorta, I., Garbisu, C. (2001): Phytoremediation of organic contaminants in soils. *Bioresource Technology* 79 (3), S. 273–276.

Altgeld, T. (2010): *Gesundheitliche Chancengleichheit*. Stand: 13.12.2010. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/gesundheitliche-chancengleichheit/> (22.03.2023).

- Altgeld, T., Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Janella, M., Lenhardt, U., Loss, J., Pospiech, S., Quilling, E., Rosenbrock, R., Stock, C. (2021): Rahmenpapier zur Novellierung des Präventionsgesetzes. Stand: 04.11.2021. o. O.: Kongress Armut und Gesundheit. https://www.armut-und-gesundheit.de/fileadmin/user_upload/Kongress/Kongress_2022/Rahmenpapier_Novellierung_Pra__ventionsgesetz.pdf (28.02.2022).
- Altman, R. G., Morello-Frosch, R., Brody, J. G., Rudel, R., Brown, P., Averick, M. (2008): Pollution Comes Home and Gets Personal: Women's Experience of Household Chemical Exposure. *Journal of Health and Social Behavior* 49 (4), S. 417–435.
- Amann, M., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Hoglund-Isaksson, L., Kiesewetter, G., Klimont, Z., Rafaj, P., Schöpp, W., Wagner, F., Winiwarter, W., Holland, M., Vandyck, T. (2020): Support to the development of the Second Clean Air Outlook. Specific Contract 6 under Framework Contract ENV.C.3/FRA/2017/0012. Final Report. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. <https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CAO2-MAIN-final-21Dec20.pdf> (24.02.2022).
- Amegah, T., Amort, F. M., Antes, G., Haas, S., Knaller, C., Peböck, M., Reif, M., Spath-Dreyer, I., Sprenger, M., Strapatsas, M., Türscherl, E., Vyslouzil, M., Wolschlag, V. (2013): Gesundheitsfolgenabschätzung (GFA) in Österreich. Leitfaden für die Praxis. Wien: Bundesministerium für Gesundheit. <https://broschuerenservice.sozialministerium.at/Home/Download?publicationId=546> (22.08.2022).
- An der Heiden, M., Muthers, S., Niemann, H., Buchholz, U., Grabenhenrich, L., Matzarakis, A. (2020): Hitzebedingte Mortalität. Eine Analyse der Auswertungen von Hitzewellen in Deutschland zwischen 1992 und 2017. *Deutsches Ärzteblatt* 117 (37), S. 603–609.
- An der Heiden, M., Muthers, S., Niemann, H., Buchholz, U., Grabenhenrich, L., Matzarakis, A. (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 571–579.
- Andersen, C. S., Fei, C., Gamborg, M., Nohr, E. A., Sørensen, T. I. A., Olsen, J. (2010): Prenatal Exposures to Perfluorinated Chemicals and Anthropometric Measures in Infancy. *American Journal of Epidemiology* 172 (11), S. 1230–1237.
- Anenberg, S. C., Haines, S., Wang, E., Nassikas, N., Kinney, P. L. (2020): Synergistic health effects of air pollution, temperature, and pollen exposure: a systematic review of epidemiological evidence. *Environmental Health* 19 (1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00681-z> (06.02.2023).
- Anonym (1964): Giovanni Maria Lancisi (1654–1720) – Cardiologist, Forensic Physician, Epidemiologist. *JAMA* 189 (5), S. 375–376.
- ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail), Europäische Kommission – Generaldirektion Forschung und Innovation (2020): Draft proposal for a European Partnership under Horizon Europe – Partnership for the Assessment of Risk from Chemicals (PARC). Maisons-Alfort: ANSES. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2020-06/ec_rtd_he-partnerships-chemical-risk-assessment.pdf (25.05.2023).
- Antidiskriminierungsstelle des Bundes (2021): Diskriminierung in Deutschland – Erfahrungen, Risiken und Fallkonstellationen. Vierter Gemeinsamer Bericht der Antidiskriminierungsstelle des Bundes und der in ihrem Zuständigkeitsbereich betroffenen Beauftragten der Bundesregierung und des Deutschen Bundestages. Berlin: Antidiskriminierungsstelle des Bundes. https://www.antidiskriminierungsstelle.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/BT_Bericht/gemeinsamer_bericht_vierter_2021.pdf (25.11.2022).
- Antonovsky, A. (1997): Salutogenese. Zur Entmystifizierung der Gesundheit. Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie. *Forum für Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis* 36.
- Apel, P., Angerer, J., Wilhelm, M., Kolossa-Gehring, M. (2017): New HBM values for emerging substances, inventory of reference and HBM values in force, and working principles of the German Human Biomonitoring Commission. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 220 (2, Part A), S. 152–166.
- Apel, P., Rousselle, C., Lange, R., Sissoko, F., Kolossa-Gehring, M., Ougier, E. (2020): Human biomonitoring initiative (HBM4EU) – Strategy to derive human biomonitoring guidance values (HBM-GVs) for health risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 230, 113622. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113622> (25.02.2022).

- Appel, I. (2004): Methodik des Umgangs mit Ungewissheit. In: Hoffmann-Riem, W., Schmidt-Aßmann, E. (Hrsg.): Methoden der Verwaltungsrechtswissenschaft. Baden-Baden: Nomos. Schriften zur Reform des Verwaltungsrechts 10, S. 329–360.
- APUG (Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit) (2005): Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit. Projekte – Aktivitäten – Ergebnisse. APUG-Bericht 1999–2005. Bonn u. a.: Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2988.pdf> (09.02.2023).
- APUG-Koordinierungsgruppe (Koordinierungsgruppe zum Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit) (2002): Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG). Statusbericht 1999 – 2002. Dokumentation des Symposiums Umwelt und Gesundheit gestalten: 3 Jahre Aktionsprogramm – Bilanz und Perspektiven. Berlin: Umweltbundesamt, APUG-Koordinierungsgruppe. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/apug_statusbericht.pdf (28.03.2023).
- Armstrong, B. K., Krickler, A. (1993): How much melanoma is caused by sun exposure? *Melanoma Research* 3 (6), S. 395–402.
- Arnold, R. D., Wade, J. P. (2015): A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science* 44, S. 669–678.
- Arnstein, S. R. (1969): A Ladder Of Citizen Participation. *Journal of the American Institute of Planners* 35 (4), S. 216–224.
- Bache, I., Flinders, M. F. (Hrsg.) (2005): Multi-level Governance. Oxford: Oxford University Press.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt Schweiz) (2022): Chemikalien: Das Wichtigste in Kürze. Stand: 19.12.2022. Bern: BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/inkuerze.html?msclkid=6a84dd0dcf7e11ec974bef96afdeae39> (10.05.2023).
- BAFU, Umweltrat EOBC (Umweltbeobachtungs- und -bilanzrat für Europa) (2009): Bilanzen als Instrument für Umweltbeobachtung und Ressourcenmanagement. Ergebnisse der Umweltbeobachtungskonferenz. Bern, Karlsruhe: BAFU, Umweltrat EOBC. <http://www.eobc.eu/journal/U01-EU09-de.pdf> (29.02.2012).
- BAG (Bundesamt für Gesundheit) (2008): Feinstaub in der Innenraumluft. Bern: BAG. https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/chem/themen-a-z/merkblatt_feinstaub.pdf.download.pdf/Merkblatt_Feinstaub_DE.pdf (24.02.2022).
- Bais, A. F., Bernhard, G., McKenzie, R. L., Aucamp, P. J., Young, P. J., Ilyas, M., Jöckel, P., Deushi, M. (2019): Ozone-climate interactions and effects on solar ultraviolet radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences* 18 (3), S. 602–640.
- Baldermann, C. (2022): Klimawandel und UV-Strahlung – die Situation in Deutschland. In: BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) (Hrsg.): 11. Symposium Licht und Gesundheit. Tagungsdokumentation. Dortmund, Berlin, Dresden: BAuA, S. 65–69.
- Baldermann, C., Lorenz, S. (2019): UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 639–645.
- Banerjee, S., Heijden, M. G. A. van der (2022): Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology* 2022. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00779-w> (02.12.2022).
- Banwell, N., Rutherford, S., Mackey, B., Street, R., Chu, C. (2018): Commonalities between Disaster and Climate Change Risks for Health: A Theoretical Framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (3), 538. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030538> (06.05.2022).
- Barbiero, G., Berto, R. (2021): Biophilia as Evolutionary Adaptation: An Onto- and Phylogenetic Framework for Biophilic Design. *Frontiers in Psychology* 12, 700709. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.700709> (16.05.2022).
- Bartkowski, B., Lienhoop, N. (2018): Beyond Rationality, Towards Reasonableness: Enriching the Theoretical Foundation of Deliberative Monetary Valuation. *Ecological Economics* 143, S. 97–104.

- Battis, U., Krautzberger, M., Löhr, R.-P. (Hrsg.) (2022): Baugesetzbuch. BauGB. Kommentar. 15. Aufl. München: Beck. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/anpassung-klimawandel/anpassung-klimawandel-node.html> (18.08.2022).
- Baum, F., Delaney-Crow, T., MacDougall, C., Eyk, H. van, Lawless, A., Williams, C., Marmot, M. (2019): To what extent can the activities of the South Australian Health in All Policies initiative be linked to population health outcomes using a program theory-based evaluation? *BMC Public Health* 19, 88. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6408-y> (29.11.2022).
- Baum, F., Delany-Crowe, T., MacDougall, C., Lawless, A., Eyk, H. van, Williams, C. (2017): Ideas, actors and institutions: lessons from South Australian Health in All Policies on what encourages other sectors' involvement. *BMC Public Health* 17, 811. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4821-7> (11.04.2022).
- Baumgart, S., Böhme, C., Claßen, T., Dilger, U., Fehr, R., Kawe, C., Kistemann, T., Köckler, H., Kühling, W., Quilling, E., Rauland, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A., Spies, G., Tran, M.-C., Weber, D. (2018): Planung für gesundheitsfördernde Städte – Ein Ausblick. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungsberichte der ARL 8, S. 422–428.
- Baumgart, S., Dilger, U. (2018): Fachplan Gesundheit – Entwicklung von Strategien über die bisherige Gesundheitsberichterstattung des öffentlichen Gesundheitsdienstes hinaus. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungsberichte der ARL 8, S. 200–212.
- Baumgart, S., Rüdiger, A. (2022): Gesundheit in der Stadtplanung. Instrumente, Verfahren, Methoden. München: oekom. Nachhaltige Gesundheit in Stadt und Region 4.
- Baumgärtner, S., Drupp, M. A., Munz, J., Meya, J., Quaas, M. (2017): Income inequality and willingness to pay for Aktionsprogrammenvironmental public goods *Journal of Environmental Economics and Management* 85, S. 35–61.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (o. J.–a): Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel. Energie- und Klimafonds. Bonn: BBSR. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/anpassung-klimawandel/anpassung-klimawandel-node.html> (18.08.2022).
- BBSR (o. J.–b): Städte und Gemeinden. Entwicklungen im Städtesystem der Bundesrepublik. Bonn: BBSR. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Komponenten/VergleichendeStadtbeobachtung/staedte-gemeinden/staedte-gemeinden.html> (21.03.2023).
- BBSR (2022a): Aufruf. Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel – Klima- und Transformationsfonds (KTF). Bonn: BBSR. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/aufrufe/aktuelle-meldungen/anpassung-urbaner-raeume-an-klimawandel.html> (24.11.2022).
- BBSR (2022b): Identifikation erfolgreicher Grün- und Freiraumentwicklung in Großstadtregionen. Bonn: BBSR. BBSR-Online-Publikation 15/2022. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-15-2022-dl.pdf> (09.02.2023).
- BBSR (2018a): Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz. Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte. Bonn: BBSR. <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2018/handlungsziele-stadtgruen-dl.pdf> (13.03.2018).
- BBSR (2018b): Urbane Freiräume. Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume. Handlungsempfehlungen für die kommunale Praxis. Bonn: BBSR. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2019/urbane-freiraeume-dl.pdf> (09.02.2023).
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) (2022): Entwurf einer Zweiten Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung. Stellungnahme. Stand: 22.07.2022. Berlin: BDEW. https://www.bdew.de/media/documents/Stn_20220819_Zweite_Verordnung_Novellierung_TrinkwasserverordnungI.pdf (07.02.2023).
- bdla (Bund Deutscher Landschaftsarchitekten) (2022a): Essentials zur Klimaanpassung. 20 Empfehlungen des bdla zur Klimaanpassungspolitik für Stadtlandschaften. Berlin: bdla. <https://www.bdla.de/de/dokumente/bundesverband/klimaanpassung-und-grueneinfrastruktur/1437-bdla-essentials-klimaanpassung-2022/file> (09.02.2023).

- bdla (2022b): Der qualifizierte Freiflächengestaltungsplan. Fachliche Handreichung für Planende und Bauende sowie Empfehlung für Städte und Gemeinden. Berlin: bdla. <https://www.bdla.de/de/dokumente/bundesverband/freiraumplanung-und-staedtebau/1406-bdla-broschuere-fgp-stand-juli-2022/file> (09.02.2023).
- Beck, S., Bovet, J., Baasch, S., Reiß, P., Görg, C. (2011): Synergien und Konflikte von Anpassungsstrategien und -maßnahmen. Abschlussbericht. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_41_126_anpassungsstrategien_bf.pdf (10.05.2022).
- Beck, U. (1986): Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Becker, C., Hübner, S., Krüger, T., Kreutz, S. (2017): URBANE FREIRÄUME – Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume. Endbericht (September 2017). Materialband. Steckbriefe der Fallstudien. Berlin, Hamburg. https://www.hcu-hamburg.de/fileadmin/documents/Professoren_und_Mitarbeiter/Projektentwicklung_-_management/Forschung/Materialband_Steckbriefe_UF_01-11-2017_final_web.pdf (10.05.2023).
- Becker, G. S. (1983): A theory of competition among pressure groups for political influence. *Quarterly Journal of Economics* 98 (3), S. 371–400.
- Beery, T. H., Raymond, C. M., Kytta, M., Olafsson, A. S., Plieninger, T., Sandberg, M., Stenseke, M., Tengo, M., Jonsson, K. I. (2017): Fostering incidental experiences of nature through green infrastructure planning. *Ambio* 46 (7), S. 717–730.
- Beirat Pakt ÖGD (Beirat zur Beratung zukunftsfähiger Strukturen im Öffentlichen Gesundheitsdienst in Umsetzung des Paktes für den Öffentlichen Gesundheitsdienst) (2021): Empfehlungen zur Weiterentwicklung des ÖGD zur besseren Vorbereitung auf Pandemien und gesundheitliche Notlagen. Strukturelle und zukunftsorientierte Weiterentwicklung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes. Berlin: Beirat Pakt ÖGD. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/O/OEGD/2021_10_Erster_Bericht_Beirat_Pakt_OeGD.pdf (10.05.2022).
- Benmarhnia, T., Deguen, S., Kaufman, J. S., Smargiassi, A. (2015): Review Article: Vulnerability to Heat-related Mortality: A Systematic Review, Meta-analysis, and Meta-regression Analysis. *Epidemiology* 26 (6), S. 781–793.
- Bentayeb, M., Simoni, M., Baiz, N., Norback, D., Baldacci, S., Maio, S., Viegi, G., Annesi-Maesano, I. (2012): Adverse respiratory effects of outdoor air pollution in the elderly. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 16 (9), S. 1149–1161.
- Berger, N., Lindemann, A.-K., Böhl, G.-F. (2019): Wahrnehmung des Klimawandels durch die Bevölkerung und Konsequenzen für die Risikokommunikation. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 612–619.
- Bergmann, A., Fohrmann, R., Weber, F.-A. (2011): Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 66/2011. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4188.pdf> (23.02.2022).
- Bertelsmann Stiftung (2021): Kommunalen Finanzreport 2021. C: Haushaltslage im Jahr 2020. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Kommunale_Finzen/Kapitel_C2021_final_Haushaltslage.pdf (21.03.2023).
- Besir, A. B., Cuce, E. (2018): Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, S. 915–939.
- Best, A., Cheminska, M., Schock, M., Srebotnjak, T., Thie, J.-E., Großmann, A., Beltran Mondragon, Y. (2021): Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt & Gesundheit* 02/2021. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbedingte-krankheitslasten-ansaeetze-zu-ihrer> (08.02.2023).
- Beute, F., Andreucci, M. B., Lammel, A., Davies, Z., Glanville, J., Keune, H., Marselle, M., O'Brien, L. A., Olszewska-Guizzo, A., Remmen, R., Russo, A., Vries, S. de (2020a): Types and characteristics of urban and peri-urban green spaces having an impact on human mental health and wellbeing: a systematic review. A report of the EKLIPSE Expert Working Group on Biodiversity and Mental Health to provide useful insights for the conservation, planning, design, and management of urban

- green and blue infrastructures. Wallingford: UK Centre for Ecology & Hydrology. https://eklipse.eu/wp-content/uploads/website_db/Request/Mental_Health/EKLIPSE_HealthReport-Green_Final-v2-Digital.pdf (05.05.2022).
- Beute, F., Davies, Z., Vries, S. de, Glanville, J., Keune, H., Lammel, A., Marselle, M., O'Brien, L., Olszewska-Guizzo, A., Remmen, R., Russo, A., Andreucci, M. B. (2020b): Types and characteristics of urban and peri-urban blue spaces having an impact on human mental health and wellbeing. A report of the EKLIPSE Expert Working Group on Biodiversity and Mental Health to provide recommendations for the conservation, planning, design, and management of urban green and blue infrastructures. Wallingford: UK Centre for Ecology & Hydrology. https://eklipse.eu/wp-content/uploads/website_db/Request/Mental_Health/EKLIPSE_HealthReport-Blue_Digital.pdf (16.05.2022).
- Beute, F., Kort, Y. A. W. de (2014): Salutogenic Effects of the Environment: Review of Health Protective Effects of Nature and Daylight. *Applied Psychology-Health and Well Being* 6 (1), S. 67–95.
- Bezirksregierung Köln (2017): Gebietsbezogene Gesamtstrategie zur Verbesserung der Luftqualität im Rheinischen Braunkohlerevier. Sachstand Mai 2017. Köln: Bezirksregierung.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2023): „Stadtnatur erfassen, schützen, entwickeln“ – Naturschutzfachliche Begleitung der Umsetzung des Masterplans Stadtnatur. Bonn: BfN. Im Erscheinen.
- BfN (2017): Urbane Grüne Infrastruktur. Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte. Hinweise für die kommunale Praxis. Bonn: BfN.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (o. J.): Antibiotikaresistenz. Berlin: BfR. https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/antibiotikaresistenz-61681.html (24.02.2022).
- BfR (2021): Fragen und Antworten zum Antibiotikum Colistin und zur übertragbaren Colistin-Resistenz von Bakterien. Berlin: BfR. https://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zum_antibiotikum_colistin_und_zur_uebertragbaren_colistin_resistenz_von_bakterien-196989.html (23.11.2022).
- BfR (2020a): Fragen und Antworten zu per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS). Berlin: BfR. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zu-per-und-polyfluorierten-alkylsubstanzen-pfas.pdf> (25.02.2022).
- BfR (2020b): Neue Studie zeigt: Bei hohen PFOA-Gehalten im Blut weisen einjährige Kinder geringere Gehalte von Impfantikörpern auf. Berlin: BfR. Mitteilung des BfR. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/neue-studie-zeigt-bei-hohen-pfoa-gehalten-im-blut-weisen-einjaehrigere-kinder-geringere-gehalte-von-impfantikoerpern-auf.pdf> (06.02.2023).
- BfR (2019a): Antibiotikaresistente Erreger – Letzte Reserve. BfR 2go 2019 (1), S. 6–13.
- BfR (2019b): Resistente Keime: Rohkost und Salat gut waschen und frisch selbst zubereiten. Berlin: BfR. Stellungnahme 013/2019. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/resistente-keime-rohkost-und-salat-gut-waschen-und-frisch-selbst-zubereiten.pdf> (24.02.2022).
- BfR (2018): REACH Compliance Workshop at the BfR. Berlin: BfR. BfR Communication 030/2018. <https://www.bfr.bund.de/cm/349/reach-compliance-workshop-at-the-bfr.pdf> (17.08.2022).
- BfR (2017): Die Übertragung von nutztierassoziierten MRSA auf den Menschen durch Geflügelfleisch ist möglich, das Risiko aber gering. Berlin: BfR. Mitteilung 005/2017. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/die-uebertragung-von-nutztierassoziierten-mrsa-auf-den-menschen-durch-gefluegelfleisch-ist-moeglich-das-risiko-aber-gering.pdf> (24.02.2022).
- BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (o. J.-a): Ionisierende Strahlung. Salzgitter: BfS. https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/radon_node.html (28.03.2022).
- BfS (o. J.-b): Radioaktivität in Lebensmitteln. Salzgitter: BfS. (17.08.2022).
- BfS (2022): Einfluss des Klimawandels auf die UV-Belastung. Salzgitter: BfS. <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/klimawandel-uv/klima-uv-belastung/klimawandel-uv-belastung.html> (07.02.2023).
- Bharath, A. K., Turner, R. J. (2009): Impact of climate change on skin cancer. *Journal of the Royal Society of Medicine* 102 (6), S. 215–218.

- Bieling, C., Plieninger, T., Pirker, H., Vogl, C. R. (2014): Linkages between landscapes and human well-being: An empirical exploration with short interviews. *Ecological Economics* 105, S. 19–30.
- Bikomeye, J. C., Balza, J. S., Kwarteng, J. L., Beyer, A. M., Beyer, K. M. M. (2022): The impact of greenspace or nature-based interventions on cardiovascular health or cancer-related outcomes: A systematic review of experimental studies. *Plos One* 17 (11), e0276517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276517> (21.03.2023).
- Binion, E., Gutberlet, J. (2012): The effects of handling solid waste on the wellbeing of informal and organized recyclers: a review of the literature. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 18 (1), S. 43–52.
- Birner, N., Gieschen, J.-H., Kudernatsch, W., Moorfeld, R., Weiler, P. (2017): Die Rolle der Normung 2030 und Gestaltungsoptionen unter Berücksichtigung der technologiespezifischen Besonderheiten der IKT in der Normung und Standardisierung. Abschlussbericht. Berlin: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Projekt 70/15. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/rolle-der-normung-2030.html> (24.11.2022).
- BLAC (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Chemikaliensicherheit) (2022): Umlaufbeschluss BLAC 06/2022 gemäß Ziffer 7 der Geschäftsordnung der BLAC. o. O.: BLAC. https://www.blac.de/documents/blac-kongress-beschluss-mit-pe_2_3_1669817200.pdf (22.03.2023).
- BLAC (2021): REACH: Bilanz und Ausblick. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. https://www.blac.de/documents/reach-bilanz-und-ausblick_2_3_1620134186.pdf (15.08.2022).
- Blättner, B., Grewe, H. A. (2021): Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Städte und Kommunen. Entwickelt im Rahmen des UBA-Projektes „HAP-DE. Analyse von Hitzeaktionsplänen und gesundheitlichen Anpassungsmaßnahmen an Hitzeextreme in Deutschland“, FKZ 3718 48 215 0 (2019 – 2022). Fulda: Hochschule Fulda, Public Health Zentrum Fulda. https://www.hs-fulda.de/fileadmin/user_upload/FB_Pflege_und_Gesundheit/Forschung___Entwicklung/Arbeitshilfe_Hitzeaktionsplaene_in_Kommunen_2021.pdf (10.05.2022).
- Blättner, B., Janson, D., Grewe, A. H. (2021): Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung von kommunalen Hitzeaktionsplänen veröffentlicht. UMID: Umwelt und Mensch - Informationsdienst 2021 (2), S. 47–56.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2018): Entwicklung stufenübergreifender Reduktionsmaßnahmen für antibiotikaresistente Erreger beim Mastgeflügel (EsRAM). In: BLE (Hrsg.): Innovationstage 2018: Innovative Ideen – smarte Produkte. 23. und 24. Oktober in Bonn. Bonn: BLE, S. 282–285.
- Blum, W. E. H., Zechmeister-Boltenstern, S., Keiblinger, K. M. (2019): Does Soil Contribute to the Human Gut Microbiome? *Microorganisms* 7 (9), 287. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090287> (05.05.2022).
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2022): Bekanntmachung. Richtlinie zur Erforschung der Zusammenhänge zwischen Biodiversität und menschlicher Gesundheit – ein Beitrag zur Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt, Bundesanzeiger vom 09.08.2022. Berlin: BMBF. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2022/08/2022-08-09-Bekanntmachung-Biodiversitaet%20und%20menschliche-Gesundheit.html> (21.03.2023).
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2019): Bericht des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft über die Evaluierung des Antibiotikaminimierungskonzepts der 16. AMG-Novelle Evaluierung auf Grund des § 58g des Arzneimittelgesetzes. Bonn: BMEL. <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierarzneimittel/kurzfassung16-amg-novelle.html> (23.02.2022).
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit) (2023): DART 2020 – Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie. Stand: 07.03.2023. BMG. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/antibiotika-resistenzen/dart-2020.html> (25.05.2023).
- BMG (2020): Das deutsche Gesundheitssystem. Leistungsstark. Sicher. Bewährt. Berlin: BMG. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Gesundheit/Broschueren/200629_BMG_Das_deutsche_Gesundheitssystem_DE.pdf (11.05.2022).
- BMG, BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (1999): Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit. Bonn: BMG, BMU.

- BMI (Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat) (2021a): Memorandum Urbane Resilienz. Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt. Berlin: BMI. https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Publikationen/DE/Publikationen/memorandum_urbane_resilienz.pdf (17.08.2022).
- BMI (2021b): Stadtentwicklungsbericht der Bundesregierung 2020. Berlin: BMI. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2021/04/stadtentwicklungsbericht-2020.pdf> (07.02.2023).
- BMI (2020): Neue Leipzig Charta. Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Verabschiedet beim Informellen Ministertreffen Stadtentwicklung am 30. November 2020. Berlin: BMI. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/neue-leipzig-charta-2020.pdf> (12.08.2022).
- BMI (Bundesministerium des Inneren) (2009): Arbeitshilfe zur Gesetzesfolgenabschätzung. Berlin: BMI. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/verfassung/arbeitshilfe-gesetzesfolgenabschaetzung.pdf> (19.08.2022).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019): Masterplan Stadtnatur. Maßnahmenprogramm der Bundesregierung für eine lebendige Stadt. Berlin: BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/masterplan_stadtnatur_bf.pdf (02.07.2019).
- BMU, BMEL (2020): Nitratbericht 2020. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin: BMU, BMEL. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2020_bf.pdf (11.04.2022).
- BMU, BMG, BMEL (2021): Ressortübergreifende Zusammenarbeit zur Fortschreibung des Aktionsprogramms „Umwelt und Gesundheit“. Berlin: BMU, BMG, BMEL. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/apug-fortschreibung-mit-datum.pdf> (09.02.2023).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2014): Messen oder berechnen? Berlin: BMU. <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/laerm/laerm-schutz-im-ueberblick/laerm-messung-laerm-berechnung> (25.02.2022).
- BMU (2008): Erstes Buch Umweltgesetzbuch – Allgemeine Vorschriften und vorhabenbezogenes Umweltrecht (Erstes Buch Umweltgesetzbuch – UGB I). Entwurf. Berlin: BMU.
- BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt, vom Bundeskabinett am 7. November 2007 beschlossen. Berlin: BMU.
- BMU (1998): Umweltgesetzbuch (UGB-KomE). Entwurf der Unabhängigen Sachverständigenkommission zum Umweltgesetzbuch beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin: Duncker & Humblot.
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2017a): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Version: 1.0, Stand: 24. März 2017. Berlin: BMUB. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf (10.05.2022).
- BMUB (2017b): Schriftlicher Bericht: Bericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen. Bonn: BMUB. https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2017_19.pdf (25.02.2022).
- BMUB (2017c): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Berlin: BMUB. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf> (31.08.2018).
- BMUB, UBA (Umweltbundesamt) (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin, Dessau-Roßlau: BMUB, UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltbewusstsein-deutschland_2016_bf.pdf (12.05.2017).
- BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (o. J.): Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Berlin: BMUV. <https://www.bmu.de/programm/foerderung-von-massnahmen-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels> (24.11.2022).

BMUV (2023a): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/ank_2023_kabinett_lang_bf.pdf (29.03.2023).

BMUV (2023b): Nationale Wasserstrategie. Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf (21.03.2023).

BMUV (2023c): Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Entwurf eines Bundes-Klimaanpassungsgesetzes. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/20._Lp/kang/Entwurf/kang_refe_bf.pdf (14.04.2023).

BMUV (2022a): Belastung von Böden durch PFAS/PFC. Berlin: BMUV. <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/boden-und-altlasten/belastung-von-boeden-durch-pfas-pfc> (23.01.2023).

BMUV (2022b): Leitfaden zur PFAS-Bewertung. Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf (23.01.2023).

BMUV (2022c): Nationale Moorschutzstrategie. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf (21.03.2023).

BMUV (2022d): Sofortprogramm Klimaanpassung, Förderung und Kompetenzaufbau – Beratung vor Ort – bessere Vernetzung. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/sofortprogramm_klimaanpassung_bf.pdf (17.08.2022).

BMUV (2021a): Förderrichtlinie. Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Stand: 19.07.2021. Berlin: BMUV. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Foerderprogramme/foerderrichtlinie_anpassung_klimawandel_bf.pdf (10.05.2023).

BMUV (2021b): Internationales Chemikalienmanagement. Strategischer Ansatz zum internationalen Chemikalienmanagement (SAIGM). Stand: 20.05.2021. Berlin: BMUV. <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit-chemikalien/chemikalien/internationales-chemikalienmanagement> (10.05.2022).

BMUV (2021c): Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen. Stand: 06.08.2021. Berlin: BMUV. <https://www.bmuv.de/programm/klimaanpassung-in-sozialen-einrichtungen> (24.11.2022).

BMUV, BfN (Hrsg.) (2023): Naturbewusstsein 2021. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin, Bonn: BMUV, BfN. <https://www.bfn.de/sites/default/files/2023-03/2023-naturbewusstsein-2021-bfn.pdf> (24.03.2023).

BMUV, UBA (2022a): Umweltbewusstsein in Deutschland 2020. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin, Dessau-Roßlau: BMUV, UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ubs_2020.pdf (15.09.2022).

BMUV, UBA (2022b): Zukunft? Jugend fragen! – 2021. Umwelt, Klima, Wandel – was junge Menschen erwarten und wie sie sich engagieren. Berlin: BMUV, UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/zukunft_jugend_fragen_2021_bf_0.pdf (08.02.2023).

BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) (2023): Förderdatenbank. Förderprogramme Bund, Länder und EU. Berlin: BMWK. <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html> (10.02.2023).

BMWK (2022): Kommunalrichtlinie. Berlin: BMWK. <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie> (24.11.2022).

BMWSB (Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen) (o. J.): Städtebauförderung. Berlin: BMWSB. https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Startseite/startseite_node.html (11.05.2022).

BMWSB (2021a): Sozialer Zusammenhalt. Berlin: BMWSB. https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Programme/SozialerZusammenhalt/sozialerzusammenhalt_node.html?jsessionid=1B63DA53EBAFD4FF3D6ABEAA31C02848.live11292 (18.08.2022).

- BMWSB (2021b): Zukunft Stadtgrün. Berlin: BMWSB. https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Programme/Vor2020/ZukunftStadtgruen/zukunftstadtgruen_node.html (08.12.2022).
- BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (o. J.): SDG 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden. Berlin: BMZ. <https://www.bmz.de/de/agenda-2030/sdg-11> (10.05.2022).
- Böcher, M., Töller, A. E. (2012): *Umweltpolitik in Deutschland. Eine politikfeldanalytische Einführung*. Wiesbaden: Springer VS. Grundwissen Politik 50.
- Bock, S. (2017): Erfolgsbedingungen kommunaler Bürgerbeteiligung: Perspektiven, Chancen und Fallstricke in der Praxis. In: Bauer, H., Büchner, C., Hajasch, L. (Hrsg.): *Partizipation in der Bürgerkommune*. Potsdam: Universitätsverlag, S. 103–116.
- Böhm, J., Böhme, C., Bunzel, A., Kühnau, C., Reinke, M. (2016): *Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 444. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript444.pdf> (22.09.2017).
- Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.) (2020): *Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland*. Wiesbaden: Springer VS.
- Böhme, C., Dilger, U., Quilling, E. (2018): *Integriertes Verwaltungshandeln für eine gesundheitsfördernde Stadtentwicklung*. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): *Planung für gesundheitsfördernde Städte*. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungsberichte der ARL 8, S. 135–144.
- Böhme, C., Franke, T., Michalski, D., Preuß, T., Reimann, B., Strauss, W.-C. (2022a): *Umweltgerechtigkeit in Deutschland: Praxisbeispiele und strategische Perspektiven*. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt und Gesundheit* 04/2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_04-2022_umweltgerechtigkeit_in_deutschland_praxisbeispiele_und_strategische_perspektiven_0.pdf (06.12.2022).
- Böhme, C., Franke, T., Preuß, T., Heinrichs, E., Schreiber, M., Kumsteller, F., Köckler, H. (2021): *Kooperative Planungsprozesse zur Stärkung gesundheitlicher Belange – modellhafte Erprobung und Entwicklung von Ansätzen zur nachhaltigen Umsetzung*. Teilbericht zur Dokumentenrecherche/-analyse (Arbeitspaket 1). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt & Gesundheit* 06/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_06-2021_kooperative_planungsprozesse_zur_staerkung_gesundheitlicher_belange.pdf (15.08.2022).
- Böhme, C., Franke, T., Preuß, T., Reimann, B. (2022b): *Umweltgerechtigkeit stärker verankern: Handlungsempfehlungen für Bund und Länder*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt und Gesundheit* 02/2022. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltgerechtigkeit-staerken-verankern> (12.08.2022).
- Böhme, C., Preuß, T., Bunzel, A., Reimann, B., Seidel-Schulze, A., Landua, D. (2015): *Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum - Entwicklung von praxistauglichen Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt & Gesundheit* 01/2015.
- Böll, S., Schönfeld, P., Körber, K., Herrmann, J. V. (2014): *Stadtbäume unter Stress*. Projekt „Stadtgrün 2021“ untersucht Stadtbäume im Zeichen des Klimawandels. *LWF aktuell* 98, S. 4–8.
- Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H. (2018a): *Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit*. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 61 (6), S. 674–683.
- Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H., Mielck, A. (Hrsg.) (2012): *Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven*. Bern: Huber.
- Bolte, G., David, M., Dębiak, M., Fiedel, L., Hornberg, C., Kolossa-Gehring, M., Kraus, U., Lätzsch, R., Paeck, T., Palm, K., Schneider, A. (2018b): *Integration von Geschlecht in die Forschung zu umweltbezogener Gesundheit. Ergebnisse des interdisziplinären Forschungsnetzwerks Geschlecht – Umwelt – Gesundheit (GeUmGe-NET)*. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 61 (6), S. 737–746.
- Boluda-Verdú, I., Senent-Valero, M., Casas-Escolano, M., Matijasevich, A., Pastor-Valero, M. (2022): *Fear for the future: Eco-anxiety and health implications, a systematic review*. *Journal of Environmental Psychology* 84,

101904. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101904> (07.02.2023).
- Bolund, P., Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29 (2), S. 293–301.
- Bonefeld-Jørgensen, E. C., Long, M., Bossi, R., Ayotte, P., Asmund, G., Krüger, T., Ghisari, M., Mulvad, G., Kern, P., Nzulumiki, P., Dewailly, E. (2011): Perfluorinated compounds are related to breast cancer risk in Greenlandic Inuit: a case control study. *Environmental Health* 10, 88. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-88> (12.05.2022).
- Bornemann, B. (2014): Policy-Integration und Nachhaltigkeit. *Integrative Politik in der Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer VS.
- Bornemann, B., Weiland, S. (2021): The UN 2030 Agenda and the Quest for Policy Integration: A Literature Review. *Politics and Governance* 9 (1), S. 96–107.
- Bosch, M. van den, Ode Sang, Å. (2017): Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research* 158, S. 373–384.
- Bothner, F., Töller, A. E., Schnase, P. P. (2022): Do Lawsuits by ENGOs Improve Environmental Quality? Results from the Field of Air Pollution Policy in Germany. *Sustainability* 14 (11), 6592. <https://doi.org/10.3390/su14116592> (19.08.2022).
- Bouchama, A., Dehbi, M., Mohamed, G., Matthies, F., Shoukri, M., Menne, B. (2007): Prognostic factors in heat wave related deaths: a meta-analysis. *Archives of Internal Medicine* 167 (20), S. 2170–2176.
- Bötticher, M., Fisch, R. (1988): Zur Einführung des Biotopflächenfaktors (BFF) in die Landschafts- und Bauleitplanung. *Das Gartenamt* 37 (1), S. 26–30.
- Bozorgmehr, K., Razum, O., Szecsenyi, J., Maier, W., Stock, C. (2017): Regional deprivation is associated with the distribution of vulnerable asylum seekers: a nationwide small area analysis in Germany. *Journal of Epidemiology and Community Health* 71 (9), 857. <https://doi.org/10.1136/jech-2016-208506> (25.11.2022).
- Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., Vries, S. de, Flanders, J., Folke, C., Frumkin, H., Gross, J. J., Hartig, T., Kahn, P. H., Kuo, M., Lawler, J. J., Levin, P. S., Lindahl, T., Meyer-Lindenberg, A., Mitchell, R., Ouyang, Z. Y., Roe, J., Scarlett, L., Smith, J. R., Bosch, M. van den, Wheeler, B. W., White, M. P., Zheng, H., Daily, G. C. (2019): Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science Advances* 5 (7), eaax0903. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903> (05.05.2022).
- Bratman, G. N., Hamilton, J. P., Daily, G. C. (2012): The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. In: Ostfeld, R. S., Schlesinger, W. H. (Hrsg.): *Year in Ecology and Conservation Biology*. Hoboken, NJ: Wiley. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1249, S. 118–136.
- Braubach, M., Egorov, A., Mudu, P., Wolf, T., Ward Thompson, C., Martuzzi, M. (2017): Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Hrsg.): *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham: Springer, S. 187–205.
- Braubach, M., Fairburn, J. (2010): Social inequities in environmental risks associated with housing and residential location – a review of evidence. *European Journal of Public Health* 20 (1), S. 36–42.
- Brink, P. ten, Mutafoglu, K., Schweitzer, J.-P., Kettunen, M., Twigger-Ross, C., Baker, J., Kuipers, Y., Emonts, M., Tyrväinen, L., Hujala, T., Ojala, A. (2016): *The Health and Social Benefits of Nature and Biodiversity Protection*. Final Report. London, Brussels: Institute for European Environmental Policy. <https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/intro/docs/Health%20and%20Social%20Benefits%20of%20Nature%20-%20Final%20Report%20Main%20sent.pdf> (04.05.2022).
- Broeder, L. den, Uiters, E., Have, W. ten, Wagemakers, A., Schuit, A. J. (2017): Community participation in Health Impact Assessment. A scoping review of the literature. *Environmental Impact Assessment Review* 66, S. 33–42.
- Brook, R. D., Barry, F., Wayne, C., Yuling, H., George, H., Michael, L., Russell, L., Murray, M., Jonathan, S., Sidney, C. S., Ira, T. (2004): Air Pollution and Cardiovascular Disease. *Circulation* 109 (21), S. 2655–2671.

- Brophy, H., Olson, J., Paul, P. (2022): Eco-anxiety in youth: An integrative literature review. *International Journal of Mental Health Nursing* 32 (3), S. 633–661. <https://doi.org/10.1111/inm.13099> (10.05.2023).
- Browning, M. H. E. M., Saeidi-Rizi, F., McAnirlin, O., Yoon, H., Pei, Y. (2021): The Role of Methodological Choices in the Effects of Experimental Exposure to Simulated Natural Landscapes on Human Health and Cognitive Performance: A Systematic Review. *Environment and Behavior* 53 (7), S. 687–731.
- Brulle, R. J. (2018): The climate lobby: a sectoral analysis of lobbying spending on climate change in the USA, 2000 to 2016. *Climatic Change* 149, S. 289–303.
- Brunekreef, B., Downward, G., Forastiere, F., Gehring, U., Heederike, D. J. J., Hoek, G., Koopmans, M. P. G., Smit, L. A. M., Vermeulen, R. C. H. (2021): Air pollution and COVID-19. Including elements of air pollution in rural areas, indoor air pollution, vulnerability and resilience aspects of our society against respiratory disease, social inequality stemming from air pollution. Luxembourg: European Parliament, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/658216/IPOL_STU\(2021\)_658216_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/658216/IPOL_STU(2021)_658216_EN.pdf) (23.02.2022).
- BTE Tourismus- und Regionalberatung (2016): *Naturtourismus in Deutschland 2016*. Berlin: BTE Tourismus- und Regionalberatung PartG mbB. <https://bw.tourismuszusatzwirtschaft.de/wp-content/uploads/2017/08/BTE-Studie-Naturtourismus-Deutschland-2016.pdf>.
- Buchholz, K. (2006): Genderrelevanz und Genderaspekte von Chemikalienpolitik. In: Ebeling, S., Schmitz, S. (Hrsg.): *Geschlechterforschung und Naturwissenschaften. Einführung in ein komplexes Wechselspiel*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. *Studien interdisziplinäre Geschlechterforschung* 14, S. 139–160.
- Buffie, C. G., Pamer, E. G. (2013): Microbiota-mediated colonization resistance against intestinal pathogens. *Nature Reviews Immunology* 13 (11), S. 790–801.
- Bühring, P., Haserück, A., Osterloh, F. (2022): Flutkatastrophe: Nicht alles wird wie vorher sein. *Deutsches Ärzteblatt* 119 (1–2), S. A-8 / B-8.
- Bundesregierung (2021a): *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021*. 15. Dezember 2020, Kabinettsbeschluss vom 10. März 2021. Berlin: Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/7c0614aff0f2c847f51c4d8e9646e610/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf> (23.11.2021).
- Bundesregierung (2021b): *Fragen und Antworten zum Arzneimittelgesetz: Bessere Datenerhebung zum Antibiotikaeinsatz*. Berlin: Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/faq-arzneimittelgesetz-1765122> (23.02.2022).
- Bundesregierung (2011): *Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen*. Berlin: Bundesregierung. https://www.bmuv.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (10.05.2022).
- Bundesregierung (2008): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen*. Berlin: Bundesregierung. https://www.bmuv.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (10.05.2022).
- Bunge, C. (2020): *Umwelt. Vom gesundheitsbezogenen Umweltschutz zum integrierten Ansatz Umweltgerechtigkeit*. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): *Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland*. Wiesbaden: Springer VS, S. 143–157.
- Burkett-Cadena, N. D., Blosser, E. M., Loggins, A. A., Valente, M. C., Long, M. T., Campbell, L. P., Reeves, L. E., Bargielowski, I., McCleery, R. A. (2021): Invasive Burmese pythons alter host use and virus infection in the vector of a zoonotic virus. *Communications Biology* 4 (1), 804. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02347-z> (21.03.2023).
- Burley, B. A. (2018): *Green infrastructure and violence: Do new street trees mitigate violent crime?* *Health & Place* 54, S. 43–49.
- Busuioc, E. M. (2016): *Friend or foe? Inter-agency cooperation, organizational reputation, and turf*. *Public Administration* 94 (1), S. 40–56.

Butler, C. D., Hanigan, I. C. (2019): Anthropogenic climate change and health in the Global South. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 23 (12), S. 1243–1252.

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) (o. J.): Tab. 1: Vergleich der Antibiotika-Abgabemengen bezogen auf die Wirkstoffklassen 2011 bis 2021. Braunschweig: BVL. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Bilder/09_Presse/01_Bilder_Pressemitteilungen/Tabelle_Antibiotika-Abgabemengen_2011-2021_Print.pdf;jsessionid=379E8841FEC47F02ED9F0AFF8E38057C.2_cid298?__blob=publicationFile&v=6 (05.12.2022).

BVL (2021): Bundesweite Kennzahlen zur Therapiehäufigkeit bei Masttieren für das zweite Halbjahr 2020 veröffentlicht. Braunschweig: BVL. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/05_tierarzneimittel/2021/2021_03_31_Fa_Therapiehaeufigkeit_2HJ_2020.html (23.02.2022).

BVL (2020): Zoonosen-Monitoring 2019. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder. Berlin: BVL. BVL-Report 15.2. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/04_Zoonosen_Monitoring/Zoonosen_Monitoring_Bericht_2019.pdf (24.02.2022).

bvpg (Bundesvereinigung Prävention und Gesundheitsförderung e. V.) (2022): Öffentliche Förderbekanntmachung. BMG: Projektförderung zur strukturellen Stärkung des ÖGD. Bonn: bvpg. <https://bvpraevention.de/cms/index.asp?inst=newbv&snr=13768&t=BMG:+Projektf%C3%B6rderung+zur+strukturellen+St%C3%A4rkung+des+%C3%96GD> (18.11.2022).

bvpg (2021): Weltgesundheitsorganisation: Neue globale Schätzwerte zur Gesundheit und Schwerpunkte für 2021. Bonn: bvpg. <https://bvpraevention.de/cms/index.asp?inst=newbv&snr=13255> (09.05.2022).

BZgA (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung) (o. J.-a): Klima. Mensch. Gesundheit. Empfehlungen für alle – Hitze und Hitzeschutz. Köln: BZgA. <https://www.klima-mensch-gesundheit.de/hitze-und-hitzeschutz/empfehlungen-fuer-alle/> (10.05.2022).

BZgA (o. J.-b): Klima. Mensch. Gesundheit. Gesundheitsrisiken von Hitze. Köln: BZgA. <https://www.klima-mensch-gesundheit.de/hitze-und-hitzeschutz/gesundheitsrisiken-von-hitze/> (09.05.2022).

BZgA (2017): Nationale Empfehlungen für Bewegung und Bewegungsförderung. Köln: BZgA. Forschung und Praxis der Gesundheitsförderung, Sonderheft 3. <https://shop.bzga.de/pdf/60640103.pdf> (08.02.2023).

Cairney, P., St Denny, E., Mitchell, H. (2021): The future of public health policymaking after COVID-19: a qualitative systematic review of lessons from Health in All Policies. *Open Research Europe* 1:23. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.13178.2> (22.03.2023).

Calliess, C. (2021): Klimapolitik und Grundrechtsschutz – Brauchen wir ein Grundrecht auf Umweltschutz? *Zeitschrift für Umweltrecht* 32 (6), S. 323–332.

Campbell, A., Oldham, M., Becaria, A., Bondy, S. C., Meacher, D., Sioutas, C., Misra, C., Mendez, L. B., Kleinman, M. (2005): Particulate Matter in Polluted Air May Increase Biomarkers of Inflammation in Mouse Brain. *NeuroToxicology* 26 (1), S. 133–140.

Candel, J. J., Biesbroek, R. (2016): Toward a Processual Understanding of Policy Integration. *Policy Sciences* 49, S. 211–231.

Capellaro, M., Sturm, D. (2015): Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit. Band 1: Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme (UVIndex, Hitzewarnsystem, Pollenflug- und Ozonvorhersage) aus gesundheitlicher Sicht - Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen? Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt & Gesundheit* 03/2015. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_03_2015_evaluation_von_informationssystemen_band_1_0.pdf (10.05.2022).

Carpenter, D. P. (2010): Reputation and power. Organizational image and pharmaceutical regulation at the FDA. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Carson, R. (1962): Der stumme Frühling. München: Biederstein.

CBD (Convention on Biological Diversity) (2022): Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. 15/4 Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Montreal: UNEP. *CBD/COP/DEC/15/4*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf> (08.02.2023).

- CBD (2017): Guidance on Integrating Biodiversity Considerations into One Health Approaches. Montreal: United Nations. <https://www.cbd.int/doc/c/501c/4df1/369d06630c901cd02d4f99c7/sbstta-21-09-en.pdf> (01.03.2022).
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (2022): About Antimicrobial Resistance. Atlanta: CDC. <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html> (06.02.2023).
- Chadwick, E. (1965): Report on the sanitary condition of the labouring population of Great Britain. [Nachdr. der Ausg.] 1842. Edinburgh: University Press.
- Chae, D. H., Snipes, S. A., Chung, K. W., Martz, C. D., LaVeist, T. A. (2021): Vulnerability and Resilience: Use and Misuse of These Terms in the Public Health Discourse. *American Journal of Public Health* 111 (10), S. 1736–1740.
- Charron, D. F. (2012): Ecohealth: origins and approach. In: Charron, D. F. (Hrsg.): *Ecohealth Research in Practice. Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*. New York: Springer, S. 1–30.
- ChemSec (International Chemical Secretariat) (2022): A company request for an ambitious revision of REACH. Göteborg: ChemSec. <https://chemsec.org/a-company-request-for-an-ambitious-revision-of-reach/> (22.03.2023).
- Chen, C., Wu, F. (2021): Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) colonisation and infection among livestock workers and veterinarians: a systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine* 78 (7), S. 530–540.
- Chipperfield, M. P., Dhomse, S. S., Feng, W., McKenzie, R. L., Velders, G. J. M., Pyle, J. A. (2015): Quantifying the ozone and ultraviolet benefits already achieved by the Montreal Protocol. *Nature Communications* 6, 7233. <https://doi.org/10.1038/ncomms8233> (28.02.2023).
- Choma, E. F., Evans, J. S., Gomez-Ibanez, J., Di, Q., Schwartz, J. D., Hammit, J. K., Spengler, J. D. (2021): Health benefits of decreases in on-road transportation emissions in the United States from 2008 to 2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (51), e2107402118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2107402118> (12.04.2022).
- Chong, D., Zhu, N. (2017): Human heat acclimatization in extremely hot environments: A review. *Procedia Engineering* 205, S. 248–253.
- Christidis, N., Jones, G. S., Stott, P. A. (2015): Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave. *Nature Climate Change* 5 (1), S. 46–50.
- Ciatti, F., Vencovsky, D., Vencovska, J., Postle, M., Jepsen, D., Wirth, O. (2021): Development of REACH – Review of evidence on the benefits & costs of REACH. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 6/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_01_28_texte_06-2021_reach_weiterentwicklung_ap_2.pdf (24.11.2022).
- Civitello, D. J., Cohen, J., Fatima, H., Halstead, N. T., Liriano, J., McMahon, T. A., Ortega, C. N., Sauer, E. L., Sehgal, T., Young, S., Rohr, J. R. (2015): Biodiversity inhibits parasites: Broad evidence for the dilution effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (28), S. 8667–8671.
- Clara, M., Gans, O., Humer, F., Weiß, S., Zieritz, I. (2010): Antibiotika im Grundwasser: Sondermessprogramm im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung. Wien: Umweltbundesamt Österreich. REP-0258. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0258.pdf> (24.02.2022).
- Clark, N. E., Lovell, R., Wheeler, B. W., Higgins, S. L., Depledge, M. H., Norris, K. (2014): Biodiversity, cultural pathways, and human health: a framework. *Trends in Ecology & Evolution* 29 (4), S. 198–204.
- Claßen, T. (2020 (Stand: 2014)): 3.2: Vorsorge als gesetzlicher Auftrag. In: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): *Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren*. 2. ergänzte und korrigierte Aufl. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V., AG Menschliche Gesundheit, S. 28–31.
- Claßen, T. (2013): Lärm macht krank – Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastungen in Städten. In: BBSR (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung) (Hrsg.): *Stadt statt Lärm*. Stuttgart: Steiner. Informationen zur Raumentwicklung 3/2013, S. 223–234.

- Claßen, T. (2008): Naturschutz und vorsorgender Gesundheitsschutz: Synergie oder Konkurrenz? Identifikation gemeinsamer Handlungsfelder im Kontext gegenwärtiger Paradigmenwechsel. Bonn, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Dissertation.
- Claßen, T., Bunz, M. (2018): Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit – Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 61 (6), S. 720–728.
- Claßen, T., Heiler, A., Brei, B. (2012): Urbane Grünräume und gesundheitliche Chancengleichheit – längst nicht alles im „grünen Bereich“. In: Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H., Mielck, A. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: Huber, S. 113–123.
- Claßen, T., Mekel, O. (2020): Fachplan Gesundheit und Leitfaden Gesunde Stadt – Instrumente für eine gesundheitsorientierte kommunale Planung in Nordrhein-Westfalen. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland. Wiesbaden: Springer VS, S. 397–405.
- Clausing, P. (2019): Konsequente Anwendung – Fehlanzeige. Die EU-Pestizidverordnung im Realitäts-Check. Rundbrief – Forum Umwelt & Entwicklung 2019 (1), S. 14–15.
- Cohen, S., Wills, T. A. (1985): Stress, Social Support, and the Buffering Hypothesis. Psychological Bulletin 98 (2), S. 310–357.
- Combes, J.-L., Hamit-Haggar, M., Schwartz, S. (2018): A multilevel analysis of the determinants of willingness to pay to prevent environmental pollution across countries. The Social Science Journal 55 (3), S. 284–299.
- Costa, G., Sartori, S., Consonni, D. (2009): Thirty years of medical surveillance in perfluorooctanoic acid production workers. Journal of Occupational and Environmental Medicine 51 (3), S. 364–372.
- Cousins, I. T., Johansson, J. H., Salter, M. E., Sha, B., Scheringer, M. (2022): Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Environmental Science & Technology 56 (16), S. 11172–11179.
- Creamer, R. E., Barel, J. M., Bongiorno, G., Zwetsloot, M. J. (2022): The life of soils: Integrating the who and how of multifunctionality. Soil Biology & Biochemistry 166, 108561. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108561> (08.02.2023).
- Curtis, S., Fair, A., Wistow, J., Val, D. V., Oven, K. (2017): Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. Environmental Health 16 (Suppl. 1), 128. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0324-3> (25.11.2022).
- Cyrus, P. (2023): Communication and urban air quality governance in Germany: Discursive framing by selected national environmental NGOs and the Automotive Industry Association (VDA) and its potential impacts. Environmental Policy and Governance. Early view. <https://doi.org/10.1002/eet.2050> (22.03.2023).
- Cyrys, J., Wichmann, H.-E., Rueckerl, R., Peters, A. (2018): Umweltzonen in Deutschland. Probates Mittel zur Einhaltung geltender Luftqualitätsstandards? Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 61, S. 645–655.
- Daalen, K. R. van, Romanello, M., Rocklöv, J., Semenza, J. C., Tonne, C., Markandya, A., Dasandi, N., Jankin, S., Achebak, H., Ballester, J., Bechara, H., Callaghan, M. W., Chambers, J., Dasgupta, S., Drummond, P., Farooq, Z., Gasparyan, O., Gonzalez-Reviriego, N., Hamilton, I., Hänninen, R., Kazmierczak, A., Kendrovski, V., Kennard, H., Kiesewetter, G., Lloyd, S. J., Batista, M. L., Martinez-Urtaza, J., Milà, C., Minx, J. C., Nieuwenhuijsen, M., Palamarchuk, J., Quijal-Zamorano, M., Robinson, E. J. Z., Scamman, D., Schmoll, O., Sewe, M. O., Sjödin, H., Sofiev, M., Solaraju-Murali, B., Springmann, M., Triñanes, J., Anto, J. M., Nilsson, M., Lowe, R. (2021): The 2022 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: towards a climate resilient future. The Lancet Public Health 7 (11), S. E942–E965.
- Damialis, A., Traidl-Hoffmann, C., Treudler, R. (2019): Climate Change and Pollen Allergies. In: Marselle, M. R., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K. N., Bonn, A. (Hrsg.): Biodiversity and Health in the Face of Climate Change. Cham: Springer, S. 47–66.

- Danielzyk, R., Sondermann, M. (2018): Informelle Planung. In: ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Bd. 2: G–L. Hannover: ARL, S. 963–974.
- Danish Environmental Protection Agency (2018): Risk assessment of fluorinated substances in cosmetic products København: Danish Environmental Protection Agency. Survey of chemical substances in consumer products 169. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publication/2018/10/978-87-93710-94-8.pdf> (25.02.2022).
- De Corato, U. (2020): Soil microbiota manipulation and its role in suppressing soil-borne plant pathogens in organic farming systems under the light of microbiome-assisted strategies. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 7, 17. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00183-7> (18.08.2022).
- Dearborn, D., Simon, H. (1958): Selective Perception. A Note on the Departmental Identifications of Executives. *Sociometry* 21 (2), S. 140–144.
- DeFur, P. L., Evans, G. W., Cohen Hubal, E. A., Kyle, A. D., Morello-Frosch, R. A., Williams, D. R. (2007): Vulnerability as a Function of Individual and Group Resources in Cumulative Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives* 115 (5), S. 817–824.
- Degreif, S., Minnich, L., Diegmann, V., Wursthorn, H., Fischer, H., Ruther-Mehlis, A. (2022): Koordination und Integration von Umweltfachplanungen und ihr Verhältnis zur Stadtplanung. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 15/2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_15-2022_koordination_und_integrations_von_umweltfachplanungen_und_ihr_verhaeltnis_zur_stadtplanung.pdf (18.11.2022).
- Deguen, S., Zmirou-Navier, D. (2010): Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality – A European review. *European Journal of Public Health* 20 (1), S. 27–35.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M., Liu, Y. (2018): Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 67, S. 30–42.
- Dematte, J. E., O’Mara, K., Buescher, J., Whitney, C. G., Forsythe, S., McNamee, T., Adiga, R. B., Ndukwu, I. M. (1998): Near-fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago. *Annals of Internal Medicine* 129 (3), S. 173–181.
- Demeter e. V. (2021): Richtlinien 2021. Erzeugung und Verarbeitung. Richtlinien für die Zertifizierung „Demeter“ und „Biodynamisch“. Gültig ab 1. Januar 2021. Darmstadt: Demeter e. V. https://www.demeter.de/sites/default/files/richtlinien/richtlinien_gesamt_2021.pdf (24.02.2022).
- Denninger, E. (1990): Verfassungsrechtliche Anforderungen an die Normsetzung im Umwelt- und Technikrecht. Baden-Baden: Nomos.
- Deutscher Bundestag (2015): Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung der Gesundheitsförderung und der Prävention (Präventionsgesetz – PräVG). Berlin: Deutsche Bundestag. Bundestagdrucksache 18/4282. <https://dserver.bundestag.de/btd/18/042/1804282.pdf> (09.02.2023).
- Deutscher Bundestag (1971): Umweltprogramm der Bundesregierung. Bonn: Deutscher Bundestag. Bundestagdrucksache 6/2710.
- Deutscher Städtetag (2022): Zukunft kommunaler Klimaschutz. Positionspapier des Deutschen Städtetages. Beschlossen vom Hauptausschuss am 16. November 2021 in Erfurt. Berlin, Köln: Deutscher Städtetag. <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Positionspapiere/2022/positionspapier-zukunft-kommunaler-klimaschutz-2022.pdf> (17.11.2022).
- Deutscher Städtetag (2019): Anpassung an den Klimawandel in den Städten. Forderungen, Hinweise und Anregungen. Handreichung des Deutschen Städtetages – beschlossen vom Hauptausschuss am 20. Februar 2019 in Hamm. Berlin, Köln: Deutscher Städtetag. <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Weitere-Publikationen/2019/klimafolgenanpassung-staedte-handreichung-2019.pdf> (10.05.2022).
- Deutscher Städtetag (2015): Integrierte Stadtentwicklungsplanung und Stadtentwicklungsmanagement. Positionspapier des Deutschen Städtetages. Berlin, Köln: Deutscher Städtetag. <https://www.staedtetag.de/positionen/positionspapiere/integrierte-stadtentwicklungsplanung-2015> (09.02.2023).

- Deuschländer, T., Mächel, H. (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur, G., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 47–56.
- Diamond, M. L., Wit, C. A. de, Molander, S., Scheringer, M., Backhaus, T., Lohmann, R., Arvidsson, R., Bergman, Å., Hauschild, M., Holoubek, I., Persson, L., Suzuki, N., Vighi, M., Zetsch, C. (2015): Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environment International* 78, S. 8–15.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., Oudenhoven, A. P. E. van, Plaat, F. van der, Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C. A., Hewitt, C. L., Keune, H., Lindley, S., Shirayama, Y. (2018): Assessing nature's contributions to people. *Science* 359 (6373), S. 270–272.
- Diffey, B. L. (2018): Time and Place as Modifiers of Personal UV Exposure. *International Journal Environmental Research and Public Health* 15 (6), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061112> (25.11.2022).
- Difu (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH) (2018): Instrumente Umweltgerechtigkeit. Checkliste. Relevanz von Instrumenten für Umweltgerechtigkeit. Berlin: Difu. https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de/sites/default/files/media/Checkliste_Instrumente_Relevanz.pdf (12.08.2022).
- Difu (2017): Praxisratgeber klimagerechtes Bauen. Mehr Sicherheit und Wohnqualität bei Neubau und Sanierung. Köln: Difu.
- Dishman, R. K., Heath, G. W., Lee, I.-M. (2013): *Physical Activity Epidemiology*. 2nd ed. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Dittrich, M., Limberger, S., Vogt, R., Keppner, B., Leuser, L., Schoer, K. (2021): Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des „Planetaren Grenzen“ Konzepts mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen/Materialien. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 51/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-12_texte_51-2021_vorstudie_abiotische_rohstoffe_materialien_0.pdf (18.08.2022).
- Dorner, T. E. (2021): Sozioökonomischer Status – Bedeutung und Implikationen für die Prävention und Gesundheitsförderung. In: Tiemann, M., Mohokum, M. (Hrsg.): *Prävention und Gesundheitsförderung*. Berlin, Heidelberg: Springer. Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit S. 185–197.
- Doyle, U., Kabel, C., Schuster, C., Tobollik, M., Wintermeyer, D., Plass, D. (2020a): Gesundheitsbezogene Indikatoren der Sustainable Development Goals (SDG) und ihre Umsetzung für Deutschland im Bereich Umwelt. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 2020 (1), S. 7–21.
- Doyle, U., Schröder, P., Schönfeld, J., Westphal-Settele, K. (2020b): Was ist der One Health-Ansatz und wie ist er umzusetzen? *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 2020 (2), S. 65–72.
- Dreger, S., Schüle, S. A., Hilz, L. K., Bolte, G. (2019): Social Inequalities in Environmental Noise Exposure: A Review of Evidence in the WHO European Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (6), 1011. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061011> (10.05.2019).
- Dreier, H. (Hrsg.) (2013): *Grundgesetz. Kommentar*. Bd. 1: Präambel. Art. 1–19. 3. Aufl. Tübingen: Mohr Siebeck.
- DRL (Deutscher Rat für Landespflege) (2006): *Durch doppelte Innentwicklung Freiraumqualitäten erhalten*. In: DRL (Hrsg.): *Freiraumqualitäten in der zukünftigen Stadtentwicklung*. Bonn: DRL. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 78, S. 5–39.
- DStGB (Deutscher Städte- und Gemeindebund) (2021): *Hitze, Trockenheit und Starkregen. Klimaresilienz in der Stadt der Zukunft*. Berlin: DStGB. DStGB Dokumentation 166.
- Duboz, R., Echaubard, P., Promburom, P., Kilvington, M., Ross, H., Allen, W., Ward, J., Deffuant, G., Garine-Wichatitsky, M. de, Binot, A. (2018): Systems Thinking in Practice: Participatory Modeling as a Foundation for Integrated Approaches to Health. *Frontiers in Veterinary Science* 5, 303. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00303> (23.03.2023).

- Duffek, A., Conrad, A., Kolossa-Gehring, M., Lange, R., Rucic, E., Schulte, C., Wellnitz, J. (2020): Per- and polyfluoroalkyl substances in blood plasma – Results of the German Environmental Survey for children and adolescents 2014–2017 (GerES V). *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 228, 113549. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113549> (24.02.2022).
- DUH (Deutsche Umwelthilfe e. V.) (2014): Umweltgerechtigkeit durch Partizipation auf Augenhöhe. Strategien und Empfehlungen für Grünprojekte in Stadtquartieren. Radolfzell: DUH. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kommunaler_Umweltschutz/Partizipation-auf-Augenhoehe_web.pdf (18.11.2022).
- Dukes, T. W. (2000): That Other Branch of Medicine: An Historiography of Veterinary Medicine from a Canadian Perspective. *Canadian Bulletin of Medical History* 17 (1), S. 229–243.
- Dürig, G., Herzog, R., Scholz, R. (Hrsg.) (2022): Grundgesetz. Kommentar. 98. Erg.-Lfg., Stand: März 2022. München: Beck.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (o. J.-a): Hitzewarnung. Offenbach: DWD <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html> (10.05.2022).
- DWD (o. J.-b): Open Data Server. Offenbach am Main: DWD. <https://www.dwd.de/EN/ourservices/opendata/opendata.html?nn=24704> (07.02.2023).
- DWD (o. J.-c): Wetter- und Klimalexikon: Gefühlte Temperatur, Schwüle und Wind Chill. Offenbach: DWD https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/G/Gefuehlte_Temperatur_pdf.pdf (10.05.2022).
- DWD (o. J.-d): Wetter- und Klimalexikon: Hitzewelle. Offenbach: DWD <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101094&lv3=624852> (10.05.2022).
- DWD (2022): Klimastatusbericht Deutschland. Jahr 2021. Offenbach: DWD. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2021.pdf (09.05.2022).
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., Dear, R. de, Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R. S., Ma, W., Malik, A., Morris, N. B., Nybo, L., Seneviratne, S. I., Vanos, J., Jay, O. (2021): Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet* 398 (10301), S. 698–708.
- ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) (2022): WHO and ECDC report: antimicrobial resistance remains a health threat in Europe. Solna: ECDC. <https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/who-and-ecdc-report-antimicrobial-resistance-remains-health-threat-europe> (08.12.2022).
- ECDC, EFSA (European Food Safety Authority), EMA (European Medicines Agency) (2021): Third joint inter-agency report on integrated analysis of consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-producing animals in the EU/EEA. *EFSA Journal* 19 (6), e06712. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6712> (15.08.2022).
- ECDC, WHO – Regional Office for Europe (World Health Organization – Regional Office for Europe) (2022): Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022. 2020 data. Solna, Copenhagen: ECDC, WHO – Regional Office for Europe. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/antimicrobial-resistance-surveillance-europe-2022-2020-data> (15.05.2023).
- ECHA (European Chemicals Agency) (o. J.): Registrierung. Helsinki: ECHA. <https://echa.europa.eu/de/regulations/reach/registration> (26.01.2023).
- ECHA (2023): ECHA receives PFASs restriction proposal from five national authorities. Helsinki: ECHA. <https://echa.europa.eu/de/-/echa-receives-pfas-restriction-proposal-from-five-national-authorities> (07.02.2023).
- ECHA (2021): Registrierte Stoffe. Helsinki: ECHA. <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/registered-substances> (25.02.2022).
- ECHA (2016): Cost and benefit assessments in the REACH restriction dossiers. Helsinki: ECHA. https://echa.europa.eu/documents/10162/17228/cost_benefit_assessment_en.pdf (12.04.2022).
- Eckstein, D., Künzel, V., Schäfer, L. (2021): Global Climate Risk Index 2021: Who suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2019 and 2000 to 2019. Bonn, Berlin: Germanwatch. Briefing Paper. <https://www.germanwatch.org/en/19777> (08.02.2023).

- EEA (European Environment Agency) (o. J.): Soil: the living treasure under our feet. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/themes/soil> (25.02.2022).
- EEA (2022a): Air pollution. Stand: 28.06.2022. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-burden-of-cancer/air-pollution> (22.11.2022).
- EEA (2022b): Health impacts of air pollution in Europe, 2022. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution> (08.12.2022).
- EEA (2022c): Über Eionet. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/de/about-us/countries-and-eionet> (25.02.2022).
- EEA (2021): Emerging chemical risks in Europe – ‘PFAS’. Copenhagen: EEA. Briefing. <https://www.eea.europa.eu/publications/emerging-chemical-risks-in-europe/emerging-chemical-risks-in-europe> (24.02.2022).
- EEA (2020): Environment and health. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/themes/human/intro> (09.05.2022).
- EEA (2019a): Chemical Pollution. In: EEA (European Environment Agency) (Hrsg.): The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. Copenhagen: EEA, S. 231–252.
- EEA (2019b): Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EEA Report 21/2019.
- EEA (2019c): Human Biomonitoring for Europe, HBM4EU – science and policy for a healthy future. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/media/audiovisuals/human-biomonitoring-for-europe-hbm4eu/view> (09.02.2023).
- EEA (2019d): Die Umwelt in Europa. Zustand und Ausblick 2020. Zusammenfassung. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/de/publications/die-umwelt-in-europa-zustand> (21.01.2020).
- EEA (2018): Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EEA Report 22/2018. www.eea.europa.eu/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts/at_download/file (20.02.2019).
- Effkemann, S., Bartelt, E., Schuetze, A., Heberer, T., Apel, P., Schroeter-Kermani, C. (2009): Residues of Malachite Green in Fish Originating From German Rivers. Baltimore. 7th International Conference on Pharmaceuticals and Endocrine Disrupting Chemicals in Water, 22.–23.09.2009 in Baltimore, Maryland.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2020): Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal 18 (9), 6223. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223> (24.02.2022).
- EFSA (2018): Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. EFSA Journal 16 (12), 5194. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5194> (24.02.2022).
- Egeberg, M. (1999): The impact of bureaucratic structure on policy-making. Public Administration 77 (1), S. 155–170.
- EIONET (European Environment Information and Observation Network) (o. J.): ETC Human health and the environment (ETC HE). o. O.: EIONET. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-he> (09.02.2023).
- Eis, D., Helm, D., Laußmann, D., Stark, K. (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Berlin: Robert Koch-Institut.
- ELCI (Economy Land and Climate Insight) (2022): Scientists to European Parliament: Fit for 55 package will cause deforestation and harm food security. London: ELCI. <https://elc-insight.org/f55/> (15.08.2022).
- Emmerich, M., Hormel, U. (2013): Gesellschaftliche Ungleichheit und soziale Askription. In: Emmerich, M., Hormel, U. (Hrsg.): Heterogenität – Diversity – Intersektionalität. Zur Logik sozialer Unterscheidungen in pädagogischen Semantiken der Differenz: Springer VS, S. 23–37.
- EPHA (European Public Health Alliance) (2022): The European Commission is failing to preserve vital antibiotics for human health. Brüssel: EPHA. <https://epha.org/the-european-commission-is-failing-to-preserve-vital-antibiotics-for-human-health/> (06.02.2023).

- Ernst, W., Zinkhahn, W., Bielenberg, W., Krautzberger, M. (2022): Baugesetzbuch. Kommentar. Losebl.-Ausg., 147. Erg.-Lfg., Stand: 1. August 2022. München: Beck.
- Escher, B. I., Altenburger, R., Blüher, M., Colbourne, J., Ebinghaus, R., Fantke, P., Hein, M., Köck, W., Kümmerer, K., Leipold, S., Li, X., Scheringer, M., Scholz, S., Schloter, M., Schweizer, P.-J., Tal, T., Tetko, I., Traidl-Hoffmann, C., Wick, L. Y., Fenner, K. (2023): Modernizing Persistence-Bioaccumulation-Toxicity (PBT) Assessment with High Throughput Animal-free Methods. To be submitted to Archives in Toxicology, Section Regulatory Toxicology. Unveröffentlicht.
- Europäische Kommission (o. J.): Null-Schadstoff-Aktionsplan. Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden. Brüssel: Europäische Kommission. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_de#ziele (23.03.2023).
- Europäische Kommission (2022a): Anhänge der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Arbeitsprogramm der Kommission für 2023. Eine entschlossen und geeint vorgehende Union. COM(2022) 548 final, Annexes. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022b): Anhänge des Vorschlags für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa (RECAST). COM(2022) 542 final, Annexes 1 to 11. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022c): Annexes to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy. (Text with EEA relevance). COM(2022) 540 final, Annexes. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022d): Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Erster Bericht zum „Null-Schadstoff“-Überwachungs- und Prospektivrahmen „Wege zu sauberer Luft, sauberem Wasser und sauberem Boden für Europa“. COM(2022) 674 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022e): Empfehlung (EU) 2022/1431 der Kommission vom 24. August 2022 zur Überwachung von Perfluoralkylsubstanzen in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L 221, S. 105–109.
- Europäische Kommission (2022f): Empfehlung (EU) 2022/2510 der Kommission vom 8. Dezember 2022 zur Schaffung eines europäischen Bewertungsrahmens für „inhärent sichere und nachhaltige“ Chemikalien und Materialien. Amtsblatt der Europäischen Union L 325, S. 179–205.
- Europäische Kommission (2022g): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Überprüfung der Umsetzung der Umweltpolitik 2022. Trendwende durch Einhaltung der Umweltvorschriften. COM(2022) 438 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022h): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Neufassung). COM(2022) 542 final/2. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2022i): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Wiederherstellung der Natur. (Text von Bedeutung für den EWR). COM(2022) 304 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021a): Anhänge der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“. COM(2021) 400 final, Annexes. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021b): Information Platform for Chemical Monitoring. Brüssel: Europäische Kommission. <https://ipchem.jrc.ec.europa.eu/> (25.02.2022).
- Europäische Kommission (2021c): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den

Ausschuss der Regionen – EU-Bodenstrategie für 2030: Die Vorteile gesunder Böden für Menschen, Lebensmittel, Natur und Klima nutzen. COM(2021) 699 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2021d): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. „Fit für 55“: auf dem Weg zur Klimaneutralität – Umsetzung des EU- Klimaziels für 2030. COM(2021) 550 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2021e): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Neue EU-Waldstrategie für 2030. COM(2021) 572 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2021f): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“. COM(2021) 400 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020a): Anhang der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit – für eine schadstofffreie Umwelt. COM(2020) 667 final – Annex. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020b): Commission Staff Working Document: Synopsis report summarising the feedback received in the context of the Chemicals Strategy for Sustainability. SWD(2020) 248 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020c): Commission Staff Working Dokument. Progress report on the assessment and management of combined exposures to multiple chemicals (chemical mixtures) and associated risks. Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment. SWD(2020) 250 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020d): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. „Vom Hof auf den Tisch“ – eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem. COM(2020) 381 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020e): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit. Für eine schadstofffreie Umwelt. COM(2020) 667 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020f): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa. COM(2020) 98 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020g): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine neue Industriestrategie für Europa. COM(2020) 102 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020h): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. COM(2020) 380 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2020i): Vorschlag für einen Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2030. COM(2020) 652 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2019): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. COM(2019) 640 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2018): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den

Ausschuss der Regionen über die Anwendung der REACH-Verordnung und die Überprüfung bestimmter Elemente Schlussfolgerungen und Maßnahmen. COM(2018) 116 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2013): Commission Staff Working Document. Impact Assessment Accompanying the document Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions a Clean Air Programme for Europe, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC, Proposal for a Council Decision on the acceptance of the Amendment to the 1999 Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. SWD(2013) 531 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission – Generaldirektion für Forschung und Innovation, Europäische Kommission – Generaldirektion für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung (2020): Proposed Mission: Caring for soil is caring for life. Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Mission Board for Soil health and food. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4ebd2586-fc85-11ea-b44f-01aa75ed71a1/04.05.2022>.

Europäischer Rechnungshof (2019): Bekämpfung der Antibiotikaresistenz: trotz Fortschritten im Tiersektor stellt diese Gesundheitsbedrohung für die EU nach wie vor eine Herausforderung dar. Luxembourg: Europäischer Rechnungshof. Sonderbericht 21/2019. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR19_21/SR_Antimicrobial_resistance_DE.pdf (23.02.2022).

Europäischer Rechnungshof (2018): Luftverschmutzung: unsere Gesundheit ist nach wie vor nicht hinreichend geschützt. (Gemäß Artikel 287 Absatz 4 Unterabsatz 2 AEUV) Luxembourg: Europäischer Rechnungshof. Sonderbericht 23/2018. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_23/SR_AIR_QUALITY_DE.pdf (15.08.2022).

Europäisches Parlament (2021): Protokoll Donnerstag, 16. September 2021 – Straßburg. Straßburg: Europäisches Parlament. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/PV-9-2021-09-16-ITM-002_DE.html (23.02.2022).

Evans, R. M., Martin, O. V., Faust, M., Kortenkamp, A. (2016): Should the scope of human mixture risk assessment span legislative/regulatory silos for chemicals? *Science of The Total Environment* 543, S. 757–764.

Everard, M., Johnston, P., Santillo, D., Staddon, C. (2020): The role of ecosystems in mitigation and management of Covid-19 and other zoonoses. *Environmental Science & Policy* 111, S. 7–17.

Ewert, B., Loer, K. (2021): Die Corona-Pandemie als Wendepunkt in der deutschen Präventionspolitik? *Der moderne Staat – dms* 14 (2), S. 305–333.

Exner, M. (2013): Johann Peter Frank – Visionär und Initiator der modernen Hygiene und Öffentlichen Gesundheit. *Umweltmedizin – Hygiene – Arbeitsmedizin* 18 (3), S. 1–10.

Exner, M., Schmithausen, R., Schreiber, C., Bierbaum, G., Parcina, M., Engelhart, S., Kistemann, T., Sib, E., Walger, P., Schwartz, T. (2018): Zum Vorkommen und zur vorläufigen hygienisch-medizinischen Bewertung von Antibiotika-resistenten Bakterien mit humanmedizinischer Bedeutung in Gewässern, Abwässern, Badegewässern sowie zu möglichen Konsequenzen für die Trinkwasserversorgung. *Hygiene und Medizin* 43 (5), S. D46–D54.

Eyk, H. van, Harris, E., Baum, F., Delaney-Crow, T., Lawless, A., MacDougall, C. (2017): Health in All Policies in South Australia – Did It Promote and Enact an Equity Perspective? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (11), 1288. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111288> (29.11.2022).

Eze, I. C., Hemkens, L. G., Bucher, H. C., Hoffmann, B., Schindler, C., Künzli, N., Schikowski, T., Probst-Hensch, N. M. (2015): Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 123 (5), S. 381–389.

Fairburn, J., Schüle, S. A., Dreger, S., Hilz, L. K., Bolte, G. (2019): Social Inequalities in Exposure to Ambient Air Pollution: A Systematic Review in the WHO Euro-

- pean Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (17), 3127. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173127> (08.02.2023).
- Faivre, N., Sgobbi, A., Happaerts, S., Raynal, J., Schmidt, L. (2018): Translating the Sendai Framework into action: The EU approach to ecosystem-based disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 32, S. 4–10.
- FAO (Food and Agriculture Organization), UNEP (United Nations Environment Programme), WHO (World Health Organization), WOAHA (World Organisation for Animal Health) (2022): One Health Joint Plan of Action (2022–2026): Working together for the health of humans, animals, plants and the environment. Rome: FAO, UNEP, WHO, WOAHA. <https://www.unep.org/resources/publication/one-health-joint-plan-action-2022-2026> (21.03.2023).
- Faßbender, K. (2018): Die Strategische Umweltprüfung: Anspruch und Wirklichkeit. *Zeitschrift für Umweltrecht* 29 (6), S. 323–330.
- Faßbender, K. (2017): Der Dieselskandal und der Gesundheitsschutz. *Neue Juristische Wochenschrift* 70 (28), S. 1995–2001.
- Fee, E., Brown, T. M. (2005): The Public Health Act of 1848. *Bulletin of the World Health Organization* 83 (11), S. 866–867.
- Fehr, R., Gating, S., Ritzinger, S., Hornberg, C. (2022): Gesundheit und nachhaltige Stadtentwicklung im Spannungsfeld: Analysen, Strategien & Praxis. Dokumentation der 7. Konferenz „Stadt der Zukunft – Gesunde, nachhaltige Metropolen“. Online-Veranstaltung am 18. November 2021. Bielefeld: Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften. BieColl – Bielefeld eCollections. <https://biellcoll.uni-bielefeld.de/index.php/nsg/article/view/1063/1128> (21.03.2023).
- Fehr, R., Hornberg, C. (Hrsg.) (2018): Stadt der Zukunft – Gesund und nachhaltig. Brückenbau zwischen Disziplinen und Sektoren. München: oekom. *Nachhaltige Gesundheit in Stadt und Region* 1.
- Fehr, R., Neus, H., Heudorf, U. (2005): Gesundheit und Umwelt: ökologische Prävention und Gesundheitsförderung. Bern u. a.: Huber. *Handbuch Gesundheitswissenschaften*.
- Fei, C., McLaughlin, J. K., Lipworth, L., Olsen, J. (2009): Maternal levels of perfluorinated chemicals and subfecundity. *Human Reproduction* 24 (5), S. 1200–1205.
- Fei, C., McLaughlin, J. K., Tarone, R. E., Olsen, J. (2008): Fetal growth indicators and perfluorinated chemicals: a study in the Danish National Birth Cohort. *American Journal of Epidemiology* 168 (1), S. 66–72.
- Fei, C., McLaughlin, J. K., Tarone, R. E., Olsen, J. (2007): Perfluorinated chemicals and fetal growth: a study within the Danish National Birth Cohort. *Environmental Health Perspective* 115 (11), S. 1677–1682.
- Fenner, D., Mücke, H.-G., Scherer, D. (2015): Innerstädtische Lufttemperatur als Indikator gesundheitlicher Belastungen in Großstädten am Beispiel Berlins. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 2015 (1), S. 30–38.
- Fenton, S. E., Ducatman, A., Boobis, A., DeWitt, J. C., Lau, C., Ng, C., Smith, J. S., Roberts, S. M. (2021): Per- and Polyfluoroalkyl Substance Toxicity and Human Health Review: Current State of Knowledge and Strategies for Informing Future Research. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40 (3), S. 606–630.
- Fesenfeld, L. P., Pörtner, L. M., Bodirsky, B. L., Springmann, M., Philipsborn, P. von, Gaupp, F., Müller, D., Settele, J., Gabrysch, S., Freund, F., Mattauch, L., Creutzig, F., Lotze-Campen, H. (2022): Für Ernährungssicherheit und eine lebenswerte Zukunft – Pflanzenbasierte Ernährungsweisen fördern, Produktion und Verbrauch tierischer Lebensmittel reduzieren. o. O. Policy Brief. <https://zenodo.org/record/7038961#.Yxnnh6HP1a> (08.02.2023).
- Fischer, L., Gültekin, N., Kaelin, M. B., Fehr, J., Schlagenhaut, P. (2020): Rising temperature and its impact on receptivity to malaria transmission in Europe: A systematic review. *Travel Medicine and Infectious Disease* 36, 101815. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101815> (07.02.2023).
- Fisher, J. C., Bicknell, J. E., Irvine, K. N., Hayes, W. M., Fernandes, D., Mistry, J., Davies, Z. G. (2021): Bird diversity and psychological wellbeing: A comparison of green and coastal blue space in a neotropical city. *Science of The Total Environment* 793, 148653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148653> (06.05.2022).

- Fisher, T. (2010): Frederick Law Olmsted and the Campaign for Public Health. *Places Journal*. <https://places-journal.org/article/frederick-law-olmsted-and-the-campaign-for-public-health/> (08.02.2023).
- Flacke, J., Köckler, H. (2015): Spatial Urban Health Equity Indicators – A Framework-based Approach Supporting Spatial Decision Making. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 193, S. 365–376.
- Flacke, J., Schüle, S. A., Köckler, H., Bolte, G. (2016): Mapping Environmental Inequalities Relevant for Health for Informing Urban Planning Interventions – A Case Study in the City of Dortmund, Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (7), 711. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070711> (12.08.2022).
- Fleischer, J., Hustedt, T. (2012): Sectoral Dynamics in Executive Politics: Co-Ordinating Climate Policy in Germany. In: Lodge, M., Wegrich, K. (Hrsg.): *Executive Politics in Times of Crisis*. London: Palgrave Macmillan. The Executive Politics and Governance Series, S. 264–283.
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Crépin, A.-S., Daily, G., Dainell, K., Ebbesson, J., Elmqvist, T., Galaz, V., Moberg, F., Nilsson, M., Österblom, H., Ostrom, E., Persson, Å., Peterson, G., Polasky, S., Steffen, W., Walker, B., Westley, F. (2011): Reconnecting to the Biosphere. *AMBIO* 40 (7), S. 719–738.
- Forst, R., Porzelt, M., Scherfose, V. (2019): Konflikte durch Erholungsnutzung in Großschutzgebieten und deren Entschärfung durch innovatives Besuchermanagement. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 520.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyau, C., Clavel, J., Jougl, E., Hémon, D. (2006): Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 80, S. 16–24.
- Fox, M. P., MacLehose, R. F., Lash, T. L. (2021): *Applying Quantitative Bias Analysis to Epidemiologic Data*. New York, NY: Springer. *Statistics for Biology and Health*.
- Frank, J. P. (1787): *System einer vollständigen medicinischen Polizey*. Bd. 3: Von Speise, Trank und Gefäßen. Von Mäßigkeitsgesetzen, ungesunder Kleidertracht, Volksergötzlichkeiten. Von bester Anlage, Bauart und nöthiger Reinlichkeit menschlicher Wohnungen. 3., verbesserte Aufl. Wien: Trattner.
- Franke, T., Pätzold, R., Reimann, B., Strauss, W.-C., Zur Nedden, M. (2017): *Kommunaler Umgang mit Gentrifizierung. Praxiserfahrungen aus acht Kommunen*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik. Edition Difü 15.
- Frerichs, S., Hamacher, K., Küpper, C., Simon, A., Bunzel, A., Michalski, D., Preuß, T., Schüle, R., Lucas, R., Fekkak, M., Schinkel, J. (2022): Anforderungen an ein klimagerechtes (Resilienz und Mitigation) Management kompakter Siedlungs- und Infrastrukturflächen. Wege zur Umsetzung sowie Evaluierung anhand ausgewählter Fallstudien. Instrumente und Werkzeuge für eine klimagerechte Planung und Entwicklung kompakter Siedlungsstrukturen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 102/2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_102-2022_anforderungen_an_ein_klimagerechtes_resilienz_und_mitigation_management_kompakter_siedlungs-_und_infrastrukturflaechen.pdf (24.11.2022).
- Fritsch, U., Zebisch, M., Voß, M., Linsenmeier, M., Kahlenborn, W., Porst, L., Hölscher, L., Wolff, A., Hardner, U., Schwartz, K., Wolf, M., Schmuck, A., Schönthaler, K., Nilson, E., Fischer, H., Fleischer, C. (2021): *Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Climate Change* 22/2021. https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/KWRA2021_Teilbericht_3_Cluster_Wasser_bf_210709.pdf (06.05.2022).
- Fromme, H., Tittlemier, S. A., Völkel, W., Wilhelm, M., Twardella, D. (2009): Perfluorinated compounds – exposure assessment for the general population in Western countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212 (3), S. 239–270.
- Frumkin, H. (2003): Healthy Places: Exploring the Evidence. *American Journal of Public Health* 93 (9), S. 1451–1456.
- Frumkin, H. (2001): Beyond toxicity – Human health and the natural environment. *American Journal of Preventive Medicine* 20 (3), S. 234–240.

- Frumkin, H., Bratman, G. N., Breslow, S. J., Cochran, B., Kahn, P. H., Lawler, J. J., Levin, P. S., Tandon, P. S., Varanasi, U., Wolf, K. L., Wood, S. A. (2017): Nature Contact and Human Health: A Research Agenda. *Environmental Health Perspectives* 125 (7), 075001. <https://doi.org/10.1289/EHP1663> (06.05.2022).
- Frumkin, H., Haines, A. (2019): Global Environmental Change and Noncommunicable Disease Risks. *Annual Review of Public Health* 40, S. 261–282.
- Gaffron, P., Freude, M. (2021): Differenzierung der Feinstaubexposition in Deutschland nach sozioökonomischem Status. Sachverständigen Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamts. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt und Gesundheit* 03/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-14_uug_03-2021_feinstaubexplosion_soziooekonomisch_0.pdf (22.02.2022).
- García-Trabanino, R., Jarquín, E., Wesseling, C., Johnson, R. J., González-Quiroz, M., Weiss, I., Glaser, J., José Vindell, J., Stockfelt, L., Roncal, C., Harra, T., Barregard, L. (2015): Heat stress, dehydration, and kidney function in sugarcane cutters in El Salvador – A cross-shift study of workers at risk of Mesoamerican nephropathy. *Environmental Research* 142, S. 746–755.
- Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., Nieuwenhuijsen, M. J. (2016): Residential green spaces and mortality: A systematic review. *Environment International* 86, S. 60–67.
- Gastmeier, P., Geffers, C., Herrmann, M., Lemmen, S., Salzberger, B., Seifert, H., Kern, W., Fätkenheuer, G. (2016): Nosokomiale Infektionen und Infektionen mit multiresistenten Erregern – Häufigkeit und Sterblichkeit. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 141 (6), S. 421–426.
- Gawel, E., Lehmann, P., Strunz, S., Heuson, C. (2018): Public Choice barriers to efficient climate adaptation – theoretical insights and lessons learned from German flood disasters. *Journal of Institutional Economics* 14 (Special Issue 3), S. 473–499.
- GBE Bund (Gesundheitsberichterstattung des Bundes) (2022): Gesundheitsausgaben in Deutschland in Mio. €. Gliederungsmerkmale: Jahre, Art der Einrichtung, Art der Leistung, Ausgabenträger. Bonn: GBE Bund. https://www.gbe-bund.de/gbe/pkg_isgbe5.prc_menu_olap?p_uid=gastd&p_aid=50768926&p_sprache=D&p_help=0&p_indnr=322&p_indsp=&p_ityp=H&p_fid=22.02.2022.
- GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker e. V.), DECHEMA (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.), KRdL (Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL), ProcessNet (2010): Statuspapier Feinstaub. Frankfurt am Main: DECHEMA. https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Statuspapier_Feinstaub-called_by-dechema-original_page-124978-original_site-dechema_eV-view_image-1-p-3396.pdf (23.02.2022).
- Gee, G. C., Payne-Sturges, D. C. (2004): Environmental health disparities: a framework integrating psychosocial and environmental concepts. *Environmental Health Perspectives* 112 (17), S. 1645–1653.
- Geene, R., Köckler, H., Trojan, A. (2022): Gesundheitsfördernde Gesamtpolitik / Healthy Public Policy. In: BZgA (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung) (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention. Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden. Köln: BZgA. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/gesundheitsfoerdernde-gesamtpolitik-healthy-public-policy/> (21.03.2023).
- Geene, R., Kurth, B.-M., Matusall, S. (2020): Health in All Policies – Entwicklungen, Schwerpunkte und Umsetzungsstrategien für Deutschland. *Das Gesundheitswesen* 82 (7), S. e72–e76.
- Georgeson, L., Maslin, M., Poessinouw, M., Howard, S. (2016): Adaptation responses to climate change differ between global megacities. *Nature Climate Change* 6 (6), S. 584–588.
- Georgi, A., Mackenzie, K. (2022): PFAS – eine Herausforderung für die Umwelttechnologie. *Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie* 28 (2), S. 53–57.
- Gerlinger, T. (2021): Präventionsgesetz. Stand: 25.08.2021. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/praeventionsgesetz/> (23.11.2022).
- German One Health Initiative (o. J.): Mission Statement for the “One Health” Platform. Berlin: German One Health Initiative. https://www.gohi.online/GOHI/EN/Home/Homepage_node.html (24.02.2022).

- Germanwatch (2022): Stellungnahme im Rahmen der EU-Konsultation zum Rechtsaktentwurf „Drug resistance – list of antimicrobial medicines reserved for treating humans“. Berlin: Germanwatch e. V. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/stellungnahme_germanwatch_antibiotika-rechtsakt_16.05.2022_1.pdf (23.11.2022).
- Gesund durch Bewegung in Wattenscheid (o. J.): Gesund durch Bewegung in Wattenscheid. Bochum-Wattenscheid: Gesund durch Bewegung in Wattenscheid. <https://www.fit-in-wat.de/> (18.08.2022).
- Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland (o. J.-a): Das 9-Punkte Programm. Frankfurt am Main: Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland. <http://gesunde-staedte-netzwerk.de/9-punkte-programm/> (28.02.2022).
- Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland (o. J.-b): Wofür steht das Gesunde Städte-Netzwerk? Frankfurt am Main: Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland. <https://gesunde-staedte-netzwerk.de/> (28.02.2022).
- Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland (2020a): Lehren aus der Pandemie für die kommunale Gesundheitsförderung („8 Thesen“) – Praktische Schlussfolgerungen und Strategiebedarf des GSN (erste Ergebnisse und Fortschreibung auf Grundlage des online Treffens des Gesunde Städte Netzwerks am 28. Oktober 2020). Frankfurt am Main: Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland. <https://gesunde-staedte-netzwerk.de/wp-content/uploads/Gesundheitsfoerderung-Corona-8-Thesen-GSN-28102020.pdf> (16.02.2022).
- Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik Deutschland (2020b): Strategie-Treffen des Gesunde Städte-Netzwerks in München. Gesunde Städte Nachrichten 2020 (1), S. 27–29.
- Gibb, R., Franklins, L. H. V., Redding, D. W., Jones, K. E. (2020): Ecosystem perspectives are needed to manage zoonotic risks in a changing climate. *British Medical Journal* 371, m3389. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3389> (08.12.2022).
- GKV-Bündnis für Gesundheit (o. J.): Das Kommunale Förderprogramm. Berlin: GKV-Spitzenverband. <https://www.gkv-buendnis.de/foerderprogramm/kommunales-foerderprogramm/> (10.05.2022).
- GKV-Spitzenverband (2022): Nationale Präventionskonferenz. Berlin: GKV-Spitzenverband. https://www.gkv-spitzenverband.de/krankenversicherung/praevention_selbsthilfe_beratung/praevention_und_bgf/npk_nationale_praeventionskonferenz.jsp (28.02.2022).
- GKV-Spitzenverband (2014): Leitfaden Prävention Handlungsfelder und Kriterien des GKV-Spitzenverbandes zur Umsetzung der §§ 20 und 20a SGB V vom 21. Juni 2000 in der Fassung vom 10. Dezember 2014. Berlin: GKV-Spitzenverband. <http://www.bdem.de/pdf/Leitfaden-Praevention.pdf> (10.05.2022).
- GKV-Spitzenverband, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. Spitzenverband, Sozialversicherung für Landwirtschaft Forsten und Gartenbau, Deutsche Rentenversicherung Bund, Verband der Privaten Krankenversicherungen (2019): Erster Präventionsbericht nach § 20d Abs. 4 SGB V. Berlin: Die Nationale Präventionskonferenz. https://www.npk-info.de/fileadmin/user_upload/ueber_die_npk/downloads/2_praeventionsbericht/NPK-Praeventionsbericht_Barrierefrei.pdf.
- Glidden, C. K., Nova, N., Kain, M. P., Lagerstrom, K. M., Skinner, E. B., Mandle, L., Sokolow, S. H., Plowright, R. K., Dirzo, R., De Leo, G. A., Mordecai, E. A. (2021): Human-mediated impacts on biodiversity and the consequences for zoonotic disease spillover. *Current Biology* 31 (19), S. R1342–R1361.
- Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C. A., Trier, X., Wang, Z. (2020): An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science. Processes & Impacts* 22 (12), S. 2345–2373.
- GMK (Gesundheitsministerkonferenz) (2020): Beschlüsse der 93. GMK 30.09.2020 – 01.10.2020. Berlin: GMK. <https://www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&jahr=2020> (10.05.2022).
- Göckener, B., Weber, T., Rüdell, H., Bücking, M., Kolossa-Gehring, M. (2020): Human biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples from 1982 to 2019. *Environment International* 145, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106123> (09.05.2022).
- Goldenman, G., Fernandes, M., Holland, M., Tugran, T., Nordin, A., Schoumacher, C., McNeill, A. (2019): The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environ-

- mental and health impacts linked to exposure to PFAS. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. TemaNord 2019: 516.
- Graf, I. (2002): Vollzugsprobleme im Gewässerschutz. Zwischen verfassungsrechtlichem Anspruch und Realität. Baden-Baden: Nomos. Forum Umweltrecht 44.
- Graf, N. (2020): Ressortübergreifende Strategie soziale Stadt. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland. Wiesbaden: Springer VS, S. 263–267.
- Grafe, R. (2021): Klima und Gesundheit. In: Grafe, R. (Hrsg.): Umwelt- und Klimagerechtigkeit – Gesundheit und Wohlbefinden. Energiegewinnung und Energienutzung. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 25–34.
- Graw, K., Grätz, A., Matzarakis, A. (2019): Die Bioklimakarte von Deutschland: Zeitraum 1981 bis 2010. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 79 (7–8), S. 269–275.
- Greaves, L., Bialystok, L. (2011): Health in All Policies – All Talk and Little Action? Canadian Journal of Public Health 102 (6), S. 407–409.
- Greer, S. L., Lillvis, D. F. (2014): Beyond leadership: Political strategies for coordination in health policies. Health Policy 116 (1), S. 12–17.
- Grewe, H. A., Blättner, B. (2011): Hitzeaktionspläne in Europa. Strategien zur Bekämpfung gesundheitlicher Folgen von Extremwetterereignissen. Prävention und Gesundheitsförderung 6 (3), S. 158–163.
- Grigg, J. (2009): Particulate matter exposure in children: relevance to chronic obstructive pulmonary disease. Proceedings of the American Thoracic Society 6 (7), S. 564–569.
- Groneberg, D. A., Morfeld, P., Kraus, T., Köhler, D., Krug, N., Magnussen, H., Nowak, D., Rabe, K. F., Schultze-Werninghaus, G., Schulz, H., Teschler, H., Vogelmeier, C., Wagner, U., Welte, T., Voshaar, T., Witt, C. (2009): Gesundheitliche Effekte der Feinstaubbelastung – aktueller wissenschaftlicher Kenntnisstand. Pneumologie 63 (7), S. 363–368.
- Gronlund, C. J. (2014): Racial and socioeconomic disparities in heat-related health effects and their mechanisms: a review. Current Epidemiology Reports 1 (3), S. 165–173.
- Groth, M., Bender, S., Groth, B. J. (2021): Rechtlicher Rahmen der Anpassung an die Folgen des Klimawandels im urbanen Raum. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 44 (4), S. 385–414.
- Grothues, E., Köllner, B., Ptak, D., Dalelane, C., Deutschländer, T., Ertel, H., Hafer, M., Halbig, G., Kessler-Lauterkorn, T., Koch, C., Koßmann, M., Malitz, G., Roll, O., Schmitt, A., Weigl, E., Winterrath, T., Hartwig, C., Wiczorrek, Y., Rüsing, F., Schwerdorf, I. (2013): Klimawandelgerechte Metropole Köln. Abschlussbericht. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. LANUV-Fachbericht 50. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv-publ/3_fachberichte/30050.pdf (07.02.2023).
- Guarnieri, M., Balmes, J. R. (2014): Outdoor air pollution and asthma. Lancet 383 (9928), S. 1581–1592.
- Guerriero, C. (2020): Introduction. In: Guerriero, C. (Hrsg.): Cost-Benefit Analysis of Environmental Health Interventions. London: Academic Press, S. xv–xxxiv.
- Guerriero, C., Wright, J. S. F. (2020): Conclusion. In: Guerriero, C. (Hrsg.): Cost-Benefit Analysis of Environmental Health Interventions. London: Academic Press, S. 257–268.
- Guglielmin, M., Muntaner, C., O’Campo, P., Shankardass, K. (2018): A scoping review of the implementation of health in all policies at the local level. Health Policy 122 (3), S. 284–292.
- Haahntela, T. (2019): A biodiversity hypothesis. Allergy 74 (8), S. 1445–1456.
- Haahntela, T., Alenius, H., Lehtimäki, J., Sinkkonen, A., Fyhrquist, N., Hyöty, H., Ruokolainen, L., Makela, M. J. (2021): Immunological resilience and biodiversity for prevention of allergic diseases and asthma. Allergy 76 (12), S. 3613–3626.
- Haefeli, W. E., Czock, D. (2020): Heidelberger Hitze-Tabelle. Stand: 15.09.2020. Heidelberg: Universitätsklinikum Heidelberg, Abteilung Klinische Pharmakologie und Pharmakoepidemiologie. https://www.dosing.de/Hitze/Medikamentenmanagement_bei_Hitzewellen.pdf (27.03.2023).

- Haines, A., Scheelbeek, P. (2020): European Green Deal: a major opportunity for health improvement. *The Lancet* 395 (10233), S. 1327–1329.
- Hajat, S., O'Connor, M., Kosatsky, T. (2010): Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *The Lancet* 375 (9717), S. 85–863.
- Hale, L., Troxel, W., Buysse, D. J. (2020): Sleep Health: An Opportunity for Public Health to Address Health Equity. *Annual Review of Public Health* 41 (1), S. 81–99.
- Hamm, M. P., Cherry, N. M., Chan, E., Martin, J. W., Burstyn, I. (2010): Maternal exposure to perfluorinated acids and fetal growth. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 20 (7), S. 589–597.
- Hammit, J. K., Morfeld, P., Tuomisto, J. T., Erren, T. C. (2020): Premature Deaths, Statistical Lives, and Years of Life Lost: Identification, Quantification, and Valuation of Mortality Risks. *Risk Analysis* 40 (4), S. 674–695.
- Hangen, E., Klemm, A., Kronawitter, H., Schubert, A. (2010): Perfluorooctanoate (PFO) in Forest Soils near a Fluoropolymer Manufacturing Facility. *Water, Air, & Soil Pollution* 212 (1–4), S. 491–499.
- Hannappel, S., Groenewegen, J., Zühlke, S. (2014): Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 27/2014. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/texte_27_2014_antibiotika_und_antiparasitika_im_grundwasser_unter_standorten_mit_hoher_viehbesatzdichte_final.pdf (24.02.2022).
- Hannappel, S., Köpp, C., Zühlke, S., Balzer, F., Schulz, D. (2016): Identifizierung der Eintragsquellen von Antibiotika in das Grundwasser viehstarker Regionen. *Grundwasser* 21 (4), S. 295–304.
- 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. <https://www.julkari.fi/handle/10024/129631> (03.07.2019).
- Hänninen, O., Knol, A. B., Jantunen, M., Lim, T.-A., Conrad, A., Rappolder, M., Carrer, P., Fanetti, A.-C., Kim, R., Buekers, J., Torfs, R., Iavarone, I., Classen, T., Hornberg, C., Mekel, O. C. L. (2014): Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environmental Health Perspectives* 122 (5), S. 439–446.
- Hansen, M. M., Jones, R., Tocchini, K. (2017): Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (8), 851. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph14080851> (06.05.2022).
- Hansen, R., Born, D., Lindschulte, K., Rolf, W., Bartz, R., Schröder, A., Becker, C. W., Kowarik, I., Pauleit, S. (2018): Grüne Infrastruktur im urbanen Raum: Grundlagen, Planung und Umsetzung in der integrierten Stadtentwicklung. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 503. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript503.pdf> (17.10.2019).
- Hanski, I., Herten, L. von, Fyhrquist, N., Koskinen, K., Torppa, K., Laatikainen, T., Karisola, P., Auvinen, P., Paulin, L., Makela, M. J., Vartiainen, E., Kosunen, T. U., Alenius, H., Haahtela, T. (2012): Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (21), S. 8334–8339.
- Harrison, P. A., Berry, P. M., Simpson, G., Haslett, J. R., Blicharska, M., Bucur, M., Dunford, R., Egoh, B., Garcia-Llorente, M., Geamana, N., Geertsema, W., Lommelen, E., Meiresonne, L., Turkelboom, F. (2014): Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services* 9, S. 191–203.
- Harrison, S., Kivuti-Bitok, L., Macmillan, A., Priest, P. (2019): EcoHealth and One Health: A theory-focused review in response to calls for convergence. *Environment International* 132, 105058. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105058> (01.03.2022).
- Hartig, T., Mitchell, R., Vries, S. de, Frumkin, H. (2014): Nature and Health. *Annual Review of Public Health* 35, S. 207–228.
- Hartlik, J. (2022): Vorschläge zur Vereinfachung des UVP-Rechts und zur Planungsbeschleunigung. UVP-Report 36 (1), S. 27–31.
- Hartlik, J. (2020 (Stand: 2014)–a): 1: Anlass, Zielrichtung und Adressaten. In: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesund-

heitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. 2. ergänzte und korrigierte Aufl. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V., AG Menschliche Gesundheit, S. 15–16.

Hartlik, J. (2020 (Stand: 2014)–b): 3.4: Verhältnis Planungsrecht – umweltbezogenes Fachrecht. In: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. 2. ergänzte und korrigierte Aufl. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V., AG Menschliche Gesundheit, S. 32–33.

Hartlik, J., Heller, D. (2020): Vorsorgeorientierte Berücksichtigung der Gesundheitsfolgen in Umweltprüfungen. Paderborn: UVP-Gesellschaft. Merkblatt 01/2020. https://www.uvp.de/_openaccess/merkblaetter/merkblatt_01.pdf (28.03.2022).

Hartlik, J., Machtolf, M. (2018): Gesundheit in der Umweltprüfung. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungsberichte der ARL 8, S. 168–195.

Hartung, S., Rosenbrock, R. (2022): Settingansatz – Lebensweltansatz. Stand: 22.06.2022. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/settingansatz-lebensweltansatz/> (18.11.2022).

Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., Fevre, E. M. (2017): Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife-Livestock-Human Interface. *Trends in Ecology & Evolution* 32 (1), S. 55–67.

Hassold, E., Gallert, W., Schulze, J. (2021): Options for an environmental risk assessment of intentional and unintentional chemical mixtures under REACH: the status and ways forward. *Environmental Sciences Europe* 33, 131. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00565-0> (23.11.2022).

Häußermann, H., Siebel, W. (2004): Stadtsoziologie. Eine Einführung. Frankfurt am Main: Campus.

Häußler, S., Hofmann, M., Müller, M. (2020): Regionale Anpassung an den Klimawandel – Ein Überblick mit Empfehlungen für Kommunen in Baden-Württemberg. *Standort* 44 (3), S. 152–159.

HBM4EU-Konsortium (o. J.): HBM4EU. o. O.: HBM4EU-Konsortium. <https://www.hbm4eu.eu/> (25.02.2022).

HBM-Kommission des UBA (Human-Biomonitoring Kommission des Umweltbundesamtes) (2020): Aktuelle Human-Biomonitoring-Werte. Stand: März 2020. Dessau-Roßlau: HBM-Kommission des UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/bild/aktuelle-human-biomonitoring-werte> (24.02.2022).

Healey, P. (1998): Building institutional capacity through collaborative approaches to urban planning. *Environment and Planning / A* 30 (9), S. 1531–1546

Heaviside, C., Vardoulakis, S., Cai, X.-M. (2016): Attribution of mortality to the urban heat island during heat waves in the West Midlands, UK. *Environmental Health* 15, S27. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0100-9> (07.02.2023).

Heinrich, J., Slama, R. (2007): Fine particles, a major threat to children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 210 (5), S. 617–622.

Heinrichs, E., Scherbarth, F., Sommer, K. (2016): Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen. Dessau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/wirkungen_von_tempo_30_an_hauptstrassen.pdf (21.05.2019).

Heintzen, M. (2016): Was ist eine Gemeinschaftsaufgabe? *Deutsches Verwaltungsblatt* 131 (19), S. 1219–1222.

Held, T., Reinhard, M. (2020): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Texte 137/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas.pdf (25.02.2022).

Heller-Hutoran, S., Peters, O., Dannenberg, C. (2021): Die Zulassung unter REACH. 2. Aufl. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. REACH: Info. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/REACH-Info/REACH-Info-10.pdf> (15.08.2022).

Hellermann, J. (2012): Kooperativer Föderalismus in Gestalt der Gemeinschaftsaufgaben nach Art. 91a ff. des Grundgesetzes. In: Härtel, I. (Hrsg.): *Handbuch Föderalismus. Föderalismus als demokratische Rechtsord-*

- nung und Rechtskultur in Deutschland, Europa und der Welt. Bd. 1: Grundlagen des Föderalismus und der deutsche Bundesstaat. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 339–363.
- Helmert, U. (1998): Armut macht krank – Krankheit macht arm. *Public Health Forum* 6 (4), S. 9.
- Hemetek, U. (2019): Partizipation im Wohnumfeld. Benachteiligungsaspekte bei der Teilhabe von sozial benachteiligten Menschen mit Migrationshintergrund an der Gestaltung ihres Wohnumfeldes aus Public Health Perspektive. Bremen, Staats- und Universitätsbibliothek Bremen, Fachbereich Human- und Gesundheitswissenschaften, Dissertation.
- Hertig, E., Russo, A., Trigo, R. M. (2020): Heat and Ozone Pollution Waves in Central and South Europe – Characteristics, Weather Types, and Association with Mortality. *Atmosphere* 11 (12), 1271. <https://doi.org/10.3390/atmos11121271> (06.02.2023).
- Hertig, E., Schneider, A., Peters, A., Scheidt, W. von, Kuch, B., Meisinger, C. (2019): Association of ground-level ozone, meteorological factors and weather types with daily myocardial infarction frequencies in Augsburg, Southern Germany. *Atmospheric Environment* 217, 116975. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116975> (06.02.2023).
- Hertin, J. (2016): Making government more reflexive: The role of Regulatory Impact Assessment. Wageningen: Wageningen University.
- Hertin, J., Jacob, K., Volkery, A. (2008): Policy Appraisal. In: Jordan, A. J., Lenschow, A. (Hrsg.): *Innovation in Environmental Policy? Integrating the Environment for Sustainability*. Cheltenham, Northampton, Mass.: Elgar, S. 114–133.
- Herzler, M., Marx-Stoelting, P., Pirow, R., Riebeling, C., Luch, A., Tralau, T., Schwerdtle, T., Hensel, A. (2021): The “EU chemicals strategy for sustainability” questions regulatory toxicology as we know it: is it all rooted in sound scientific evidence? *Archives of Toxicology* 95, S. 2589–2601.
- Heyen, D. A. (2021): Soziale Wirkungen von Umweltpolitik. Konzeptionelle Fragen, empirischer Forschungsstand und weiterer Forschungsbedarf. Teilbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 158/2014. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/sozup_ap_2-1_bericht_21.10.2021.pdf (22.08.2022).
- Hickel, J. (2020): Quantifying national responsibility for climate breakdown: an equality-based attribution approach for carbon dioxide emissions in excess of the planetary boundary. *The Lancet Planetary Health* 4 (9), S. e399–e404.
- Hill-Cawthorne, G. A. (2019): One Health/EcoHealth/Planetary Health and their evolution. In: Walton, M. (Hrsg.): *One Planet, One Health*. Sydney: Sydney University Press, S. 1–20.
- Hinds, J., Sparks, P. (2011): The Affective Quality of Human-Natural Environment Relationships. *Evolutionary Psychology* 9 (3), S. 451–469.
- Hinz, T., Auspurg, K. (2016): Diskriminierung auf dem Wohnungsmarkt. In: Scherr, A., El-Mafaalani, A., Reinhardt, A. C. (Hrsg.): *Handbuch Diskriminierung*. Wiesbaden: Springer VS. Springer Reference Sozialwissenschaften. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-658-11119-9_21-1 (25.11.2022).
- HMSI (Hessisches Ministerium für Soziales und Integration) (2023): Hessischer Hitzeaktionsplan (HHAP). Wiesbaden: HMSI. <https://soziales.hessen.de/gesundheit/hitzeaktionsplan> (21.03.2023).
- Hoffmann, B., Moebus, S., Dragano, N., Stang, A., Möhlenkamp, S., Schmermund, A., Memmesheimer, M., Bröcker-Preuss, M., Mann, K., Erbel, R., Jöckel, K. H. (2009): Chronic residential exposure to particulate matter air pollution and systemic inflammatory markers. *Environmental Health Perspectives* 117 (8), S. 1302–1308.
- Holland, I., DeVille, N. V., Browning, M. H. E. M., Buehler, R. M., Hart, J. E., Hipp, J. A., Mitchell, R., Rakow, D. A., Schiff, J. E., White, M. P., Yin, J., James, P. (2021): Measuring Nature Contact: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (8), 4092. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084092> (06.05.2022).
- Hollender, J., Bavel, B. van, Dulio, V., Farmen, E., Fuhrmann, K., Koschorreck, J., Kunkel, U., Krauss, M., Munthe, J., Schlabach, M., Slobodnik, J., Stroomberg, G., Ternes, T., Thomaidis, N., Togola, A., Tornero Alvarez, M. (2019): High resolution mass spectrometry-based non-target screening can support regulatory en-

- vironmental monitoring and chemicals management. *Environmental Sciences Europe* 31, 42. <http://dx.doi.org/10.1186/s12302-019-0225-x> (25.02.2022).
- Holst, H. von, Nayak, P., Dembek, Z., Buehler, S., Echeverria, D., Fallacara, D., John, L. (2021): Perfluoroalkyl substances exposure and immunity, allergic response, infection, and asthma in children: review of epidemiologic studies. *Heliyon* 7 (10), e08160. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08160> (28.02.2022).
- Holtcamp, W. (2012): Pregnancy-induced hypertension “probably linked” to PFOA contamination. *Environmental Health Perspectives* 120 (2), S. a59–a59.
- Hölzer, J., Wilhelm, M. (2007): Querschnittsstudie zur Untersuchung der inneren Belastung von Mutter-Kind-Paaren und Männern in Gebieten erhöhter Trinkwasserbelastung mit perfluorierten Verbindungen („PFT“). Abschlussbericht. Bochum: Ruhr-Universität, Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin. <https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/gesundheits/pdf/pft-abschlussbericht.pdf> (06.02.2023).
- Hondula, D. M., Balling, R. C., Vanos, J. K., Georgescu, M. (2015): Rising Temperatures, Human Health, and the Role of Adaptation. *Current Climate Change Reports* 1 (3), S. 144–154.
- Hornberg, C., Bunge, C., Pauli, A. (2011): Strategien für mehr Umweltgerechtigkeit. Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis. Bielefeld, Berlin: Universität Bielefeld – Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Umweltbundesamt. [apug. http://www.apug.de/archiv/pdf/Strategiepapier_PDF.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/Strategiepapier_PDF.pdf) (14.03.2018).
- Hornberg, C., Claßen, T., Steckling, N., Samson, R., McCall, T., Tobollik, M., Mekel, O. C., Terschüren, C., Schillmöller, Z., Popp, J., Paetzelt, G., Schümann, M. (2013): Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung (Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, VegAS). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2013. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_01_2013_conrad_expositionsermittlung.pdf (06.02.2023).
- Hornberg, C., Maschke, J. (2017): Soziale Vulnerabilität im Kontext von Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 2017 (2), S. 43–49.
- Hornberg, C., Steckling, N., Tobollik, M., Mertes, H., Gerullis, M., Claßen, T., Schillmöller, Z., Popp, J., Paetzelt, G., Roos-Bugiel, J. (2016): Das Environmental Burden of Disease (EBD)-Konzept und Gesundheitskostenanalysen als Instrumente zur Prioritätensetzung im gesundheitsbezogenen Umweltschutz (Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umweltschutz, GENiUS). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt & Gesundheit* 02/2016. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_02_2016_das_environmental_burden_of_disease_konzept.pdf (12.04.2022).
- Horton, R., Beaglehole, R., Bonita, R., Raeburn, J., McKee, M., Wall, S. (2014): From public to planetary health: a manifesto. *The Lancet* 383 (9920), P847. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60409-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60409-8) (01.03.2022).
- Howden-Chapman, P., Siri, J., Chisholm, E., Chapman, R., Doll, C. N. H., Capon, A. (2017): Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. In: ICSU (International Council for Science) (Hrsg.): A guide to SDG interactions: From science to implementation. Paris: ICSU, S. 81–126.
- Hsiang, S., Oliva, P., Walker, R. (2019): The Distribution of Environmental Damages. *Review of Environmental Economics and Policy* 13 (1), S. 83–103.
- Huang, J., Deng, F., Wu, S., Lu, H., Hao, Y., Guo, X. (2013): The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 23, S. 559–564.
- Huber, J. (2011): Umweltbewusstsein. Vom fundamentalistischen Anamodus zur promodalen Normalität. In: Huber, J. (Hrsg.): *Allgemeine Umweltsoziologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 79–107.
- Hüglin, C., Gianini, M., Gehrig, R. (2012): Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub. Untersuchungen an ausgewählten NABEL-Standorten. Schlussbericht. Dübendorf: EMPA. https://www.empa.ch/documents/56101/246436/chem_char_pm10/d7e07ec3-0442-4749-b34f-3d26c9687038 (23.02.2022).

- Hurrelmann, K., Richter, M. (2022): Determinanten der Gesundheit. Stand: 15.06.2022. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/determinanten-der-gesundheit/> (29.03.2023).
- Hurrelmann, K., Richter, M. (2013): Gesundheits- und Medizinsoziologie. Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Gesundheitsforschung. 8., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa. Grundlagentexte Soziologie.
- Hustedt, T. (2014): Negative Koordination in der Klimapolitik: Die Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie. *Der moderne Staat – dms* 7 (2), S. 311–330.
- Hustedt, T., Danken, T. (2017): Institutional logics in inter-departmental coordination: Why actors agree on a joint policy output. *Public Administration* 95 (3), S. 730–743.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (2017): Some Chemicals Used as Solvents and in Polymer Manufacture. Lyon: IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 110. <https://publications.iarc.fr/547> (25.02.2022).
- IARC (2015): Outdoor Air Pollution. Lyon: IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans 109. https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/4317/b1f528f1fca20965a2b48a220f47447c1d94e6d1.pdf (22.11.2022).
- IARC (2014): Diesel and gasoline engine exhausts and some nittroarenes. Lyon: IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans 105. https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/3181/e6bd0692f1a9bb46589d3ca2d8178fa8dcd05ba5.pdf (22.11.2022).
- IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) (2023a): GBD Compare | Viz Hub. Seattle: University of Washington, IHME. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/> (15.08.2022).
- IHME (2023b): Germany. Seattle: University of Washington, IHME. <https://www.healthdata.org/germany> (29.03.2023).
- Inoue, K., Okada, F., Ito, R., Kato, S., Sasaki, S., Nakajima, S., Uno, A., Saijo, Y., Sata, F., Yoshimura, Y., Kishi, R., Nakazawa, H. (2004): Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related perfluorinated compounds in human maternal and cord blood samples: assessment of PFOS exposure in a susceptible population during pregnancy. *Environmental Health Perspective* 12 (11), S. 1204–1207.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (2020): IPBES Workshop on Biodiversity and Pandemics. Workshop Report. Bonn: IPBES. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4147317> (02.12.2022).
- IPBES (2019): Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673> (06.05.2022).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022a): Climate Change 2022. Impacts, Adaption and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_Full-Report.pdf (15.08.2022).
- IPCC (2022b): Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf (15.02.2023).
- IPCC (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. Geneva: IPCC. <https://www.ipcc.ch/sr15/> (22.03.2022).
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Genf: IPCC.
- IPES-Food (International Panel of Experts on Sustainable Food Systems) (2017): Unravelling the Food-Health Nexus. Addressing practices, political economy, and power relations to build healthier food systems. Brussels: IPES-Food [https://ipes-food.org/_img/upload/files/Health_FullReport\(1\).pdf](https://ipes-food.org/_img/upload/files/Health_FullReport(1).pdf) (06.05.2022).

- Irvine, K. N., Hoesly, D., Bell-Williams, R., Warber, S. L. (2019): Biodiversity and Spiritual Well-being. In: Marselle, M. R., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K. N., Bonn, A. (Hrsg.): Biodiversity and Health in the Face of Climate Change. Cham: Springer, S. 213–247.
- Iungman, T., Cirach, M., Marando, F., Barboza, E. P., Khomenko, S., Masselot, P., Quijal-Zamorano, M., Mueller, N., Gasparrini, A., Urquiza, J., Heris, M., Thondoo, M., Nieuwenhuijsen, M. (2023): Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities. *The Lancet*. First published online. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5) (07.02.2023).
- Jackson, W. (1999): Introduction – To foresee and to forestall. In: Raffensperger, C., Tickner, J. (Hrsg.): Protecting Public Health & the Environment. Washington, DC: Island Press, S. 1–12.
- Jacob, K., Guske, A.-L., Weiland, S., Range, C., Pestel, N., Sommer, E. (2016): Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 73/2016. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-01-11_texte_73-2016_abschlussbericht_verteilungswirkungen_final.pdf (15.08.2022).
- Jacob, K., Volkery, A., Lenschow, A. (2008): Instruments for Environmental Policy Integration in 30 OECD-Countries. In: Jordan, A. J., Lenschow, A. (Hrsg.): Innovation in Environmental Policy? Integrating environment for sustainability. Cheltenham, Northampton, Mass.: Elgar, S. 24–45.
- James, P., Banay, R. F., Hart, J. E., Laden, F. (2015): A Review of the Health Benefits of Greenness. *Current Epidemiology Reports* 2 (2), S. 131–142.
- Jänicke, M., Kunig, P., Stitzel, M. (2003): Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen. Lern- und Arbeitsbuch. Bd. 1. 2., aktualisierte Aufl. Bonn: Dietz.
- Jann, W., Wegrich, K. (2019): Generalists and specialists in executive politics: Why ambitious meta-policies so often fail. *Public Administration* 97 (4), S. 845–860.
- Jarass, H. D., Kment, M. (2022): Baugesetzbuch. 3. Aufl. München: C.H. Beck. Beck'sche Kompakt-Kommentare.
- Jarass, H. D., Pieroth, B. (2022): Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland: GG. Kommentar. 17. Aufl. München: Beck.
- Jarre, J. (1976): Die verteilungspolitische Bedeutung von Umweltschäden. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. Wirtschaftspolitische Studien 42.
- Jarre, J. (1975): Umweltbelastungen und ihre Verteilung auf soziale Schichten. Göttingen: Schwartz.
- Jegodka, Y., Lagally, L., Mertes, H., Deering, K., Schoierer, J., Buchberger, B., Bose-O'Reilly, S. (2021): Hot days and Covid-19: Online survey of nurses and nursing assistants to assess occupational heat stress in Germany during summer 2020. *The Journal of Climate Change and Health* 3, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100031> (21.03.2023).
- Jelks, N. T. O., Jennings, V., Rigolon, A. (2021): Green Gentrification and Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (3), 907. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030907> (12.08.2022).
- Jewell, K. S., Hermes, N., Ehlig, B., Thron, F., Köppe, T., Thorenz, U., Schlüsener, M. P., Dietrich, C., Wick, A., Ternes, T. A. (2021): Methodik zur Anwendung von Non-Target-Screening (NTS) mittels LC-MS/MS in der Gewässerüberwachung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 144/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_144-2021_non-target-screening.pdf (25.02.2022).
- Job, H., Merlin, C., Metzler, D., Schamel, J., Woltering, M. (2016): Regionalwirtschaftliche Effekte durch Naturtourismus. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 520.
- Joensen, U. N., Bossi, R., Leffers, H., Jensen, A. A., Skakkebaek, N. E., Jørgensen, N. (2009): Do perfluoroalkyl compounds impair human semen quality? *Environmental Health Perspective* 117 (6), S. 923–927.
- Jordan, A. J., Lenschow, A. (2010): Environmental policy integration: a state of the art review. *Environmental Policy and Governance* 20 (3), S. 147–158.
- Jörissen, J. (1996): TA-Projekt „Möglichkeiten und Probleme bei der Verfolgung und Sicherung nationaler und EG-weiter Umweltschutzziele im Rahmen der europäischen Normung“. Endbericht. Berlin: Büro für Technik-

- folgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. TAB-Arbeitsbericht 43.
- Jungmichel, N., Nill, M., Wick, K. (2021): Von der Welt auf den Teller. Kurzstudie zur globalen Umweltinanspruchnahme unseres Lebensmittelkonsums. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/uba_210121_kurzstudie_nahrung_barr.pdf (18.08.2022).
- Kaba-Schönstein, L. (2018): Gesundheitsförderung 1: Grundlagen. Stand: 15.06.2018. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/gesundheitsfoerderung-1-grundlagen/> (18.08.2022).
- Kabisch, N. (2019): The Influence of Socio-economic and Socio-demographic Factors in the Association Between Urban Green Space and Health. In: Marselle, M. R., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K. N., Bonn, A. (Hrsg.): Biodiversity and Health in the Face of Climate Change. Cham: Springer, S. 91–119.
- Kahl, W., Gärditz, K. F. (2021): Umweltrecht. 12., vollständig neu bearb. Aufl. München: Beck. Schriftenreihe der Juristischen Schulung 98.
- Kahlenborn, W., Porst, L., Voß, M., Fritsch, U., Renner, K., Zebisch, M., Wolf, M., Schönthaler, K., Schausser, I. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021. Kurzfassung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Climate Change 26/2021 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung> (17.08.2022).
- Kahn, L. H., Kaplan, B., Monath, T. P., Steele, J. H. (2008): Teaching “one medicine, one health”. *American Journal of Medicine* 121 (3), S. 169–170.
- Kaiser, T., Kind, C., Dudda, L. (2021a): Handlungsempfehlungen zur Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen. Bekanntheit und Rezeption in Bundesländern und Kommunen. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 2021 (1), S. 17–25.
- Kaiser, T., Kind, C., Dudda, L., Sander, K. (2021b): Klimawandel, Hitze und Gesundheit: Stand der gesundheitlichen Hitzevorsorge in Deutschland und Unterstützungsbedarf der Bundesländer und Kommunen. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 2021 (1), S. 27–37.
- Karlsson-Vinkhuyzen, S., Boelee, E., Cools, J., Hoof, L. van, Hospes, O., Kok, M., Peerlings, J., Tatenhove, J. van, Termeer, C. J. A. M., Visseren-Hamakers, I. J. (2018): Identifying barriers and levers of biodiversity mainstreaming in four cases of transnational governance of land and water. *Environmental Science and Policy* 85, S. 132–140.
- Kärroman, A., Langlois, I., Bavel, B. van, Lindström, G., Oehme, M. (2007): Identification and pattern of perfluorooctane sulfonate (PFOS) isomers in human serum and plasma. *Environment International* 33 (6), S. 782–788.
- Kazmierczak, A. (2013): The contribution of local parks to neighbourhood social ties. *Landscape and Urban Planning* 109 (1), S. 31–44.
- Kemen, J., Schäffer-Gemein, S., Kistemann, T. (2020): Klimaanpassung und Hitzeaktionspläne: Ein idealtypisches Thema der geografischen Gesundheitsforschung. In: BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (Hrsg.): Gesundheit und Krankheit aus räumlicher Perspektive. Stuttgart: Steiner. Informationen zur Raumentwicklung 1/2020, S. 58–69.
- KEMI (Swedish Chemicals Agency) (2021): Improving the regulatory assessment of combination effects: steps towards implementing the mixture assessment factor (MAF) in chemical regulation. Stockholm: KEMI. PM 8/21. <https://www.kemi.se/download/18.663e01517a129aa97f5cd/1624266627992/PM%208-21-Improving-the%20regulatory-assessment-of-combination-effects-steps-towards-implementing-the-mixture-assessment-factor-MAF-in-chemical-regulation.pdf> (09.02.2023).
- Kendrovski, V., Baccini, M., Martinez, G. S., Wolf, T., Paunovic, E., Menne, B. (2017): Quantifying Projected Heat Mortality Impacts under 21st-Century Warming Conditions for Selected European Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (7), 729. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070729> (17.08.2022).
- Kendrovski, V., Schmoll, O. (2019): Priorities for protecting health from climate change in the WHO European Region: recent regional activities. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 537–545.

- Kenner, L., Kenner, S., Prainsack, B., Wallner, P., Lemmerer, K., Weitensfelder, L., Hutter, H.-P. (2022): Die Klimakrise als ethische Herausforderung. Wiener Medizinische Wochenschrift. <https://doi.org/10.1007/s10354-022-00986-3>.
- Kenny, G. P., Wilson, T. E., Flouris, A. D., Fujii, N. (2018): Heat exhaustion. *Handbook of Clinical Neurology* 157, S. 505–529.
- Khreis, H., Cirach, M., Mueller, N., Hoogh, K. d., Hoek, G., Nieuwenhuijsen, M. J., Rojas-Rueda, D. (2019): Outdoor air pollution and the burden of childhood asthma across Europe. *European Respiratory Journal* 54 (4), 1802194. <https://doi.org/10.1183/13993003.02194-2018> (22.02.2022).
- Kim, K.-H., Ho, D. X., Brown, R. J. C., Oh, J. M., Park, C. G., Ryu, I. C. (2012): Some insights into the relationship between urban air pollution and noise levels. *Science of The Total Environment* 424, S. 271–279.
- King's College London (2019): CORDIS – Forschungsergebnisse der EU: Ultrafeine Partikel und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit: Unionspolitik braucht Überarbeitung. Brüssel: Europäische Kommission. <https://cordis.europa.eu/article/id/415545-ultrafine-particles-and-health-impact-revising-eu-policy/de> (23.02.2022).
- King's College London (2017): Differentiated health impacts of primary and secondary ultrafine particles. Brüssel: Europäische Kommission. <https://cordis.europa.eu/project/id/747882/de> (23.02.2022).
- King, T. A. (2021): The One Medicine concept: its emergence from history as a systematic approach to re-integrate human and veterinary medicine. *Emerging Topics in Life Sciences* 5 (5), S. 643–654.
- Kingsley, S. L., Eliot, M. N., Kelsey, K. T., Calafat, A. M., Ehrlich, S., Lanphear, B. P., Chen, A., Braun, J. M. (2018): Variability and predictors of serum perfluoroalkyl substance concentrations during pregnancy and early childhood. *Environmental Research* 165, S. 247–257.
- Kistemann, T. (2016): Das Konzept der Therapeutischen Landschaften. In: Gebhard, U., Kistemann, T. (Hrsg.): *Landschaft, Identität und Gesundheit. Zum Konzept der Therapeutischen Landschaften*. Wiesbaden: Springer VS, S. 123–149.
- Kleinschroth, F., Kowarik, I. (2020): COVID-19 crisis demonstrates the urgent need for urban green spaces. *Frontiers in Ecology and the Environment* 18 (6), S. 318–319.
- Klinenberg, E. (2015): *Heat Wave. A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. 2nd ed. Chicago: University of Chicago Press.
- Kloepfer, M. (2016): *Umweltrecht*. 4. Aufl. München: Beck.
- Kloepfer, M., Franzius, C., Reinert, S. (1994): *Zur Geschichte des deutschen Umweltrechts*. Berlin: Duncker & Humblot. *Schriften zum Umweltrecht* 50.
- Kloepfer, M., Rehbinder, E., Schmidt-Aßmann, E., Kunig, P. (1991): *Umweltgesetzbuch. Allgemeiner Teil*. 2. Aufl. Berlin: Erich Schmidt. Umweltbundesamt, *Berichte* 07/90.
- Klose, R. (2017): Partikel-Alarm für Benziner – Russpartikel aus Direkteinspritzern. Dübendorf: Empa. <https://www.empa.ch/de/web/s604/soot-particles-from-gdi> (23.02.2022).
- Knapp, C. W., Dolfing, J., Ehlert, P. A., Graham, D. W. (2010): Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940. *Environmental Science & Technology* 44 (2), S. 580–587.
- Knobel, P., Dadvand, P., Maneja-Zaragoza, R. (2019): A systematic review of multi-dimensional quality assessment tools for urban green spaces. *Health & Place* 59, 102198. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102198> (06.05.2022).
- Knuschke, P., Unverricht, I., Ott, G., Janßen, M. (2007): *Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien*. Dortmund, Berlin, Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. *Forschung Projekt F 1777*. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Berichte/F1777.pdf> (07.02.2023).
- Koch, H.-J., Hofmann, E., Reese, M. (Hrsg.) (2018): *Handbuch Umweltrecht*. 5., überarb. Aufl. München: Beck.
- Koch, K., Ysebaert, T., Denys, S., Samson, R. (2020): Urban heat stress mitigation potential of green walls: A review. *Urban Forestry & Urban Greening* 55, 126843. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126843> (21.03.2023).

- Köck, W. (2023a): Klimaanpassung in der Regionalplanung. Auf dem Weg zum Klimaanpassungsgesetz. *Zeitschrift für Umweltrecht* 34 (5), S. 266–273.
- Köck, W. (2023b): Das Vorsorgeprinzip im Umweltrecht: Historische Grundlagen – Dogmatik – Hauptanwendungsbereiche – neue Herausforderungen. In: Köck, W., Markus, T., Reese, M. (Hrsg.): *Zukunftsfähiges Umweltrecht I. Umweltrecht im Anthropozän – Das Vorsorgeprinzip vor neuen Herausforderungen* Baden-Baden: Nomos. *Leipziger Schriften zum Umwelt- und Planungsrecht* 42, S. 69–97.
- Köck, W. (2022a). Vortrag, Nachhaltigkeitsgerichtstag – Gesetze für die sozial-ökologische Transformation, 30.11.2022, Online-Veranstaltung.
- Köck, W. (2022b): Die PFC-Grundwasserbelastung in Mittelbaden – eine einführende Problemskizze. *Zeitschrift für Umweltrecht* 33 (12), S. 643–647.
- Köck, W. (2022c): Der Umgang mit wissenschaftlicher Unsicherheit in der Rechtsprechung zum EU-Naturschutzrecht. *Zeitschrift für Umweltrecht* 33 (5), S. 259–270.
- Köck, W. (2021): Für ein zukunftsfähiges und umweltgerechtes Landwirtschaftsgesetz in Deutschland. *Agrar- und Umweltrecht* 2021 (6), S. 287–293.
- Köck, W. (2020a): Gesundheitsschutz im Umweltrecht – Umwelt- und Naturschutzrecht als Beitrag zur Pandemie-Prävention und Minderung der Pandemiefolgen. *Zeitschrift für Umweltrecht* 31 (9), S. 464–470.
- Köck, W. (2020b): Grenzwerte im Umweltrecht: Entwicklung – Rechtsbindung – Perspektiven. Unter besonderer Berücksichtigung des Wasserrechts. *Zeitschrift für Umweltrecht* 31 (3), S. 131–140.
- Köck, W. (2017): Zur Parallelität von Wassernutzungsrechten und Windnutzungsrechten. *Zeitschrift für Umweltrecht* 28 (12), S. 684–689.
- Köck, W. (2011): Risikoregulierung im Chemikalienrecht. In: Albers, M. (Hrsg.): *Risikoregulierung im Bio-, Gesundheits- und Medizinrecht*. Baden-Baden: Nomos. *Schriften zum Bio-, Gesundheits- und Medizinrecht* 9, S. 105–122.
- Köck, W. (2005): Die Entwicklung des Vorsorgeprinzips im Recht – ein Hemmnis für Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften? In: Hansjürgens, B., Nordbeck, R. (Hrsg.): *Chemikalienregulierung und Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften*. Heidelberg: Physica, S. 85–120.
- Köck, W., Dilling, O. (2018): Was bleibt? Deutsches Umweltrecht in vergleichender Perspektive. *Die Öffentliche Verwaltung* 71 (15), S. 594–605.
- Köck, W., Fischer, H. (2018): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung und Umweltgerechtigkeit als Problem des Städtebau- und Bauplanungsrecht. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): *Planung für gesundheitsfördernde Städte*. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. *Forschungsberichte der ARL* 8, S. 145–165.
- Köck, W., Henn, E. (2020): Die Rechte der Wasserversorger bei der Grundwasserressourcenbewirtschaftung – Dargestellt am Beispiel der PFC-Grundwasserbelastungen in Mittelbaden. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 39 (8), S. 497–576.
- Köck, W., Kern, K. (2012): Rechtliche Strategien zur Bewältigung von Risiken im Stoffrecht – zur konzeptionellen Entwicklung des Stoffrechts. In: Hecker, B., Hender, R., Proelß, A., Reiss, P. (Hrsg.): *Perspektiven des Stoffrechts*. 27. Trierer Kolloquium zum Umwelt- und Technikrecht vom 1. bis 2. September 2011. Berlin: Erich Schmidt. *Umwelt- und Technikrecht* 114, S. 21–69.
- Köck, W., Lehmann, K. (2013): Die Entwicklung des Luftqualitätsrechts. *Zeitschrift für Umweltrecht* 24 (2), S. 67–75.
- Köck, W., Rheinschmitt, C. (2020): Länderkompetenzen für die Erhebung einer nichtsteuerlichen Abgabe auf die Windenergienutzung im Außenbereich. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 39 (23), S. 1697–1703.
- Köckler, H. (2020): Umweltbezogene Gerechtigkeit. *Nachrichten der ARL* 50 (1–2), S. 24–26.
- Köckler, H. (2019): Sozialraum und Gesundheit. In: Haring, R. (Hrsg.): *Gesundheitswissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer. *Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit*, S. 517–525.
- Köckler, H. (2017): Umweltbezogene Gerechtigkeit. Anforderungen an eine zukunftsweisende Stadtplanung. Frankfurt am Main, Bern, Wien: PL. *Academic Research Stadtentwicklung* 2.

- Köckler, H., Agatz, K., Simon, D., Flacke, J. (2020): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. In: BBSR (Hrsg.): Gesundheit und Krankheit aus räumlicher Perspektive. Stuttgart: Steiner. Informationen zur Raumentwicklung 1/2020, S. 96–109.
- Köckler, H., Baumgart, S., Blättner, B., Bolte, G., Flacke, J., Hemetek, U., Rüdiger, A., Schüle, S. A., Shrestha, R., Sieber, R., Waegerle, L. (2018): Stadt als gesunder Lebensort unabhängig von sozialer Ungleichheit. In: Fehr, R., Hornberg, C. (Hrsg.): Stadt der Zukunft – Gesund und nachhaltig. Brückenbau zwischen Disziplinen und Sektoren. München: oekom. Nachhaltige Gesundheit in Stadt und Region 1, S. 265–289.
- Köckler, H., Hornberg, C. (2012): Vulnerabilität als Erklärungsmodelleiner sozial differenzierten Debatte um Risiken und Chancen im Kontext von Umweltgerechtigkeit. In: Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H., Mielck, A. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: Huber, S. 73–86.
- Köckler, H., Sieber, R. (2020): Die Stadt als gesunder Lebensort?! Stadtentwicklung als ein Politikfeld für Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 63 (8), S. 928–935.
- Koerth, J., Massmann, F., Dittmann, S. (2019): Kommunale Klimaanpassung in Schleswig-Holstein. Chancen und Herausforderungen. Standort 43 (2), S. 177–184.
- Kohler-Koch, B., Fuchs, S., Friedrich, D. A. (2022): Verbände mit Zukunft? Die Re-Organisation industrieller Interessen in Deutschland. Wiesbaden: Springer VS.
- Kollmann, A., Schneider, F. (2010): Why Does Environmental Policy in Representative Democracies Tend to Be Inadequate? A Preliminary Public Choice Analysis. Sustainability 2 (12), S. 3710–3734.
- Kommission Human-Biomonitoring (2014): Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Grundsatzpapier zur Ableitung von HBM-Werten. Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt 57, S. 138–147.
- Kondo, M. C., Oyekanmi, K. O., Gibson, A., South, E. C., Bocarro, J., Hipp, J. A. (2020): Nature Prescriptions for Health: A Review of Evidence and Research Opportunities. International Journal of Environmental Research and Public Health 17 (12), 4213. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124213> (21.03.2023).
- Köper, L. M., Bode, C., Bender, A., Reimer, I., Heberer, T., Wallmann, J. (2020): Eight years of sales surveillance of antimicrobials for veterinary use in Germany – What are the perceptions? PLoS One 15, 0237459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237459> (24.02.2022).
- Kopernikus-Projekt Ariadne (2021): Wie die Governance der deutschen Klimapolitik gestärkt werden kann. Ariadne-Kurz dossier. Potsdam: Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. https://ariadneprojekt.de/media/2021/11/Ariadne-Kurz-dossier_Governance_November2021.pdf (02.03.2022).
- Korte, H., Schäfers, B. (Hrsg.) (2008): Einführung in Hauptbegriffe der Soziologie. 7., grundlegend überarb. Aufl. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften. Einführungskurs Soziologie 1.
- Kortenkamp, A., Faust, M. (2018): Regulate to reduce chemical mixture risk. Science 361 (6399), S. 224–226.
- Koschorreck, J., Conrad, A., Körner, A., Rütther, M., Schröter-Kermani, C., Mohaupt, V., Kolossa-Gehring, M., Fliedner, A., Rüdell, H. (2013): Die Umweltprobenbank. Umweltbeobachtung mit Proben von Mensch und Umwelt. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/die_umweltprobenbank.pdf (25.02.2022).
- Kotera, Y., Richardson, M., Sheffield, D. (2022): Effects of Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy on Mental Health: a Systematic Review and Meta-analysis. International Journal of Mental Health and Addiction 20, S. 337–361.
- Kotharkar, R., Ghosh, A. (2022): Progress in extreme heat management and warning systems: A systematic review of heat-health action plans (1995-2020). Sustainable Cities and Society 76, 103487. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103487> (10.05.2022).
- Kraemer, R., Kabisch, N. (2022): Parks Under Stress: Air Temperature Regulation of Urban Green Spaces Under Conditions of Drought and Summer Heat. Frontiers in Environmental Science 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.849965>.

- Krämer, L. (2014): EU Enforcement of Environmental Laws: From Great Principles to Daily Practice – Improving Citizen Involvement. *Environmental Policy and Law* 44 (1–2), S. 247–256.
- KRdL (Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL) (2014): Messen von Partikeln – Erfassung von Schwebstaub und gasförmigen chemischen Verbindungen in Außenluft und Innenraumluft – Aktive Probenahme mittels Low-Volume-Sampler (LVS). Düsseldorf: VDI. VDI 2463 Blatt 7.
- Krebs, S., Lietz, A. L., Hasseler, M. (2021): Notwendige Anpassungen in Einrichtungen der Gesundheitsversorgung aufgrund hitzebedingter Dehydrationsrisiken. In: Günster, C., Klauber, J., Robra, B.-P., Schmucker, C., Schneider, A. (Hrsg.): *Versorgungs-Report Klima und Gesundheit*. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft S. 191–203.
- Kreienkamp, F., Philip, S. Y., Tradowsky, J. S., Kew, S. F., Lorenz, P., Arrighi, J., Belleflamme, A., Bettmann, T., Caluwaerts, S., Chan, S. C., Ciavarella, A., Cruz, L. D., Vries, H. de, Demuth, N., Ferrone, A., Fischer, E. M., Fowler, H. J., Goergen, K., Heinrich, D., Henrichs, Y., Lenderink, G., Kaspar, F., Nilson, E., Otto, F. E. L., Ragone, F., Seneviratne, S. I., Singh, R. K., Skålevåg, A., Termonia, P., Thalheimer, L., Aalst, M. van, Bergh, J. van den, Vyver, H. van den, Vannitsem, S., Oldenborgh, G. J. van, Schaeybroeck, B. V., Vautard, R., Vonk, D., Wanders, N. (o. J.): Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021. o. O.: World Weather Attribution. <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf> (25.11.2022).
- Krieger, N. (2003): Genders, sexes, and health: what are the connections – and why does it matter? *International Journal of Epidemiology* 32 (4), S. 652–657.
- Kriegner, S., Ottersen, T., Røttingen, J.-A., Gopinathan, U. (2021): Promoting Intersectoral Collaboration Through the Evaluations of Public Health Interventions: Insights From Key Informants in 6 European Countries. *International Journal of Health Policy and Management* 10 (2), S. 67–76.
- Krug, A., Fenner, D., Holtmann, A., Scherer, D. (2019): Occurrence and Coupling of Heat and Ozone Events and Their Relation to Mortality Rates in Berlin, Germany, between 2000 and 2014. *Atmosphere* 10 (6), 348. <https://doi.org/10.3390/atmos10060348> (05.05.2022).
- Krug, A., Mücke, H.-G. (2018): Auswertung Hitze-bezogener Indikatoren als Orientierung der gesundheitlichen Belastung. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 2018 (2), S. 67–79.
- Kühling, W. (2021): Die Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen in der Umweltprüfung. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V. UVP Merkblatt 04. https://www.uvp.de/_openaccess/merkblaetter/merkblatt_04.pdf (24.11.2022).
- Kuhn, J., Böhm, A. (2020): Gesundheitsschutz. Stand: 17.03.2020. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/gesundheitschutz/> (09.05.2022).
- Külpmann, C. (2022): Steuerung der Wohnraumvorsorge und des Freiraumschutzes durch das Bauplanungsrecht. *Zeitschrift für Umweltrecht* 33 (2), S. 81–85.
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., Hoang, U., Hama, S., Tiwari, A., Sharma, A., Abhijith, K. V., Adlakha, D., McNabola, A., Astell-Burt, T., Feng, X. Q., Skeldon, A. C., Lusignan, S. de, Morawska, L. (2019): The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment International* 133 (Part A), 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181> (08.02.2023).
- La Rocca, C., Alessi, E., Bergamasco, B., Caserta, D., Ciardo, F., Fanello, E., Focardi, S., Guerranti, C., Stecca, L., Moscarini, M., Perra, G., Tait, S., Zaghi, C., Mantovani, A. (2012): Exposure and effective dose biomarkers for perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in infertile subjects: preliminary results of the PREVIENI project. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 215 (2), S. 206–211.
- Lade, S. J., Fetzer, I., Cornell, S. E., Crona, B. (2021): A prototype Earth system impact metric that accounts for cross-scale interactions. *Environmental Research Letters* 16 (11), 115005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2db1> (28.11.2022).
- Lade, S. J., Norberg, J., Anderies, J. M., Beer, C., Cornell, S. E., Donges, J. F., Fetzer, I., Gasser, T., Richardson, K., Rockström, J., Steffen, W. (2019): Potential feedbacks between loss of biosphere integrity and climate change.

- Global Sustainability 2, e21. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.18> (28.11.2022).
- Lade, S. J., Steffen, W., Vries, W. de, Carpenter, S. R., Donges, J. F., Gerten, D., Hoff, H., Newbold, T., Richardson, K., Rockström, J. (2020): Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. *Nature Sustainability* 3 (2), S. 119–128.
- Lafferty, W., Hovden, E. (2003): Environmental policy integration: towards an analytical framework. *Environmental politics* 12 (3), S. 1–22.
- Lafferty, W. M., Larson, O. M., Ruud, A. (2008): Norway. In: Jordan, A. J., Lenschow, A. (Hrsg.): *Innovation in Environmental Policy? Integrating the Environment for Sustainability*. Cheltenham, Northampton, Mass.: Elgar, S. 202–223.
- LAG VSW (Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten) (2014): *Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogellebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten (Stand April 2015)*. *Berichte zum Vogelschutz* 51, S. 15–42.
- Lahart, I., Darcy, P., Gidlow, C., Calogiuri, G. (2019): The Effects of Green Exercise on Physical and Mental Wellbeing: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (8), 1352. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081352> (06.05.2022).
- Lampert, P., Lippl, M., Hajzeraj, A. (2020): *Entwicklung und Validierung von Erhebungsinstrumenten für die Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Erwachsenen (GerES)*. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Umwelt und Gesundheit* 04/2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-validierung-von-erhebungsinstrumenten> (09.02.2023).
- Lampert, T., Hoebel, J., Kroll, L. E. (2019): Soziale Unterschiede in der Mortalität und Lebenserwartung in Deutschland. Aktuelle Situation und Trends. *Journal of Health Monitoring* 4 (1), S. 3–15.
- Lan, L., Ghasemifard, H., Yuan, Y., Hachinger, S., Zhao, X., Bhattacharjee, S., Bi, X., Bai, Y., Menzel, A., Chen, J. (2020): Assessment of Urban CO₂ Measurement and Source Attribution in Munich Based on TDLAS-WMS and Trajectory Analysis. *Atmosphere* 11 (1), 58. <https://doi.org/10.3390/atmos11010058> (28.11.2022).
- Lan, L., Tsuzuki, K., Liu, Y. F., Lian, Z. W. (2017): Thermal environment and sleep quality: A review. *Energy and Buildings* 149, S. 101–113.
- The Lancet Countdown on Health and Climate Change (2021): *Policy Brief für Deutschland 2021*. Berlin u. a.: Bundesärztekammer, Institut für Epidemiologie des Helmholtz Zentrum München, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung - PIK, Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit. https://www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021_Document_v2.pdf (17.08.2022).
- Landeshauptstadt Düsseldorf (o. J.): *Grundwasser-Verunreinigung Hilden / Benrath mit CKW und PFT*. Düsseldorf: Landeshauptstadt Düsseldorf. <https://www.duesseldorf.de/umweltamt/umwelt-und-verbraucher-themen-von-a-z/altlast/grundwassersanierung/gw-verunreinigungen-hilden-benrath.html> (19.08.2022).
- Landmann, R. von, Rohmer, G. (2022): *Umweltrecht. Kommentar*. Losebl.-Ausg., 99. Erg.-Lfg. München: Beck.
- Landschaft Planen & Bauen, Becker Giseke Mohren Richard (1990): *Der Biotopflächenfaktor als ökologischer Kennwert. Grundlagen zur Ermittlung und Zielgrößenbestimmung*. Auszug. Berlin: Landschaft Planen & Bauen, Becker Giseke Mohren Richard. https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/natur-gruen/landschaftsplanung/bff-biotopflaechenfaktor/auszug_bff_gutachten_1990.pdf (09.02.2023).
- Langenbrinck, G., Schmidt, F. (2022): *Die Corona-Pandemie und Grün in der Stadt: Rückschlüsse durch Rezeptionen aus dem internationalen Raum. Kurzexpe- tise im Rahmen des Forschungsprojekts „Maßnahmen auf dem Gebiet Grün in der Stadtentwicklung – Umsetzung von Maßnahmen des Bundes aus dem Weißbuch Stadtgrün (Weißbuch-Umsetzung)“*. Berlin: Urbanizers. https://gruen-in-der-stadt.de/uploads/files/Kurzexpe-rtise_CoronaundStadtgru%CC%88n_getaggt.pdf (18.08.2022).
- LANUV NRW (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2023): *Aktualisierte Verzehrempfehlungen für Fische des Ruhreinzugsgebiets*. Recklinghausen: LANUV NRW. <https://www.lanuv.nrw.de/verbraucher/aktuelles/verbraucher-warnungen/aktualisierte-verzehrempfehlungen-fuer-fische-des-ruheinzugsgebiets> (06.02.2023).

- LANUV NRW (2022a): Feinstaubkonzentration im städtischen Hintergrund. Recklinghausen: LANUV NRW. <https://umweltindikatoren.nrw.de/umwelt-und-gesundheit/feinstaubkonzentration-im-staedtischen-hintergrund> (06.02.2023).
- LANUV NRW (2022b): PFC im Klärschlamm. Recklinghausen: LANUV NRW. <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/gefahrstoffe/pfc/pfc-im-klarschlamm> (09.05.2022).
- LANUV NRW (2021): Fälle mit PFAS-Belastungen im Boden und Grundwasser in Nordrhein-Westfalen (Stand: Mai 2021). Recklinghausen: LANUV NRW. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/uploads/PFAS-Bestandsaufnahme_Bericht_f%C3%BCr-Homepage.pdf (06.02.2023).
- Lapinski, M. K., Funk, J. A., Moccia, L. T. (2015): Recommendations for the role of social science research in One Health. *Social Science & Medicine* 129, S. 51–60.
- Laschewski, G., Matzarakis, A. (2022): Weather-Related Human Outdoor Behavior with Respect to Solar Ultraviolet Radiation Exposure in a Changing Climate. *Atmosphere* 13 (8), 1183. <https://doi.org/10.3390/atmos13081183> (07.02.2023).
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2021): Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung. Erfordernisse aus Sicht der Wasserwirtschaft. Berlin: LAWa. Positionspapier. https://www.lawa.de/documents/lawa-positionspapier-wassersensible-stadtentwicklung_2_3_4_1662452527.pdf (09.02.2023).
- LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). o. O.: LAWa. https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf (23.11.2022).
- LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016. Stuttgart: LAWa. https://www.lawa.de/documents/geringfuegigkeits_bericht_seite_001-028_1552302313.pdf (23.11.2022).
- Lawless, A., Baum, F., Delaney-Crow, T., MacDougall, C., Williams, C., McDermott, D., Eyk, H. van (2018): Developing a Framework for a Program Theory-Based Approach to Evaluating Policy Processes and Outcomes: Health in All Policies in South Australia. *International Journal of Health Policy and Management* 7 (6), S. 510–521.
- Lawless, A., Williams, C., Hurley, C., Wildgoose, D., Sawford, A., Kickbusch, I. (2012): Health in All Policies: Evaluating the South Australian Approach to Intersectoral Action for Health. *Canadian Journal of Public Health* 103, S. S15–S19.
- Lebel, J. (2003): Health: An Ecosystem Approach. Ottawa u. a.: International Development Research Centre. <https://www.cbd.int/health/health-an-ecosystem-approach-lebel-en.pdf> (25.05.2021).
- Leeson, P. T., Thomposon, H. A. (2021): Public Choice and Public Health. *Public Choice*. <https://doi.org/10.1007/s11127-021-00900-2> (02.03.2022).
- Léger-Goodes, T., Malboeuf-Hurtubise, C., Mastine, T., Généreux, M., Paradis, P.-O., Camden, C. (2022): Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change. *Frontiers in Psychology* 13, 872544. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.872544> (07.02.2023).
- Leisner-Egensperger, A. (2021): Das Konnexitätsprinzip im verfassungsrechtlichen Ländervergleich. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 40 (20), S. 1487–1492.
- Leitlinienprogramm Onkologie (2021): S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs“. Version 2.1. o. O.: Leitlinienprogramm Onkologie. https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Leitlinien/Hautkrebspraeventationsleitlinie_1.1/Version_2/LL_Pr%C3%A4vention_von_Hautkrebs_Langversion_2.1.pdf (08.02.2023).
- Lemke, N., Murawski, A., Lange, R., Weber, T., Apel, P., Dębiak, M., Koch, H. M., Kolossa-Gehring, M. (2021): Substitutes mimic the exposure behaviour of REACH regulated phthalates – A review of the German HBM system on the example of plasticizers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 236, 113780. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113780> (09.05.2022).
- Leonard, R. C., Kreckmann, K. H., Sakr, C. J., Symons, J. M. (2008): Retrospective cohort mortality study of workers in a polymer production plant including a reference population of regional workers. *Annals of Epidemiology* 18 (1), S. 15–22.

Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften), Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2015): Public Health in Deutschland. Strukturen, Entwicklungen und globale Herausforderungen. Halle (Saale), München, Mainz: Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, acatech, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften. Stellungnahme. <https://www.acatech.de/publikation/public-health-in-deutschland-strukturen-entwicklungen-und-globale-herausforderungen/> (21.03.2023).

Leppin, A. (2018): Konzepte und Strategien der Prävention. In: Hurrelmann, K., Richter, M., Klotz, T., Stock, S. (Hrsg.): Referenzwerk Prävention und Gesundheitsförderung. Grundlagen, Konzepte und Umsetzungsstrategien. 5., vollständig überarb. Aufl. Bern: Hogrefe, S. 47–55.

Lerner, H., Berg, C. (2017): A Comparison of Three Holistic Approaches to Health: One Health, EcoHealth, and Planetary Health. *Frontiers in Veterinary Science* 4, 163. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00163> (01.03.2022).

Levine, M., LoVecchio, F., Ruha, A.-M., Chu, G., Roque, P. (2012): Influence of drug use on morbidity and mortality in heatstroke. *Journal of Medical Toxicology* 8 (3), S. 252–257.

LfU Bayern (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (o. J.): PFOA-Problematik im Raum Gendorf. München: LfU Bayern. https://www.lfu.bayern.de/altlasten/pfoa_gendorf/index.htm (25.02.2022).

LfU Bayern (2016): Spurenstoffe im Wasser Augsburg: LfU Bayern. UmweltWissen: Schadstoffe https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_125_spurenstoffe.pdf (25.02.2019).

LGA Baden-Württemberg (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg) (2018): Ergebnisse der PFC-Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt 2018. Stuttgart: LGA Baden-Württemberg. https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-sm/intern/downloads/Downloads_Gesundheitsschutz/Bericht_PFC-BlutkontrolluntersuchungLKRastatt_2018.pdf (25.02.2022).

LGL Bayern (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) (2021a): Untersuchung von Gemüse auf PFAS – Untersuchungsergebnisse seit 2007. Stand: 10.05.2021. Erlangen: LGL Bayern. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc_25_frischgemuese/ue_2008_gemuese_pft.htm (24.02.2022).

LGL Bayern (2021b): Untersuchung von Wildfleisch und -innereien sowie Wildschweinfleisch und -innereien auf per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)- Untersuchungsergebnisse 2009–2019. Stand: 20.10.2021. Erlangen: LGL Bayern. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/ue_2010_pft_lebensmittel_wild_sonstigesbayern.htm (24.02.2022).

LGL Bayern (2020a): PFOA und PFOS in Fischen. Stand: 15.10.2020. Erlangen: LGL Bayern. Erlangen. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/pft_fische_gewaesser.htm (24.02.2022).

LGL Bayern (2020b): Untersuchung von tierischen und sonstigen Lebensmitteln Untersuchungsergebnisse 2007–2018. Stand: 14.10.2020. Erlangen: LGL Bayern. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/ue_2007_18_pft_lebensmittel_sonstigesbayern.htm (24.02.2022).

LGL Bayern (2020c): Untersuchungen von Trinkwasser auf per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS). Stand: 16.10.2020. Erlangen: LGL Bayern. https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc_59_trinkwasser/ue_2009_trinkwasser_pft.htm (24.02.2022).

Li, X., Taylor, J., Symonds, P. (2019): Indoor overheating and mitigation of converted lofts in London, UK. *Building Services Engineering Research and Technology* 40 (4), S. 409–425.

Liebig-Gonglach, M., Pauli, A., Hornberg, C. (2020): Zur Bedeutung von Umweltqualitäten und sozialen Verhältnissen als Gesundheitsfaktoren. In: Kriwy, P., Jungbauer-Gans, M. (Hrsg.): *Handbuch Gesundheitssoziologie*. Wiesbaden: Springer VS, S. 603–623.

Liedtke, S., Kamga Wambo, G. O., Ludwig, S., Finis, M. (2020): Nationale Präventionsstrategie. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): *Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland*. Wiesbaden: Springer VS, S. 255–262.

Lin, S., Luo, M., Walker, R. J., Liu, X., Hwang, S.-A., Chinery, R. (2009): Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology* 20 (5), S. 738–746.

- Lindemann-Matthies, P., Marty, T. (2013): Does ecological gardening increase species richness and aesthetic quality of a garden? *Biological Conservation* 159, S. 37–44.
- Lindemann-Matthies, P., Matthies, D. (2018): The influence of plant species richness on stress recovery of humans. *Web Ecology* 18 (2), S. 121–128.
- Linden, S., Töppich, J. (2021): Health Impact Assessment (HIA) / Gesundheitsfolgenabschätzung (GFA). Stand: 203.03.2021. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/health-impact-assessment-hia-gesundheitsfolgenabschaetzung-gfa/> (18.08.2022).
- Linder, N., Giusti, M., Samuelsson, K., Barthel, S. (2022): Pro-environmental habits: An underexplored research agenda in sustainability science. *Ambio* 51 (3), S. 546–556.
- Lis, A., Pardela, L., Iwankowski, P. (2019): Impact of Vegetation on Perceived Safety and Preference in City Parks. *Sustainability* 11 (22), 6324. <https://doi.org/10.3390/su11226324> (08.02.2023).
- Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Tong, S., Coelho, M. S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., Matus, P., Valdes Ortega, N., Osorio Garcia, S., Pascal, M., Stafoggia, M., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Díaz, M., Cruz, J., Nunes, B., Teixeira, J. P., Kim, H., Tobias, A., Íñiguez, C., Forsberg, B., Åström, C., Ragettli, M. S., Guo, Y.-L., Chen, B.-Y., Bell, M. L., Wright, C. Y., Scovronick, N., Garland, R. M., Milojevic, A., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Indermitte, E., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Katsouyanni, K., Analitis, A., Zanobetti, A., Schwartz, J., Chen, J., Wu, T., Cohen, A., Gasparri, A., Kan, H. (2019): Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *New England Journal of Medicine* 381 (8), S. 705–715.
- Lo, A. Y., Spash, C. (2013): Deliverative Monetary Valuation: In Search of a Democratic and Value Plural Approach to Environmental Policy. *Journal of Economic Surveys* 27 (4), S. 768–789.
- Lo, Y. T. E., Mitchell, D. M., Thompson, R., O’Connell, E., Gasparri, A. (2022): Estimating heat-related mortality in near real time for national heatwave plans. *Environmental Research Letters* 17, 024017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4cf4> (10.05.2022).
- Loer, K. (2016): An Ounce for Prevention... Germany’s Public Policy on Health Promotion and Disease Prevention. *European Journal of Risk Regulation* 7, S. 789–794.
- Lovell, R., Depledge, M., Maxwell, S. (2018): Health and the natural environment: A review of evidence, policy, practice and opportunities for the future. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Lowe, D., Ebi, K. L., Forsberg, B. (2011): Heatwave Early Warning Systems and Adaptation Advice to Reduce Human Health Consequences of Heatwaves. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8 (12), S. 4623–4648.
- Lowe, S. R., Bonumwezi, J. L., Valdespino-Hayden, Z., Galea, S. (2019): Posttraumatic Stress and Depression in the Aftermath of Environmental Disasters: A Review of Quantitative Studies Published in 2018. *Current Environmental Health Reports* 6 (4), S. 344–360.
- Lübbe-Wolff, G. (1991): Verfassungsrechtliche Fragen der Normsetzung und Normkonkretisierung im Umweltrecht. *Zeitschrift für Gesetzgebung* 6, S. 219–248.
- Lucas, R. M., Yazar, S., Young, A. R., Norval, M., Gruijil, F. R. de, Takizawa, Y., Rhodes, L. E., Sinclair, C. A., Neale, R. E. (2019): Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate. *Photochemical & Photobiological Sciences* 18 (3), S. 641–680.
- Luhmann, H.-J. (2017): Europas Staatsversagen im Abgas-Fall. Eine „race to the bottom“ aus dem Lehrbuch. *Gesellschaft, Wirtschaft, Politik* 66 (2), S. 173–180.
- Luhmann, N. (1984): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC: Island Press.
- Machado, A. A. de S., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., Rillig, M. C. (2018): Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology* 24 (4), S. 1405–1416.
- Mainka, A., Žak, M. (2022): Synergistic or Antagonistic Health Effects of Long- and Short-Term Exposure to Ambient NO₂ and PM_{2.5}: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*

- 19 (21), 14079. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114079> (06.02.2023).
- MAK-Kommission (Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe) (1997): *Aerosole – Stäube, Rauche und Nebel*. o. O.: MAK-Kommission. *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe* 24. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/3527600418.mb0aeroaerd0024> (09.05.2022).
- Malsch, A. (2021): *Umwelt und Gesundheitsförderung*. Stand: 07.12.2021. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. <https://leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/umwelt-und-gesundheitsfoerderung/> (08.02.2023).
- Mambrey, V., Wermuth, I., Böse-O'Reilly, S. (2019): Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf die psychische Gesundheit von Kindern und Jugendlichen. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 599–604.
- Manlove, K. R., Walker, J. G., Craft, M. E., Huyvaert, K. P., Joseph, M. B., Miller, R. S., Nol, P., Patyk, K. A., O'Brien, D., Walsh, D. P., Cross, P. C. (2016): "One Health" or Three? Publication Silos Among the One Health Disciplines. *PLOS Biology* 14 (4), e1002448. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002448> (28.02.2022).
- Mantovani, A. (2008): Human and veterinary medicine: the priority for public health synergies. *Veterinaria Italiana* 44 (4), S. 577–582.
- Maor, M. (2015): Theorizing bureaucratic reputation. In: Wæraas, A., Maor, M. (Hrsg.): *Organizational reputation in the public sector*. London: Routledge. *Routledge critical studies in public management*, S. 17–36.
- Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., Maes, J. (2022): Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society* 77, 103564. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564> (21.03.2023).
- March, J. G., Olsen, J. P. (2011): The Logic of Appropriateness. In: Goodin, R. (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Political Science*. Oxford: Oxford University Press, S. 478–497.
- March, J. G., Olsen, J. P. (1976): *Ambiguity and choice in organizations*. Bergen: Universitetsforlaget.
- Marselle, M. R., Bowler, D. E., Watzema, J., Eichenberg, D., Kirsten, T., Bonn, A. (2020): Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions. *Scientific Reports* 10, 22445. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79924-5> (08.02.2023).
- Marselle, M. R., Lindley, S. J., Cook, P. A., Bonn, A. (2021): Biodiversity and Health in the Urban Environment. *Current Environmental Health Reports* 8 (2), S. 146–156.
- Martens, D., Molitor, H. (2020): Naturerfahrungsdimensionen in städtischen Naturerfahrungsräumen für Kinder. In: Molitor, H., Peters, J., Martens, D., Pretzsch, M., Friede, C., Heimann, J., Wilitzki, A. (Hrsg.): *Naturerfahrungsräume in Großstädten. Flächenentwicklung – Kinderspiel – rechtliche Rahmenbedingungen*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. *BfN-Skripten* 560, S. 91–118.
- Martens, D., Öztürk, Ö., Rindt, L., Twarok, J., Steinhart, U., Molitor, H. (2022): Supporting biodiversity: Structures of participatory actions in Urban Green Spaces. *Frontiers in Sustainable Cities* 4. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.952790> (08.02.2023).
- Martuzzi, M., George, F. (2020): Health benefit analysis: monetization and its use in environment and health. In: Guerriero, C. (Hrsg.): *Cost-Benefit Analysis of Environmental Health Interventions*. London: Academic Press, S. 95–109.
- Mason, H., King, J. C., Peden, A. E., Franklin, R. C. (2022): Systematic review of the impact of heatwaves on health service demand in Australia. *BMC Health Services Research* 22, 960. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08341-3> (21.03.2023).
- Masson, S. (2016): „Benachteiligte Stadtteile“. In: Masson, S. (Hrsg.): *Die Mittelschicht in benachteiligten Stadtteilen*. Wiesbaden: Springer VS, S. 19–40.
- Mattioli, G., Roberts, C., Steinberger, J. K., Brown, A. (2020): The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy Research & Social Science* 66, 101468. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101486> (22.03.2023).
- Matzarakis, A., Fröhlich, D. (2020): Hitze in der Stadt – Mikroklima und Anpassungsmaßnahmen: ein Fallbeispiel aus Freiburg. *Public Health Forum* 28 (1), S. 46–49.

- Mayntz, R., Derlien, H.-U., Bohne, E., Hesse, B., Hucke, J., Müller, A. (1978): Vollzugsprobleme der Umweltpolitik. Empirische Untersuchung der Implementation von Gesetzen im Bereich der Luftreinhaltung und des Gewässerschutzes. Stuttgart: Kohlhammer. Materialien zur Umweltforschung 4.
- Mayntz, R., Scharpf, F. (1975): Policymaking in the German Federal Bureaucracy. Amsterdam: Elsevier.
- McCall, T., Beckmann, S., Kawe, C., Abel, F., Hornberg, C. (2019): Climate change adaptation and mitigation – a hitherto neglected gender-sensitive public health perspective. *Climate and Development* 11 (9), S. 735–744.
- McCall, T., Liedtke, T., Liebig-Gonglach, M., Freymüller, J., Hornberg, C. (2020): EcoHealth und Stadtplanung. Eine Public-Health-Perspektive. *Informationen zur Raumentwicklung* 47 (1), S. 84–95.
- Meadows, D. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Meadows, D. H. (2008): *Thinking in Systems. A Primer*. London, Sterling VA: Earthscan.
- Meidenbauer, K. L., Stenfors, C. U. D., Bratman, G. N., Gross, J. J., Schertz, K. E., Choe, K. W., Berman, M. G. (2020): The affective benefits of nature exposure: What's nature got to do with it? *Journal of Environmental Psychology* 72, 101498. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101498> (08.02.2023).
- Mekel, O. C. L. (2020): Gesundheitsfolgenabschätzung. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): *Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland*. Wiesbaden: Springer VS, S. 377–386.
- Menauer, V., Schweiger, W. (2022): Kommunikationsprobleme zwischen Landwirtschaft und Naturschutz in Deutschland – eine Diskursanalyse. *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 100 (1). <https://doi.org/10.12767/buel.v100i1.389> (08.02.2023).
- Mertes, H., Böse-O'Reilly, S., Schoierer, J. (2020): Umweltgerechtigkeit im Handlungsfeld Klimawandel, Hitze und Gesundheit. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 2020 (1), S. 33–37.
- Methorst, J., Bonn, A., Marselle, M. R., Bohning-Gaese, K., Rehdanz, K. (2021): Species richness is positively related to mental health – A study for Germany. *Landscape and Urban Planning* 211, 104084. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104084> (06.05.2022).
- Meyer, C. (2010): Soziale, ethnische und demografische Segregation in Nordrhein-Westfalen. In: Luft, S., Schimany, P. (Hrsg.): *Integration von Zuwanderern. Bielefeld: transcript. Erfahrungen, Konzepte, Perspektiven*, S. 187–208.
- Mi, E., Mi, E., Jeggo, M. (2016): Where to now for one health and ecohealth? *EcoHealth* 13 (1), S. 12–17.
- Mielck, A. (1985): *Kind – Gesundheit – Stadt. Gesundheitliche Belastungen des Kindes durch die städtische Umwelt – am Beispiel Hamburg*. Frankfurt am Main: Lang. Europäische Hochschulschriften, Reihe 22 101.
- Mielck, A., Janßen, C. (2008): Ein Modell zur Erklärung der gesundheitlichen Ungleichheit. *Public Health Forum* 16 (2), S. 4–5.
- Mills, S., Ross, R. P. (2021): Colliding and interacting microbiomes and microbial communities – consequences for human health. *Environmental Microbiology* 23 (12), S. 7341–7354.
- Millyard, A., Layden, J. D., Pyne, D. B., Edwards, A. M., Bloxham, S. R. (2020): Impairments to Thermoregulation in the Elderly During Heat Exposure Events. *Gerontology and Geriatric Medicine* 6, S. 1–9.
- Mischnik, A., Kaase, M., Lübbert, C., Seifert, H., Kern, W. (2015): Carbapenem-Resistenz bei Enterobakterien, *Pseudomonas aeruginosa* und *Acinetobacter baumannii*. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 140 (3), S. 172–176.
- Mishra, J., Mishra, P., Arora, N. K. (2021): Linkages between environmental issues and zoonotic diseases: with reference to COVID-19 pandemic. *Environmental Sustainability* 4 (3), S. 455–467.
- MKRO (Ministerkonferenz für Raumordnung) (2016): „Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland“. 41. Ministerkonferenz für Raumordnung am 9. März 2016 in Berlin. Beschluss. Berlin: BMVI. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/heimat-integration/raumordnung/leitbilder-und-handlungs>

- strategien-raumordnung.pdf?__blob=publicationFile &v=3 (09.05.2022).
- Möckel, S., Köck, W. (2009): Naturschutzrecht im Zeichen des Klimawandels. *Natur und Recht* 31 (5), S. 318–325.
- Moghadamnia, M. T., Ardalan, A., Mesdaghinia, A., Keshtkar, A., Naddafi, K., Yekaninejad, M. S. (2017): Ambient temperature and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ* 5, e3574. <https://doi.org/10.7717/peerj.3574> (09.05.2022).
- Molenveld, A., Verhoest, K., Voets, J., Steen, T. (2020): Images of Coordination: How Implementing Organizations Perceive Coordination Arrangements. *Public Administration Review* 80 (1), S. 9–22.
- Molnar, A., Renahy, E., O’Campo, P., Muntaner, C., Freiler, A., Shankardass, K. (2016): Using Win-Win Strategies to Implement Health in All Policies: A Cross-Case Analysis. *PLoS ONE* 11 (2), e0147003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147003> (11.04.2022).
- Morales-McDevitt, M. E., Becanova, J., Blum, A., Bruton, T. A., Vojta, S., Woodward, M., Lohmann, R. (2021): The Air That We Breathe: Neutral and Volatile PFAS in Indoor Air. *Environmental Science & Technology Letters* 8 (10), S. 897–902.
- Mosse, M., Tugendreich, G. (1912): Krankheit und soziale Lage. 1.–4. Lfg. München: Lehmann.
- MSGIV Brandenburg (Ministerium für Soziales Gesundheit Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (2022): Hitzeaktionsplan. Potsdam: MSGIV Brandenburg. <https://msgiv.brandenburg.de/msgiv/de/themen/gesundheit/umweltbezogener-gesundheitsschutz/hitzeaktionsplan/#> (21.03.2021).
- Mueller, D. C. (2003): Public choice III. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Khreis, H., Cirach, M., Andres, D., Ballester, J., Bartoll, X., Daher, C., Deluca, A., Echave, C., Mila, C., Marquez, S., Palou, J., Perez, K., Tonne, C., Stevenson, M., Rueda, S., Nieuwenhuijsen, M. (2020): Changing the urban design of cities for health: The superblock model. *Environment International* 134, 105132. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105132> (06.05.2022).
- Mühlthaler, E. (2023): Zur Renaissance eines ökologischen Richtwertes. *Stadt+Grün* 72 (4), S. 5.
- MUKE Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (2022): Belastung mit per- und polyfluorierten Chemikalien in Baden-Baden und im Landkreis Rastatt. Stuttgart: MUKE Baden-Württemberg. <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/wasser-und-boden/boden-und-altlasten/altlasten/per-und-polyfluorierte-chemikalien/> (07.02.2023).
- Müller-Riemenschneider, F., Petrunoff, N., Yao, J., Ng, A., Sia, A., Ramiah, A., Wong, M., Han, J., Tai, B. C., Uijtdewilligen, L. (2020): Effectiveness of prescribing physical activity in parks to improve health and well-being-the park prescription randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 17 (1), 42. <https://doi.org/10.1186%2Fs12966-020-00941-8> (16.05.2022).
- Müller, R. A., Afferden, M. van, Khurelbaatar, G., Ueberham, M., Reese, M., Fischer, H., Geyler, S., Hofmann, E., Wüstneck, T., Ziegenbein, T., Sahlbach, T., Winkler, U., Berbig, J., Mohr, M., Stefan, M. (2023): Wege zum abflussfreien Stadtquartier – Potentiale, Wirkungen und Rechtsrahmen des ortsnahen Schmutz- und Regenwassermanagements. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 34/2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_34-2023_wege_zum_abflussfreien_stadtquartier.pdf (23.03.2023).
- Murawski, A., Roth, A., Schwedler, G., Schmied-Tobies, M. I. H., Rucic, E., Pluym, N., Scherer, M., Scherer, G., Conrad, A., Kolossa-Gehring, M. (2020): Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in urine of children and adolescents in Germany – human biomonitoring results of the German Environmental Survey 2014–2017 (GerES V). *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 226, 113491. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113491> (09.05.2022).
- Murray, C. J. L., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdellalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abegaz, K. H., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abreu, L. G., Abrego, M. R. M., Abualhasan, A., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., Adabi, M., Adekanmbi, V. (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. *The Lancet* 396 (10258), S. 1223–1249.

- Mutius, E. von (2018): Biodiversity: The new kid on the block? *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 141 (4), S. 1215–1216.
- Mwangi, W., de Figueiredo, P., Criscitiello, M. F. (2016): One Health: Addressing Global Challenges at the Nexus of Human, Animal, and Environmental Health. *PLoS Pathogens* 12 (9), e1005731. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005731> (28.02.2022).
- Myers, S. S. (2017): Planetary health: protecting human health on a rapidly changing planet. *Lancet* 390 (10114), S. 2860–2868.
- Myhre, O., Låg, M., Villanger, G. D., Oftedal, B., Øvre-
vik, J., Holme, J. A., Aase, H., Paulsen, R. E., Bal-Price,
A., Dirven, H. (2018): Early life exposure to air pollution
particulate matter (PM) as risk factor for attention
deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Need for novel
strategies for mechanisms and causalities. *Toxicology
and Applied Pharmacology* 354, S. 196–214.
- Nadal, M., Domingo, J. L. (2014): Indoor Dust Levels of
Perfluoroalkyl Substances (PFASs) and the Role of
Ingestion as an Exposure Pathway: A Review. *Current
Organic Chemistry* 18 (17), S. 2200–2208.
- Nationale Stadtentwicklungspolitik (o. J.): Wer wir sind.
Berlin: Bundesministerium des Innern, für Bau und Hei-
mat. [https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.
de/NSPWeb/DE/Initiative/Initiative/initiative_node.html](https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/DE/Initiative/Initiative/initiative_node.html)
(11.05.2022).
- Nationaler Normenkontrollrat (2021): Deutschland ist,
denkt und handelt zu kompliziert. Was jetzt getan
werden muss, um Staat und Verwaltung zukunftsfest
zu machen. Berlin: Nationaler Normenkontrollrat.
[https://www.normenkontrollrat.bund.de/Webs/NKR/
SharedDocs/Downloads/DE/Positionspapiere/2021-09-
deutschland-ist-zu-kompliziert.pdf](https://www.normenkontrollrat.bund.de/Webs/NKR/SharedDocs/Downloads/DE/Positionspapiere/2021-09-deutschland-ist-zu-kompliziert.pdf) (25.05.2023).
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016): Öko-
systemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und
Lebensqualität erhöhen. Berlin, Leipzig: Helmholtz-
Zentrum für Umweltforschung – UFZ.
- Naumann, S., Kaphengst, T., McFarland, K., Stadler, J.
(2014): Naturbasierte Ansätze für Klimaschutz und An-
passung an den Klimawandel. Herausforderung Klima-
wandel – die Natur als Partner. Bonn: Bundesamt für
Naturschutz. [https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-
05/BfN_Naturbasierte_Loesungen_brochuere.pdf](https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-05/BfN_Naturbasierte_Loesungen_brochuere.pdf)
(15.08.2022).
- Neubauer, D. (2021): Rettet die Demokratie! Eine über-
fällige Streitschrift. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch
Verlag.
- Newig, J., Challies, E., Jager, N. W., Kochskaemper, E.,
Adzersen, A. (2017): The Environmental Performance
of Participatory and Collaborative Governance: A Frame-
work of Causal Mechanisms. *Policy Studies Journal*.
First published online. <https://doi.org/10.1111/psj.12209>
(03.03.2023).
- Newig, J., Jager, N., Challies, E. (2012): Führt Bürger-
beteiligung in umweltpolitischen Entscheidungspro-
zessen zu mehr Effektivität und Legitimität? Erste Er-
gebnisse einer Metaanalyse von 71 wasserpolitischen
Fallstudien. *Zeitschrift für Politikwissenschaft* 22 (4),
S. 527–564.
- Niang-Diop, I., Bosch, H. (2004): Formulating an Adap-
tation Strategy. In: Lim, B., Spanger-Siegfried, E.
(Hrsg.): *Adaptation Policy Frameworks for Climate
Change. Developing Strategies, Policies and Measures*.
Cambridge: Cambridge University Press, S. 185–204.
- Nicholson-Crotty, S. (2005): Bureaucratic competition
in the policy process. *The Policy Studies Journal* 33 (3),
S. 341–361.
- Niebuhr, D., Siebert, H., Grewe, A. H. (2021): Die Wirk-
samkeit von Hitzeaktionsplänen in Europa. *UMID: Um-
welt und Mensch – Informationsdienst* 2021 (1), S. 7–16.
- Nielsen, C. C., Gascon, M., Osornio-Vargas, A. R., Shier,
C., Guttman, D. S., Becker, A. B., Azad, M. B., Sears, M.
R., Lefebvre, D. L., Moraes, T. J., Turvey, S. E., Subbarao,
P., Takaro, T. K., Brook, J. R., Scott, J. A., Mandhane, P.
J., Tun, H. M., Kozyrskyj, A. L. (2020): Natural environ-
ments in the urban context and gut microbiota in infants.
Environment International 142, 105881. [https://doi.org/
10.1016/j.envint.2020.105881](https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105881) (06.05.2022).
- Nilsson, M. (2005): Learning, frames, and environmen-
tal policy integration: the case of Swedish energy policy.
Environment and Planning / C 23 (2), S. 207–226.
- Nilsson, M., Persson, Å. (2008): Sweden. In: Jordan, A.,
Lenschow, A. J. (Hrsg.): *Innovation in Environmental
Policy? Integrating the Environment for Sustainability*.
Cheltenham, Northampton, Mass.: Elgar, S. 224–246.

- Nischwitz, G., Chojnowski, P. (2019): Studie zu den Verflechtungen und Interessen des Deutschen Bauernverbandes (DBV). Bremen: Institut Arbeit und Wirtschaft, Universität Bremen. <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/agrarreform/190429-studie-agrarlobby-iaw.pdf> (08.05.2019).
- Niskanen, W. A. (1994): Bureaucracy and public economics. Aldershot: Elgar. The John Locke series.
- NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2021): Vorkommen von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in den Sedimenten niedersächsischer Gewässer. Norden: NLWKN. https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/_vorkommen_von_pfas_in_gewaessersedimenten/oberthema-20-jahre-wrrl-ziel-erreicht-200869.html (12.11.2021).
- Noll, I., Eckmanns, T., Sin, M. A. (2022): Trends bei Bakteriämien 2016-2020: Sinkende Antibiotikaresistenzen. Deutsches Ärzteblatt 119 (12), S. A-529 / B-434.
- Noll, I., Eckmanns, T., Sin, M. A. (2020): Antibiotikaresistenzen: Ein heterogenes Bild. Deutsches Ärzteblatt 117 (1-2), S. A-28/B-26/C-26.
- NORMAN Network (o. J.): NORMAN Network. Koš: Environmental Institute. <http://www.norman-network.net/?q=NORMAN%20Network> (09.05.2022).
- Norris, J. R., Allen, R. J., Evan, A. T., Zelinka, M. D., O'Dell, C. W., Klein, S. A. (2016): Evidence for climate change in the satellite cloud record. *Nature* 536 (7614), S. 72-75.
- Nowacki, J., Claßen, T. (2020 (Stand: 2014)): 7.4: Health Impact Assessment. In: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. 2. ergänzte und korrigierte Aufl. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V., AG Menschliche Gesundheit, S. 212-216.
- Nowacki, J., Mekel, O. (2012): Health Impact Assessment und Umweltgerechtigkeit. In: Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H., Mielck, A. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: Huber, S. 283-294.
- Nowak, A. C., Namer, Y., Hornberg, C. (2022): Health Care for Refugees in Europe: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (3), 1278. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031278> (22.03.2023).
- NPK (Nationale Präventionskonferenz) (o. J.): Präventionsstrategie. Berlin: GKV-Spitzenverband. <https://www.npk-info.de/praeventionsstrategie> (18.8.2022).
- NPK (2018): Bundesrahmenempfehlungen nach § 20d Abs. 3 SGB V. Berlin, Kassel: NPK. https://www.npk-info.de/fileadmin/user_upload/ueber_die_npk/downloads/1_bundesrahmenempfehlung/bundesrahmenempfehlung_BRE_praevention_barrierefrei.pdf (10.05.2022).
- Nuruzzaman, M. (2015): Urban Heat Island: Causes, Effects and Mitigation Measures – A Review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis* (2), S. 67-73.
- Nutbeam, D. (1994): Inter-sectoral action for health: Making it work. *Health Promotion International* 9 (3), S. 143-144.
- O'Hara, A. C., Miller, A. C., Spinks, H., Seifert, A., Mills, T., Tuininga, A. R. (2022): The Sustainable Prescription: Benefits of Green Roof Implementation for Urban Hospitals. *Frontiers in Sustainable Cities* 4. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.798012> (21.03.2023).
- O'Neill, M., Lemieux, V., Groleau, G., Fortin, J., Lamarche, P. (1997): Coalition theory as a framework for understanding and implementing intersectoral health-related interventions. *Health Promotion International* 12 (1), S. 79-87.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2021): Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Recommendations and Practical Guidance. Paris: OECD. Series on Risk Management. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/terminology-per-and-polyfluoroalkyl-substances.pdf> (24.02.2022).
- OECD (2020a): Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge. Paris: OECD.

- OECD (2020b): PFASs and alternatives in food packaging (paper and paperboard). Report on the commercial availability and current uses. Paris: OECD. OECD Series on Risk Management 58. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/PFASs-and-alternatives-in-food-packaging-paper-and-paperboard.pdf>.
- OECD (2015): Working towards a global emission inventory of PFASs: focus on PFCAS – status quo and the way forward. Paris: OECD. OECD Environment, Health and Safety Publications 30. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/Working%20Towards%20a%20Global%20Emission%20Inventory%20of%20PFASs.pdf> (24.02.2022).
- OECD (2013): OECD/UNEP Global PFC Group, Synthesis paper on per and polyfluorinated chemicals. Paris: OECD. OECD Environment, Health and Safety Publications. https://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/PFC_FINAL-Web.pdf (06.02.2023).
- OHHLEP (One Health High-Level Expert Panel), Adisamito, W. B., Almuhaire, S., Behraves, C. B., Bilivogui, P., Bukachi, S. A., Casas, N., Cediell Becerra, N., Charron, D. F., Chaudhary, A., Ciacci Zanella, J. R., Cunningham, A. A., Dar, O., Debnath, N., Dungu, B., Farag, E., Gao, G. F., Hayman, D. T. S., Khaitsa, M., Koopmans, M. P. G., Machalaba, C., Mackenzie, J. S., Markotter, W., Mettenleiter, T. C., Morand, S., Smolenskiy, V., Zhou, L. (2022): One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLOS Pathogens* 18 (6), e1010537. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537> (21.03.2023).
- Ohlwein, S., Hoffmann, B., Kappeler, R., Joss, M. K., Künzli, N. (2018): Health Effects of Ultrafine Particles. Systematic literature search and the potential transferability of the results to the German setting. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Umwelt und Gesundheit 05/2018. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/health-effects-of-ultrafine-particles> (23.02.2022).
- Olsen, C. M., Wilson, L. F., Green, A. C., Bain, C. J., Fritschi, L., Neale, R. E., Whiteman, D. C. (2015): Cancers in Australia attributable to exposure to solar ultraviolet radiation and prevented by regular sunscreen use. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 39 (5), S. 471–476.
- Olsen, G. W., Butenhoff, J. L., Zobel, L. R. (2009): Perfluoroalkyl chemicals and human fetal development: an epidemiologic review with clinical and toxicological perspectives. *Reproductive Toxicology* 27 (3–4), S. 212–230.
- Olson, M. (1968): Die Logik des kollektiven Handelns. Kollektivgüter und die Theorie der Gruppen. Tübingen: Mohr. Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften 10.
- Ortiz, A. G., Gsella, A., Guerreiro, C., Soares, J. (2021): Health risk assessments of air pollution. Estimations of the 2019 HRA, benefit analysis of reaching specific air quality standards and more. Kjeller: European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution. Eionet Report – ETC/ATNI 2021/10. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-10-2021-health-risk-assessments-of-air-pollution-estimations-of-the-2019-hra-benefit-analysis-of-reaching-specific-air-quality-standards-and-more> (23.11.2022).
- Osberghaus, D., Abeling, T. (2022): Heat vulnerability and adaptation of low-income households in Germany. *Global Environmental Change* 72, 102446. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102446> (23.11.2022).
- Osius, N., Trojan, A., Flesch-Janys, D., Berger, J., Kappos, A. D. (2001): Indikatoren für eine gesunde und nachhaltige Stadtentwicklung (Kurzfassung) Hamburg: Institut für Medizin-Soziologie. https://www.researchgate.net/profile/Alf-Trojan/publication/242163981_Indikatoren_fur_eine_gesunde_und_nachhaltige_Stadtentwicklung_Kurzfassung/links/00b7d52f9f3cfc14d000000/Indikatoren-fuer-eine-gesunde-und-nachhaltige-Stadtentwicklung-Kurzfassung.pdf (24.11.2022).
- Page, E. C. (2012): Policy without Politicians. Bureaucratic Influence in Comparative Perspective. Oxford: Oxford University Press.
- Page, E. C., Jenkins, B. (2005): Policy Bureaucracy. Government with a cast of thousands. Oxford: Oxford University Press.
- Parkin, D. M., Mesher, D., Sasieni, P. (2011): 13. Cancers attributable to solar (ultraviolet) radiation exposure in the UK in 2010. *British Journal of Cancer* 105 (Suppl. 2), S. S66–S69.
- Patinha Caldeira, C., Farcas, R., Moretti, C., Mancini, L., Rauscher, H., Rasmussen, K., Riego Sintes, J., Sala, S. (2022): Safe and Sustainable by Design chemicals and materials Review of safety and sustainability dimensions, aspects, methods, indicators, and tools. Luxem-

- bourg: Publications Office of the European Union. EUR 30991 EN. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC127109> (09.02.2023).
- Pattanayak, S., Kramer, R., Vincent, J. (2017): Ecosystem change and human health: implementation economics and policy. *Philosophical Transactions of the Royal Society / B* 372 (1722). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0130> (28.02.2022).
- Pehle, H. (1998): Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Ausgegrenzt statt integriert? Das institutionelle Fundament der deutschen Umweltpolitik. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Pelch, K. E., Reade, A., Kwiatkowski, C. F., Wolffe, T., Merced-Nieves, F. M., Cavalier, H., Schultz, K., Rose, K., Varshavsky, J. (2021): PFAS-Tox Database. <https://pfastoxdatabase.org/> (19.01.2023).
- Peng, B., Erdogan, S., Nasri, A. A., Zou, Z. P. (2021): Towards a health-conscious transportation planning: A framework for estimating health impacts of active transportation at local level. *Journal of Transport & Health* 22, 101231. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101231> (02.12.2022).
- Persson, Å. (2004): Environmental Policy Integration. An Introduction. Stockholm: Stockholm Environment Institute. https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/Policy-institutions/pints_intro.pdf (11.05.2022).
- Persson, Å., Runhaar, H. (2018): Conclusion: Drawing lessons for Environmental Policy Integration and prospects for future research. *Environmental Science & Policy* 85, S. 141–145.
- Persson, L., Almroth, B. M. C., Collins, C. D., Cornell, S., Cynthia A. de Wit, Diamond, M. L., Fantke, P., Hassellöv, M., MacLeod, M., Ryberg, M. W., Jørgensen, P. S., Villarubia-Gómez, P., Wang, Z., Hauschild, M. Z. (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology* 56 (3), S. 1510–1521.
- Persson, P. (2019): Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation. In: Brandes, R., Lang, F., Schmidt, R. F. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 535–550.
- Pesch, M., Frenzel, W., Kanitz, T. (2008): Ursachenanalyse von PM_{2,5} Feinstaub-Immissionen in Berlin. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Ursachenanalyse von PM_{2,5} Feinstaub-Immissionen in Berlin auf der Basis von Messungen der Staubinhaltsstoffe am Stadtrand, in der Innenstadt und einer Straßenschlucht“. Berlin: Technische Universität, FG Umweltverfahrenstechnik. https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/umwelt/luft/luftreinhaltung/archiv/ursachenanalyse_pm25.pdf (23.02.2022).
- Peters, H.-J., Balla, S., Hesselbarth, T. (2019): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Handkommentar. 4. Aufl. Baden-Baden: Nomos.
- Pfeifer, Y., Eller, C., Leistner, R., Valenza, G., Nickel, S., Guerra, B., Fischer, J., Werner, G. (2013): ESBL-Bildner als Infektionserreger beim Menschen und die Frage nach dem zoonotischen Reservoir. *Hygiene und Medizin* 38 (7–8), S. 294–299.
- Pickford, R., Kraus, U., Frank, U., Breitner, S., Markevych, I., Schneider, A. (2020): Kombinierte Effekte verschiedener Umweltfaktoren auf die Gesundheit: Luftschadstoffe, Temperatur, Grünflächen, Pollen und Lärm. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 63 (8), S. 962–971.
- Pieper, A. (2003): Johann Peter Frank: Vom Arzt zum Gesundheitspolitiker. Eine europäische Karriere zwischen Aufklärung, Revolution und Reaktion. *Deutsches Ärzteblatt* 100 (28–29), S. A1951–A1952.
- Pineo, H., Glonti, K., Rutter, H., Zimmermann, N., Wilkinson, P., Davies, M. (2018): Urban Health Indicator Tools of the Physical Environment: a Systematic Review. *Journal of Urban Health* 95 (5), S. 613–646.
- Pinto, A. D., Molnar, A., Shankardass, K., O’Campo, P., Bayoumi, A. (2015): Economic considerations and health in all policies initiatives: evidence from interviews with key informants in Sweden, Quebec and South Australia. *BMC Public Health* 15, 171. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1350-0> (11.04.2022).
- Plass, 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. *Deutsches Ärzteblatt* 111 (38), S. 629–638.

- Podhora, A., Ferretti, J. (2020 (Stand: 2014)): 7.6: Impact Assessment und Nachhaltigkeitsprüfung. In: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. 2. ergänzte und korrigierte Aufl. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V. – AG Menschliche Gesundheit, S. 219–222.
- Pohle, H. (2020): Die mangelnde Wertschätzung der Vertragsärzteschaft – Ignoranz oder politisches Kalkül? Brandenburgisches Ärzteblatt 11, S. 38.
- Polcher, A., Schöpel, M. (2020): Establishment of human biomonitoring at EU level within the framework of the EHBMI (European Human Biomonitoring Initiative, HBM4EU). Final report. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Texte 168/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_168-2020_establishment_of_human_biomonitoring_at_eu_level_within_the_framework_of_the_ehbmi.pdf (09.05.2022).
- Porst, M., Lippe, E. von der, Leddin, J., Anton, A., Wengler, A., Breikreuz, J., Schüssel, K., Brückner, G., Schröder, H., Gruhl, H., Plaß, D., Barnes, B., Busch, M. A., Haller, S., Hapke, U., Neuhauser, H., Reitzle, L., Scheidt-Nave, C., Schlotmann, A., Steppuhn, H., Thom, J., Ziese, T., Rommel, A. (2022): Krankheitslast in Deutschland und seinen Regionen. Deutsches Ärzteblatt 119 (46), S. 785–792.
- Pörtner, H.-O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Arneith, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Ove, H.-G., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P. F., Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y. J., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A. L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D. C., Rogers, A. D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., Ngo, H. T. (2021): Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change (Version 5). Bonn: IPBES, IPCC. <https://zenodo.org/record/5101125#.ZBNYEoSZNaQ> (21.03.2023).
- Pösl, N. F., Sperlich, P. S., Pauli, A., Homberg, C. (2020): Geschlecht, Umwelt und Gesundheit: Eine intersektionale Perspektive. In: Soentgen, J., Gassner, U. M., Hayek, J. von, Manzei, A. (Hrsg.): Umwelt und Gesundheit. Baden-Baden: Nomos. Gesundheitsforschung – interdisziplinäre Perspektiven 2, S. 123–164.
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., Kropp, J. P. (2017): A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions. *Earth's Future* 5 (11), S. 1169–1179.
- Preisendörfer, P. (2014): Umweltgerechtigkeit. Von sozial-räumlicher Ungleichheit hin zu postulierter Ungerechtigkeit lokaler Umweltbelastungen. *Soziale Welt* 65 (1), S. 25–45.
- Quilling, E., Köckler, H. (2018): Partizipation für eine gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. In: Baumgart, S., Köckler, H., Ritzinger, A., Rüdiger, A. (Hrsg.): Planung für gesundheitsfördernde Städte. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungsberichte der ARL 8, S. 101–117.
- Ranft, U., Schikowski, T., Sugiri, D., Krutmann, J., Krämer, U. (2009): Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environmental Research* 109 (8), S. 1004–1011.
- Rapport, D. J., Thorpe, C., Regier, H. A. (1979): Ecosystem Medicine. *Bulletin of the Ecological Society of America* 60 (4), S. 180–182.
- Rat der Europäischen Union (2021): Sustainable Chemicals Strategy of the Union: Time to Deliver – Council conclusions. Brüssel: Rat der Europäischen Union. 6941/21. <https://www.consilium.europa.eu/media/48827/st06941-en21.pdf> (09.02.2023).
- Rathmann, J. (2020): Therapeutische Landschaften: Landschaft und Gesundheit in interdisziplinärer Perspektive. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Rathmann, J., Brumann, S. (2017): Therapeutische Landschaften in der Psychoökologie. Die gesundheitsfördernde Wirkung von Natur und Landschaft. *GAIA* 26 (3), S. 254–258.
- Reese, M. (2022): PFC im System der Grundwasserbewirtschaftung. Anwendung des Verbesserungsgebots und des Verschlechterungsverbots. *Zeitschrift für Umweltrecht* 33 (12), S. 647–654.

Reese, M. (2015): Klimaanpassung im Raumplanungsrecht. *Zeitschrift für Umweltrecht* 26 (1), S. 16–27.

Regierungspräsidium Karlsruhe (2018): PFC-Problematik: Zwischenbilanz und Ausblick – Eine Bürgerinformation. Karlsruhe: Regierungspräsidium Karlsruhe. https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung_5/Referat_54.1/Stabsstelle_PFC/_DocumentLibraries/Documents/pfc_buergerinfo_1808.pdf (25.02.2022).

Regierungspräsidium Stuttgart (2019): Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Stuttgart. Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart. Ergänzung der 3. Fortschreibung des Luftreinhalteplanes zur Minderung der PM₁₀- und NO₂-Belastungen. Stuttgart: Regierungspräsidium. https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/luft/Ergaenzung-zur-3.Fortschreibung-des-LRP-Maerz-2019.pdf (06.02.2023).

Rehbinder, E. (2018): Ziele, Grundsätze, Strategien und Instrumente des Umweltschutzes. In: Rehbinder, E., Schink, A. (Hrsg.): *Grundzüge des Umweltrechts*. 5., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Berlin: Erich Schmidt, S. 145–308.

Remme, R. P., Frumkin, H., Guerry, A. D., King, A. C., Mandle, L., Sarabu, C., Bratman, G. N., Giles-Corti, B., Hamel, P., Han, B. L., Hicks, J. L., James, P., Lawler, J. J., Lindahl, T., Liu, H. X., Lu, Y., Oosterbroek, B., Paudel, B., Sallis, J. F., Schipperijn, J., Susic, R., Vries, S. de, Wheeler, B. W., Wood, S. A., Wu, T., Daily, G. C. (2021): An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (22), e2018472118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018472118> (06.05.2022).

Renner, K., Fritsch, U., Zebisch, M., Wolf, M., Schmuck, A., Ölmez, C., Schönthaler, K., Porst, L., Voß, M., Wolff, A., Jay, M. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 2: Risiken und Anpassung im Cluster Land. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Climate Change* 21/2021. https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/KWRA2021_Teilbericht_2_Cluster%20Land_bf%2010709.pdf (06.05.2022).

Repenning, J., Harthan, R. O., Blanck, R., Böttcher, H., Braungardt, S., Bürger, V., Emele, L., Görz, W. K., Hennenberg, K., Jörß, W., Ludig, S., Matthes, F. C., Mendelewitsch, R., Moosmann, L., Nissen, C., Rausch, L., Scheffler, M., Schumacher, K., Wiegmann, K., Wissner, N.,

Zerrahn, A., Brugger, H., Fleiter, T., Rehfeldt, M., Rohde, C., Schlomann, B., Yu, S., Steinbach, J., Deurer, J., Osterburg, B., Rösemann, C., Gensior, A., Rock, J., Stümer, W., Rüter, S., Fuß, R., Tiemeyer, B., Laggner, A., Adam, S. (2021): *Projektionsbericht 2021 für Deutschland*. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Berlin, Karlsruhe, Braunschweig, Eberswalde, Hamburg: Öko-Institut e. V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung – ISI, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien – IRES, Thünen-Institut. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf (10.05.2022).

Rey, G., Fouillet, A., Bessemoulin, P., Frayssinet, P., Dufour, A., Jouglu, E., Hémon, D. (2009): Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality. *European Journal of Epidemiology* 24 (9), S. 495–502.

Riedel, N. (2021): *Schutzgutkomplex Bevölkerung und menschliche Gesundheit*. Paderborn: UVP-Gesellschaft e. V. UVP Merkblatt 03. https://www.uvp.de/_openaccess/merkblaetter/merkblatt_03.pdf (24.11.2022).

Riedel, N., Machtolf, M., Claßen, T., Hornberg, C., Hartlik, J. (2017): *Vulnerable Bevölkerungsgruppen – eine lebensweltliche Risiko- und Potenzialanalyse als Ansatz zur Konkretisierung der wirksamen Umwelt- und Gesundheitsvorsorge in umweltbezogenen Planungsprozessen und Zulassungsverfahren*. UVP-Report 31 (2), S. 109–117.

Riemenschneider, C., Zielinski, J., Laufer, S. (2021): *Nachweis von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in Fischen aus dem Bodensee – Ergebnisse eines Untersuchungsprogramms aus dem Jahr 2020*. Stand: 17.03.2021. o. O.: Die Untersuchungsämter für Lebensmittelüberwachung und Tiergesundheit in Baden-Württemberg. https://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=0&Thema_ID=7&ID=3344&Pdf=No&lang=DE (24.02.2022).

Rigolon, A., Browning, M. H. E. M., McAnirlin, O., Yoon, H. V. (2021): *Green Space and Health Equity: A Systematic Review on the Potential of Green Space to Reduce Health Disparities*. *International Journal of Environ-*

- mental Research and Public Health 18 (5), 2563. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph18052563> (05.05.2022).
- Rillig, M. C., Lehmann, A. (2020): Microplastic in terrestrial ecosystems. *Science* 368 (6498), S. 1430–1431.
- Rimkutė, D. (2018): Organizational reputation and risk regulation: The effect of reputational threats on agency scientific outputs. *Public Administration* 96, S. 70–83.
- RKI (Robert Koch-Institut) (2021a): Burden 2020. Berlin: RKI. <https://www.daly.rki.de/> (05.05.2022).
- RKI (2021b): Erkennung und Sicherung Epidemischer Gefahrenlagen (ESEG). Berlin: RKI. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Ausbrueche/ESEG/ESEG_node.html (17.08.2022).
- RKI (2020): Nosokomiale Ausbrüche. Berlin: RKI. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Ausbrueche/nosokomial/nosokomiale_Ausbrueche_node.html (09.05.2022).
- RKI (2019a): Antworten auf häufig gestellte Fragen zu Krankenhausinfektionen und Antibiotikaresistenz. Stand: 15.11.2019. Berlin: RKI. https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Krankenhausinfektionen-und-Antibiotikaresistenz/FAQ_Liste.html (23.02.2022).
- RKI (2019b): Grundwissen Antibiotikaresistenz. Berlin: RKI. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotika-resistenz/Grundwissen/Grundwissen_inhalt.html (23.02.2022).
- RKI (2016): Bedeutung von LA-MRSA und ESBL-bildenden Enterobacteriaceae bei Masttieren für den Menschen. Stand: 02.05.2016. Berlin: RKI https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/LA_MRSA_und_ESBL.html; https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/LA_MRSA_und_ESBL.html?sessionid=D33F98952463C7F860DEB87A3791B823.internet101 (23.02.2022).
- RKI (2015a): Welche Auswirkungen hat der demografische Wandel auf Gesundheit und Gesundheitsversorgung? In: RKI (Robert-Koch-Institut) (Hrsg.): *Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis.* Berlin: RKI, S. 435–455. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsGiD/2015/09_gesundheit_in_deutschland.pdf (07.02.2023).
- RKI (2015b): Welche Faktoren beeinflussen die Gesundheit? In: RKI (Robert-Koch-Institut) (Hrsg.): *Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis.* Berlin: RKI, S. 149–236. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsGiD/2015/03_gesundheit_in_deutschland.html (22.03.2023).
- RLI (Council for the Environment and Infrastructure) (2020): A grip on hazardous substances. The Hague: RLI. <https://en.rli.nl/sites/default/files/a-grip-on-hazardous-substances.pdf> (09.02.2023).
- Robinson, J. M., Breed, M. F. (2019): Green Prescriptions and Their Co-Benefits: Integrative Strategies for Public and Environmental Health. *Challenges* 10 (1), 9. <https://doi.org/10.3390/challe10010009> (08.02.2023).
- Robinson, L. A., Hammit, J. K., O’Keeffe, L. (2019): Valuing Mortality Risk Reductions in Global Benefit-Cost Analysis. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 10 (S1), S. 15–50.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A. de, Hughes, T., Leeuw, S. van der, Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. J., Foley, J. A. (2009): Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14 (2), 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> (11.09.2013).
- Roe, J., Aspinall, P. (2011): The restorative benefits of walking in urban and rural settings in adults with good and poor mental health. *Health & Place* 17 (1), S. 103–113.
- Roger, F., Caron, A., Morand, S., Pedrono, M., Garine-Wichatitsky, M. de, Chevalier, V., Tran, A., Gaidet, N., Figuié, M., De Visscher, M.-N. (2016): One Health and EcoHealth: the same wine in different bottles? *Infection Ecology & Epidemiology* 6, 30978. <https://dx.doi.org/10.3402/iee.v6.30978> (01.03.2022).
- Roggero, M., Thiel, A. (2018): Adapting as usual: integrative and segregative institutions shaping adaptation to climate change in local public administrations. *Journal of Institutional Economics* 14 (Special Issue 3), S. 557–78.

- Rohr, J. R., Civitello, D. J., Halliday, F. W., Hudson, P. J., Lafferty, K. D., Wood, C. L., Mordecai, E. A. (2020): Towards common ground in the biodiversity-disease debate. *Nature Ecology & Evolution* 4 (1), S. 24–33.
- Rojas-Rueda, D., Vrijheid, M., Robinson, O., Gunn Marit, A., Gražulevičienė, R., Slama, R., Nieuwenhuijsen, M. (2019): Environmental burden of childhood disease in Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (6), 1084. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061084> (23.02.2022).
- Rojo-Gimeno, C., Postma, M., Dewulf, J., Hogeveen, H., Lauwers, L., Wauters, E. (2016): Farm-economic analysis of reducing antimicrobial use whilst adopting improved management strategies on farrow-to-finish pig farms. *Preventive Veterinary Medicine* 129, S. 74–87.
- Romanello, M., Di Napoli, C., Drummond, P., Green, C., Kennard, H., Lampard, P., Scamman, D., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Ford, L. B., Belesova, K., Bowen, K., Cai, W., Callaghan, M., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Daalen, K. R. van, Dalin, C., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Dominguez-Salas, P., Dubrow, R., Ebi, K. L., Eckelman, M., Ekins, P., Escobar, L. E., Georgeson, L., Graham, H., Gunther, S. H., Hamilton, I., Hang, Y., Hänninen, R., Hartinger, S., He, K., Hess, J. J., Hsu, S.-C., Jankin, S., Jamart, L., Jay, O., Kelman, I., Kiesewetter, G., Kinney, P., Kjellstrom, T., Kniveton, D., Lee, J. K. W., Lemke, B., Liu, Y., Liu, Z., Lott, M., Batista, M. L., Lowe, R., MacGuire, F., Sewe, M. O., Martinez-Urtaza, J., Maslin, M., McAllister, L., McGushin, A., McMichael, C., Mi, Z., Milner, J., Minor, K., Minx, J. C., Mohajeri, N., Moradi-Lakeh, M., Morrissey, K., Munzert, S., Murray, K. A., Neville, T., Nilsson, M., Obradovich, N., O'Hare, M. B., Oreszczyn, T., Otto, M., Owfi, F., Pearman, O., Rabbaniha, M., Robinson, E. J. Z., Rocklöv, J., Salas, R. N., Semenza, J. C., Sherman, J. D., Shi, L., Shumake-Guillemot, J., Silbert, G., Sofiev, M., Springmann, M., Stowell, J., Tabatabaei, M., Taylor, J., Triñanes, J., Wagner, F., Wilkinson, P., Winning, M., Yglesias-González, M., Zhang, S., Gong, P., Montgomery, H., Costello, A. (2022): The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *The Lancet* 400 (10363), S. 1619–1654.
- Roncal-Jimenez, C., Lanaspá, M. A., Jensen, T., Sanchez-Lozada, L. G., Johnson, R. J. (2015): Mechanisms by Which Dehydration May Lead to Chronic Kidney Disease. *Annals of Nutrition and Metabolism* 66 (Suppl. 3), S. 10–13.
- Rosenzweig, R., Blackmar, E. (1992): *The Park and the People. A history of Central Park.* Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Ross, Z., Kheirbek, I., Clougherty, J. E., Ito, K., Matte, T., Markowitz, S., Eisl, H. (2011): Noise, air pollutants and traffic: Continuous measurement and correlation at a high-traffic location in New York City. *Environmental Research* 111 (8), S. 1054–1063.
- Röthel, A. (2013): Techniksteuernde Grenzwerte – Gewöhnungseffekte und Zukunftsaufgaben. *JuristenZeitung* 68 (23), S. 1136–1143.
- Rothenberg, R., Stauber, C., Weaver, S., Dai, D., Prasad, A., Kano, M. (2015): Urban health indicators and indices – current status. *BMC Public Health* 15, 494. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1827-x> (24.11.2022).
- Rousi, E., Kornhuber, K., Beobide-Arsuaga, G., Luo, F., Coumou, D. (2022): Accelerated western European heatwave trends linked to more-persistent double jets over Eurasia. *Nature Communications* 13 (1), 3851. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31432-y> (25.11.2022).
- Rückerl, R., Phipps, R. P., Schneider, A., Frampton, M., Cyrus, J., Oberdörster, G., Wichmann, H. E., Peters, A. (2007): Ultrafine particles and platelet activation in patients with coronary heart disease – results from a prospective panel study. *Particle and Fibre Toxicology* 4 (1). <https://doi.org/10.1186%2F1743-8977-4-1> (23.02.2022).
- Rupp, J., Guckert, M., Berger, U., Drost, W., Mader, A., Nödler, K., Nürenberg, G., Schulze, J., Söhlmann, R., Reemtsma, T. (2023): Comprehensive target analysis and TOP assay of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in wild boar livers indicate contamination hotspots in the environment. *Science of The Total Environment* 871, 162028. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162028> (20.03.2023).
- Russell, R., Guerry, A. D., Balvanera, P., Gould, R. K., Basurto, X., Chan, K. M. A., Klain, S., Levine, J., Tam, J. (2013): Humans and Nature: How Knowing and Experiencing Nature Affect Well-Being. *Annual Review of Environment and Resources* 38, S. 473–502.
- Saar, D. (2019): Ja zum Gesetz, Nein zum Vollzug? Über die Umsetzung von Rechtsvorschriften am Beispiel Luftreinhaltung. *Rundbrief – Forum Umwelt & Entwicklung* 2019 (1), S. 6–7.

- Sachs, M. (Hrsg.) (2021): Grundgesetz. Kommentar. 9. Aufl. München: Beck.
- Sainz de la Maza, M., Blanes, N., Ubach, R., Fons, J., Guillem, G. (2021): Potential quiet areas in END agglomerations – Population accessibility to quiet green urban areas using road and air traffic noise contour maps and Urban Atlas 2018. Kjeller: European Environment Agency, European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution. Eionet Report 4/2021. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-4-2021-potential-quiet-areas-in-end-agglomerations-population-accessibility-to-quiet-green-urban-areas-using-road-and-air-traffic-noise-contour-maps-and-urban-atlas-2018> (25.05.2023).
- Sakr, C. J., Leonard, R. C., Kreckmann, K. H., Slade, M. D., Cullen, M. R. (2007): Longitudinal study of serum lipids and liver enzymes in workers with occupational exposure to ammonium perfluorooctanoate. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 49 (8), S. 872–879.
- Samoli, E., Stergiopoulou, A., Santana, P., Rodopoulou, S., Mitsakou, C., Dimitroulopoulou, C., Bauwelinck, M., Hoogh, K. de, Costa, C., Mari-Dell’Olmo, M., Corman, D., Vardoulakis, S., Katsouyanni, K. (2019): Spatial variability in air pollution exposure in relation to socioeconomic indicators in nine European metropolitan areas: A study on environmental inequality. *Environmental Pollution* 249, S. 345–353.
- Sanderfoot, O. V., Bassing, S. B., Brusa, J. L., Emmet, R. L., Gillman, S. J., Swift, K., Gardner, B. (2021): A review of the effects of wildfire smoke on the health and behavior of wildlife. *Environmental Research Letters* 16 (12), 123003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac30f6> (09.05.2022).
- Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., Ward, B. P. (2015): Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12, S. 1–15.
- Saurer, J. (2022): Klimaanpassung im Mehr-Ebenen-System des Rechts. *Natur und Recht* 44 (8), S. 513–519.
- Savitz, D., Stein, C., Elston, B., Wellenius, G., Bartell, S., Shin, H.-M., Vieira, V., Fletcher, T. (2012): Relationship of Perfluorooctanoic Acid Exposure to Pregnancy Outcome Based on Birth Records in the Mid-Ohio Valley. *Environmental Health Perspectives* 120, S. 1201–1207.
- Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J., Sonna, L. A. (2011): Integrated Physiological Mechanisms of Exercise Performance, Adaptation, and Maladaptation to Heat Stress. *Comprehensive Physiology* 1 (4), S. 1883–1928.
- Schaafsma, M., Bartkowski, B., Lienhoop, N. (2018): Guidance for Deliberative Monetary Valuation Studies. *International Review of Environmental and Resource Economics* 12 (2–3), S. 267–323.
- Schaeffer, D. J., Herricks, E. E., Kerster, H. W. (1988): Ecosystem health: I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management* 12 (4), S. 445–455.
- Schäfer, A. (2010): Die Folgen sozialer Ungleichheit für die Demokratie in Westeuropa. *Zeitschrift für Vergleichende Politikwissenschaft* 4 (1), S. 131–156.
- Schäffer, A., Filser, J., Frische, T., Gessner, M., Köck, W., Kratz, W., Liess, M., Nuppenau, E.-A., Roß-Nickoll, M., Schäfer, R., Scheringer, M. (2018): Der stumme Frühling – Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes. Halle (Saale): Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Diskussion 16.
- Schäffer, S., D., Kistemann, T. (2012): German Forest Kindergartens: Healthy Childcare under the Leafy Canopy. *Children, Youth and Environments* 22 (1), S. 270–279.
- Schäffer, S., Kraftl, P. (2017): Is ‚natural‘ education healthy education? In: Ergler, C. R., Kearns, R., Witten, K. (Hrsg.): *Children’s Health and Wellbeing in Urban Environments*. London: Routledge, S. 174–188.
- Schanze, J., Korzhenevych, A., Bartel, S., Kind, C., Sartison, K. (2021): Handlungsansätze kleinerer und/oder finanzschwacher Kommunen zur Anpassung an den Klimawandel und den gesellschaftlichen Wandel – Handlungsempfehlungen für die Praxis. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 01/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-19_texte_01-2021_handlungsspielraeume_kommunen.pdf (23.11.2022).
- Schäpke, N., Stelzer, F., Caniglia, G., Bergmann, M., Wanner, M., Singer-Brodowski, M., Loorbach, D., Olsson, P., Baedeker, C., Lang, D. J. (2018): Jointly Experimenting for Transformation? Shaping Real-World

Laboratories by Comparing Them. GAIA 27 (Suppl. 1), S. 85–96.

Scharpf, F. (1972): Komplexität als Schranke der politischen Planung. In: Deutsche Vereinigung für Politische Wissenschaft (Hrsg.): Gesellschaftlicher Wandel und politische Innovation: Tagung der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft in Mannheim, Herbst 1971. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 168–192.

Scharpf, F. W. (1993): Positive und negative Koordination in Verhandlungssystemen. In: Héritier, A. (Hrsg.): Policy-Analyse – Kritik und Neuorientierung. Opladen: Westdeutscher Verlag. Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 24, S. 57–83.

Scherzberg, A. (1993): Risiko als Rechtsproblem. Ein neues Paradigma für das technische Sicherheitsrecht. Verwaltungsarchiv 84, S. 484–513.

Schierstaedt, J., Jechalke, S., Nesme, J., Neuhaus, K., Sørensen, S. J., Grosch, R., Smalla, K., Schikora, A. (2020): Salmonella persistence in soil depends on reciprocal interactions with indigenous microorganisms. Environmental Microbiology 22 (7), S. 2639–2652.

Schink, A., Reidt, O., Mitschang, S. (2018): Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz. Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz. Kommentar. München: Beck.

Schipperijn, J., Cerin, E., Adams, M. A., Reis, R., Smith, G., Cain, K., Christiansen, L. B., Dyck, D. van, Gidlow, C., Frank, L. D., Mitas, J., Pratt, M., Salvo, D., Schofield, G., Sallis, J. F. (2017): Access to parks and physical activity: An eight country comparison. Urban Forestry & Urban Greening 27, S. 253–263.

Schlacke, S. (2021): Umweltrecht. 8. Aufl. München: Beck. NomosLehrbuch.

Schlegel, I., Muthers, S., Matzarakis, A. (2021): Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Umwelt & Gesundheit 04/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_04-2021_einfluss_des_klimawandels_auf_die_morbiditaet_und_mortalitaet_von_atemwegserkrankungen.pdf (17.08.2022).

Schlegelmilch, K., Bonn, A., Schröder, A., Schröter-Schlaack, C., Hansjürgens, B. (2018): Der Status quo ist keine Option – Vorschlag für eine zukunftsfähige Archi-

tektur der Agrarpolitik. Natur und Landschaft 93 (12), S. 569–577.

Schlüns, J. (2007): Umweltbezogene Gerechtigkeit in Deutschland. Aus Politik und Zeitgeschichte 2007 (24), S. 25–31.

Schneeweiss, C., Eichler, J., Brose, M., Weiskopf, D. (2020): Anlage 1: Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV). In: Schneeweiss, C., Eichler, J., Brose, M., Weiskopf, D. (Hrsg.): Leitfaden für Fachkundige im Laserschutz. Hilfe bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 419–428.

Schneider, A., Cyrus, J., Breitner, S., Kraus, U., Peters, A., Diegmann, V., Neunhäuserer, L. (2018): Quantifizierung von umweltbedingten Krankheitslasten aufgrund der Stickstoffdioxid-Exposition in Deutschland. Abschlussbericht. Überarbeitete Version (Februar 2018). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Umwelt & Gesundheit 1/2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/abschlussbericht_no2_krankheitslast_final_2018_03_05.pdf (17.08.2022).

Schneider, F., Kirchgässner, G. (2005): Zur politischen Ökonomie der Umweltpolitik: Hat die Politikberatung etwas bewirkt? Einige Überlegungen aus der Perspektive der Neuen Politischen Ökonomie. In: Hansjürgens, B., Wätzold, F. (Hrsg.): Umweltpolitik und umweltökonomische Politikberatung in Deutschland. Berlin: Analytica. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Sonderheft 15, S. 84–111.

Schneidewind, U. (2018): Die Große Transformation. Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.

Schoierer, J., Mertes, H., Wershofen, B., Böse-O'Reilly, S. (2019): Fortbildungsangebote zu Klimawandel, Hitze und Gesundheit für medizinische Fachangestellte und Pflegefachkräfte in der ambulanten Versorgung. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 62 (5), S. 620–628.

Schoierer, J., Wershofen, B., Böse-O'Reilly, S., Mertes, H. (2020): Hitzewellen und Klimawandel: Eine Herausforderung für Gesundheitsberufe. Public Health Forum 28 (1), S. 54–57.

- Schönthaler, K., Andrian-Werburg, S. von, Nickel, D. (2011): Entwicklung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Climate Change* 22/2011. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4230.pdf> (24.11.2022).
- Schraufnagel, D. E. (2020): The health effects of ultra-fine particles. *Experimental & Molecular Medicine* 52 (3), S. 311–317.
- Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., De Matteis, S., Hoffman, B., Kim, W. J., Perez-Padilla, R., Rice, M., Sood, A., Vanker, A., Wuebbles, D. J. (2019): Health Benefits of Air Pollution Reduction. *Annals of the American Thoracic Society* 16 (12), S. 1478–1487.
- Schröder-Bäck, P. (2012): Ethische Überlegungen zur Umweltgerechtigkeit. Vortrag, Potenziale für mehr Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum: Umwelt, Gesundheit und Soziales vernetzen und gemeinsam handeln, CAPHRI School for Public Health and Primary Care, 20.11.2012, Maastricht.
- Schröder, P., Westphal-Settele, K., Konradi, S., Schönfeld, J. (2020): Antibiotika, Umwelt und „One Health“. Wissenswertes für die tägliche Praxis. *internistische praxis* 62 (1), S. 157–179.
- Schüle, S. A., Hilz, L. K., Dreger, S., Bolte, G. (2019): Social Inequalities in Environmental Resources of Green and Blue Spaces: A Review of Evidence in the WHO European Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (7), 1216. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071216> (05.05.2022).
- Schulz, C., Angerer, J., Ewers, U., Kolossa-Gehring, M. (2007): The German Human Biomonitoring Commission. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 210 (3-4), S. 373–382.
- Schulz, H., Karrasch, S., Bölke, G., Cyrus, J., Hornberg, C., Pickford, R., Schneider, A., Witt, C., Hoffmann, B. (2019a): Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil I. *Pneumologie* 73 (5), S. 288–305.
- Schulz, H., Karrasch, S., Bölke, G., Cyrus, J., Hornberg, C., Pickford, R., Schneider, A., Witt, C., Hoffmann, B. (2019b): Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil II. *Pneumologie* 73 (6), S. 347–373.
- Schulz, H., Karrasch, S., Bölke, G., Cyrus, J., Hornberg, C., Pickford, R., Schneider, A., Witt, C., Hoffmann, B. (2019c): Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil III. *Pneumologie* 73 (7), S. 407–429.
- Schulz, H., Karrasch, S., Bölke, G., Cyrus, J., Hornberg, C., Pickford, R., Schneider, A., Witt, C., Hoffmann, B. (2018): Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit. Positionspapier. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e. V. https://pneumologie.de/fileadmin/user_upload/DGP_Luftschadstoffe_Positionspapier_20181127.pdf (23.02.2022).
- Schulz-Walden, T. (2013): Anfänge globaler Umweltpolitik. *Umweltsicherheit in der internationalen Politik (1969–1975)*. München: Oldenbourg. *Studien zur internationalen Geschichte* 33.
- Schütte, S., Wolff, F., Vittorelli, L. von, Schumacher, K., Hünecke, K., Zschesche, M., Stolpe, F., Habigt, L., Newig, J. (2023): Evaluation der Öffentlichkeitsbeteiligung – Bessere Planung und Zulassung umweltrelevanter Vorhaben durch die Beteiligung von Bürger*innen und Umweltvereinigungen. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 32/2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_32-2023_evaluation_der_oeffentlichkeitsbeteiligung.pdf (22.03.2023).
- Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C., Davin, E. L. (2021): The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications* 12 (1), 6763. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26768-w> (21.03.2023).
- Schwabe, C. W. (1984): *Veterinary medicine and human health*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Schwartz, F. W., Lee, S., Darrah, T. H. (2021): A Review of the Scope of Artisanal and Small-Scale Mining Worldwide, Poverty, and the Associated Health Impacts. *GeoHealth* 5 (1), e2020GH000325. <https://doi.org/10.1029/2020GH000325> (09.02.2023).
- Seddon, N. (2022): Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science* 376 (6600), S. 1410–1416.
- Seeland, K., Dubendorfer, S., Hansmann, R. (2009): Making friends in Zurich's urban forests and parks: The role of public green space for social inclusion of youths

from different cultures. *Forest Policy and Economics* 11 (1), S. 10–17.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2015): Berliner Praxistest „Partikelfilter an Baumaschinen“. Abschlussbericht. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/umwelt/luft/luftreinhaltung/projekte-zum-luftreinhalteplan/abschlussbericht_baumaschinen.pdf (15.08.2022).

Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin (o. J.): Umweltgerechtigkeit. Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz. <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/nachhaltigkeit/umweltgerechtigkeit/> (25.02.2022).

Shaikh, I. (2018): Critically Analyse the Different Approaches of Eco Health, One Health, Planetary Health and Political Economy and Political Ecology of Global Health to Analyse Current Challenges in the Anthropocene. *Journal of Ecosystem & Ecography* 8 (1), 252. <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000252> (28.02.2022).

Shankardass, K., Solar, O., Murphy, K., Greaves, L., O’Campo, P. (2012): A scoping review of intersectoral action for health equity involving governments. *International Journal of Public Health* 57, S. 25–33.

Shaw, K. E., Civitello, D. J. (2021): Re-emphasizing mechanism in the community ecology of disease. *Functional Ecology* 35 (11), S. 2376–2386.

Sherwood, S. C., Huber, M. (2010): An adaptability limit to climate change due to heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (21), S. 9552–9555.

Shin, Y.-J., Midgley, G. F., Archer, E. R. M., Arneth, A., Barnes, D. K. A., Chan, L., Hashimoto, S., Hoegh-Guldberg, O., Insarov, G., Leadley, P., Levin, L. A., Ngo, H. T., Pandit, R., Pires, A. P. F., Portner, H. O., Rogers, A. D., Scholes, R. J., Settele, J., Smith, P. (2022): Actions to halt biodiversity loss generally benefit the climate. *Global Change Biology* 28 (9), S. 2846–2874.

Sieber, R. (2017): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. Eine Untersuchung stadtplanerischer Instrumente unter Einbeziehung des Setting-Ansatzes der Gesundheitsförderung. Dortmund, Technische Universität, Dissertation.

Siebert, H., Uphoff, H., Grewe, H. A. (2019): Monitoring hitzebedingter Sterblichkeit in Hessen. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 580–588.

Siems, W., Bremer, A., Przyklenk, J. (2009): Thermoregulation. In: Siems, W., Bremer, A., Przyklenk, J. (Hrsg.): *Allgemeine Krankheitslehre für Physiotherapeuten* Berlin, Heidelberg: Springer, S. 271–275.

Sindall, R., Mecrow, T., Queiroga, A. C., Boyer, C., Koon, W., Peden, A. E. (2022): Drowning risk and climate change: a state-of-the-art review. *Injury Prevention* 28 (2), S. 185–191.

Smith, C. J. (2019): Pediatric Thermoregulation: Considerations in the Face of Global Climate Change. *Nutrients* 11 (9), 2010. <https://doi.org/10.3390%2Fnu11092010> (09.05.2022).

Soentgen, J., Gassner, U. M., Hayek, J. von, Manzei, A. (2020): *Umwelt und Gesundheit*. Baden-Baden: Nomos. *Gesundheitsforschung – interdisziplinäre Perspektiven* 2.

Sompornrattanaphan, M., Thongngarm, T., Ratanawatkul, P., Wongsas, C., Swigris, J. J. (2020): The contribution of particulate matter to respiratory allergy. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* 38 (1), S. 19–28.

Spaniol, O. (2022): Die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit der EU. Auswirkungen für die Produktsicherheit. *Zeitschrift für Stoffrecht* 19 (2), S. 99–107.

Spannowsky, W., Hornmann, G., Kämper, N. (2023): BeckOK BauNVO. 32. Ed., Stand: 15. Januar 2023. München: Beck. Beck’scher Online-Kommentar. https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata%2Fkomm%2FBeckOKBauNVO_32%2Fcont%2FBECKOKBAUNVO%2ehtm (10.02.2023).

Spannowsky, W., Runkel, P., Goppel, K. (2018): *Raumordnungsgesetz*. Kommentar. 2. Aufl. München: Beck.

Spannowsky, W., Uechtritz, M. (2023): BeckOK BauGB. 56. Ed., Stand: 01.05.2022. München: Beck. Beck’scher Online-Kommentar. https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fkomm%2Fbeckokbaugb_56%2Fcont%2Fbeckokbaugb.htm (09.02.2023).

- Sparwasser, R. (2006): Luftqualitätsplanung zur Einhaltung der EU-Grenzwerte – Vollzugsdefizite und ihre Rechtsfolgen. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 25 (4), S. 369–377.
- Sparwasser, R., Engel, R., Voßkuhle, A. (2003): *Umweltrecht. Grundzüge des öffentlichen Umweltschutzrechts*. 5., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Heidelberg: C.F. Müller.
- SPD (Sozialdemokratische Partei Deutschlands), BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, FDP (Freie Demokratische Partei) (2021): *Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und FDP*. Berlin: SPD, BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN, FDP. https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf (21.09.2022).
- Speth, R., Zimmer, A. (Hrsg.) (2015): *Lobby Work. Interessenvertretung als Politikgestaltung*. Wiesbaden: Springer VS. Bürgergesellschaft und Demokratie.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2023): *Politik in der Pflicht: Umweltfreundliches Verhalten erleichtern. Sondergutachten*. Berlin: SRU.
- SRU (2022a): *Kurzstellungnahme des SRU zu den Eckpunkten der Nationalen Biomassestrategie*. Berlin: SRU. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_12_NABIS.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (31.01.2023).
- SRU (2022b): *Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget*. Berlin: SRU. Stellungnahme. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf (16.09.2022).
- SRU (2021): *Was jetzt zu tun ist: Empfehlungen für eine ökologische Transformation*. Berlin: SRU. Impulspapier. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_10_impulspapier_koav.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (12.10.2021).
- SRU (2020): *Für eine Entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten*. Berlin: SRU.
- SRU (2019a): *Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen – Zur Legitimation von Umweltpolitik. Sondergutachten*. Berlin: SRU.
- SRU (2019b): *Für die Umsetzung ambitionierter Klimapolitik und Klimaschutzmaßnahmen*. Berlin: SRU. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2019_09_Brief_Klimakabinett.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (07.05.2020).
- SRU (2018): *Wohnungsneubau langfristig denken. Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten*. Berlin: SRU. Stellungnahme.
- SRU (2017a): *Kohleausstieg jetzt einleiten*. Berlin: SRU. Stellungnahme.
- SRU (2017b): *Stellungnahme des SRU zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung „Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2014/52/EU im Städtebaurecht und zur Stärkung des neuen Zusammenlebens in der Stadt“*. Berlin: SRU. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2017_02_Anhoerung_Bau_MB.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (22.09.2017).
- SRU (2016a): *Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2016b): *Verbandsklage wirksam und rechtskonform ausgestalten: Stellungnahme zur Novelle des Umwelt-Rechtsbehelfsgesetzes. Stellungnahme zum „Entwurf eines Gesetzes zur Anpassung des Umwelt-Rechtsbehelfsgesetzes und anderer Vorschriften an europa- und völkerrechtliche Vorgaben“*, BT-Drucksache 18/9526 vom 5. September 2016. Berlin: SRU. Stellungnahme 20.
- SRU (2015): *Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2013): *Die Reform der europäischen Agrarpolitik: Chancen für eine Neuausrichtung nutzen*. Berlin: SRU. Kommentar zur Umweltpolitik 11.
- SRU (2012a): *Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2012b): *Vorsorgestrategien für Nanomaterialien. Sondergutachten. Juni 2011*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2008): *Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels*. Berlin: Erich Schmidt.

- SRU (2007): Arzneimittel in der Umwelt. Berlin: SRU. Stellungnahme 12.
- SRU (2005): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (1999): Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (1996): Umweltgutachten 1996. Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (1991): Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung. Sondergutachten. Oktober 1990. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU, WBW beim BMEL (Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2017): Für eine bessere Finanzierung des Naturschutzes in Europa nach 2020. Berlin: SRU. Stellungnahme.
- Stadt Zürich – Gesundheits- und Umweltdepartement (2023): Feinstaub PM₁₀. Zürich: Stadt Zürich – Gesundheits- und Umweltdepartement. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/luftqualitaet/schadstoffe/feinstaub.html (06.02.2023).
- Stadtwerke Rastatt (2022): PFC-Schadensfallübersicht. Rastatt: Stadtwerke Rastatt. <https://www.stadtwerke-rastatt.de/pfc-schadensfalluebersicht> (08.12.2022).
- Stagl, J., Hattermann, F. F., Vohland, K. (2015): Exposure to climate change in Central Europe: What can be gained from regional climate projections for management decisions of protected areas? *Regional Environmental Change* 15 (7), S. 1409–1419.
- Ståhl, T. (2018): Health in all policies – from rhetoric to implementation and evaluation – the Finnish experience. *Scandinavian Journal of Public Health* 46 (20 (Suppl.)), S. 38–46.
- Stahl, T., Falk, S., Failing, K., Berger, J., Georgii, S., Brunn, H. (2012): Perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate in liver and muscle tissue from wild boar in Hesse, Germany. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 62 (4), S. 696–703.
- Statistisches Bundesamt (2023): Wasserwirtschaft – Klärschlamm entsorgung nach Bundesländern. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/liste-klaerschlammverwertungsart.html#fussnote-1-633398> (03.03.2023).
- Statistisches Bundesamt (2022): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung. Öffentliche Wasserversorgung 2019. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Fachserie 19, Reihe 2.1.1. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Publikationen/Downloads-Wasserwirtschaft/wasser-oeffentlich-2190211199005.xlsx?__blob=publicationFile (23.11.2022).
- Statistisches Bundesamt (2021): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Tiere und tierische Erzeugung. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/_inhalt.html (24.02.2022).
- Steenland, K., Fletcher, T., Savitz, D. A. (2010): Epidemiologic evidence on the health effects of perfluorooctanoic acid (PFOA). *Environmental Health Perspectives* 118 (8), S. 1100–1108.
- Steenland, K., Hofmann, J. N., Silverman, D. T., Bartell, S. M. (2022): Risk assessment for PFOA and kidney cancer based on a pooled analysis of two studies. *Environment International* 167, 107425. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107425> (06.02.2023).
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W. de, Wit, C. A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Rayers, B., Sörlin, S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855> (16.01.2015).
- Steuil, K., Jung, H.-G., Heudorf, U. (2019): Hitzeassoziierte Morbidität: Surveillance in Echtzeit mittels rettungsdienstlicher Daten aus dem Interdisziplinären Versorgungsnachweis (IVENA). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 62 (5), S. 589–598.

- Steurer, R. (2008): Sustainable Development Strategies. In: Jordan, A. J., Lenschow, A. (Hrsg.): *Innovation in Environmental Policy? Integrating the Environment for Sustainability*. Cheltenham, Northampton, Mass.: Elgar, S. 93–113.
- STMUV Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz) (o. J.): Verursacher von Feinstaub-PM₁₀-Emissionen in Bayern. München: STUMV Bayern. <https://www.stmuv.bayern.de/themen/luftreinhal tung/verunreinigungen/feinstaub/emissionenpm10.htm> (23.02.2022).
- Strak, M., Weinmayr, G., Rodopoulou, S., Chen, J., Hoogh, K. de, Andersen, Z. J., Atkinson, R., Bauwelinck, M., Bekkevold, T., Bellander, T., Boutron-Ruault, M.-C., Brandt, J., Cesaroni, G., Concin, H., Fecht, D., Forastiere, F., Gulliver, J., Hertel, O., Hoffmann, B., Hvidtfeldt, U. A., Janssen, N. A. H., Jöckel, K.-H., Jørgensen, J. T., Ketzel, M., Klompmaker, J. O., Lager, A., Leander, K., Liu, S., Ljungman, P., Magnusson, P. K. E., Mehta, A. J., Nagel, G., Oftedal, B., Pershagen, G., Peters, A., Raaschou-Nielsen, O., Renzi, M., Rizzuto, D., Schouw, Y. T. van den, Schramm, S., Severi, G., Sigsgaard, T., Sørensen, M., Stafoggia, M., Tjønneland, A., Verschuren, W. M. M., Vienneau, D., Wolf, K., Katsouyanni, K., Brunekreef, B., Hoek, G., Samoli, E. (2021): Long term exposure to low level air pollution and mortality in eight European cohorts within the ELAPSE project: pooled analysis. *British Medical Journal* 374, n1904. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1904> (24.02.2022).
- Subramanian, S. M., Payyappallimana, U. (2020): Environment, Biodiversity, and Planetary Health: Links Between Natural Systems and Human Health. In: Haring, R., Kickbusch, I., Ganten, D., Moeti, M. (Hrsg.): *Handbook of Global Health*. Cham: Springer International Publishing, S. 1–14.
- Sugiyama, T., Carver, A., Koohsari, M. J., Veitch, J. (2018): Advantages of public green spaces in enhancing population health. *Landscape and Urban Planning* 178, S. 12–17.
- Suhr, M., Forsius, K., Ginzky, H., Löffler, L., Mehtonen, J., Häkkinen, E., Tietjen, L., Moltmann, J. F., Månsson, A., Pirntke, U., Turunen, T., Ujfalusi, M., Vähä, E., Weiß, A. (2020): Analysis of the interfaces, possible synergies or gaps between Industrial Emission Directive, REACH Regulation, Water Framework Directive, Marine Strategy Framework Directive and the POP Regulation concerning hazardous substances. HAZBREF: Work Package 3, Activity 3.1. o. O.: Interreg Baltic Sea Region, European Union, European Regional Development Fund. <https://www.syke.fi/download/noname/%7BE565D8ED-8AB4-47AA-BAB5-369B9D905B05%7D/160790> (25.02.2022).
- Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Fornes, J., Rivas, I., López-Vicente, M., Suades-González, E., Foraster, M., Garcia-Esteban, R., Basagaña, X., Viana, M., Cirach, M., Moreno, T., Alastuey, A., Sebastian-Galles, N., Nieuwenhuijsen, M., Querol, X. (2015): Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: a Prospective Cohort Study. *PLoS Medicine* 12 (3), e1001792. <https://doi.org/10.1371%2Fjournal.pmed.1001792> (23.02.2022).
- SVR Gesundheit (Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen) (2023): Resilienz im Gesundheitswesen. Wege zur Bewältigung künftiger Krisen. Gutachten 2023. Bonn: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten_2023/Gesamtgutachten_ePDF_Final.pdf (06.02.2023).
- Tacconelli, E., Pezzani, M. D. (2019): Public health burden of antimicrobial resistance in Europe. *The Lancet* 19 (1), S. 4–6.
- Tammaru, T., Marcinczak, S., Aunap, R., Ham, M. van, Janssen, H. (2020): Relationship between income inequality and residential segregation of socioeconomic groups. *Regional Studies* 54 (4), S. 450–461.
- Thamm, R., Poethko-Müller, C., Hüther, A., Thamm, M. (2018): KiGGS Welle 2 – Gesundheitliche Lage von Kindern und Jugendlichen. *Journal of Health Monitoring* 3 (3), S. 1–86.
- Thompson Coon, J., Boddy, K., Stein, K., Whear, R., Barton, J., Depledge, M. H. (2011): Does Participating in Physical Activity in Outdoor Natural Environments Have a Greater Effect on Physical and Mental Wellbeing than Physical Activity Indoors? A Systematic Review. *Environmental Science & Technology* 45 (5), S. 1761–1772.
- Thünen-Institut (Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (o. J.): *Nutztierhaltung und Fleischproduktion in Deutschland*. Braunschweig: Thünen-Institut. <https://www.thuenen.de/de/thema/nutztiershyhaltung->

und-aquakultur/nutztierhaltung-und-fleischproduktion-in-deutschland/ (23.02.2022).

Tinnemann, P., Bruns-Philipps, E., Schumacher, J. (2022): Quantifizierung der Entwicklungen des Mangels an Fachärzten/innen für Öffentliches Gesundheitswesen im Öffentlichen Gesundheitsdienst und seine Auswirkungen. *Das Gesundheitswesen* 84 (3), S. 189–198.

TMUEN (Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz) (o. J.): Hitze. Erfurt: TMUEN. <https://umwelt.thueringen.de/themen/klima/klimaanpassung/trockenstress#c65482> (21.03.2023).

Tobollik, M., Hintzsche, M., Wothge, J., Myck, T., Plass, D. (2019): Burden of Disease Due to Traffic Noise in Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (13), 2304. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph16132304> (09.05.2022).

Tobollik, M., Kabel, C., Mekel, O., Hornberg, C., Plaß, D. (2018a): Übersicht zu Indikatoren im Kontext Umwelt und Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 61 (6), S. 710–719.

Tobollik, M., Kienzler, S., Schuster, C., Wintermeyer, D., Plass, D. (2022): Burden of Disease Due to Ambient Particulate Matter in Germany – Explaining the Differences in the Available Estimates. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (20), 13197. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013197> (06.02.2023).

Tobollik, M., Plaß, D., Steckling, N., Mertes, H., Myck, T., Ziese, T., Wintermeyer, D., Hornberg, C. (2018b): Umweltbedingte Krankheitslasten in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 61 (6), S. 747–756.

Töller, A. E. (2022): Scheitert die Demokratie an der Klimapolitik? Überlegungen zur Input- und Output-Legitimation der deutschen Klimapolitik. In: Muno, W., Wagner, C., Kestler, T., Mohamad-Klotzbach, C. (Hrsg.): *Staat, Rechtsstaat, Demokratie. Konzeptionelle und aktuelle Diskussionen in der vergleichenden Politikwissenschaft*. Wiesbaden: Springer VS. *Vergleichende Politikwissenschaft*, S. 485–512.

Töller, A. E. (2021): Driving bans for diesel cars in German cities: The role of ENGOs and Courts in producing an unlikely outcome. *European Policy Analysis* 7 (2), S. 486–507.

Töller, A. E. (2020): Das Verbandsklagerecht der Umweltverbände in Deutschland: Effekte auf Rechtsanwendung, Umweltqualität und Machtverhältnisse. *Der moderne Staat – dms* 13 (2), S. 280–299.

Top Agrar Online (21.06.2019): Selhorst, C.: Mastgeflügel: Neue Erkenntnisse zu Antibiotikaresistenzen. Der EsRAM-Forschungsverbund hat diese Woche seine Ergebnisse zur Antibiotikaresistenzen-Forschung bei Mastgeflügel vorgestellt. <https://www.topagrar.com/gefluegel/mastgefluegel-neue-erkenntnisse-zu-antibiotikaresistenzen-11575919.html> (23.02.2022).

Toschki, A., Oellers, J., Rumohr, Q., Roß-Nickoll, M., Daniels, B., Schäffer, A., Sybertz, A. (2021): Integriertes Monitoring in der Agrarlandschaft – Erfassung der ökologischen Auswirkungen des chemischen Pflanzenschutzes. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 136/2021. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/integriertes-monitoring-in-der-agrarlandschaft> (25.02.2022).

Tosun, J., Lang, A. (2017): Policy Integration: Mapping the Different Concepts Policy Studies 38 (6), S. 553–570.

Traidl-Hoffmann, C., Trippel, K. (2021): Überhitzt. Die Folgen des Klimawandels für unsere Gesundheit. Was wir tun können. Berlin: Dudenverlag.

Transport & Environment (2020): Feinstaub-Ausstoß neuer Diesel-PKW: Emissionsspitzen in Tests 1000 Mal über Normalbetrieb. Brussels: Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/discover/feinstaubaussto%C3%9F-neuer-diesel-pkw-emissionsspitzen-tests-1000-mal-%C3%BCber-normalbetrieb/> (15.08.2022).

Trein, P., Ansell, C. K. (2021): Countering fragmentation, taking back the state, or partisan agenda-setting? Explaining policy integration and administrative coordination reforms. *Governance* 34 (4), S. 1143–1166.

Trein, P., Biesbroek, R., Bolognesi, T., Cejudo, G., Duffy, R., Husted, T., Meyer, I. (2021): Policy Coordination and Integration: A Research Agenda. *Public Administration Review* 81 (5), S. 973–977.

Trinkwasserkommission des BMG (2006): Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS). Stellungnahme der Trinkwasserkommission des Bun-

- desministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt. Stand: 13.07.06. o. O.: Trinkwasserkommission des BMG. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/pft-im-trinkwasser.pdf> (24.02.2022).
- Trojan, A., Fehr, R. (2020): Nachhaltige StadtGesundheit: konzeptionelle Grundlagen und aktuelle Initiativen. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 63 (8), S. 953–961.
- Trondal, J. (2017): Bureaucratic Structure. In: Farazmand, A. (Hrsg.): Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31816-5_643-1 (02.03.2022).
- Tschersich, C., Murawski, A., Schwedler, G., Rucic, E., Moos, R. K., Kasper-Sonnenberg, M., Koch, H. M., Brüning, T., Kolossa-Gehring, M. (2021): Bisphenol A and six other environmental phenols in urine of children and adolescents in Germany – human biomonitoring results of the German Environmental Survey 2014–2017 (GerES V). *Science of The Total Environment* 763, 144615. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144615> (09.05.2022).
- Twohig-Bennett, C., Jones, A. (2018): The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environmental Research* 166, S. 628–637.
- U. S. Department of Health and Human Services (2021): Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services. <https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/topics/pfas/index.html> (28.02.2022).
- UBA (Umweltbundesamt) (o. J.-a): Daten. Umweltzustand und Trends. Umwelt und Gesundheit. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit> (22.03.2023).
- UBA (o. J.-b): Umweltprobenbank des Bundes. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltprobenbank.de/de/documents> (25.02.2022).
- UBA (2022a): Daten. Umweltindikatoren. Indikator: Belastung der Bevölkerung durch Feinstaub. Stand: 07.01.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-belastung-der-bevoelkerung-durch-0> (23.02.2022).
- UBA (2022b): Daten. Umweltzustand und Trends. Luft. Emissionen und Emissionsminderung bei Kleinfeuerungsanlagen. Stand: 24.05.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/emissionsminderung-bei-kleinfeuerungsanlagen#feinstaub-emissionen-von-kleinfeuerungsanlagen> (06.02.2023).
- UBA (2022c): Daten. Umweltzustand und Trends. Luft. Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland. Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM₁₀. Stand: 30.03.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10> (22.11.2022).
- UBA (2022d): Dreifache Innenentwicklung. Definition, Aufgaben und Chancen für eine umweltorientierte Stadtentwicklung. Dessau-Roßlau: UBA. Hintergrund. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/221208_uba_hg_dreifache_innenentwicklung.pdf (09.02.2023).
- UBA (2022e): Ergebnispräsentation „Wirkungen von Tempo 30 als Regel innerorts“. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/ergebnispraesentation-wirkungen-von-tempo-30-als> (08.12.2022).
- UBA (2022f): German Informative Inventory Report. Chap. 2: Explanation of Key Trends. Stand: 07.02.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://iir.umweltbundesamt.de/2022/general/trends/start> (28.11.2022).
- UBA (2022g): The Revision of the REACH Authorisation and Restriction System. Recommendations by the German Environment Agency. Dessau-Roßlau: UBA. Scientific Opinion Paper. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/scopp_the_revision_of_the_reach_authorisation_and_restriction_system.pdf (15.08.2022).
- UBA (2022h): Themen. Chemikalien. Chemikalien / REACH. Bewertung & Regulierung von Chemikalien Mischungen unter REACH. Stand: 29.08.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-reach/bewertung-regulierung-von-chemikalien-mischungen> (23.03.2023).
- UBA (2022i): Themen. Gesundheit. Umwelteinflüsse auf den Menschen. Umweltgerechtigkeit – Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Stand: 02.08.2022. Dessau-

Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/umweltgerechtigkeit-umwelt-gesundheit-soziale-lage> (22.03.2023).

UBA (2022j): Themen. Luft. Emissionen von Luftschadstoffen. Stand: 20.05.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen> (24.01.2023).

UBA (2022k): Ultrafeine Partikel. Verursacher, Messung und Wirkungsbewertung. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Texte 126/2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_126-2022_ultrafeine-partikel_0.pdf (06.02.2023).

UBA (2021a): Daten. Umweltzustand und Trends. Verkehr. Umweltbelastungen durch Verkehr. Stand: 10.06.2021. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr#undefined> (22.02.2022).

UBA (2021b): Klimaanpassung jetzt gesetzlich verankern. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/uba_vorschlaege_zur_klimaanpassung.pdf (17.11.2022).

UBA (2021c): Tempolimit auf Autobahnen. Klimaschutzinstrumente im Verkehr. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/uba-kurzpapier_tempolimit_autobahnen_kliv_0.pdf (09.02.2023).

UBA (2021d): Themen. Chemikalien. Arzneimittel. Tierarzneimittel in der Umwelt. Eintrag und Vorkommen von Tierarzneimitteln in der Umwelt. Stand: 16.12.2021. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/eintrag-vorkommen-von-tierarzneimitteln-in-der> (19.01.2023).

UBA (2021e): Themen. Gesundheit. Belastung des Menschen ermitteln. Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit, GerES. Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit, GerES V (2014–2017). UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/belastung-des-menschen-ermitteln/umwelt-survey/5-umwelt-survey-von-2013-bis-2016> (10.12.2021).

UBA (2021f): Themen. Gesundheit. Kommissionen und Arbeitsgruppen. Kommission Human-Biomonitoring. Stand: 10.11.2021. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen->

[arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring](https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-und-arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring) (09.02.2023).

UBA (2021g): Themen. Luft. Luftschadstoffe im Überblick. Feinstaub. Stand: 18.06.2021. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/feinstaub#undefined> (22.02.2022).

UBA (2021h): UMLANDSTADT umweltschonend. Nachhaltige Verflechtung von Wohnen, Arbeiten, Erholung und Mobilität. Dessau-Roßlau: UBA https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/broschuere_uba_umlandstadt_final_barrierefrei_20211215.pdf (09.02.2023).

UBA (2021i): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausg. 2021. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Texte 143/2021. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_143-2021_umweltschaedliche_subventionen.pdf (15.08.2022).

UBA (2021j): Was ist Bisphenol A? Stand: 22.10.2021. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-reach/stoffgruppen/bisphenol-a#was-ist-bisphenol-a> (09.05.2022).

UBA (2021k): The Zero Pollution Action Plan as a chance for a crossregulatory approach to pollution prevention and reduction. Dessau-Roßlau: UBA. Scientific Opinion Paper. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/20210909_sciopap_zpa-aktionsplan_final.pdf (25.02.2022).

UBA (2020a): PFAS. Gekommen, um zu bleiben. Dessau-Roßlau: UBA. Schwerpunkt 1-2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben> (24.02.2022).

UBA (2020b): Themen. Gesundheit. Belastung des Menschen ermitteln. Human-Biomonitoring. Stand: 05.05.2020. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/belastung-des-menschen-ermitteln/human-biomonitoring> (25.02.2022).

UBA (2020c): Themen. Luft. Luftschadstoffe im Überblick. Ammoniak. Stand: 23.06.2020. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/ammoniak> (06.02.2023).

UBA (2020d): Themen. Verkehr/Lärm. Emissionsstandards. Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Stand: 09.06.2020. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge> (06.02.2023).

UBA (2020e): Umgang mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) im Trinkwasser. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission. Stand: 26.08.2020. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/twk_200826_empfehlung_pfas_final_0.pdf (24.02.2022).

UBA (2020f): Viermal Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit auf einen Blick. Stand: 24.09.2020. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheitsrisiken-durch-umgebungslaerm> (09.05.2022).

UBA (2019a): Daten. Umwelt und Gesundheit. Gesundheitsrisiken durch Umgebungslärm. Stand: 09.01.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-umgebungslaerm> (24.04.2019).

UBA (2019b): FAQ umweltbedingte Krankheitslasten. Was verbirgt sich hinter dem Begriff Krankheitslast (burden of disease)? Stand: 10.12.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheitsrisiken-durch-umgebungslaerm> (05.05.2022).

UBA (2019c): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf (25.02.2022).

UBA (2019d): Themen. Klima/Energie. Klimafolgen und Anpassung. Anpassung an den Klimawandel. Anpassung auf kommunaler Ebene. Stand: 17.12.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-kommunaler-ebene> (10.05.2022).

UBA (2019e): Themen. Klima/Energie. Klimafolgen und Anpassung. Folgen des Klimawandels. Monitoring zur DAS. DAS-Handlungsfelder mit Indikatoren. Bauwesen>BAU-I-1 + 2 Wärmebelastung in Städten. Stand: 26.11.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/bau-i-1-bau-i-2-das-indikatoren#bau-i-1-warmebelastung-in-stadten> (10.05.2022).

UBA (2019f): Themen. Klima/Energie. Klimafolgen und Anpassung. Folgen des Klimawandels. Monitoring zur DAS. DAS-Handlungsfelder mit Indikatoren. Industrie und Gewerbe. IG-I-1: Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit. Stand: 26.11.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/ig-i-1-das-indikator#ig-i-1-hitzebedingte-minderung-der-leistungsfahigkeit> (25.11.2022).

UBA (2019g): Themen. Klima/Energie. Klimafolgen und Anpassung. Folgen des Klimawandels. Monitoring zur DAS. DAS-Handlungsfelder mit Indikatoren. Menschliche Gesundheit. GE-I-1: Hitzebelastung + Bewusstsein in der Bevölkerung. Stand: 26.11.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/ge-i-1-2-das-indikatoren#ge-i-1-hitzebelastung> (25.11.2022).

UBA (2018a): Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt. Hintergrund, Herausforderungen und Handlungsoptionen. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Hintergrund. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/181012_uba_hg_antibiotika_bf.pdf (23.02.2022).

UBA (2018b): Aus welchen Quellen stammt Feinstaub? Stand: 25.04.2018. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/aus-welchen-quellen-stammt-feinstaub> (06.02.2023).

UBA (2018c): Bessere Gesetze durch mehr Transparenz der Gesetzesfolgen. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Position. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/180702_uba_pos_gesetzes-folgenabschaetzung_bf.pdf (05.03.2019).

UBA (2018d): Mitteilung des UBA nach Anhörung der TWK – Bedeutung von antibiotikaresistenten Bakterien und Resistenzgenen im Trinkwasser. Stand: 25.04.2018. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/mitteilung_antibiotikaresistente_keime_trinkwasser_0.pdf (24.02.2022).

UBA (2018e): Themen. Luft. Luftschadstoffe im Überblick. Feinstaub. Fragen und Antworten: Ultrafeine Partikel. Stand: 12.12.2018. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/feinstaub/fragen-antworten-ultrafeine-partikel> (23.02.2022).

UBA (2017a): Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohlen. Dessau-Roßlau: UBA. Hintergrund. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/171207_uba_hg_braunsteinkohle_bf.pdf (23.02.2022).

UBA (2017b): Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 60 (3), S. 350–352.

UBA (2016): Themen. Gesundheit. Umwelteinflüsse auf den Menschen. Innenraumluft. Stand: 31.10.2016. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumluft> (24.02.2022).

UBA (2015): Bodenzustand in Deutschland zum „Internationalen Jahr des Bodens“. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/bodenzustand_in-deutschland_0.pdf (04.05.2022).

UBA, JKI (Julius Kühn-Institut) (2015): Ambrosia: Wissenswertes & Hintergrundinfos, Ambrosia-Tag am 27. Juni 2015. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Hintergrund. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/ambrosia_wissenswertes_hintergrundinfos_0.pdf (09.05.2022).

Ulrich, R. S. (1983): Aesthetic and Affective Response to Natural Environment. In: Altman, I., Wohlwill, J. F. (Hrsg.): Behavior and the Natural Environment. Boston: Springer, S. 85–125.

UMK (Umweltministerkonferenz) (2021): 97. Umweltministerkonferenz am 26. November 2021 per Videokonferenz. Endgültiges Ergebnisprotokoll. o. O.: UMK. https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/endgueltiges-protokoll-97-umk-am-26-november-2021_1640086382.pdf (17.08.2022).

Umweltbundesamt (2020): Workshop and Workshop Report on PFAS Monitoring. 13/14 January 2020, Conference Center Albert Borschette, Brussels. Final Workshop Report. Vienna: Umweltbundesamt. 070201/2019/811206/SFRA/ENV.C.2. <https://iww-online.de/download/pfas-monitoring/?wpdmdl=18549&refresh=63c0289a0feb11673537690> (23.01.2023).

Umweltministerium Baden-Württemberg (2007): Perfluorierte Tenside (PFT) im Klärschlamm in Baden-Württemberg. Hintergründe, Ergebnisse, Perspektiven. Pressekonferenz am 3. August 2007 in Stuttgart. Stuttgart: Umweltministerium Baden-Württemberg. https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/Altdateien/202/Anlage_Klaerschlamm.pdf (25.02.2022).

UN (United Nations) (2015a): Paris Agreement. New York, NY: United Nations. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf (28.01.2021).

UN (2015b): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Von der Generalversammlung auf ihrer neunundsechzigsten Tagung an das Gipfeltreffen der Vereinten Nationen zur Verabschiedung der Post-2015-Entwicklungsagenda überwiesener Resolutionsentwurf. Washington, DC: UN. <https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf> (01.02.2018).

UN (1992a): Convention on Biological Diversity. Nairobi: UNEP.

UN (1992b): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. New York: UN. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> (24.03.2023).

UN CED (United Nations Conference on Environment and Development) (1992): Agenda 21. Rio de Janeiro: UN CED.

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2019): World Population Prospects 2019. Highlights. New York, NY: UN DESA. ST/ESA/SER.A/423. https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf (04.05.2022).

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) (o. J.): Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). Geneva: UNECE. <https://unece.org/>

- environment-policy/air/protocol-persistent-organic-pollutants-pops (21.03.2023).
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2020): Cooling Emissions and Policy Synthesis Report: Benefits of cooling efficiency and the Kigali Amendment. Nairobi: UNEP. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33094/CoolRep.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (25.11.2022).
- UNEP (2019): Global Chemicals Outlook II. From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development. Part I: The evolving chemicals economy: status and trends relevant for sustainability. Genf: UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions> (21.03.2023).
- UNEP (2009): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Châtelaine: Secretariat of the Stockholm Convention. <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> (18.11.2015).
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (1997): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto: UNFCCC. FCCC/CP/1997/L.7/Add.1. <https://unfccc.int/documents/2409> (08.02.2023).
- Ungeheuer, F., Caudillo, L., Ditas, F., Simon, M., Pinxteren, D., Kılıç, D., Rose, D., Jacobi, S., Kürten, A., Curtius, J., Vogel, A. (2022): Nucleation of jet engine oil vapours is a large source of aviation-related ultrafine particles. *Communications Earth & Environment* 3, 319. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00653-w> (06.02.2023).
- US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2022a): EJScreen: Environmental Justice Screening and Mapping Tool. Stand: 01.04.2022. Washington, DC: US EPA. <https://www.epa.gov/ejscreen> (18.08.2022).
- US EPA(2022b): Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM) Washington, DC: US EPA. <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm> (06.02.2023).
- US EPA (2022c): Particulate Matter (PM) Basics. Washington, DC: US EPA. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics> (06.02.2023).
- UV-Schutz-Bündnis (2017): Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne – Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land: Grundsatzpapier des UV-Schutz-Bündnisses. Salzgitter: UV-Schutz-Bündnis.
- Varghese, G. M., John, G., Thomas, K., Abraham, O. C., Mathai, D. (2005): Predictors of multi-organ dysfunction in heatstroke. *Emergency Medicine Journal* 22 (3), S. 185–187.
- VCI (Verband der Chemischen Industrie e. V.) (2020): Zero pollution ambition of the European Green Deal. VCI position on Chemicals Strategy for Sustainability. Frankfurt am Main: VCI. <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/2020-11-09-vci-position-en-eu-chemicals-strategy.pdf> (09.02.2023).
- Veitch, J., Rodwell, L., Abbott, G., Carver, A., Flowers, E., Crawford, D. (2021): Are park availability and satisfaction with neighbourhood parks associated with physical activity and time spent outdoors? *BMC Public Health* 21, 306. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10339-1> (06.05.2022).
- Verheyen, R., Hölzen, K. (2022): Kommunaler Klimaschutz im Spannungsfeld zwischen Aufgabe und Finanzierung am Beispiel der kommunalen Wärmeplanung und des kommunalen Klimaschutzmanagements. Rechtsgutachten. Hamburg: Rechtsanwälte Günther. <https://www.germanwatch.org/sites/default/files/rechtsgutachten-kommunaler-klimaschutz.pdf> (25.01.2023).
- Vestlund, N. M. (2015): Changing policy focus through organizational reform? The case of the pharmaceutical unit in the European Commission. *Public Policy and Administration* 30 (1), S. 92–112.
- Vicedo-Cabrera, A. M., Scovronick, N., Sera, F., Royé, D., Schneider, R., Tobias, A., Astrom, C., Guo, Y., Honda, Y., Hondula, D. M., Abrutzky, R., Tong, S., Coelho, M. de Sousa Zanotti Stagliorio, Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., Correa, P. M., Ortega, N. V., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Indermitte, E., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N., Pascal, M., Schneider, A., Katsouyanni, K., Samoli, E., Mayvaneh, F., Entezari, A., Goodman, P., Zeka, A., Michelozzi, P., de’Donato, F., Hashizume, M., Alahmad, B., Diaz, M. H., Valencia, C. D. L. C., Overcenco, A., Houthuijs, D., Ameling, C., Rao, S., Di Ruscio, F., Carrasco-Escobar, G., Seposo, X., Silva, S., Madureira, J., Holobaca, I. H., Fratianni, S., Acquotta, F., Kim, H., Lee, W., Iniguez, C., Forsberg, B., Ragettli, M. S., Guo, Y. L. L., Chen, B. Y., Li, S., Armstrong, B., Aleman, A.,

- Zanobetti, A., Schwartz, J., Dang, T. N., Dung, D. V., Gillett, N., Haines, A., Mengel, M., Huber, V., Gasparrini, A. (2021): The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change* 11 (6), S. 492–500.
- Vidaurre, R., Lukat, E., Steinhoff-Wagner, J., Ilg, Y., Petersen, B., Hannappel, S., Möller, K., Hein, A. (2016): Konzepte zur Minderung von Arzneimittelnträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/fachbroschuere_tam_final.pdf (23.02.2022).
- Vogeler, C. S., Hornung, J., Bandelow, N., Möck, M. (2021): Antimicrobial resistance policies in European countries – a comparative analysis of policy integration in the water-food-health nexus. *Journal of Environmental Policy & Planning*. 24 (5), S. 568–579.
- Vohland, K., Badeck, F., Böhning-Gaese, K., Ellwanger, G., Hanspach, J., Ibisch, P. L., Klotz, S., Kreft, S., Kühn, I., Schröder, E., Trautmann, S., Cramer, W. (Hrsg.) (2013): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen. Ergebnisse eines F+E-Vorhabens (FKZ 806 82 270). Bonn: Bundesamt für Naturschutz. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 129.
- Völker, S., Baumeister, H., Claßen, T., Hornberg, C., Kistemann, T. (2013): Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space – a health geographic perspective. *Erdkunde* 67 (4), S. 355–371.
- Voß, M., Kahlenborn, W., Porst, L., Dorsch, L., Nilson, E., Rudolph, E., Lohrengel, A.-F. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 4: Risiken und Anpassung im Cluster Infrastruktur. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Climate Change* 23/2021. https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/KWRA2021_Teilbericht_4_Cluster_Infrastruktur_bf_210709.pdf (06.05.2022).
- Vroegindewey, G. (2017): Beyond Three Circles: A Broader View of One Health. *Advances in Small Animal Medicine and Surgery* 30 (2), S. 1–3.
- Wall, D. H., Nielsen, U. N., Six, J. (2015): Soil biodiversity and human health. *Nature* 528 (7580), S. 69–76.
- Wallace, R. F., Kriebel, D., Punnett, L., Wegman, D. H., Amoroso, P. J. (2007): Prior heat illness hospitalization and risk of early death. *Environmental Research* 104 (2), S. 290–295.
- Waltner-Toews, D. (2009): Eco-Health: A primer for veterinarians. *The Canadian Veterinary Journal* 50 (5), S. 519–521.
- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P. P., Cai, W., Chaytor, S., Colbourn, T., Collins, M., Cooper, A., Cox, P. M., Depledge, J., Drummond, P., Ekins, P., Galaz, V., Grace, D., Graham, H., Grubb, M., Haines, A., Hamilton, I., Hunter, A., Jiang, X., Li, M., Kelman, I., Liang, L., Lott, M., Lowe, R., Luo, Y., Mace, G., Maslin, M., Nilsson, M., Oreszczyn, T., Pye, S., Quinn, T., Svensdotter, M., Venevsky, S., Warner, K., Xu, B., Yang, J., Yin, Y., Yu, C., Zhang, Q., Gong, P., Montgomery, H., Costello, A. (2015): Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet* 386 (10006), S. 1861–1914.
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S. (2019): The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet* 394 (10211), S. 1836–1878.
- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz) (2020): Politik für eine nachhaltigere Ernährung: Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Berlin: WBAE. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/wbae-gutachten-nachhaltig-ernaehrung.pdf (15.06.2022).
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2023): Gesund leben auf einer gesunden Erde. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- WBGU (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Hauptgutachten. Berlin: WBGU.

- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987): *Our common future* (Brundtland-Report). Oxford: Oxford University Press.
- Weber, M., Schreurs, H. (2018): Health in all policies: lessons learned and next steps in Utrecht. *European Journal of Public Health* 28 (Suppl. 4), S. 100–101.
- Welti, F. (2015): Das Gesetz zur Stärkung der Gesundheitsförderung und Prävention – was bringt dieses Präventionsgesetz? *Gesundheit und Pflege* 6, S. 211–216.
- Wen, Y., Yan, Q., Pan, Y. (2019): Medical empirical research on forest bathing (Shinrin-yoku): a systematic review. *Environmental Health and Preventive Medicine* 24, 70. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0822-8> (18.02.2022).
- Weth, C. (2020): Das Gesunde Städte-Netzwerk. In: Böhm, K., Bräunling, S., Geene, R., Köckler, H. (Hrsg.): *Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland*. Wiesbaden: Springer VS, S. 305–311.
- White, R. J., Razgour, O. (2020): Emerging zoonotic diseases originating in mammals: a systematic review of effects of anthropogenic land-use change. *Mammal Review* 50 (4), S. 336–352.
- Whiting, R., Nicol, L., Keyte, I., Kreißig, J., Crookes, M., Gebbink, W., Potrykus, A., Schöpel, M. (2015): The use of PFAS and fluorine-free alternatives in textiles, upholstery, carpets, leather and apparel. Brussels: European Commission – DG Environment. https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/pfas_in_textiles_final_report_en.pdf/0a3b1c60-3427-5327-4a19-4d98ee06f041?t=1619607351696 (25.02.2022).
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., Souza Dias, B. F. de, Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P. (2015): Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet* 386 (10007), S. 1973–2028.
- WHO (World Health Organization) (o. J.): Constitution. Geneva: WHO. <https://www.who.int/about/governance/constitution> (08.12.2022).
- WHO (2021a): Noncommunicable diseases. Key facts. Geneva: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (23.02.2022).
- WHO (2021b): WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary. Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (23.02.2022).
- WHO (2018): Critically important antimicrobials für human medicine. Ranking of medically important antimicrobials for risk management of antimicrobial resistance due to non-human use. 6th rev. Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1217095/retrieve> (23.02.2022).
- WHO (2017a): Preventing noncommunicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors. Geneva: WHO/WHO/FWC/EPE/17.1. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258796/WHO-FWC-EPE-17.01-eng.pdf> (18.02.2022).
- WHO (2017b): WHO model list of essential medicines, 20th list (March 2017, amended August 2017). Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/273826/EML-20-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (06.02.2023).
- WHO (2014): Health in all policies. Helsinki statement. Framework for country action. Geneva: WHO. http://www.who.int/iris/bitstream/10665/112636/1/9789241506908_eng.pdf?ua=1 (17.09.2018).
- WHO (2001): WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance. Geneva: WHO. WHO/CDS/CSR/DRS/2001.2. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/63341/retrieve> (23.02.2022).
- WHO (1998): Emerging and other communicable diseases: antimicrobial resistance. WHA51.17. In: WHO (Hrsg.): *Fifty-first World Health Assembly. Geneva 11–16 MAY 1998. Resolutions and decisions. Annexes*. Geneva: WHO. WHA51/1998/REC/1, S. 18–19.
- WHO (1992): *Gesunde Städte. Ein Projekt wird zur Bewegung. Zwischenbericht über das Gesunde-Städte-Projekt der WHO 1987 bis 1990*. Kopenhagen: WHO.
- WHO (1986): *Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung, 1986*. Geneva: WHO. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/129534/Ottawa_Charter_G.pdf?ua=1 (08.12.2022).

WHO – Commission on Social Determinants of Health (World Health Organization – Commission on Social Determinants of Health) (2008): Closing the gap in a generation. Health equity through action on the social determinants of health. Geneva: WHO – Commission on Social Determinants of Health. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/65985/retrieve> (09.05.2022).

WHO – Regional Office for Europe (World Health Organization – Regional Office for Europe) (o. J.): The Minsk Declaration. The Life-course Approach in the Context of Health 2020. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/289962/The-Minsk-Declaration-EN-rev1.pdf (25.11.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2023): Natur, Biodiversität und Gesundheit. Eine Übersicht der Zusammenhänge. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/365538/9789289058629-ger.pdf?sequence=1> (08.02.2023).

WHO – Regional Office for Europe (2022): WHO launches fact sheet series on environmental health inequalities in Europe. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. <https://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/pages/news/news/2022/2/who-launches-fact-sheet-series-on-environmental-health-inequalities-in-europe> (06.02.2023).

WHO – Regional Office for Europe (2021a): Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/245310872/Heat_and_Health_WHO_UNEP_DTU_2021.pdf (09.05.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2021b): The life-course approach: from theory to practice: case stories from two small countries in Europe. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1353953/retrieve> (25.11.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2019): Gesundheitshinweise zur Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden. Neue und aktualisierte Hinweise für unterschiedliche Zielgruppen. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341625/WHO-EURO-2021-2510-42266-58732-ger.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (17.08.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2016): Urban green spaces and health. A review of evidence. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe.

WHO – Regional Office for Europe (2013a): Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe.

WHO – Regional Office for Europe (2013b): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP. Technical report. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf (22.02.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2011): Informationen für politische Entscheidungsträger. Weltgesundheitstag 2011. Faktenblatt, 7. April 2011. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. <https://www.euro.who.int/de/media-centre/sections/press-releases/2012/11/self-prescription-of-antibiotics-boosts-superbugs-epidemic-in-the-european-region/antibiotic-resistance/factsheets/information-for-policy-makers> (23.02.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2010): Environment and health risks: a review of the influence and effects of social inequalities. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/78069/E93670.pdf (05.05.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2009): Improving public health responses to extreme weather/heat-waves: EuroHEAT. Summary for Policymakers. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/95913/E92473.pdf (10.05.2022).

WHO – Regional Office for Europe (2008): Heat-health action plans: guidance. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. EUR/07/5067942. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1351849/retrieve> (10.05.2022).

WHO – Regional Office for Europe (1998): Gesundheit21 – Gesundheit für alle im 21. Jahrhundert. Eine Einführung. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. Europäische Schriftenreihe „Gesundheit für alle“ 5. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/88592/EHFA5-G.pdf (02.05.2022).

- WHO – Regional Office for Europe (1978): Erklärung von Alma-Ata (1978). Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/132218/e93944G.pdf (09.05.2022).
- WHO – Regional Office for Europe, OECD (2015): Economic cost of the health impact of air pollution in Europe. Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO – Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf (12.04.2022).
- Wichmann, H. E. (2018): Gesundheitliche Risiken von Stickstoffdioxid im Vergleich zu Feinstaub und anderen verkehrsabhängigen Luftschadstoffen. *Umweltmedizin – Hygiene – Arbeitsmedizin* 23 (2), S. 57–71.
- Wilbanks, T. J., Kates, R. W. (1999): Global Change in Local Places: How Scale Matters. *Climatic Change* 43 (3), S. 601–628.
- Wilhelm, M., Hölzer, J., Dobler, L., Rauchfuss, K., Midasch, O., Kraft, M., Angerer, J., Wiesmüller, G. (2009): Preliminary observations on perfluorinated compounds in plasma samples (1977–2004) of young German adults from an area with perfluorooctanoate-contaminated drinking water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212 (2), S. 142–145.
- Winkens, K., Giovanoulis, G., Koponen, J., Vestergren, R., Berger, U., Karvonen, A. M., Pekkanen, J., Kiviranta, H., Cousins, I. T. (2018): Perfluoroalkyl acids and their precursors in floor dust of children's bedrooms – Implications for indoor exposure. *Environment International* 119, S. 493–502.
- Winkens, K., Koponen, J., Schuster, J., Shoeib, M., Vestergren, R., Berger, U., Karvonen, A. M., Pekkanen, J., Kiviranta, H., Cousins, I. T. (2017): Perfluoroalkyl acids and their precursors in indoor air sampled in children's bedrooms. *Environmental Pollution* 222, S. 423–432.
- Winklmayr, C., Muthers, S., Niemann, H., Mücke, H.-G., An der Heiden, M. (2022): Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021. *Deutsches Ärzteblatt* 119 (26), S. 451–457.
- Witt, C., Schubert, A. J., Jehn, M., Holzgreve, A., Liebers, U., Endlicher, W., Scherer, D. (2015): The Effects of Climate Change on Patients With Chronic Lung Disease. A Systematic Literature Review. *Deutsches Ärzteblatt* 112 (51–52), S. 878–883.
- Wolf, M., Ölmez, C., Schönthaler, K., Porst, L., Voß, M., Linsenmeier, M., Kahlenborn, W., Dorsch, L., Dudda, L. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 5: Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Climate Change 24/2021. https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/KWRA2021_Teilbericht_5_Cluster_Wirtschaft_Gesundheit_bf_210709.pdf (06.05.2022).
- Wolf, T., Lyne, K., Martinez, G. S., Kendrovski, V. (2015): The Health Effects of Climate Change in the WHO European Region. *Climate* 3 (4), S. 901–936.
- Wong, Y. S., Osborne, N. J. (2022): Biodiversity Effects on Human Mental Health via Microbiota Alterations. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (19), 11882. <https://doi.org/10.3390/2Fijerph191911882> (02.12.2022).
- Wothge, J., Niemann, H. (2020): Gesundheitliche Auswirkungen von Umgebungslärm im urbanen Raum. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 63 (8), S. 987–996.
- Wright, M. T. (2021): Partizipative Gesundheitsforschung: Ursprünge und heutiger Stand. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 64 (2), S. 140–145.
- Wright, M. T., Block, M., Unger, H. von (2008): Partizipation in der Zusammenarbeit zwischen Zielgruppe, Projekt und Geldgeber/in. *Das Gesundheitswesen* 70 (12), S. 748–754.
- Wüstemann, H., Kolbe, J. (2017): Der Einfluss städtischer Grünflächen auf die Immobilienpreise. Eine hedonische Analyse für die Stadt Berlin. *Raumforschung und Raumordnung* 75 (5), S. 429–438.
- ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (o. J.): Geosphären. Wien: ZAMG. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/geosphaeren> (20.03.2023).
- Zeeb, H. (2018): Umwelt und der „Health-in-all-Policies“-Ansatz – ein Überblick. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 61 (6), S. 729–736.

ZfKD (Zentrum für Krebsregisterdaten), GEKID (Gesellschaft der Epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V.) (2021): Krebs in Deutschland für 2017/2018. 13. Ausg. Berlin: Robert Koch-Institut. https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2021/krebs_in_deutschland_2021.pdf?jsessionid=C0C23CDBDC6770C555A1E7D7B96B898F.internet081?__blob=publicationFile (07.02.2023).

Zhang, J., Yu, Z., Zhao, B., Sun, R., Vejre, H. (2020): Links between green space and public health: a bibliometric review of global research trends and future prospects from 1901 to 2019. *Environmental Research Letters* 15, 063001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7f64> (22.02.2022).

Zhang, R., Zhang, C. Q., Rhodes, R. E. (2021): The pathways linking objectively-measured greenspace exposure and mental health: A systematic review of observational studies. *Environmental Research* 198, 111233. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111233> (06.05.2022).

Zinsstag, J. (2013): Convergence of Ecohealth and One Health. *EcoHealth* 9 (4), S. 371–373.

Zinsstag, J., Mackenzie, J. S., Jeggo, M., Heymann, D. L., Patz, J. A., Daszak, P. (2012): Mainstreaming one health. *EcoHealth* 9 (2), S. 107–110.

Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., Tanner, M. (2011): From “one medicine” to “one health” and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine* 101 (3-4), S. 148–156.

ZKA (Zentrum KlimaAnpassung) (o. J.): Über uns. Berlin: ZKA. <https://zentrum-klimaanpassung.de/ueber-uns> (19.01.2023).

ZKA (2022): Das Zentrum KlimaAnpassung. Berlin: adelphi. <https://zentrum-klimaanpassung.de/> (17.08.2022).

ZUG (Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH) (o. J.-a): Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Berlin: ZUG. <https://www.z-u-g.org/aufgaben/foerderung-von-massnahmen-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/> (18.08.2022).

ZUG (o. J.-b): Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen. Berlin: ZUG. <https://www.z-u-g.org/aufgaben/klimaanpassung-in-sozialen-einrichtungen/> (18.08.2022).

Zukunftsforum Public Health (2020): Der Pakt für den Öffentlichen Gesundheitsdienst. Empfehlungen für Umsetzung und Ausgestaltung. o. O.: Zukunftsforum Public Health. https://www.bvoegd.de/wp-content/uploads/2020/07/ZfPH_Stellungnahme_%C3%96GD_Pakt.pdf (18.08.2022).

Abkürzungsverzeichnis

°C	= Grad Celsius
µg	= Mikrogramm
µm	= Mikrometer
a	= annus – Jahr
AbfKlärV	= Klärschlammverordnung
Abs.	= Absatz
AEUV	= Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AMG	= Arzneimittelgesetz
AOK	= Allgemeine Ortskrankenkasse
APA	= Aktionsplan Anpassung
APUG	= Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit
Art.	= Artikel
BÄK	= Bundesärztekammer
BauGB	= Baugesetzbuch
BauNVO	= Baunutzungsverordnung
bdla	= Bund Deutscher Landschaftsarchitekt:innen
Beschl.	= Beschluss
BFF	= Biotopflächenfaktor
BfN	= Bundesamt für Naturschutz
BfR	= Bundesinstitut für Risikobewertung
BfS	= Bundesamt für Strahlenschutz
Bill.	= Billion(en)
BImSchG	= Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMBF	= Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	= Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMG	= Bundesministerium für Gesundheit
BMI	= Body-Mass-Index
BMU	= Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (14.03.2018–07.12.2021, seit 08.12.2021 BMUV)
BMUB	= Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (17.12.2013–13.03.2018, seit 08.12.2021 BMUV)

BMUV	= Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	= Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	= Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNatSchG	= Bundesnaturschutzgesetz
BSG	= Bundessozialgericht
BVerfG	= Bundesverfassungsgericht
BVerfGE	= Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts
BVerwG	= Bundesverwaltungsgericht
BVL	= Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
C9-C14 PFCAs	= perfluorierte Carbonsäuren (perfluorocarboxylic acid) mit neun bis vierzehn Kohlenstoffatomen
ChemG	= Chemikaliengesetz
CLRTAP	= Convention on Long-range Transboundary Air Pollution – Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung
cm ³	= Kubikzentimeter
CMR-Stoffe	= cancerogen, mutagen, reprotoxic substances – kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe
CO	= Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	= Kohlenstoffdioxid
COPD	= Chronic Obstructive Pulmonary Disease – chronisch obstruktive Lungenerkrankung
DALY	= disability-adjusted life years – verlorene gesunde Lebensjahre
DART	= Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie
DAS	= Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
dB	= Dezibel
DEHP	= Di(2ethylhexyl)phthalat
Difu	= Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
DIN	= Deutsches Institut für Normung e. V.
DStGB	= Deutscher Städte- und Gemeindebund
DUH	= Deutsche Umwelthilfe e. V.
DWA	= Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
DWD	= Deutscher Wetterdienst
E	= Elektro
EBD	= environmental burdens of disease – umweltbedingte Krankheitslast

ECDC	= European Centre for Disease Prevention and Control – Europäisches Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten
ECHA	= European Chemicals Agency – Europäische Chemikalienagentur
EEA (dt. EUA)	= European Environment Agency – Europäische Umweltagentur
EFSA	= European Food Safety Authority – Europäische Lebensmittelagentur
EIONET	= European Environment Information and Observation NETwork – Europäisches Umweltinformations- und Umweltbeobachtungsnetz
EJScreen	= Environmental Justice Screening and Mapping Tool
EPI	= Institut für Epidemiologie
ErgVV	= Ergänzende Verwaltungsvereinbarung
ETC HE	= European Topic Centre Human health and the environment – Europäisches Themenzentrum „Human Health and the Environment“
EU	= Europäische Union
EUA	= Europäische Umweltagentur, s. EEA
EWG	= Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FAO	= Food and Agriculture Organization of the United Nations – Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (auch Welternährungsorganisation)
FLI	= Friedrich-Loeffler-Institut
Fn.	= Fußnote
g	= Gramm
GAK	= Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels
GALK	= Gartenamtsleiterkonferenz
GAP	= Gemeinsame Agrarpolitik
GDI	= Gasoline Direct Injection
GerES	= German Environmental Survey – Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit
GFS-Werte	= Geringfügigkeitsschwellenwerte
GG	= Grundgesetz
GGO	= Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien
GIS	= geografisches Informationssystem
GMK	= Gesundheitsministerkonferenz
GOHI	= German One Health Initiative
GOW	= gesundheitlicher Orientierungswert
GrünFZ	= Grünflächenzahl
GYF	= grönnytefaktor
ha	= Hektar

HBM	=	Human-Biomonitoring
HBM4EU	=	European Human Biomonitoring Initiative – Europäische Human-Biomonitoring Initiative
HBM-I	=	Human-Biomonitoring-(Leit-)Wert I
HIA	=	Health Impact Assessment
HiAP	=	Health in All Policies – Gesundheit in allen Politikfeldern
i. V. m.	=	in Verbindung mit
IARC	=	International Agency for Research on Cancer – Internationale Agentur für Krebsforschung
IPCHEM	=	Information Platform for Chemical Monitoring – Informationsplattform für das chemische Monitoring
ISEK	=	integriertes Stadtentwicklungskonzept
KFT	=	Klima- und Transformationsfonds
kg	=	Kilogramm
km/h	=	Stundenkilometer
km ²	=	Quadratkilometer
KomPass	=	Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung
kW	=	Kilowatt
l	=	Liter
LABO	=	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAI	=	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
LA-MRSA	=	Livestock-assoziierte (auf landwirtschaftlichen Nutztieren vorkommende) Methicillin-resistente Staphylococcus aureus
LAWA	=	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
lit.	=	Litera – Buchstabe
m ³	=	Kubikmeter
MAF	=	Mixture Assessment Factor – Allokationsfaktor für Mischungen
mg	=	Milligramm
Mio.	=	Million(en)
Mrd.	=	Milliarde(n)
MRE	=	multiresistente Erreger
MRSA	=	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NCDs	=	Noncommunicable Diseases – nicht übertragbare Krankheiten
ng	=	Nanogramm
NGOs	=	Non-Governmental Organisations – Nichtregierungsorganisationen

nm	= Nanometer
NMVOG	= non-methane volatile organic compounds – flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NMZB	= Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität
NO ₂	= Stickstoffdioxid
NO _x	= Stickstoffoxide
NPK	= Nationale Präventionskonferenz
Nr.	= Nummer
NSP	= Nationale Stadtentwicklungspolitik
NTS	= Non-Target Screening
OECD	= Organisation for Economic Co-operation and Development – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖGD	= Öffentlicher Gesundheitsdienst
ÖGDG NRW	= Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	= öffentlicher Personennahverkehr
OVG	= Oberverwaltungsgericht
PAK	= polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PARC	= European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals – Europäische Partnerschaft für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien
PBT-Stoffe	= persistent, bioaccumulative and toxic substances – persistente, bioakkumulierbare und toxische Stoffe
PEI	= Paul-Ehrlich-Institut
PFAS	= per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
PFHxA	= Perfluorhexansäure, CAS-Nr. 307-24-4
PFHxS	= Perfluorhexansulfonsäure, CAS-Nr.355-46-4
PFNA	= Perfluorononansäure, CAS-Nr. 375-95-1
PFOA	= Perfluoroctansäure, CAS-Nr. 335-67-1
PFOS	= Perfluoroctansulfonsäure, CAS-Nr. 1763-23-1
PIK	= Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Pkw	= Personenkraftwagen
PM _{0,1}	= Particulate Matter – Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 0,1 µm (Ultrafeinstaub)
PM ₁₀	= Particulate Matter – Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 µm (Feinstaub)
PM _{2,5}	= Particulate Matter – Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 µm (Feinstaub)

PMT-Stoffe	= persistent, mobile and toxic substances – persistente (schlecht abbaubare), mobile und toxische Stoffe
POP	= Persistent Organic Pollutants – persistente organische Schadstoffe
PrävG	= Präventionsgesetz
PSM	= Pflanzenschutzmittel
PTFE	= Polytetrafluorethylen, CAS-Nr. 9002-84-0
REACH	= Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals – Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien
REACH(-Verordnung)	= Chemikalienverordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
RKI	= Robert Koch-Institut
Rn.	= Randnummer
S.	= Satz, Seite
SDGs	= Sustainable Development Goals – Ziele für nachhaltige Entwicklung
SEA	= socio-economic analysis – sozioökonomische Analyse
SGB	= Sozialgesetzbuch
SK:KK	= Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz
SO ₂	= Schwefeldioxid
SRU	= Sachverständigenrat für Umweltfragen
SSbD	= Safe and Sustainable by Design
SUHEI	= Spatial Urban Health Equity Indicators
SUP	= Strategische Umweltprüfung
SVHC	= Substances of Very High Concern – besonders besorgniserregende Stoffe
t	= Tonne(n)
TÄHAV	= Tierärztliche Hausapothekenverordnung
TAMG	= Tierarzneimittelgesetz
TrinkwV	= Trinkwasserverordnung
TSP	= total suspended particles – Gesamtstaub
TWI	= Tolerable Weekly Intake – tolerierbare wöchentliche Aufnahmedosis
TWLW	= Trinkwasser-Leitwerte
UBA	= Umweltbundesamt
UGB	= Umweltgesetzbuch
UMK	= Umweltministerkonferenz
UmwRG	= Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz
UN	= United Nations

UNEP	=	United Nations Environment Programme – Umweltprogramm der Vereinten Nationen
Urt.	=	Urteil
US	=	United States
US EPA	=	United States Environmental Protection Agency – US-amerikanische Umweltschutzbehörde
USA	=	United States of America
USD	=	US-Dollar
UV	=	ultraviolett
UVP	=	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	=	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VCI	=	Verband der Chemischen Industrie e. V.
VDI	=	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
Vorb.	=	Vorbemerkung
vPvB-Stoffe	=	very persistent and very bioaccumulative substances – sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe
vPvM	=	very persistent and very mobile substances – sehr persistente und sehr mobile Stoffe
VRE	=	Vancomycin-resistenter Enterococcus faecium
WHG	=	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	=	World Health Organization – Weltgesundheitsorganisation
WOAH	=	World Organisation for Animal Health – Weltorganisation für Tiergesundheit
WTP	=	Willingness to pay – Zahlungsbereitschaft
YLD	=	years lived with disability – Lebensjahre gelebt in eingeschränkter Gesundheit
YLL	=	years of life lost due to mortality – Lebensjahre verloren durch vorzeitiges Versterben
Ziff.	=	Ziffer
ZKA	=	Zentrum KlimaAnpassung
ZPAP	=	Zero Pollution Action Plan – Aktionsplan „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser und Boden“
ZUG	=	Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH

Rechtsquellenverzeichnis

Arzneimittelgesetz – AMG	Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln
Baugesetzbuch – BauGB	Baugesetzbuch
Baunutzungsverordnung – BauNVO	Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke
Bauvorlagenerlass Hessen	Bauvorlagenerlass Hessen (Verwaltungsvorschrift)
Bauvorlagenverordnung Bremen	Bremische Bauvorlagenverordnung
Bauvorlagenverordnung des Saarlands	Bauvorlagenverordnung des Saarlands
1. BImSchV – Kleinf Feuerungsanlagenverordnung	Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über kleinere und mittlere Feuerungsanlagen
Biodiversitätskonvention	Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD)
Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG	Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege
Chemikaliengesetz – ChemG	Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen
Chemikalienverordnung (EG) Nr. 1907/2006 – REACH-Verordnung	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission
CLP-Verordnung	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
Delegierte Verordnung (EU) 2021/1760	Delegierte Verordnung (EU) 2021/1760 der Kommission vom 26. Mai 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2019/6 des Europäischen Parlaments und des Rates durch die Festlegung der Kriterien für die Bestimmung antimikrobieller Wirkstoffe, die der Behandlung bestimmter Infektionen beim Menschen vorbehalten bleiben müssen

Düngemittelverordnung	Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln
Durchführungsverordnung (EU) 2022/1255	Durchführungsverordnung (EU) 2022/1255 der Kommission vom 19. Juli 2022 zur Bestimmung von antimikrobiellen Wirkstoffen oder von Gruppen antimikrobieller Wirkstoffe, die gemäß der Verordnung (EU) 2019/6 des Europäischen Parlaments und des Rates der Behandlung bestimmter Infektionen beim Menschen vorbehalten bleiben müssen
Durchführungsverordnung (EU) 2022/1428	Durchführungsverordnung (EU) 2022/1428 der Kommission vom 24. August 2022 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die Kontrolle auf Perfluoralkylsubstanzen in bestimmten Lebensmitteln
Ergänzende Verwaltungsvereinbarung – ErgVV Städtebauförderung 2017	Ergänzende Verwaltungsvereinbarung Städtebauförderung 2017 über die Gewährung von Finanzhilfen des Bundes an die Länder nach Artikel 104b des Grundgesetzes zur Förderung städtebaulicher Maßnahmen
Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien – GGO	Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien
Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen – ÖGDG NRW	Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen
Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“	Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAKG)
Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
Grundgesetz – GG	Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland
Grundwasserrichtlinie	Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung
Klärschlammverordnung – AbfKlärV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost
Klimaabkommen von Paris	Übereinkommen von Paris (Paris Agreement)
Klimarahmenkonvention	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC)
Luftqualitätsrichtlinie	Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa

Montreal-Protokoll	Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer)
NEC-Richtlinie	Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG
POP-Protokoll	Protokoll über persistente organische Schadstoffe (Protocol on Persistent Organic Pollutants – POPs Protocol) auf Grundlage des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution – CLRTAP)
Protokoll von Kyoto	Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change)
Richtlinie 2003/35/EG über die Öffentlichkeitsbeteiligung	Richtlinie 2003/35/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Mai 2003 über die Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Ausarbeitung bestimmter umweltbezogener Pläne und Programme und zur Änderung der Richtlinien 85/337/EWG und 96/61/EG des Rates in Bezug auf die Öffentlichkeitsbeteiligung und den Zugang zu Gerichten
Sozialgesetzbuch Zweites Buch – SGB II	Sozialgesetzbuch Zweites Buch (II) – Bürgergeld, Grundversicherung für Arbeitssuchende
Sozialgesetzbuch Fünftes Buch – SGB V	Sozialgesetzbuch Fünftes Buch (V) – Gesetzliche Krankenversicherung
Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe	Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants)
Tierarzneimittelgesetz – TAMG	Gesetz über den Verkehr mit Tierarzneimitteln und zur Durchführung unionsrechtlicher Vorschriften betreffend Tierarzneimittel
Tierärztliche Hausapothekenverordnung – TÄHAV	Verordnung über tierärztliche Hausapotheken
Trinkwasserrichtlinie	Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
Trinkwasserverordnung – TrinkwV	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz – UmwRG	Gesetz über ergänzende Vorschriften zu Rechtsbehelfen in Umweltangelegenheiten nach der EG-Richtlinie 2003/35/EG

UVP-Richtlinie	Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten
Verordnung (EU) 2018/848	Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates
Verordnung (EU) 2022/2388	Verordnung (EU) 2022/2388 der Kommission vom 7. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte an Perfluoralkylsubstanzen in bestimmten Lebensmitteln
Verordnung über Tierarzneimittel (EU) 2019/6	Verordnung (EU) 2019/6 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über Tierarzneimittel und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/82/EG
Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union – AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
Wasserhaushaltsgesetz – WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts
Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht	Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht (Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Erlass über die Einrichtung eines Sachverständigenrates für Umweltfragen bei dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Vom 24. November 2021

§ 1 Einrichtung und Sitz

(1) Zur periodischen Begutachtung der Umweltsituation und Umweltbedingungen der Bundesrepublik Deutschland und zur Erleichterung der Urteilsbildung bei allen umweltpolitisch verantwortlichen Instanzen sowie in der Öffentlichkeit wird ein Sachverständigenrat für Umweltfragen gebildet.

(2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat seinen Sitz in Berlin.

§ 2 Mitglieder und Unvereinbarkeit von Ämtern

(1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen besteht aus sieben Mitgliedern, die über besondere wissenschaftliche Kenntnisse und Erfahrungen im Umweltschutz verfügen müssen.

(2) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen dürfen weder der Regierung oder einer gesetzgebenden Körperschaft des Bundes oder eines Landes noch dem öffentlichen Dienst des Bundes, eines Landes oder einer sonstigen juristischen Person des öffentlichen Rechts, es sei denn als Hochschullehrer oder -lehrerin oder als Mitarbeiter oder Mitarbeiterin eines wissenschaftlichen Instituts, angehören. Sie dürfen ferner nicht Repräsentant oder Repräsentantin eines Wirtschaftsverbandes oder einer Arbeitgeber- oder Arbeitnehmerorganisation sein oder zu diesen in einem ständigen Dienst- oder Geschäftsbesorgungsverhältnis stehen; sie dürfen auch nicht während des letzten Jahres vor der Berufung zum Mitglied des Sachverständigenrates für Umweltfragen eine derartige Stellung innegehabt haben.

§ 3 Auftrag

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen soll die jeweilige Situation der Umwelt und deren Entwicklungstendenzen sowie umweltrelevante politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aktivitäten begutachten. Er soll Fehlentwicklungen benennen und Möglichkeiten zur Vermeidung oder Beseitigung von Umweltproblemen aufzeigen.

§ 4 Unabhängigkeit des Rates

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen ist nur an den durch diesen Erlass begründeten Auftrag gebunden und in seiner Tätigkeit unabhängig.

§ 5 Beteiligung von Behörden und Sachverständigen

(1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen gibt während der Abfassung seiner Gutachten den jeweils fachlich betroffenen Bundesministerien oder ihren Beauftragten Gelegenheit, zu wesentlichen sich aus seinem Auftrag ergebenden Fragen schriftlich Stellung zu nehmen.

(2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen kann auf Bitten der Bundesministerien oder ihrer Beauftragten diese zu ihren jeweiligen Fachangelegenheiten hören. In Abstimmung mit dem Sachverständigenrat für Umweltfragen können die Bundesministerien als stimmlose Gäste an Fachgesprächen teilnehmen.

(3) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen kann zu einzelnen Beratungsthemen weitere Behörden des Bundes und der Länder hören sowie Sachverständigen, insbesondere Vertretern und Vertreterinnen von Organisationen der Wirtschaft und der Umweltverbände, Gelegenheit zur Äußerung geben.

§ 6 Beratungsergebnisse und Veröffentlichung

- (1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen erstellt in regelmäßigen Abständen, mindestens alle zwei Jahre, Gutachten, Stellungnahmen und sonstige schriftliche Äußerungen.
- (2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen trägt Wünschen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit nach Beratung zu bestimmten Themen oder Einzelfragen Rechnung.
- (3) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen leitet seine Beratungsergebnisse in Form von Gutachten, Stellungnahmen oder sonstigen schriftlichen Äußerungen dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und weiteren fachlich betroffenen Bundesministerien zu.
- (4) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen veröffentlicht seine Gutachten, Stellungnahmen und sonstigen schriftlichen Äußerungen im Internet.

§ 7 Berufung und Ausscheiden von Mitgliedern, Gastgutachter

- (1) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit nach Zustimmung des Bundeskabinetts für die Dauer von vier Jahren berufen. Dabei wird auf die paritätische Teilhabe von Frauen und Männern nach Maßgabe des Bundesgremienbesetzungsgesetzes hingewirkt. Wiederberufung ist möglich.
- (2) Die Mitglieder können jederzeit schriftlich dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gegenüber ihr Ausscheiden aus dem Rat erklären.
- (3) Scheidet ein Mitglied vorzeitig aus, so wird ein neues Mitglied für die Dauer der Amtszeit des ausgeschiedenen Mitglieds berufen. Wiederberufung ist möglich.
- (4) Für einen begrenzten Zeitraum und ausgewählte Fragestellungen sowie zu spezifischen Themen können weitere im Sinne von § 2 Absatz 2 qualifizierte Sachverständige (Gastgutachter und Gastgutachterinnen) hinzugezogen werden. Dies bedarf der Genehmigung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.

§ 8 Vorsitzwahl, Geschäftsordnung, Minderheitsvoten, Streitschlichtungsverfahren

- (1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen wählt in geheimer Wahl aus seiner Mitte einen Vorsitzenden oder eine Vorsitzende für die Dauer von vier Jahren. Wiederwahl ist möglich. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen kann vor Ablauf der Amtszeit mit einer Mehrheit von fünf Stimmen einen neuen Vorsitzenden bestimmen.
- (2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen gibt sich eine Geschäftsordnung. Sie bedarf der Genehmigung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.
- (3) Vertritt eine Minderheit bei der Abfassung der Gutachten zu einzelnen Fragen eine abweichende Auffassung, so hat sie die Möglichkeit, diese in den Gutachten zum Ausdruck zu bringen.
- (4) Zur Klärung von Streitigkeiten der Mitglieder untereinander können Streitschlichtungsverfahren (wie z. B. Mediations- bzw. schiedsrichterliche Verfahren) durchgeführt werden. Nähere Einzelheiten regelt der Sachverständigenrat für Umweltfragen in der Geschäftsordnung.

§ 9 Geschäftsstelle

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen wird bei der Durchführung seiner Arbeit von einer Geschäftsstelle beim Umweltbundesamt unterstützt.

§ 10 Verschwiegenheitspflicht

Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen, die Gastgutachter und die Angehörigen der Geschäftsstelle sind zur Verschwiegenheit über die Beratungen und als vertraulich bezeichnete Informationen verpflichtet.

§ 11 Aufwandsentschädigung, Reisekostenerstattung
und Finanzierung durch den Bund

(1) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen sind ehrenamtlich tätig.

(2) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen erhalten eine pauschale Aufwandsentschädigung. Diese wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Einvernehmen mit dem Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und dem Bundesministerium der Finanzen festgesetzt. Den Mitgliedern und Gastgutachtern werden die Reisekosten nach dem Bundesreisekostengesetz erstattet.

(3) Die Kosten des Sachverständigenrates für Umweltfragen trägt der Bund.

§ 12 Aufhebung des bisher gültigen Erlasses

Der Erlass über die Einrichtung eines Sachverständigenrates für Umweltfragen bei dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 1. März 2005 (GMBL 2005, Nr. 31, S. 662 f.) wird hiermit aufgehoben.

Berlin, den 24. November 2021

G I 1 – 4812/000-2021.0003

Die Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Svenja Schulze

Umwelt und Gesundheit konsequent zusammendenken

Eine intakte Umwelt ist eine Grundvoraussetzung für die Gesundheit der Menschen. Wenn ökologische Belastungsgrenzen überschritten werden, hat dies erhebliche gesundheitliche Auswirkungen. Trotz der jüngsten Hitzewellen, Dürren, Starkregenereignisse und der COVID-19-Pandemie nehmen Politik und Gesellschaft diesen Zusammenhang noch immer nicht ernst genug. Etwa 15 % der Todesfälle in Europa sind auf umweltbedingte Risikofaktoren zurückzuführen. Dabei sind die Belastungen und die daraus resultierenden Krankheiten sozial ungleich verteilt. Das gilt auch für den Zugang zur Natur, die eine unterschätzte Ressource für Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen darstellt.

Vor diesem Hintergrund analysiert der SRU in seinem aktuellen Gutachten Strategien, um gesunde Lebensverhältnisse für alle zu schaffen. Bekannte Risiken – beispielsweise Feinstaub, Antibiotikaresistenzen sowie langlebige und bioakkumulierende Chemikalien wie PFAS – sollten konsequent angegangen werden. Der SRU spricht sich dafür aus, den gesundheitsbezogenen Umweltschutz in allen Ressorts sowie auf Ebene von Bund, Ländern und Kommunen stärker zu berücksichtigen. Um hierfür wichtige Konzepte und Prinzipien miteinander zu verknüpfen, formuliert der SRU das *Leitbild Ökosalute Politik*. Zudem empfiehlt der SRU, etablierte Instrumente wie Monitoring, Grenzwerte und Umweltprüfungen an neue Herausforderungen anzupassen.

Bei den anstehenden Transformationen der Energie-, Verkehrs-, Agrar- und Ernährungssysteme sollten die Gesundheitsdimensionen systematisch mitgedacht werden. Bei der Entwicklung der Städte ist es wichtig, einen stärkeren Fokus auf Gesundheitsschutz und Gesundheitsförderung zu legen. Städtische Grünräume sind zu erhalten und auszubauen, denn sie haben für menschliche Erholung und Klimaanpassung eine große Bedeutung. Insgesamt leistet auch der Naturschutz wichtige Beiträge, die menschliche Gesundheit zu fördern.

Sachverständigenrat für Umweltfragen

Luisenstraße 46
10117 Berlin
+49 30 263696 0
info@umweltrat.de
www.umweltrat.de