

**Leitlinien
Schutzgut Menschliche Gesundheit**

Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung
in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren

Leitlinien

Schutzgut Menschliche Gesundheit

Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung
in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren

UVP-Gesellschaft e.V.
AG Menschliche Gesundheit

Autorenteam

Dr. Ilse Albrecht, Hendrik Baumeister, Prof. Dr. Sabine Baumgart, Corinna Berger, Christiane Bunge,
Dr. Thomas Claßen, Martin Enderle, Prof. Dr. Rainer Fehr, Johanna Ferretti, Dr. Joachim Hartlik,
Dirk Heller, Dr. Dagmar Hildebrandt, Prof. Dr. Claudia Hornberg, Dr. Thomas Knetschke,
Prof. Dr. Wilfried Kühling, Monika Machtolf, Guido Müller, Julia Nowacki, Dr. Aranka Podhora,
Natalie Riedel, Dr. Andrea Rüdiger, Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Christian Timm, Martin Volmer,
Dr. Rudolf Welteke, Dr. Klaus von Zahn

Redaktionsteam

Dr. Ilse Albrecht, Dr. Thomas Claßen, Dr. Joachim Hartlik (Redaktionsleitung), Dirk Heller,
Dr. Dagmar Hildebrandt, Prof. Dr. Wilfried Kühling, Monika Machtolf

Leiter der Arbeitsgemeinschaft

Reinhard Streckmann

Herausgeber:

UVP-Gesellschaft e.V.
AG Menschliche Gesundheit

Ahdener Weg 10a
33100 Paderborn
<https://www.uvp.de>

In Kooperation mit der Heinrich Böll Stiftung NRW

HEINRICH BÖLL STIFTUNG



NORDRHEIN–WESTFALEN

Zitiervorschlag (Beispiel zu Verweis auf Kap. 1): Hartlik, J. (2014): Anlass, Zielrichtung und Adressaten. In: UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, 2. Auflage, S. 15 – 16, Paderborn.

© UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag)
ISBN 978-3-9816755-0-4
DOI 10.17442.leitlinien02
2. ergänzte und korrigierte Auflage 2020

Mit Beiträgen von:

Dr. Ilse Albrecht Planungsgruppe Landespflege, Hannover ilse.albrecht@pglandespflege.de, www.pglandespflege.de	Kap. 4.5, 4.8, 4.9, 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 7.1
Hendrik Baumeister Uni Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit baumeister@uni-bielefeld.de, www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag7	Kap. 5.3.3
Prof. Dr. Sabine Baumgart TU Dortmund, Fakultät Raumplanung, Fachgebiet Stadt- und Regionalplanung sabine.baumgart@tu-dortmund.de, www.raumplanung.tu-dortmund.de	Kap. 6.2, 6.3
Corinna Berger Stadt Karlsruhe, Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft corinna.berger@hgw.karlsruhe.de, www.karlsruhe.de/hochbau	Kap. 5.2.2
Christiane Bunge Umweltbundesamt, Fachgebiet Übergreifende Angelegenheiten Umwelt und Gesundheit christiane.bunge@uba.de, www.uba.de	Kap. 2.2, 5.2.1
Dr. Thomas Claßen Uni Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit thomas.classen@uni-bielefeld.de, www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag7	Kap. 2.1, 3.3, 5.1, 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 7.4
Martin Enderle Enderle-Beratung, Bielefeld enderle-martin@t-online.de, www.enderle-beratung.de	Kap. 7.5
Prof. Dr. Rainer Fehr Uni Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit rainer.fehr@uni-bielefeld.de, www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag7	Kap. 2.1, 7.5
Johanna Ferretti Forschungszentrum für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin j.ferretti@fu-berlin.de, www.fu-berlin.de	Kap. 7.6
Dr. Joachim Hartlik Büro für Umweltprüfungen & Qualitätsmanagement, Lehrte j.hartlik@hartlik.de, www.hartlik.de	Kap. 1, 3.4, 3.5, 4.2, 6.1, 6.5, 8
Dirk Heller Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen NRW, Fachbereich Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, Noxen-Informationssystem Recklinghausen dirk.heller@lanuv.nrw.de, www.lanuv.nrw.de	Kap. 4.10.1, 5.1, 5.1.3, 5.4.3, 5.6, 6.4, 7.2.1, 7.2.3
Dr. Dagmar Hildebrandt TÜV Nord, Rostock dhildebrandt@tuev-nord.de, www.tuev-nord.de	Kap. 4.4, 5.5.5, 5.5.6
Prof. Dr. Claudia Hornberg Uni Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit claudia.hornberg@uni-bielefeld.de, www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag7	Kap. 2.2, 5.5.2, 5.5.4, 7.3
Dr. Thomas Knetschke Landkreis Bautzen, Gesundheitsamt ges-amt@lra-bautzen.de	Kap. 4.10.2
Prof. Dr. Wilfried Kühling Uni Halle, Institut für Geowissenschaften und Geographie w.kuehling@web.de, http://www.geo.uni-halle.de/rup	Kap. 3.1, 3.2, 5.5.2, 5.5.3
Monika Machtolf Institut für Umwelt-Analyse, Bielefeld monika.machtolf@ifua.de, www.ifua.de	Kap. 4.7, 5.1, 5.4.1, 5.4.4, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.4, 7.2.5

Guido Müller Horst Weyer und Partner GmbH, Düren-Gürzenich g.mueller@weyer-gruppe.com, www.weyer-gruppe.com	Kap. 4.6
Julia Nowacki Europäisches WHO-Zentrum für Umwelt und Gesundheit, Bonn nowackij@echebonn.euro.who.int	Kap. 7.4
Dr. Aranka Podhora Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung/ Forschungsgruppe Impact Assessment, Müncheberg Aranka.Podhora@zalf.de, www.zalf.de	Kap. 7.6
Natalie Riedel Uni Wuppertal, Fachgebiet Arbeitssicherheit/Ergonomie riedel@uni-wuppertal.de, www.asergo.uni-wuppertal.de	Kap. 5.2.1, 5.2.2
Dr. Andrea Rüdiger TU Dortmund, Fakultät Raumplanung, Fachgebiet Stadt- und Regionalplanung andrea.ruediger@tu-dortmund.de, www.raumplanung.tu-dortmund.de	Kap. 5.3.5, 7.7
Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake Uni Bremen ingesf@uni-bremen.de, www.uni-bremen.de	Kap. 5.5.1
Christian Timm IHPH - Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit/Public Health AG Medizinische Geographie und Public Health, Uni Bonn Christian.Timm@ukb.uni-bonn.de	Kap. 5.4.2
Martin Volmer Bosch & Partner Herne m.volmer@boschpartner.de, www.boschpartner.de	Kap. 4.9
Dr. Rudolf Welteke Landeszentrum Gesundheit NRW, Fachgruppe Gesundheitsmanagement Rudolf.Welteke@lzg.gc.nrw.de, www.lzg.gc.nrw.de	Kap. 7.5
Dr. Klaus von Zahn Stadt Düsseldorf, Leiter des Umweltamtes klaus.vonzahn@stadt.duesseldorf.de, www.duesseldorf.de/umweltamt	Kap. 4.3, 6.3

Die einzelnen Beiträge geben ausschließlich die fachliche Auffassung der genannten Autoren wieder und nicht die der gesamten Arbeitsgruppe.

Redaktionsteam	Reviewteam
Dr. Ilse Albrecht	Prof. Dr. Gabriele Berg-Beckhoff, Uni Esbjerg
Dr. Thomas Claßen	Prof. Dr. Thomas Bunge, Berlin
Dr. Joachim Hartlik	Dr. Isabelle Franzen-Reuter, VDI
Dirk Heller	H.-Jürgen Karsch, Recklinghausen
Dr. Dagmar Hildebrandt	Dr. Heike Köckler, TU Dortmund
Prof. Dr. Wilfried Kühling	Jörg Leisner, LANUV NRW
Monika Machtolf	Dr. Odile Meikel, LZG NRW
Leiter des Redaktionsteams/Endredaktion	Leiter der Arbeitsgruppe
Dr. Joachim Hartlik	Reinhard Streckmann, Stadt Düsseldorf

Vorwort

Zu den Schutzgütern der Umweltprüfungen zählt der Mensch. Mit der Novellierung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung 2005 ist nun auch die *menschliche Gesundheit* expliziter Bestandteil der Umweltprüfungen. In Fachgesetzen wie dem Baugesetzbuch mit seinen übergeordneten Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder dem traditionsreichen Immissionschutzrecht mit dem prinzipiellen Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor gesundheitlichen Schäden und Gefährdungen finden sich vergleichbare Vorschriften. Die Liste ließe sich beliebig fortsetzen. Zusätzlich finden sich auch auf fachlich-programmatischer Ebene der Kommunen, der Länder und des Bundes Orientierungen und Hinwendungen zum Thema *Umwelt und Gesundheit*, beispielsweise in Form von gesundheitsbezogenen Qualitätszielkonzepten, Fachplanungen oder Masterplänen. Trotz hoher Regelungsdichte und politischer Themenprominenz ist die tatsächliche Bearbeitung dieses zentralen Schutzgutes jedoch in Planungsprozessen und projektbezogenen Zulassungsverfahren häufig aus fachlicher Sicht enttäuschend und oft beschränkt auf die Berücksichtigung von Trivialindikatoren. Die Gründe hierfür sind vielfältig, zum Teil struktureller Natur und können hier nicht umfassend dargestellt werden. Zumindest an einer Ursache versuchen die vorliegenden *Leitlinien* Abhilfe zu schaffen, dem fachdisziplinübergreifenden Kooperations- und Wissensdefizit.

Durch die Mitarbeit unterschiedlichster Fachgebiete wie Medizin, Gesundheitswissenschaften, Umwelttoxikologie, Sozialwissenschaften, medizinische Geografie, Ingenieurs- und Planungswissenschaften konnte – aus unserer Sicht erstmals in dieser Bandbreite – ein Überblick über Zusammenhänge von Umwelt und Gesundheit, von Gesundheitsdeterminanten einerseits und Beeinflussungsfaktoren und möglichen Wirkungszusammenhängen andererseits gewonnen werden. Dieser Überblick bietet vor dem Hintergrund fachrechtlicher Anforderungen eine umfassende Darstellung in einheitlich strukturierter Form.

Ergänzt wird die Beschreibung von umweltbezogenen Gesundheitsdeterminanten, Wirkfaktoren, bekannten und vermuteten Wirkungszusammenhängen durch eine vorsorgegeleitete Interpretation vorliegender Daten und Erkenntnissen im Hinblick auf heranzuziehende Bewertungsmaßstäbe. Damit sollen nicht, sozusagen an den einschlägigen Gremien vorbei, neue Grenzwerte etabliert werden. Der gesundheitliche Aspekt der Prävention und Vorsorge vor bekannten wie vor vermuteten Gefährdungen gebietet es aber auch, die rechtsnormendefinierte fachrechtliche Zulässigkeit, die sich leider in aller Regel in der Berücksichtigung der Grenzwerte erschöpft, um eine Betrachtungsebene zu ergänzen. Diese vorsorgeorientierte Betrachtungsebene soll es ermöglichen, insbesondere die vulnerablen Gruppen mit ihrer deutlich erhöhten Empfindlichkeit gegenüber bestimmten bekannten oder vermuteten Gesundheitsgefährdungen stärker zu berücksichtigen. In Planungsprozessen und nicht gebundenen Zulassungsverfahren existiert Raum für die Berücksichtigung von solchen Vorsorgeaspekten jenseits der Einhaltung von Grenzwerten. Die Kenntnis solcher Wirkungszusammenhänge und begründeter Wirkungsvermutungen und folglich die Berücksichtigung entsprechender Vorsorgemaßstäbe in diesen Prozessen und Verfahren kann zugleich auch einen Beitrag zu mehr Umweltgerechtigkeit sein.

Ein Vorwort ohne Danksagung wäre unvollständig. Dass es überhaupt bis zur Publikation gekommen ist, verdanken wir einerseits der Großzügigkeit der beteiligten Universitäten, Bundesämter, Landesinstitutionen, Kommunalverwaltungen und nicht zuletzt der privaten Institute und Planungsbüros, darüber hinaus natürlich dem persönlichen Engagement aller Beteiligten – hoffentlich ohne deren Gesundheit und Wohlbefinden zu stark in Anspruch genommen zu haben.

Besonderer Dank gebührt den Autorinnen und Autoren sowie der Redaktionsgruppe, die die jeweiligen Beiträge entgegennahm und nach eingehender Prüfung zu einem Ganzen zusammenfügte. Nicht zuletzt möchten wir auch den Reviewerinnen und Reviewern für die zahlreichen, ausnahmslos sinnhaften und konstruktiven Korrekturen sowie Ergänzungsvorschläge danken.

Im Namen des Redaktionsteams

Lehrte, im Juni 2014

*Joachim Hartlik
Zweiter Vorsitzender der UVP-Gesellschaft*

Vorwort zur 2. ergänzten und korrigierten Auflage

Seit der ersten Auflage der Leitlinien als gedruckte Publikation sind mehr als sechs Jahre vergangen und die Publikationslandschaft zeigt einen starken Wandel. Wir haben uns mit dieser zweiten, leicht erweiterten und teilweise korrigierten Auflage entschlossen, die Leitlinien im freien Zugriff als PDF-Version zu veröffentlichen, so dass der Personenkreis, der erreicht werden kann, größer wird.

Die überwiegende Mehrzahl der Beiträge wurde nicht an aktuelle Entwicklungen – wie etwa neue Forschungsergebnisse oder Gesetzesnovellierungen – angepasst und befindet sich daher noch auf dem Wissensstand des Publikationsjahrs der ersten Auflage 2014. Bei den Kapiteln 2, 5.5.1, 5.6 und 7.6 wurden lediglich kleinere redaktionelle Korrekturen vorgenommen.

Die einzige aktuelle Ergänzung mit einem gänzlich neuen Kapitel aus dem Jahr 2020 ist ein Beitrag von Christian Timm zur ‚Gesundheitsdeterminante Wasser‘ in Abschnitt 5.4.2.

Die Herausgeberin bittet darum, dass die nicht aktualisierten Beiträge weiter mit der Jahresangabe 2014 zitiert werden, damit nicht eine Aktualität vermittelt wird, die der Sachlage nicht entspricht. Beispiel. „Hartlik, J. (2014): Anlass, Zielrichtung und Adressaten. In: UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, 2. Auflage, S. 15-16, Paderborn.“

Eine Ausnahme gilt nur für den erwähnten Beitrag von Christian Timm, der mit „Timm, C. (2020): Wasser. In: UVP-Gesellschaft, AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, 2. Auflage, S. 96-108, Paderborn“ zitiert werden sollte.

Lehrte, im Dezember 2020

*Joachim Hartlik
Erster Vorsitzender der UVP-Gesellschaft*

Inhaltsübersicht

1.	Anlass, Zielrichtung und Adressaten.....	15
2.	Gesundheit und gesundheitliche Chancengleichheit.....	17
3.	Anforderungen an den Schutz der menschlichen Gesundheit und 'wirksame Umweltvorsorge'	25
4.	Ausgewählte rechtliche Rahmenbedingungen mit Bezug zur menschlichen Gesundheit.....	35
5.	Gesundheitsbestimmende Faktoren.....	65
6.	Planungsprozesse und Verwaltungsverfahren.....	192
7.	Instrumente der Folgenabschätzung zum Schutzgut menschliche Gesundheit.....	201
8.	Ausblick.....	225
9.	Glossar.....	227
10.	Quellenverzeichnis.....	233

Inhaltsverzeichnis

1.	Anlass, Zielrichtung und Adressaten.....	15
2.	Gesundheit und gesundheitliche Chancengleichheit.....	17
2.1	Gesundheit.....	17
2.2	Gesundheitliche Chancengleichheit.....	21
3.	Anforderungen an den Schutz der menschlichen Gesundheit und 'wirk- same Umweltvorsorge'.....	25
3.1	Der Vorsorgebegriff.....	25
3.2	Vorsorge als gesetzlicher Auftrag.....	27
3.2.1	Internationale Ebene.....	27
3.2.2	Bundesebene.....	28
3.3	Verbesserung der Umweltsituation.....	30
3.4	Verhältnis Planungsrecht – umweltbezogenes Fachrecht.....	31
3.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	32
4.	Ausgewählte rechtliche Rahmenbedingungen mit Bezug zur menschi- chen Gesundheit.....	35
4.1	Einführung.....	35
4.2	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung.....	36
4.3	Baugesetzbuch.....	37
4.4	Bundes-Immissionsschutzgesetz.....	39
4.5	Bundesnaturschutzgesetz.....	45
4.6	Raumordnungsgesetz.....	46
4.7	Bundes-Bodenschutzgesetz.....	47
4.8	Kreislaufwirtschaftsgesetz.....	52
4.9	Wasserhaushaltsgesetz.....	54
4.10	Landesgesetze über den öffentlichen Gesundheitsdienst.....	59
4.10.1	Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes.....	59
4.10.2	Bezug des ÖGD zu Umwelt und Gesundheit.....	60

5.	Gesundheitsbestimmende Faktoren.....	65
5.1	Übersicht.....	65
5.2	Sozialräumliche Determinanten.....	71
5.2.1	Die gesundheitliche Relevanz des Wohnumfelds.....	71
5.2.2	Indikatoren zur Ermittlung und Bewertung sozialräumlicher Determinanten.....	73
5.3	Naturräumliche Determinanten.....	75
5.3.1	Einführung.....	75
5.3.2	Natur und Landschaft.....	75
5.3.3	Erholungswert von Natur und Landschaft.....	78
5.3.4	Visuelle Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und Wohlbefinden.....	80
5.3.5	Kleinklimatische Verhältnisse.....	81
5.4	Chemische Determinanten.....	83
5.4.1	Boden.....	83
5.4.1.1	Einflussfaktoren und Wirkungsweise.....	83
5.4.1.2	Gesundheitliche Wirkungen.....	84
5.4.1.3	Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken.....	85
5.4.1.4	Bewertungsmaßstäbe.....	88
5.4.1.5	Weitere Hinweise.....	93
5.4.2	Wasser.....	95
5.4.2.1	Einflussfaktoren und Wirkungsweisen.....	95
5.4.2.2	Gesundheitliche Wirkungen.....	96
5.4.2.3	Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken.....	99
5.4.2.4	Bewertungsmaßstäbe.....	101
5.4.2.5	Weitere Hinweise und Empfehlungen.....	106
5.4.3	Luft.....	107
5.4.3.1	Einflussfaktoren und Wirkungsweise.....	107
5.4.3.2	Gesundheitliche Wirkungen.....	107
5.4.3.3	Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken.....	108
5.4.3.4	Bewertungsmaßstäbe.....	109
5.4.3.5	Geruch.....	120
5.4.3.5.1	Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen.....	121
5.4.3.5.2	Bewertung der Auswirkungen.....	121
5.4.4	Pflanze/Nahrung.....	124
5.5	Physikalische Determinanten.....	125
5.5.1	Ionisierende Strahlung.....	125
5.5.1.1	Einleitung.....	125
5.5.1.2	Beurteilungskriterien und ableitbare Messgrößen für das Schutzgut 'menschliche Gesundheit' nach ICRP.....	126
5.5.1.3	Die Unvollständigkeit der berücksichtigten Effekte im derzeit gültigen Strahlenschutzregelwerk.....	128
5.5.1.3.1	Somatisches Strahlenrisiko.....	128
5.5.1.3.2	Genetisches Strahlenrisiko.....	130
5.5.1.3.3	Strahlenrisiko bei Exposition in utero.....	131
5.5.1.4	Defizite und Widersprüche bei den gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren zur Dosisbestimmung bei Umgebungskontaminationen.....	131
5.5.1.5	Beurteilungskriterien und Messgrößen für einen zeitgemäßen Strahlenschutz.....	134

5.5.1.5.1	Ungeeignetheit der 'effektiven Dosis' als Schadensmaß.....	134
5.5.1.5.2	Schutz der Bevölkerung.....	135
5.5.1.6	Schlussfolgerungen.....	136
5.5.2	Nichtionisierende Strahlung.....	137
5.5.2.1	Einleitung.....	137
5.5.2.2	Einflussfaktoren und Wirkungsweise.....	141
5.5.2.2.1	Grundlagen und Vorbemerkungen.....	141
5.5.2.2.2	Gesundheitliche Effekte niederfrequenter magnetischer Wechselfelder.....	143
5.5.2.2.3	Gesundheitliche Effekte von Gleichfeldern.....	144
5.5.2.2.4	Gesundheitliche Effekte hochfrequenter Felder.....	145
5.5.2.3	Indikatoren zur Beschreibung von EMF, Datenquellen, Prognosetechniken.....	147
5.5.2.4	Bewertungsmaßstäbe für niederfrequente magnetische Wechselfelder.....	149
5.5.2.5	Bewertungsmaßstäbe für hochfrequente Felder.....	151
5.5.3	Schallimmissionen.....	152
5.5.3.1	Einflussfaktoren und Wirkungsweise.....	152
5.5.3.2	Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken.....	153
5.5.3.3	Bewertungsmaßstäbe.....	156
5.5.3.4	Weitere Hinweise.....	157
5.5.4	Infraschall und tieffrequenter Schall.....	158
5.5.4.1	Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen.....	158
5.5.4.2	Bewertung der Auswirkungen.....	163
5.5.5	Erschütterungen.....	165
5.5.5.1	Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen.....	165
5.5.5.2	Bewertung der Auswirkungen.....	167
5.5.6	Licht.....	168
5.5.6.1	Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen.....	168
5.5.6.2	Bewertung der Auswirkungen.....	169
5.6	Biologische Determinanten.....	171
5.6.1	Einflussfaktoren und Wirkungsweise.....	171
5.6.2	Gesundheitliche Wirkungen.....	172
5.6.2.1	Bioaerosole allgemein.....	172
5.6.2.2	Methicillin-resistente Staphylococcus aureus (MRSA).....	175
5.6.2.3	ESBL-bildende Enterobakterien.....	177
5.6.2.4	Endotoxine.....	178
5.6.3	Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken.....	179
5.6.4	Bewertungsmaßstäbe.....	179
5.6.4.1	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft).....	180
5.6.4.2	LAI-Leitfaden Bioaerosole.....	181
5.6.4.3	Richtlinie VDI 4250 Blatt 1.....	182
5.6.4.4	Fazit.....	183
5.6.5	Weitere Hinweise.....	183
5.6.5.1	Erforderlichkeit einer umweltmedizinischen Prüfung.....	183
5.6.5.2	Vorgehensweise bei der umweltmedizinischen Prüfung.....	184
5.6.5.3	Ermittlung der Immissionsbelastung.....	184
5.7	Mehrfachbelastungen.....	185
5.7.1	Problembeschreibung und Einordnung.....	185
5.7.2	Kombinationswirkungen von Umwelttoxinen.....	186
5.7.3	Aggregation und Vergleich verschiedener Umwelttoxine als Einwirkungskomplex.....	189
5.7.4	Möglichkeiten zum Umgang mit Mehrfachbelastungen.....	190

6.	Planungsprozesse und Verwaltungsverfahren.....	192
6.1	Einführung.....	192
6.2	Raumordnung und Regionalplanung.....	192
6.3	Planungen auf örtlicher Ebene.....	194
6.4	Anlagenplanung und Genehmigungsverfahren.....	196
6.5	Planfeststellungsverfahren.....	199
7.	Instrumente der Folgenabschätzung zum Schutzgut menschliche Ge- sundheit.....	201
7.1	Umweltverträglichkeitsuntersuchung.....	201
7.2	Quantitative Risikoabschätzung.....	203
7.2.1	Einführung.....	203
7.2.2	Anforderungen an die Identifizierung des Gefahrenpotenzials.....	204
7.2.3	Anforderungen an Dosis-Wirkungsabschätzungen.....	206
7.2.4	Anforderungen an Expositionsabschätzungen.....	207
7.2.5	Anforderungen an die Risikocharakterisierung.....	210
7.3	Human-Biomonitoring.....	210
7.3.1	Grundlagen des Human-Biomonitoring.....	210
7.3.2	Kommission Human-Biomonitoring.....	212
7.4	Health Impact Assessment.....	212
7.5	Fachplan Gesundheit.....	216
7.6	Impact Assessment und Nachhaltigkeitsprüfung.....	219
7.7	Klimaanalysen und Vulnerabilitätsabschätzungen.....	222
8.	Ausblick.....	225
9.	Glossar.....	227
10.	Quellenverzeichnis.....	233

Abbildungen

Abb. 1	Beschreibung des Zusammenhangs von sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit.....	23
Abb. 2	Bereiche der Umweltpolitik und Umweltplanung.....	26
Abb. 3	Struktur und Zielrichtung von Standards zum Schutz und zur Vorsorge.....	27
Abb. 4	Verbindlichkeit und Vorsorgegehalt von Wertmaßstäben.....	34
Abb. 5	Betrachtungsmodell gesundheitsrelevanter Determinanten.....	66
Abb. 6	Erweitertes humanökologisches Modell der Gesundheitsdeterminanten.....	67
Abb. 7	Verschiedene Phasen bei der Intoxikation.....	70
Abb. 8	VDI-Modell zur Begrifflichkeit der Adversität.....	140
Abb. 9	Strahlungsprinzip in der Umgebung einer Mobilfunkantenne.....	148
Abb. 10	Bewertung einzelner Schallereignisse bei der Mittelung.....	154
Abb. 11	Normierung der kollektiven Mortalitätsrisiken im Nahbereich Straßenverkehr bzw. Ballungszentren.....	190
Abb. 12	Ablaufschema Planfeststellungsverfahren.....	200
Abb. 13	Risikoanalyse-Modell der US-amerikanischen Akademie der Wissenschaften.....	203
Abb. 14	Prozess der Risikoregulierung im Überblick.....	205
Abb. 15	Schema zur Vorgehensweise von Expositionsabschätzungen für Noxen aus Umweltmedien.....	209
Abb. 16	Verknüpfung von HIA-Prozess und Policy-Cycle.....	215
Abb. 17	Ablaufschema zur Erstellung eines Fachplans Gesundheit.....	217

Tabellen

Tabelle 1	Quellen für Bewertungsmaßstäbe.....	33
Tabelle 2	Charakter des UVP-Gesetzes.....	38
Tabelle 3	Charakter des BauGB.....	40
Tabelle 4	Charakter des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.....	43
Tabelle 5	Charakter des Bundes-Naturschutzgesetzes.....	48
Tabelle 6	Charakter des Raumordnungsgesetzes.....	49
Tabelle 7	Charakter des BBodSchG sowie der BBodSchV.....	51
Tabelle 8	Gefahrenrelevante Eigenschaften gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung 2012.....	54
Tabelle 9	Charakter des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.....	55
Tabelle 10	Charakter des Wasserhaushaltsgesetzes.....	58
Tabelle 11	Übersicht der Landesgesetze zum öffentlichen Gesundheitsdienst.....	61
Tabelle 12	Abstände von Windenergieanlagen zu Wohnbebauung und Vorranggebieten Natur und Landschaft gemäß landesplanerischen Abstandsempfehlungen.....	81
Tabelle 13	Charakteristische Stadtklimaeffekte.....	82
Tabelle 14	Prüfwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die direkte Aufnahme von Schadstoffen in Abhängigkeit von der Nutzung.....	90
Tabelle 15	Boden-Vorsorgewerte nach BBodSchV – Metalle, Feinboden, Königswasseraufschluss.....	90
Tabelle 16	Vorsorgewerte für organische Stoffe, Feinboden.....	91
Tabelle 17	Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade nach BBodSchV.....	91
Tabelle 18	Fallbeispiel Osnabrück: Allgemeine Bodenwerte für die Bauleitplanung – Wohnen.....	94

Tabelle 19	Prüf- und Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 + 2 BBodSchG für den Schadstoffübergang Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten im Hinblick auf die Pflanzenqualität.....	95
Tabelle 20	Wichtige Mikroorganismen im Wasserkreislauf und deren gesundheitlichen Auswirkungen und Übertragungswege.....	98
Tabelle 21	Allgemeine Anforderungen an das Trinkwasser, mikrobiologische Parameter, TrinkwV 2001, Anlage 1, Teil 1.....	102
Tabelle 22	Allgemeine Indikatorparameter, TrinkwV 2001, Anlage 3, Teil 1.....	102
Tabelle 23	Spezieller Indikatorparameter für Anlagen der Trinkwasser-Installation, TrinkwV 2001, Anlage 3, Teil 2.....	102
Tabelle 24	Einstufungswerte zur Badegewässerqualität für Binnengewässer EU-Badegewässerrichtlinie Anhang 1.....	104
Tabelle 25	Einstufungswerte zur Badegewässerqualität für Übergangs- und Küstengewässer EU-Badegewässerrichtlinie Anhang 1.....	104
Tabelle 26	Grenzwerte, die in NRW zu einem zeitweiligen Badeverbot führen können, Landesverordnung für Badegewässer NRW, § 7 Abs. 2.....	104
Tabelle 27	Prüfwerte und Maßnahmenwerte für die Konzentration von Legionellen im Nutzwasser, 42. BImSchV, Anlage 1.....	106
Tabelle 28	Immissionsgrenz- und Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit der 39. BImSchV.....	110
Tabelle 29	Immissionswerte der TA Luft für Stoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit.....	111
Tabelle 30	Maximale Immissions-Konzentrationen nach VDI-Richtlinie 2310.....	112
Tabelle 31	WHO Air Quality Guidelines.....	113
Tabelle 32	Ziel- und Orientierungswerte der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz.....	115
Tabelle 33	Übersicht Bewertungsmaßstäbe und Schutzniveau.....	117
Tabelle 34	Erheblichkeitsschwellen (Immissionswerte) für verschiedene Nutzungsgebiete.....	123
Tabelle 35	Exposition durch natürliche und zivilisatorische Strahlenquellen.....	127
Tabelle 36	Gesundheitsschäden durch chronische Niederdosisexposition einer Bevölkerung.....	128
Tabelle 37	Erhöhte Leukämie- und Krebsraten bei Kindern in der Umgebung europäischer kerntechnischer Anlagen.....	131
Tabelle 38	Relatives Leukämierisiko (RR) im Nahbereich von Kernkraftwerken für Kinder bis 5 Jahre.....	132
Tabelle 39	Ausgewählte Standards und resultierende Abstände zum Schutz vor magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und –anwendung.....	150
Tabelle 40	Wirkungen durch Nachtlärm.....	158
Tabelle 41	Frequenz und Wellenlängen von tieffrequentem Schall.....	159
Tabelle 42	DIN Normen für Erschütterungen.....	166
Tabelle 43	Immissionswerte (IW) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2.....	167
Tabelle 44	Proportionalitätsfaktoren k zur Festlegung der maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte während der Dunkelstunden.....	170
Tabelle 45	Immissions(grenz)werte für die Vertikal-Beleuchtungsstärke EV in [lx] während der Dunkelstunden.....	171
Tabelle 46	Gesundheitsrelevante Themen des Impact Assessment (European Commission 2009).....	220

Abkürzungsverzeichnis

AAV	Abfallverzeichnis-Verordnung	ECRR	European Committee on Radiation Risk
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der EU	EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
AGLMB	Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinal-Beamten, -Beamten der Länder	EMF	Elektromagnetische Felder
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe	EPA	Environmental Protection Agency
AGW	Arbeitsplatzgrenzwerte	EU	Endotoxin Units
ALL	Akute Lymphatische Leukämie	EU	Europäische Union
ALS	Amyotrophische Lateralsklerose	EHFRAN	European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	EuGH	Europäischer Gerichtshof
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	EUSES	European Union System for the Evaluation of Substances
BauGB	Baugesetzbuch	FIS StoBo	Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung
BBK	Bodenbelastungskarten	FreqBZPV	Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz	GD	Gefahrenbezogene Dosis
BBo-dSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	GE	Geruchseinheit
BfN	Bundesamt für Naturschutz	GIRL	Geruchsimmissions-Richtlinie
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung	GIS	Geografisches Informationssystem
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz	GG	Grundgesetz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	GSM	Global System for Mobile Communications
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung	Gy	Gray = 1 Joule/kg
BMD	Benchmark Dosis	HBM	Human-Biomonitoring
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit	HF-EMF	Hochfrequente elektromagnetische Felder
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	HIA	Health Impact Assessment
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	HWÜ	Hochspannungs-Wechselstrom-Übertragung
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz	IARC	International Agency for Research on Cancer
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht	ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
BVT	Best verfügbare Technik	ICMM	International Council on Minerals and Metals
CRA	Comparative Risk Assessment	ICNIRP	International Commission on Non-ionizing Radiation Protection
DALY	Disability-Adjusted Life Years	ICRP	International Commission on Radiological Protection
DDREF	Dosis- und Dosisrateneffektivfaktor	IED	Industrie-Emissions-Richtlinie
DIFU	Deutsches Institut für Urbanistik	IFC	International Finance Cooperation
DüV	Düngeverordnung	IFSG	Infektionsschutzgesetz
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches		
DWD	Deutscher Wetterdienst		
ECHA	European Chemicals Agency		

IPIECA	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association	NRC	National Research Council
IPPNW	Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges/Ärzte in sozialer Verantwortung e.V., Deutsche Sektion	OGewV	Oberflächengewässerverordnung
ITVA	Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V.	ÖÄK	Österreichische Ärztekammer
KBE	Koloniebildende Einheiten	PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz	PCB	Polychlorierte Biphenyle
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz	PSM	Pflanzenschutzmittel
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW	QMRA	Quantitative mikrobielle Risikobewertung
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser	QRA	Quantitative Risikoabschätzung
LFGB	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch	RBF	Retentionsbodenfiltern
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt	RERF	Radiation Effects Research Foundation
LIGA	Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit	RfC	Reference Concentration
LOAEC	Lowest Observed Adverse Effect Concentration	RfD	Reference Dose
LOAEL	Lowest observed adverse effect level	RKI	Robert Koch-Institut
LÖGD	Landesgesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst	ROG	Raumordnungsgesetz
LROP	Landesraumordnungsprogramm	SCENIR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
LUA	Landesumweltamt	SEA	Strategic Environmental Assessment
LWG	Landeswassergesetz	SGB	Sozialgesetzbuch
LZG	Landeszentrum Gesundheit NRW	SSK	Strahlenschutzkommission
MA	Millenium Ecosystem Assessment	StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration	SUP	Strategische Umweltprüfung
MeV	Mega-Elektronenvolt	Sv	Sievert
MIK	Maximale Immissions-Konzentration	T	Tesla
MULNV	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	TM	Trockenmasse
MRL	Minimal Risk Level	TRD	Tolerierbare resorbierte Dosen
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz	TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
NAEC	No adverse effect concentration	TrinkwV	Trinkwasserverordnung
NF-EMF	Niederfrequente elektromagnetische Felder	TÜV	Technischer Überwachungsverein
NOAEC	No Observed Adverse Effect Concentration	UBA	Umweltbundesamt
NOAEL	No observed adverse effect level	uGB	Untere Gesundheitsbehörde
NRW	Nordrhein-Westfalen	UMID	Umwelt und Mensch Informationsdienst
		UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
		UmwRG	Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz
		UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
		UNO	United Nations Organization
		UN-SCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
		UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
		UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
		UVPVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung

VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VSD	Virtuell sichere Dosis
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WEA	Windenergieanlage
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization
WSP	Water Safety Plan

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

1. Anlass, Zielrichtung und Adressaten

Die menschliche Gesundheit zählt seit Einführung der Umweltverträglichkeitsprüfung 1990 zu den Schutzgütern, die bei der Auswirkungsuntersuchung regelmäßig zu berücksichtigen ist. Mit der Novelisierung des UVP-Gesetzes Mitte 2005 wird sie nun auch namentlich in § 2 Abs. 1 ausdrücklich aufgeführt. Obwohl nun mehr als zwei Jahrzehnte Praxiserfahrungen mit dem Instrument vorliegen, ist eine zufriedenstellende und vorsorgeorientierte Bearbeitung dieses Schutzgutes in aller Regel selten. Die Gründe hierfür sind vielfältig und können an dieser Stelle nicht umfassend diskutiert werden.

Sie liegen einerseits in der Art und Weise, wie die Schutzgüter in Umweltverträglichkeitsstudien und Umweltberichten auf mögliche Auswirkungen hin untersucht werden. Die häufig anthropozentrisch geprägte Sichtweise der einschlägigen umweltbezogenen Rechtsvorschriften führt dazu, dass bei anderen zu untersuchenden Schutzgütern (Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kultur- und Sachgüter) gesundheitsbezogene Aspekte dort integraler Bestandteil sind und die Folgen für das Schutzgut *Menschen* beziehungsweise *menschliche Gesundheit* nicht deutlich herausgearbeitet werden. In der Folge wird das Untersuchungsprogramm zum Schutzgut *menschliche Gesundheit* auf Trivialindikatoren wie z. B. auf den Verlust von Siedlungs- und Erholungsflächen oder deren Beeinträchtigung durch Schall- oder Luftschadstoffimmissionen reduziert. Andererseits werden Institutionen wie die Gesundheitsämter, die dazu beitragen können, dass die Gesundheitsbelange umfassend und in effizienter Weise Eingang in den Untersuchungsrahmen von Umweltverträglichkeitsstudien und Umweltberichten finden, nicht ausreichend in den einschlägigen Verfahren beteiligt. Zudem können sie noch besser vorbereitet und unterstützt werden, als dies aktuell der Fall ist.

Hier setzen die vorliegenden *Leitlinien* an. Sie sollen die Akteure vom Vorhabenträger und den zu beteiligenden Behörden bis hin zu den Einwendern und Betroffenen umweltbezogener Planungsprozesse und Zulassungsverfahren unterstützen und dazu beitragen, gesundheitsbezogene Belange effektiv und vorsorgeorientiert in solche Prozesse und Verfahren einzubringen. Vor diesem Hintergrund stellen die *Leitlinien* eine Orientierung und Grundlage für die *gute fachliche Praxis* der Berücksichtigung von Gesundheitsbelangen in Umweltprüfungen dar. Dies geschieht in zwei Stufen. Zunächst wird in der ersten Stufe ein allgemeiner Rahmen der Gesundheitsfolgenabschätzung in Form der vorliegenden *Leitlinien* aufgespannt. In der nächsten Stufe sollen dann ebenenspezifische Leitfäden und Workflows entwickelt werden, die analog der jeweiligen Struktur des Planungs- bzw. Zulassungsverfahrens dort praxisorientiert integriert werden können. Dabei stehen zunächst die Ebenen der Raum-/Regionalplanung und der Raumordnungsverfahren, Bauleitplanung und der vorhabenbezogenen Zulassungsverfahren gemäß Anlage 1 UVP-Gesetz im Mittelpunkt.

Die *Leitlinien* sollen auch dazu dienen, die im UVP-Gesetz geforderte *wirksame Umweltvorsorge* zu operationalisieren. Zwar sieht das Bundesverwaltungsgericht nach herrschender Rechtsprechung das UVP-Gesetz immer noch als reines Verfahrensrecht ohne eigene materiell-rechtliche Bewertungsmaßstäbe. Dennoch gilt insbesondere in Planungs- und Zulassungsverfahren mit behördlichem Ermessensspielraum, dass umweltvorsorgeorientierte Wertmaßstäbe, die über das gesetzliche Mindestmaß und die verbindlichen Grenzwerte hinausgehen, berücksichtigungsfähig sind.

Die *Leitlinien* sind als allgemeiner Orientierungsrahmen zu verstehen, der im konkreten Einzelfall projektbezogen anzupassen ist. In diesem Sinne versuchen die *Leitlinien* auch nicht, neue verbindliche Grenzwerte für bestimmte Umweltauswirkungen oder Noxen abzuleiten. Vielmehr wird für bestimmte Wirkungsbereiche, in denen die Datenlage über Wirkungsbeziehungen nicht eindeutig ist aber gleichwohl ausreichend Hinweise auf entsprechende Zusammenhänge vorliegen, eine Übersicht im Hinblick

auf beispielsweise international verwendete Bewertungsmaßstäbe gegeben. Vor diesem Hintergrund kann die Diskussion um anzustrebende Umweltqualitäts- und Gesundheitsziele innerhalb von Planungs- und Zulassungsverfahren, die von Ermessensspielräumen charakterisiert sind, gefördert werden, wenn gesundheitsbezogene Stellungnahmen und Fachbeiträge der Gesundheitsämter dies aufgreifen. Durch entsprechende Verweise auf den Stand der Wirkungsforschung und den Umgang mit gesundheitsbezogenen Gefährdungsrisiken kommt diesen Stellungnahmen durch eine gesteigerte Argumentations- und Begründungssicherheit im Idealfall ein höheres Gewicht in der Abwägung der zu berücksichtigenden Belange zu.

Zur Verdeutlichung gehen sie dabei in bestimmten ausgewählten Bereichen durchaus beispielhaft auf Projekt- bzw. Leitfadenebene hinunter, auch wenn die eigentliche Bearbeitungsebene der geplanten *Leitfäden* erst in den ergänzenden Teilen ansteht. Auch in Bezug auf die Betrachtung von umweltrelevanten Wirkkomponenten kann im Rahmen der *Leitlinien* keine eine umfassende und detaillierte Einlassung erfolgen.

Darüber hinaus soll mit den *Leitlinien* neben der konkreten Unterstützung bei der Beteiligung an Planungs- und Zulassungsverfahren ganz allgemein eine Sensibilisierung der Verfahrensbeteiligten im Hinblick auf eine effektive Berücksichtigung gesundheitlicher Belange erreicht werden.

Aktuelle Rechtsurteile zeigen, dass ein Einhalten von Grenzwerten allein nicht mehr genügt, um ein ausreichendes Schutzniveau zu gewährleisten. Dies kann am Beispiel von Natura 2000-Gebieten im Hinblick auf die Bedeutung *kumulativer Effekte* verdeutlicht werden, auch wenn hier der direkte gesundheitliche Bezug nicht unmittelbar gegeben ist. Im sogenannten *Trianel-Urteil* des Oberverwaltungsgerichtes Münster, bei dem der BUND Landesverband Nordrhein-Westfalen gegen die Bezirksregierung Arnsberg wegen eines Kohlekraftwerkes geklagt hatte, stellte das Gericht klar, dass Umweltbelastungen im Zusammenhang mit betroffenen FFH-Gebieten in Form von Summationsbetrachtungen einzubeziehen sind, selbst wenn für die betrachtete Auswirkungskategorie keine rechtsverbindlichen Grenzwerte existieren.¹

¹ Urteil vom 1. Dezember 2011 (Rechtssache 8 D 58/08.AK).

2. Gesundheit und gesundheitliche Chancengleichheit

Rainer Fehr, Thomas Claßen (Stand: 2014)

2.1 Gesundheit

Gesundheit und Krankheit gehören zu den Grunderfahrungen menschlicher Existenz. Entsprechende Vorstellungen wurden seit uralter Zeit entwickelt, verändert und auch wieder verworfen. Dieser Abschnitt skizziert eine Auswahl solcher Konzepte und resümiert für den hiesigen Zusammenhang wichtige Aspekte.

Wie bekannt, wandelte sich das ärztliche, philosophische und politische Verständnis von Gesundheit im Laufe der Jahrhunderte immer wieder tiefgreifend (Schäfer 2008: 75; Stolberg 2011: 111). Alkmaion von Kroton (um 540 a.C.) schrieb: „Die Erhaltung der Gesundheit beruht auf der Gleichstellung der Säfte, das heißt des Feuchten und Trockenen, des Kalten und des Warmen, des Bitteren und des Süßen“, also „auf der ausgewogenen Mischung der Qualitäten“ (zit. nach Schipperges 1999: 28).

Zu den im 2. Jahrhundert als Corpus Hippocraticum zusammengestellten, zumindest teilweise auf Hippokrates (460-370 a.C.) zurückgehenden Schriften gehört das bekannte Werk „Über Lüfte, Gewässer und Örtlichkeiten“, heute auch bezeichnet als „Die Umwelt“ (Diller 1994). Wie seine Vorgänger sah der Arzt Galen (Galenos von Pergamon, ca.130-ca.200) „gesund“ und „krank“ als wechselseitig verwobene Grenzbegriffe. Für gesundheitliches „Gleichgewicht“ wurde sechs Regelkreisen besonderer Einfluss zugesprochen: Licht und Luft, Essen und Trinken, Bewegung und Ruhe, Schlafen und Wachen, Stoffwechsel sowie Gemütsbewegungen (Schipperges 1985: 114).

Im großen Lexikon von Zedler im 18. Jahrhundert heißt es: „Gesundheit, bona Valetudo, Sanitas ... wird in gedoppeltem Verstande genommen. Einmahl ist es ein solcher Zustand des menschlichen Leibes, in welchem derselbe an allen seinen Theilen unverletzt seine natürlichen Verrichtungen ungehindert ausüben kann. Nächst diesen schreibt man auch dem menschlichen Verstande eine Gesundheit zu, wenn nemlich sich selbiger in dem Stande befindet, daß er das wahre und falsche recht erkennen kann, und nach der wahren Erkenntnis den Willen beweget, sein Thun darnach einzurichten. Es bestehet aber die natürliche Gesundheit in einer ziemenden Gleichheit derer unter einander würckenden Kräfte der Seelen und des Leibes, wie auch in einer richtigen Beschaffenheit des Leibes, und der daher kommenden angenehmen Würckung und Wiederwürckung derer gantz- und flüssenden Theile ...“ (Zedler 1735).

1790 betonte der Lippe-Detmoldische Hofmedicus Johann Christian Scherf: „Ich brauch's ja wohl nicht erst zu sagen, dass ich unter Gesundseyn nicht die Abwesenheit von eigentlichen Krankheiten, sondern die gesamten körperlichen Kräfte und Fähigkeiten des Menschen auf der höchstmöglichen Stufe ihrer Vollkommenheit verstehe“ (zitiert nach: Klaus Bergdolt 2011: 21).

Viel später, aber nicht unähnlich umschrieb die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in der Präambel ihrer Verfassung (in Kraft getreten 1948) Gesundheit als Zustand völligen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur als das Freisein von Krankheit und Gebrechen („Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity“, www.who.int/about/definition/en/print.html, Zugriff 30.8.2010).

Weniger abstrakt charakterisierte der Philosoph und Mediziner Karl Jaspers körperliche Gesundheit folgendermaßen: „Leben, langes Leben, Fortpflanzungsfähigkeit, körperliche Leistungsfähigkeit, Kraft, geringe Ermüdbarkeit, keine Schmerzen, ein Zustand, in dem man dauernd vom Körper möglichst wenig, abgesehen vom lustvollen Daseinsgefühl, merkt“ (Jaspers 1953: 654).

Mehr als 20 Texte zum Thema „Was ist Krankheit?“ von der Antike bis zu den 1970er Jahren wurden von Rothschuh (1975) zusammengestellt, um Wege des Nachdenkens über das Wesen und die Ursachen von Krankheiten zu dokumentieren. In einem eigenen Beitrag in dieser Sammlung verdeutlicht Rothschuh, dass das Phänomen Krankheit den kranken Personen, den Ärztinnen und der Gesellschaft ganz verschiedenen Seiten darbietet, was sicherlich zur Variabilität der Krankheitsbegriffe und –modelle beiträgt. Konkret unterscheidet Rothschuh folgende Modellgruppen: metaphysische, philosophisch-spekulative, (überwiegend) naturalistische sowie psychosomatische / anthropologische / soziokulturelle Modelle.

Ausdrücklich als Ergänzung, nicht als Ersatz, der tradierten auf Krankheit gerichteten Perspektive entwickelte Antonovsky eine salutogenetische Orientierung, die er u.a. folgendermaßen charakterisiert: (1) „Gesund“ und „krank“ sind nicht als Dichotomie sondern als multidimensionales Kontinuum zu sehen, (2) um Gesundheit und Krankheit zu verstehen, sollte der Blick über die Krankheitsätiologie hinaus auf gesamte Lebensgeschichten gerichtet sein, (3) „Coping“-Ressourcen verdienen besonderes Augenmerk, (4) Stressoren können ggf. auch gesundheitsfördernd wirksam sein. – Nach eigener Angabe führte die Fokussierung auf Coping den Autor dazu, das „Kohärenzgefühl“ als zentrales Element der salutogenetischen Orientierung zu entwickeln (Antonovsky 1987: 12f).

Der Philosoph Hans-Georg Gadamer sah Gesundheit als einen Gleichgewichtszustand: „Gesundheit ist die Rhythmik des Lebens, ein ständiger Vorgang, in dem sich immer wieder Gleichgewicht stabilisiert“ (Gadamer 1993: 145).

Der Ansatz von Lennart Nordenfelt unterscheidet zwischen zwei Perspektiven auf Gesundheit; die erste betrifft den gesundheitlichen Gesamtzustand samt Befinden, Fähigkeiten und Wahrnehmung sozialer Funktionen, die zweite betrifft Struktur und Funktion einzelner Organe. Der Autor sieht diese beiden Sichtweisen als wechselseitig ergänzend an und verlangt ihre gemeinsame Berücksichtigung (Nordenfelt 1995, p.13).

Hurrelmann und Franzkowiak (2006: 52) definieren Gesundheit als „ein Stadium des Gleichgewichts von Risikofaktoren und Schutzfaktoren, das eintritt, wenn einem Menschen eine Bewältigung sowohl der inneren (körperlichen und psychischen) als auch äußeren (sozialen und materiellen) Anforderungen gelingt“.

In einer umfangreichen Übersicht über Modelle von Gesundheit und Krankheit unterscheidet Alexa Franke u.a. folgende Interpretationen: Gesundheit als Störungsfreiheit, als Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Rollenerfüllung, Gleichgewichtszustand (Homöostase), Flexibilität (Heterostase), und Gesundheit als Anpassung (Franke 2012: 38). Zum Verhältnis von Gesundheit und Krankheit zueinander werden hier drei Relationen unterschieden: dichotom (Gesundheit und Krankheit als zwei voneinander unabhängige Zustände, die sich gegenseitig ausschließen), bipolar (Gesundheit und Krankheit als Pole eines Kontinuums oder mehrerer Kontinua) und orthogonal (Gesundheit und Krankheit als unabhängige Faktoren, so dass im Menschen gleichzeitig gesunde wie auch kranke Anteile vorliegen können) (a.a.O.: 99ff).

Neben Modellen, welche die *Krankheitsentstehung* in den Mittelpunkt stellen, betrachtet Franke auch drei Ansätze zur *Gesundheitsentstehung*. Dieses sind (i) das Salutogenese-Modell von Antonovsky (s.o.), (ii) das Resilienz-Modell (hier nicht weiter zu vertiefen) und (iii) die aus programmatischen Zusammenhängen unter der Überschrift „Gesundheit für alle“ bei der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entstandene Konzeption, der sie einen hohen Orientierungswert zuspricht (a.a.O.: 169f).

Diese WHO-Definition von Gesundheit (s.o.) spricht wichtige Dimensionen von Gesundheit in ganzheitlicher Orientierung an. Das Freisein von Krankheiten ist als wichtiges Element erhalten; gleichzeitig rückt die Umschreibung positive Aspekte in den Mittelpunkt, wie es einem modernen Gesundheits-

verständnis entspricht. Allerdings gibt es auch Kritikpunkte, welche die Nutzbarkeit der WHO-Umschreibung von Gesundheit für wissenschaftliche wie auch für regulatorische Zwecke einschränken.

Einer der Einwände lautet, dass die Umschreibung sich (zu) stark auf das subjektive Element „Wohlbefinden“ richtet. Hier bleibe unberücksichtigt, dass manche Erkrankungen wie z.B. Bluthochdruck zumindest in Frühstadien nicht unbedingt das Wohlbefinden einschränken und u.U. sogar mit gesteigertem Wohlbefinden verbunden sein können. Auch kann es geraume Zeit dauern, bis gesundheitseinschränkende (u.U. tödlich verlaufende) Prozesse wie z.B. Tumorerkrankungen das Wohlbefinden einschränken. – Ferner wird kritisiert, insbesondere das Element des „sozialen Wohlbefindens“ sei sehr variabel auslegbar.

Wichtig erscheint auch, dass der menschliche Organismus (so wie andere lebende Organismen auch) eine große Zahl von Systemen und Untersystemen umfasst, die durch vielfältigste Regelkreise aufeinander bezogen sind und in Verbindung stehen mit umgebenden weiteren Systemebenen: Familien, Gemeinwesen und Organisationen, Nationen, Gesellschaften, Kulturen, Species „Homo sapiens“ bis hin zur gesamten Biosphäre. Diese Komplexität wird durch den Aspekt „Wohlbefinden“ nur unzureichend abgebildet.

In ähnlichem Sinne fehlt der WHO-Gesundheitsdefinition eine (human-) ökologische Komponente, die die Umweltgebundenheit menschlicher Gesundheit zum Ausdruck bringt. In manchen neueren Definitionen wird Gesundheit z.B. umschrieben als Gleichgewichtszustand zwischen Menschen und ihrer physischen, biologischen und sozialen Umwelt (Last 2007: 154). Da solche Umschreibungen ihrerseits neue Fragen aufwerfen, haben sie sich jedoch bisher nicht auf breiter Linie durchgesetzt.

Praktisch bedeutsam ist der Umstand, dass Einschränkungen der Gesundheit leichter zu fassen sind als das komplexe Phänomen „Gesundheit“ insgesamt. Häufig wird z.B. für epidemiologische Analyse auf relativ leicht objektivierbare Gesundheitsstörungen zurückgegriffen, die sich auf vielfältige Weisen untergliedern lassen, z.B. folgendermaßen: betroffene Zielorgane wie Atemwege, Haut, Leber, Reaktionsarten wie Entzündung, Tumor, Mutation; Zeitverläufe: akut, chronisch und Zwischenformen sowie Reversibilität: voll, partiell, oder auch fehlend. Eine Festlegung solcher Gesundheitsstörungen erfolgt in der Regel als ärztliche Diagnose, die sich auf Beschwerden, klinische Befunde sowie häufig auch auf Ergebnisse spezieller Untersuchungsmethoden gründet.

Das Spektrum solcher Gesundheitsbeeinträchtigungen, im Falle von Umweltassoziationen oftmals auch als adverse Effekte bezeichnet, reicht von Funktionsstörung über klinische Erkrankungen bis hin zur Todesfolge. Neuere Ansätze z.B. von Seiten der WHO entwickelten hierzu folgende, auf Synthese abzielende Sichtweise. Es treten einerseits durch Krankheit oder Verletzung „vorzeitige“ Todesfälle auf, wodurch gewissermaßen Lebensjahre verloren gehen. Zum zweiten bewirken Krankheiten und Verletzungen in aller Regel Einschränkungen in der Qualität durchlebter Jahre. Mit Einsatz bestimmter Annahmen lassen sich diese zwei Arten krankheitsbedingter „Gesundheitsverluste“ auf Bevölkerungsebene in gemeinsame Metriken umrechnen, z.B. sogenannte Disability-Adjusted Life Years (DALYs). Sofern entsprechende Informationen zur adversen Wirkung von Umweltstressoren (z.B. Feinstaub, Lärm, Radon) und anderen Risikofaktoren (z.B. Bewegungsmangel, Rauchen) vorliegen (z.B. in Form von Expositions-Risiko-Funktionen), ist es auch möglich, die einem Risikofaktor zuzuschreibende, d.h. umweltbedingte Krankheitslast zu bestimmen. Im gesundheitsbezogenen Umweltschutz können solche Maßzahlen schließlich – allerdings heutzutage noch mit einigen Einschränkungen – die Basis für eine vergleichende Risikoanalyse (engl. *comparative risk assessment*, CRA) zur Prioritätensetzung politischer Maßnahmen darstellen (vgl. Prüss-Üstün et al. 2003; Malsch et al. 2006; Hornberg et al. 2013). Solche Summenmaße haben in Deutschland zwar noch nicht breiten Eingang zur Beschreibung von Gesundheit und Krankheit in der Gesundheitsberichterstattung sowie zur Abschätzung von

Umweltbezügen gefunden. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen ist jedoch anzunehmen, dass dies früher oder später geschehen dürfte (vgl. Malsch et al. 2006; Hornberg et al. 2013).

Erwähnt sei das Repertoire von Hilfsmitteln zur Messung und Dokumentation menschlicher Gesundheit und entsprechender Einschränkungen. Zur Selbsteinschätzung von Gesundheit bzw. gesundheitsbezogener Lebensqualität zum Zeitpunkt der Befragung werden Fragebogeninstrumente eingesetzt, darunter z.B. der EuroQoL-Fragebogen und der Health Utilities Index (HUI). Hier werden jeweils Einzelaspekte zu einem Indexwert zusammengezogen. Beispielsweise beschreibt der EuroQoL-Fragebogen folgende Dimensionen: Beweglichkeit/Mobilität; Selbstversorgung, allgemeine Tätigkeiten, Schmerz und körperliche Beschwerden, Ängstlichkeit und Niedergeschlagenheit.

Zur Codierung von Krankheiten, Verletzungen und Todesursachen existieren umfangreiche Schlüsselwerke. Die "Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme" (10. Revision: „ICD-10“) wurde von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) erstellt und liegt auch in deutscher Fassung vor. In Deutschland gibt es für die ICD-10 zwei wesentliche Einsatzbereiche: einerseits die Verschlüsselung von Todesursachen (z.B. in der Todesursachenstatistik, die in Deutschland im Regelfall jährlich aktualisiert bis auf Kreisebene verfügbar ist) und zweitens die Verschlüsselung von Diagnosen in der ambulanten und stationären Versorgung (z.B. zur Abrechnung von Kassenleistungen, in Krebsregistern oder in der Krankenhausentlastungsstatistik). Für die Verschlüsselung von Todesursachen wird die deutschsprachige WHO-Ausgabe der ICD-10 verwendet (ICD-10-WHO). Dabei handelt es sich um eine 1:1-Übertragung der englischsprachigen WHO-Originalausgabe. Zur Verschlüsselung von Diagnosen in der ambulanten und stationären Versorgung wird die ICD-10-GM ("German Modification") als Version 2016 genutzt. Die ICD-10 ist Teil einer ganzen „Familie“ internationaler gesundheitsrelevanter Klassifikationen.

Die ICD-10-Kodierung und die angesprochenen Statistiken können von bevölkerungsbezogenen Krankheitslastbestimmungen angewandt werden. Gerade bei größeren Planungsvorhaben können die Daten einerseits zur Abschätzung bestehender Vorbelastungen in der Bevölkerung (ggf. bei besonders vulnerablen Teilgruppen wie Kindern, älteren und gesundheitlich eingeschränkten Menschen) im Sinne einer Status-quo-Analyse, andererseits aber auch im Zuge eines Monitorings insbesondere bei zu erwartenden chronischen Wirkungen eingesetzt werden.

Resümee: Für den Zweck der vorliegenden Leitlinien lässt sich Folgendes festhalten. Angesichts der Vielfalt unterschiedlicher Vorstellungen wurden Gesundheit und Krankheit auch schon bezeichnet als „inhaltsleere Worthülsen, die sich aus vorgegebenen Blickrichtungen jeweils neu füllen“ (Labisch 1992: 17), aber dieser These wurde auch deutlich widersprochen (z.B. Bergdolt 1999: 13). Ebenso wie die Medizin durch das Fehlen allgemeingültiger Konzepte für Gesundheit und Krankheit nicht behindert wird, lässt sich auch in der Praxis von Planungsprozessen und Zulassungsverfahren mit bestehenden Ansätzen erfolgreich arbeiten. Die Gesundheitsdefinition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wird zwar oft (und teilweise sehr heftig) kritisiert, aber keine Alternative hat sich ebenso langfristig gehalten oder wird ähnlich breit getragen. Um einer einseitigen Auslegung vorzubeugen, könnte die Definition auch immer wieder einmal umgeschrieben werden: „... nicht nur ein Zustand völligen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens, sondern auch das Freisein von Krankheit und Gebrechen“.

Dieses breite Grundverständnis lässt sich gut ergänzen durch pragmatische Konkretisierungen wie z.B. von Jaspers (s.o.). In heutiger Sicht haben objektive Befunde wie auch subjektive Einschätzungen ihre jeweils eigene Berechtigung, und es geht sowohl um die Gesamtperson als auch um alle ihre Teilsysteme.

Aufbauend auf die von Franke (2012: 62) benannten Krankheitskriterien lassen sich zur Verortung im biploaren Modell Gesundheit – Krankheit folgende Kriterien benennen: (1) Vorhandensein und Ausmaß objektiv feststellbarer Veränderungen oder Befunde, (2) körperlich-seelisch-soziales Wohlbefinden und seine Störungen, (3) Leistungsfähigkeit und ihre Einschränkungen, (4) Ausmaß möglicher Betreuungsbedürftigkeit.

Weitere Konkretisierungen finden sich zahlreich im Text dieser Leitlinien, u.a. auch zu Lebensphasen, Lebenslagen und Vulnerabilität. Das behandelte Spektrum schließt körperliche und seelische Gesundheit ein, z.B. Krebserkrankungen, neurodegenerative Krankheitsbilder, Stressreaktionen, Lungenfunktionsstörungen sowie Allergien und Atopien. Expositionen aufgrund unterschiedlicher Aufnahmepfade kommen zur Sprache, ebenso eine Anzahl epidemiologischer Maßzahlen wie (gesunde) Lebenserwartung, Funktionseinschränkungen, Inzidenz, Prävalenz und Mortalität. Auch die humantoxikologisch wichtigen Konzepte von Adversität, tolerierbaren Dosen, NOAEL und Unit risk werden behandelt.

Für die Praxis der Mitwirkung an Planung und Genehmigungsverfahren besonders relevant sind dann vor allem Gesundheitsdeterminanten und entsprechende Wirkungsketten, wie im gesamten vorliegenden Band behandelt.

Christiane Bunge (Stand: 2014)

2.2 Gesundheitliche Chancengleichheit

Gesundheitliche Chancengleichheit bezeichnet die Herstellung gleicher Möglichkeiten gesund zu sein und gesund zu bleiben. Gesundheitliche Chancengleichheit ist eine wichtige Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe. In den letzten Jahren wurde das Thema gesundheitliche Chancengleichheit national und international vielfach aufgegriffen und es besteht Konsens darüber, dass gesundheitliche Ungleichheit das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels zwischen belastenden Lebensbedingungen und -situationen, mangelnden sozioökonomischen (u.a. Bildung, Einkommen) und persönlichen Ressourcen sowie von Aspekten einer riskanten Lebensführung und der gesundheitlichen Versorgungssituation ist (Bolte et al. 2012).

Soziale Lage und Gesundheit stehen auch in Deutschland in einem engen Zusammenhang. Die Lebenserwartung hängt deutlich vom Einkommen, dem Bildungsstand und der beruflichen Stellung ab. Die mittlere Lebenserwartung bei Geburt liegt bei Männern des unteren Einkommensviertels rund elf Jahre unter der von Männern im oberen Einkommensviertel. Bei Frauen beträgt der Unterschied rund acht Jahre. Der Zusammenhang zwischen Einkommen und Lebenserwartung zeigt sich nicht nur auf der Individual-, sondern auch auf sozialräumlicher Ebene. Die mittlere Lebenserwartung bei Geburt ist in den Regionen mit niedriger Armutsrisikoquote am höchsten (Lampert & Kroll 2010).

Das Ausmaß gesundheitlicher Ungleichheit in Deutschland zeigt sich regelmäßig in der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (u.a. Robert Koch-Institut & Statistisches Bundesamt 2007) sowie in den *Armuts- und Reichtumsberichten* der Bundesregierung (u.a. Bundesregierung 2008). Die Zusammenhänge zwischen sozialer und gesundheitlicher Ungleichheit sind zentrale Themen in der sozial- und gesundheitswissenschaftlichen Forschung der vergangenen Jahrzehnte (Richter & Hurrelmann 2006). Unter dem Begriff der sozialen Ungleichheit werden zumeist Unterschiede in Bezug auf Bildung, berufliche Stellung und Einkommen verstanden. Diese sind auf einer vertikalen Skala abgebildet. Daneben gibt es soziale Ungleichheit auf einer horizontalen Ebene. Hierbei zählen unter anderem Alter, Geschlecht und Nationalität zu den Merkmalen, nach denen sich die Bevölkerung in Gruppen unterteilen lässt und zwischen denen soziale Ungleichheit besteht. Besonders benachteiligt sind demnach Perso-

nen, bei denen vertikale und horizontale Merkmale mit ungünstigen Ausprägungen zusammentreffen (Mielck 2003). In allen hoch entwickelten Industrienationen nimmt die soziale Ungleichheit gemessen an den Bildungschancen, den zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen und den Anerkennungsmöglichkeiten zu (Richter & Hurrelmann 2006).

Sozial benachteiligte und benachteiligende Lebenslagen determinieren zusammen mit verhaltensspezifischen und psychosozialen Faktoren individuelle Möglichkeiten und Grenzen, um beispielsweise Expositionen zu vermeiden oder mit umweltbedingten gesundheitlichen Belastungen umzugehen. Sozial bedingte ungleiche Gesundheitschancen sind bereits im Kindesalter festzustellen. Gleichzeitig sind Kinder und Jugendliche besonders vulnerabel. Benachteiligungen im frühen Lebensalter können gesundheitliche und soziale Folgen verursachen, deren negative Auswirkungen möglicherweise den gesamten weiteren Lebensverlauf prägen (Mielck 2001; Hornberg & Pauli 2007). Für die Entwicklung von Kindern und ihre zukünftigen Lebenschancen stellt ein niedriger sozioökonomischer Status der Familie ein zentrales Gesundheitsrisiko dar (Elsässer et al. 2002).

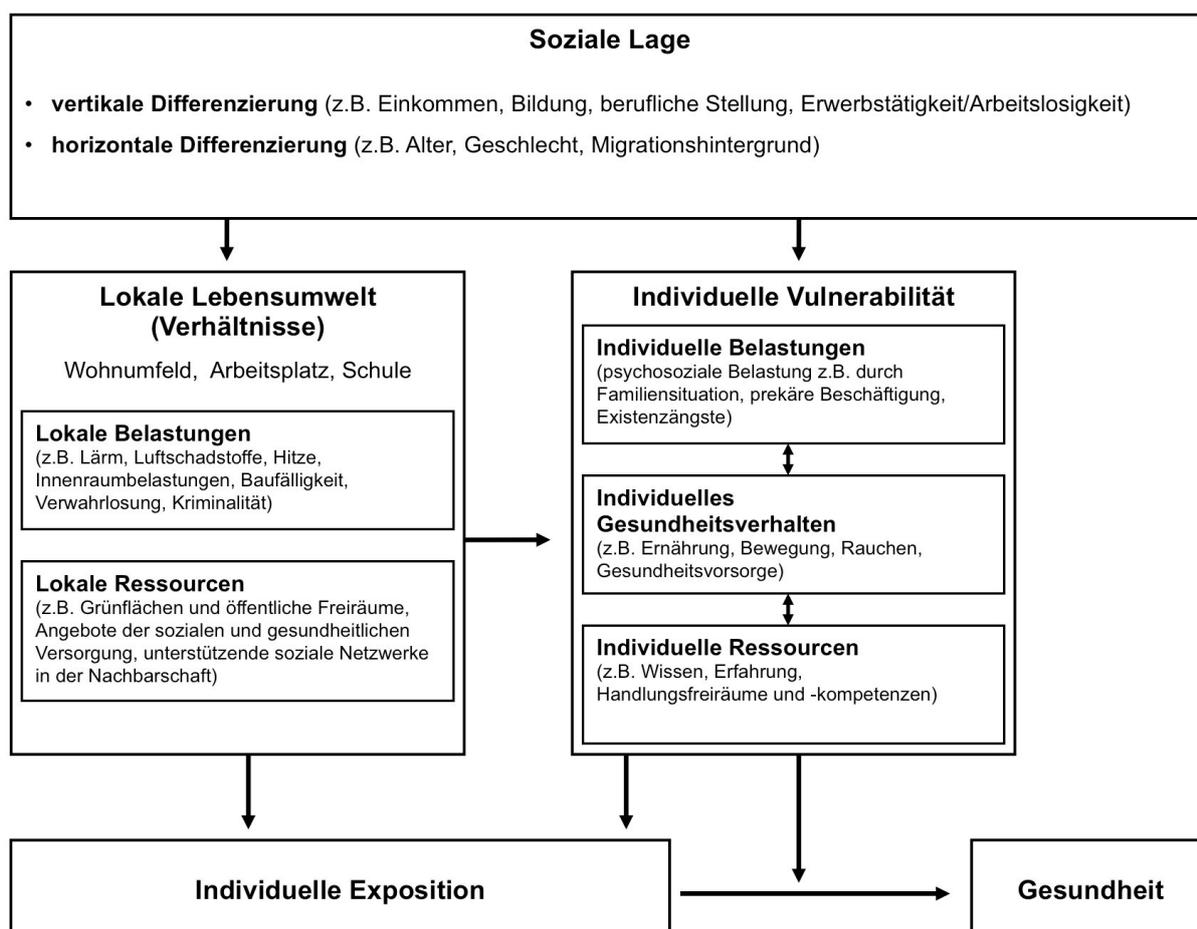
Eine Vielzahl von Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen sozialer Lage und Gesundheitsstatus belegen, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen (wie z. B. umweltassoziierte chronische Erkrankungen, motorische Defizite, Fehlernährung, körperliche Vernachlässigung) das Ungleichgewicht und das komplexe Wechselspiel zwischen konstitutionellen, lebenswelt- und umweltbezogenen Faktoren widerspiegeln (Kamensky et al. 2000; Mielck 2001; Mielck 2005). Risiko erhöhende Faktoren im Zusammenhang mit der sozialen Lage sind u.a. Alltagsgewohnheiten und Konsummuster (z. B. Fehlernährung, Rauchen, Hygiene, Einsatz von Chemikalien im Haushalt) sowie lokale Belastungen aus der Lebensumwelt (z. B. Lärm, Luftschadstoffe). Lokale Ressourcen (z. B. Grünflächenzugang, soziale Netzwerke) und individuelle Ressourcen (z. B. Handlungskompetenzen) können dagegen zur Gesundheitserhaltung und -förderung beitragen (vgl. Abb. 1).

Zur Herstellung gesundheitlicher Chancengleichheit richtet sich die Public Health Perspektive vermehrt auf die Ressourcen und Prozesse, die Gesundheit erhalten und fördern. Aus dieser salutogenetischen Perspektive stellt sich die Frage, warum Menschen trotz oftmals zahlreicher alltäglicher Belastungen und krankheitserregender Risikokonstellationen sowie kritischer Lebensereignisse gesund bleiben. Individuelle (u.a. Wissen, Selbstvertrauen, soziale Integration) und gesellschaftliche/soziale Ressourcen (u.a. funktionierende gesellschaftliche Netze, Sicherheit der Sozialsysteme) rücken hierbei in den Mittelpunkt. Das Modell der Salutogenese hat dazu beigetragen, dass sich die Aufmerksamkeit in der Gesundheitsforschung deutlich von der Verhinderung der Krankheit zur Förderung der Gesundheit verlagert hat (Franke 2011).

In Deutschland wurde die Forderung nach gesundheitlicher Chancengleichheit explizit in der im Jahr 2000 in Kraft getretenen Neufassung des § 20 Abs. 1 des Fünften Sozialgesetzbuchs (SGB V) gesetzlich verankert. Dieser verpflichtet die gesetzlichen Krankenkassen dazu, einen bestimmten Betrag für jeden Versicherten und jede Versicherte für Leistungen zur Primärprävention auszugeben, die „... den allgemeinen Gesundheitszustand verbessern und insbesondere einen Beitrag zur Verminderung sozial bedingter Ungleichheit von Gesundheitschancen erbringen“. Jedoch zeigt sich in der Praxis, dass vor allem die individualpräventiven Aktivitäten die sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen kaum erreichen. Damit wird die Primärprävention in Deutschland weder dem gesetzlichen Auftrag, noch dem selbst formulierten Anspruch der gesetzlichen Krankenkassen gerecht (Altgeld 2011).

Der soziale Status als Indikator für umweltbezogene gesundheitliche Beeinträchtigungen: das Konzept der Umweltgerechtigkeit

Die sozial „ungleiche“ und damit „ungerechte“ Verteilung von Umweltbelastungen auf sozioökonomisch benachteiligte und bestimmte ethnische Bevölkerungsgruppen und ihre Wohnbezirke hat in den USA unter dem Begriff *environmental justice* bereits in den frühen 1980er Jahren Aufmerksamkeit erlangt. Ergebnisse der empirischen Forschung in den USA haben in der Vergangenheit vielfach belegen können, dass Bevölkerungsgruppen mit niedrigem Einkommen sowie insbesondere ethnische Minderheiten häufig in schlechten Wohnverhältnissen mit gesundheitsbelastenden Umweltexpositionen und in unmittelbarer Nähe zu Schadstoffemittenten leben (Bowen 2002; Brulle & Pellow 2006). Vor diesem Hintergrund zielt Umweltgerechtigkeit darauf, das Auftreten neuer Umweltbelastungen zu verhindern, bestehende Umweltbelastungen zu reduzieren und eine „sozial gerechte“ Verteilung nicht vermeidbarer Umweltrisiken anzustreben (Maschewsky 2001; Bolte 2006; Bolte et al. 2012). Darüber hinaus nimmt das Konzept der Umweltgerechtigkeit im Sinne von Verfahrensgerechtigkeit die Beteiligung der Bewohnerinnen und Bewohner in Planungs- und Entscheidungsverfahren in den Blick. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Bewohnerinnen und Bewohner vergleichbare Möglichkeiten haben, sich an umweltpolitisch relevanten Entscheidungsprozessen zu beteiligen (Köckler 2011).



Quelle: Bolte et al. (2012), S. 26 (Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Verlages Hans Huber)

Abb. 1 Beschreibung des Zusammenhangs von sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit

Angeregt durch die internationale Diskussion um wachsende soziale und gesundheitliche Disparitäten ist das Bewusstsein für die enge Verknüpfung von Umweltfragen und sozialen Fragen auch außerhalb der USA in den zurückliegenden Jahren gestiegen (Stephens & Bullock 2002).

In Deutschland wird der soziale Status seit einigen Jahren als ein Indikator für umweltassoziierte Gesundheitsbeeinträchtigungen thematisiert. Insgesamt ist die Datenlage zur Einflussnahme sozialer Faktoren auf umweltbezogene Expositionen (Expositionsvariation) und die modifizierende Wirkung des Sozialstatus auf umweltbezogene Gesundheitsbeeinträchtigungen (Effektmodifikation) noch rudimentär (Hornberg et al. 2011; Bolte et al. 2012). Analysen von Primär- und Sekundärdaten lassen jedoch erkennen, dass ein niedriger Sozialstatus vielfach mit höheren Expositionen in den zentralen Alltagskontexten wie Wohnung und Wohnumfeld einhergeht. Angehörige unterer Statusgruppen wohnen demnach häufiger an stark bis extrem stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraßen, fühlen sich signifikant häufiger durch Straßenverkehrslärm gestört (Hoffmann et al. 2003) und sind höheren gesundheitlichen Risiken durch Luftschadstoffe ausgesetzt (Heinrich et al. 2005; Brauer et al. 2006). Bereits im Jahr 1975 konnte Jarre für Teile des nördlichen Ruhrgebietes zeigen, dass Arbeiterviertel mit deutlich höheren Staubkonzentrationen belastet waren im Vergleich zu Wohngebieten, in denen überwiegend Angestellte, Beamte und Selbstständige wohnten (Jarre 1975).

Verkehrsbedingte oder industrielle Luftschadstoffe, höhere Lärmpegel, eingeschränkte Verfügbarkeit von naturnahen Grün- und Freiräumen sind der Studienlage zufolge einige der zu berücksichtigenden Expositionsquellen im Kontext sozioökonomisch benachteiligter Lebensumweltverhältnisse (z. B. Hoffmann et al. 2009; Bunge & Katzschner 2009; Hornberg & Pauli 2011). Gesundheitsrisiken sind also auf Defizite in der Wohnumfeldqualität zurückzuführen. Von ebenso großer Bedeutung sind aber auch die nach Bildungsniveau, Berufsstatus und Einkommen variierenden physikalisch-chemischen Bedingungen im Wohninnenraum (z. B. Bausubstanz, Baumaterialien, Schadstoffe in Einrichtungsgegenständen) anzuführen (Hornberg & Pauli 2007; Seiwert et al. 2008; WHO 2006a, b).

Aus den vielfältigen, bereits vorliegenden Befunden zu den Zusammenhängen zwischen Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage ergibt sich die Notwendigkeit einer lebensweltlich orientierten Perspektive auf soziale Gruppen, einschließlich deren differenzierten sozialräumlichen Verteilung. Ziel sollte es sein, die unterschiedliche Betroffenheit der Bevölkerungsgruppen gegenüber Umweltexpositionen und umweltbedingten Gesundheitsbelastungen in ihren Alters- und Biographiebezügen zu betrachten. Die Verbindung von Wohnadressen mit Emissionskarten (z. B. zu Grünräumen, zur Luftqualität) eröffnet beispielsweise die Möglichkeit, individuelle Expositionen der Wohnbevölkerung (sowie deren Veränderung im Zeitverlauf) zu erheben und diese mit sozialstrukturellen, verteilungsrelevanten Faktoren in den Lebensverhältnissen (z. B. Wohnumfeldqualität) in Beziehung zu setzen (Klimeczek & Luck-Bertschat 2008). Auf diesem Wege könnten soziale Unterschiede in der Betroffenheit durch ausgewählte Umweltexpositionen in den relevanten Aufnahmepfaden und gesundheitlichen Effekten weiter aufgeklärt werden und in Handlungsansätze (z. B. Expositionsreduzierung) münden. Das hierfür benötigte methodische Instrumentarium ist entsprechend weiterzuentwickeln und z. B. mit geographischen Analyseansätzen aus der Geoinformationsverarbeitung zu ergänzen (ebd.).

Eine frühzeitige Identifizierung gesundheitlicher Risiken auf fundierter Datengrundlage ist Informations- und Bewertungsbasis für belastungsreduzierende Maßnahmen im umweltbezogenen Gesundheitsschutz (z. B. Grenzwertbestimmungen, Lärmaktionspläne, Umweltzonen). Nicht zuletzt wegen der vielfach unzureichenden Datenlage sowie der Komplexität der Ursache-Wirkungs-Beziehungen steht für Deutschland eine umfassende Quantifizierung des Anteils gesundheitlicher Ungleichheit aus, der durch ungleiche Umweltbelastungen und -ressourcen bedingt ist. Um Ursachen und Wirkungen von Ungleichverteilungen umweltbezogener Gesundheitsbelastungen und -ressourcen betrachten zu

können, ist daher zunächst eine differenzierte (Einzel-) Analyse der Teilbereiche *Umwelt*, *Gesundheit* und *soziale Lage* notwendig (Hornberg et al. 2011; Bolte et al. 2012).

3. Anforderungen an den Schutz der menschlichen Gesundheit und 'wirksame Umweltvorsorge'

Wilfried Kühling (Stand: 2014)

3.1 Der Vorsorgebegriff

Gesundheit und Umweltvorsorge sind Gegenstand der nationalen wie internationalen Rechtsvorschriften. Die dort häufig verwendeten unbestimmten Rechtsbegriffe sind allerdings hinsichtlich ihres Schutz- bzw. Vorsorgeanspruchs und dem daraus folgenden konkreten Wertmaßstab genauer zu hinterfragen. Dies sollen die folgenden Kapitel leisten.

Vorsorge gegen Umweltbelastungen wird als zentrale Aufgabe der Umweltpolitik verstanden (BMU 1986) und ist als Staatsziel im Grundgesetz verankert. Vorsorgender Umweltschutz als aktive Politik zur langfristigen Sicherung der natürlichen Ressourcen und zur Verbesserung der Umweltqualität ist damit Planungsaufgabe des Staates und spricht insbesondere die Bereiche Raumordnung, Stadtentwicklung, Fachplanungen und Umweltschutzfachplanungen an (Hoppe 1980: 211 ff). Dabei ist die Vorsorge von den anderen Arbeitsbereichen des Umweltschutzes bzw. der Umweltpolitik zu unterscheiden. Das Vorsorgeprinzip ist Teil der umweltpolitischen „Prinzipientrias“ von Vorsorgeprinzip, Verursacherprinzip und Kooperationsprinzip (Storm 1995).

Vorsorge erschöpft sich nicht in der Anwendung gesetzlicher Gefahrenabwehrstandards. Hier werden weitergehende Anforderungen im Rahmen der Umweltprüfungen gestellt. Im Folgenden soll die durch die verschiedenen Instrumente der Umweltprüfungen anzustrebende Vorsorge näher eingegrenzt werden. Neben unterschiedlichen fachlichen Interpretationen des Vorsorgebegriffes (BMU 1986, Kühling 1986: 29 ff) hat das Bundesverwaltungsgericht herausgestellt: Es müssen "auch solche Schadensmöglichkeiten in Betracht gezogen werden, ... (für die noch) keine Gefahr, sondern nur ein Gefahrenverdacht oder ein *Besorgnispotential* besteht" (BVerwG, Urteil v. 19. Dez. 1985, - 7 C 65.82-).

Aufgrund der rechtlichen Definition geht es bei der Vorsorge also stets auch darum, theoretisch mögliche bzw. begründet vermutete - und nicht (wie bei der Gefahrenabwehr) lediglich *hinreichend wahrscheinliche* - Umweltschäden zu vermeiden.

Daraus können Schlussfolgerungen gezogen werden. Pflicht zur Vorsorge

- meint, dass schon vor der Schädlichkeitsgrenze einem Schädlichkeitsverdacht vorgebeugt werden soll,
- verlangt nach einem ausreichenden Sicherheitsabstand von der Schädlichkeitsgrenze,
- tritt ein, wenn bei zeitlich entfernten Risiken der spätere Schadenseintritt nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann oder eine geringere Eintrittswahrscheinlichkeit vorliegt,
- kann Risikominimierung bereits dann verlangen, wenn kausale, empirische oder statistische Verursachungszusammenhänge nicht oder nicht hinreichend bekannt oder nachweisbar sind (Di Fabio 1991: 357),
- setzt ein bei Umweltbelastungen, die für sich genommen ungefährlich, aber im Zusammenwirken mit anderen an sich auch ungefährlichen Belastungen schädlich oder vermeidbar sind (Klopper 1993: 73).

Wird diesen Aussagen gefolgt, umschreiben sie den Anspruch im Hinblick auf das zu erreichende Umweltschutzniveau, das als Maßstab bei der Bewertung und Berücksichtigung gemäß § 12 UVPG anzulegen ist. Abb. 2 veranschaulicht die grundsätzliche Stellung der Vorsorge innerhalb der verschiedenen Arbeitsbereiche der Umweltpolitik. Darüber hinaus verfolgt die Vorsorge eine Zielrichtung zur Minimierung und Verbesserung von Belastungen, wie dies an der Fortentwicklung der EU-Luftqualitätsrichtlinien zum Luftschadstoff Partikel $PM_{2,5}$ deutlich wird (vgl. Abb. 3).

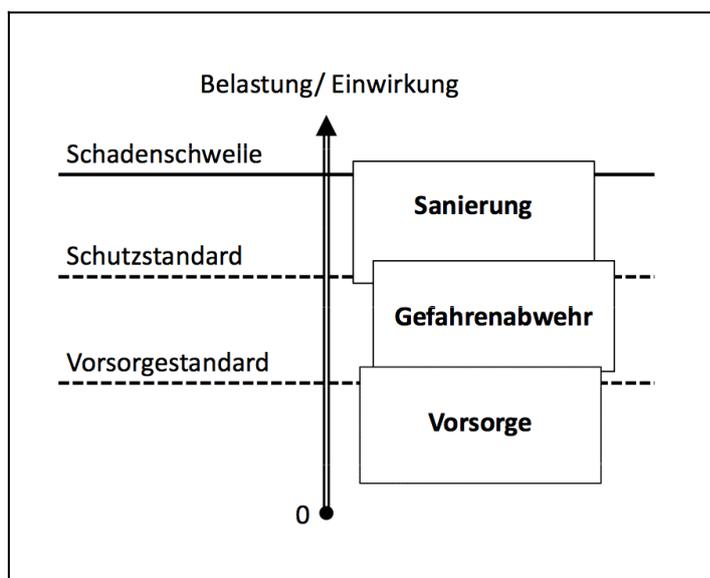
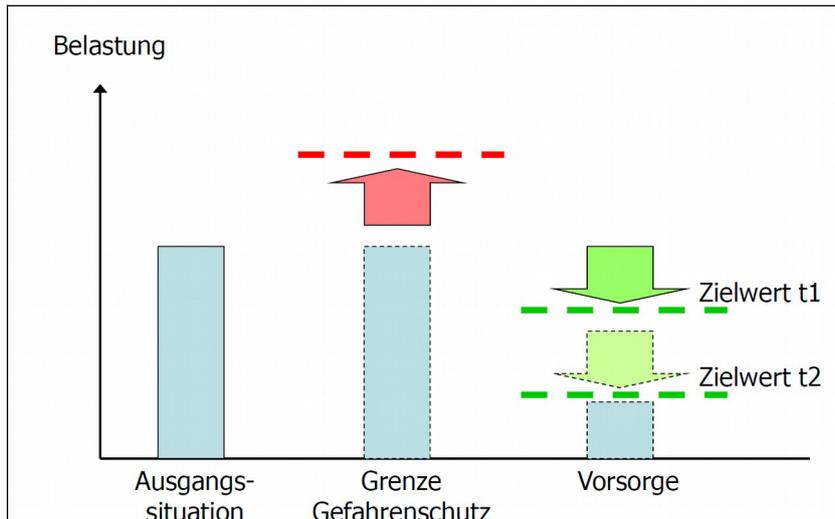


Abb. 2 Bereiche der Umweltpolitik und Umweltplanung

Mögliche oder wahrscheinliche Auswirkungen auf die Umwelt sind meist nur auf Grundlage von einwirkungsbezogenen (z. B. immissionsbezogenen) Umweltqualitätszielen wirksam zu beurteilen. Ohne die Quantifizierung der Umweltschutzniveaus zu den verschiedenen Schutzgütern lässt sich der Vorsorgeauftrag der UVP nicht immer ausreichend erfüllen.

Zwangsläufig bleibt dabei der Grenzbereich zwischen Gefahrenschutz und Vorsorge oft unscharf und bietet Interpretationsspielraum. Abb. 2 macht aber bereits deutlich, dass der Arbeitsbereich der Vorsorge und vorsorgeorientierte Ziele und Bewertungsmaßstäbe in der Regel außerhalb der rechtlich fixierten Grenzwerte des Gefahrenschutzes liegen. Der im UVPG enthaltene immanente Widerspruch des § 12 mit der Formulierung „im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge ... nach Maßgabe der geltenden Gesetze“ könnte damit einer praxisorientierten Lösung näher gebracht werden.

Begründet mögliche oder wahrscheinliche Auswirkungen auf die Umwelt sind aber auch mit einem auf die Einwirkung (Immission) bezogenen Umweltqualitätsmaßstab als Führungsgröße wirksam zu begrenzen. Ohne die Quantifizierung eines solchen Umweltschutzniveaus lässt sich der Auftrag der Umweltprüfung nicht erfüllen.



t1= Zeitpunkt 1, t2= Zeitpunkt 2

Abb. 3 Struktur und Zielrichtung von Standards zum Schutz und zur Vorsorge

Wilfried Kühling (Stand: 2014)

3.2 Vorsorge als gesetzlicher Auftrag

3.2.1 Internationale Ebene

Mit dem Grundsatz 15 der Abschlusserklärung zur Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED 1992) wird bereits international festgestellt, dass die Staaten zum Schutz der Umwelt den Vorsorgegrundsatz anwenden. Dort heißt es:

„Zum Schutz der Umwelt wenden die Staaten im Rahmen ihrer Möglichkeiten allgemein den Vorsorgegrundsatz an. Drohen schwerwiegende oder bleibende Schäden, so darf ein Mangel an vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit kein Grund dafür sein, kostenwirksame Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltverschlechterungen aufzuschieben.“

Dies entspringt u.a. aus dem Grundsatz 3 dieser Konferenz, dass das Recht auf Entwicklung so erfüllt werden muss, dass den Entwicklungs- und Umweltbedürfnissen heutiger und künftiger Generationen in gerechter Weise entsprochen wird.²

Im Mittelpunkt dieses Vorsorgegrundsatzes steht, dass selbst bei Fehlen ausreichender wissenschaftlicher Information ein Handlungsbedarf besteht. Das hat die Europäische Kommission (EU 2000) und die Gemeinschaftsrechtsprechung konkretisiert: „Wenn das Vorliegen und der Umfang von Gefahren für die menschliche Gesundheit ungewiss sind, können die Organe Schutzmaßnahmen treffen, ohne abwarten zu müssen, dass das Vorliegen und die Größe dieser Gefahren klar dargelegt wird“ (EuGH 1998).

In diesem Zusammenhang müssen auch die Begriffe „Vorbeugung“ und „Vorsorge“ unterschieden werden: Das Vorbeugeprinzip ist auf Verhinderung *bekannter* schädlicher Auswirkungen auf die Umwelt gerichtet, während sich das Vorsorgeprinzip auf einen Zeitpunkt bezieht, zu dem noch keine sichere Prognose über Umwelt- oder Gesundheitsgefährdungen besteht. Das Vorsorgeprinzip ist also

² Vorsorge ist auch in verschiedenen Kapiteln der Agenda 21 verankert, einem Dokument dieser Konferenz, vgl. auch Kap. 6 „Schutz und der Förderung der menschlichen Gesundheit“

aufgrund des Verzichts auf wissenschaftliche Gewissheit weitreichender als das Vorbeugeprinzip (Epiney & Scheyli 1998, 91).

Gesundheit und Umweltvorsorge sind Gegenstand zahlreicher nationaler wie internationaler Rechtsvorschriften, wobei sich Querbezüge oftmals in nicht primär gesundheits- oder umweltorientierten Rechtsgrundlagen finden. Die Umweltpolitik der Europäischen Union beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung und zielt auf ein hohes Schutzniveau ab. Gemäß Art. 191 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union verfolgt die europäische Umweltpolitik insbesondere auch die Zielsetzungen einer nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen und Verbesserung der Umweltqualität.

Damit sind inhaltliche Vorgaben für das angestrebte bzw. anzustrebende Maß der Umweltqualität gegeben. Mit der Formulierung „hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt“ ist eine Umweltqualität gemeint, bei der Einwirkungen vermieden werden, die gemäß Art. 3 Nr. 2 der Richtlinie 2010/75/EU zu einer „Beeinträchtigung oder Störung von Annehmlichkeiten und anderen legitimen Nutzungen der Umwelt“ führen können. Das angestrebte Schutzniveau der EU zielt auch mit dieser Bestimmung - deutlicher als verschiedene Regelungen des bisherigen deutschen Umweltfachrechts – auf eine Umweltqualität, die nicht beim bloßen Schutzprinzip (Schutz vor Umweltschäden bzw. Gesundheitsgefahren) stehen bleibt.

3.2.2 Bundesebene

Verfassung

Durch den Art. 20a GG ist als Staatszielbestimmung die Verantwortung des Staates im Grundgesetz verankert, für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen. Dieser Anspruch geht auf das Ziel der nachhaltigen Entwicklung (UNCED 1992) zurück, welche insbesondere im Raumordnungs- und Städtebaurecht tiefer verankert ist. Umweltvorsorge ist ein immanenter Teil einer nachhaltigen Entwicklung (vgl. Kap. 3.2.1) und lässt sich damit auch durch die Verfassung begründen.

Umweltvorsorge nach UVP-Gesetz

Gemäß Zweckbestimmung in § 1 UVPG soll eine wirksame Umweltvorsorge sichergestellt werden. Das anzustrebende Ziel der Umweltqualität bzw. das anzustrebende Umweltschutzniveau wird dadurch jedoch noch nicht konkretisiert. Auch die zentrale Aufgabenstellung in § 12, wonach die zuständige Behörde die Umweltauswirkungen des Vorhabens zu bewerten und diese Bewertung bei der Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge nach Maßgabe der geltenden Gesetze zu berücksichtigen hat, macht nicht genügend klar, welche Umweltqualität zur gesundheitlichen Vorsorge zu erreichen ist. Es bedarf daher einer Operationalisierung des unbestimmten Begriffes der *wirksamen Umweltvorsorge* auf Grundlage der vorherigen Überlegungen.

Die Bewertung von Umweltauswirkungen betrifft das Herzstück einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Gemäß § 12 UVPG bedeutet dies die Anwendung der umweltbezogenen Rechtsvorschriften, die für die Zulässigkeit eines Vorhabens heranzuziehen sind. Die Normen der einschlägigen Fachgesetze einschließlich ihrer untergesetzlichen Konkretisierungen oder Ausführungsbestimmungen stellen also die relevanten Bewertungsmaßstäbe dar. Die Einhaltung dieser Normen in den Zulassungsverfahren (auch ohne UVP) sollte selbstverständlich sein. Damit stellt sich die Frage nach dem Sinn dieser Vor-

schrift, wenn kein anderer Bewertungsmaßstab aus der Umweltverträglichkeitsprüfung resultiert. Eine neue Bedeutung erschließt sich allerdings unter Einbeziehung des Begriffs der *wirksamen Umweltvorsorge*.

Einerseits kann davon ausgegangen werden, dass die gültigen Grenzwerte und Normen der Fachgesetze nicht primär vorsorgeorientiert aufgestellt wurden, sondern vielfach während des Aufstellungsprozesses mit anderen Belangen, zum Beispiel ökonomischen, abgewogen wurden. Damit kann der Anspruch einer „umweltinternen“ Bewertung meist nicht erfüllt werden, wie am Beispiel der 16. BImSchV generell dargestellt werden kann: die Immissionsgrenzwerte zum Schutz vor Lärm unterliegen der Abwägung mit nicht-umweltinternen Belangen³. Andererseits sind die Bewertungsmaßstäbe der geltenden Fachgesetze häufig sehr unbestimmt gefasst (Schutz der Nachbarschaft vor gefährlichen Auswirkungen, Schutz des Allgemeinwohls etc.) und bieten somit Raum, sowohl für die weitere Konkretisierung als auch für Interpretationen.

Die Nutzung der Auslegungsregel in § 12 UVPG als Leitmotiv im Rahmen von Zulassungsverfahren mit integrierter UVP bietet damit nicht nur einen guten Ansatzpunkt für eine gesellschaftliche Diskussion über das Maß bzw. die Höhe des Schutzniveaus, das bei der Beurteilung von Umweltauswirkungen grundsätzlich als Maßstab herangezogen werden sollte. Es ist darüber hinaus gemäß § 4 UVPG zwingend, dass die Bewertung bei der Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens „im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge“ zu erfolgen hat, wenn Rechtsvorschriften des Bundes oder der Länder in ihren Anforderungen nicht weitgehend genug sind. Im Handbuch der UVP wird dies am Beispiel der Immissionsgrenzwerte der TA Luft näher belegt (Kühling & Peters 1995).

Raumordnungsrecht

Neben dem generellen Vorsorgeauftrag der gesamträumlichen Planung ist der Ziel- und Handlungsbe-
reich des Raumordnungsgesetzes (ROG) gemäß § 1 Abs. 2 insbesondere der Aufgabe und Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung verpflichtet. Mit der oben skizzierten Verschränkung des Begriffes der Nachhaltigen Entwicklung mit dem Vorsorgegrundsatz wird so der Vorsorgeauftrag besonders deutlich. Eine die Umwelt frühzeitig gestaltende, planerisch-vorsorgende Beurteilung von Vorhaben und Konzepten im Rahmen der Raumordnung und Landesplanung muss daher auf der Grundlage von Zielen und Standards zur Umweltqualität erfolgen, die dem Vorsorgeprinzip verpflichtet sind.

Baurecht

Der gleiche Anspruch an Vorsorge findet sich auch im Allgemeinen Städtebaurecht. Durch die generellen Planungsziele *Sicherung einer menschenwürdigen Umwelt* und *Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen* in § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB besitzen die Umweltschutzbelange einen Stellenwert, der über fachgesetzliche Standards hinausgeht. Dies wird besonders deutlich bei der Bestimmung der Umweltbelange in § 1 Abs. 6 Ziffer 7 Buchst. h BauGB, wenn es dort am Beispiel der anzustrebenden Luftqualität heißt, dass die bestmögliche Luftqualität in Gebieten erhalten werden soll, in denen die festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden. Im Übrigen ist dieser Anspruch auch konform zu § 50 BImSchG.

Diese Anforderung erlaubt eine Konkretisierung des EU-seitig angestrebten hohen Umweltschutzniveaus, wenn unterhalb gesetzlicher Standards eine bestmögliche Umweltqualität erreicht werden soll und quasi ein Verschlechterungsverbot und Minimierungsgebot ausgesprochen wird.

³ Ausweislich der Begründung zur 16. BImSchV (Bundesrats-Drucksache 661/89) weist der Verordnungsgeber explizit auf seinen Spielraum bei der politischen Bewertung des Verhältnisses von zumutbarem Verkehrslärm und finanzieller Machbarkeit zur Festlegung der Grenzwerte hin.

Damit gehen gerade die Aufgaben der Bauleitplanung deutlich weiter als Gefahrenabwehr und Gefahrenvorbeugung und verpflichten zu früh ansetzender Vorsorge. Dies bestätigt die Rechtsprechung: Die Gemeinden sind im Rahmen ihrer Bauleitplanung nicht auf die Abwehr von bereits eingetretenen schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne § 3 BImSchG beschränkt, sondern darüber hinaus ermächtigt, entsprechend dem Vorsorgeprinzip des § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG schon vorsorgenden Umweltschutz zu betreiben.⁴ Eine entsprechende Konkretisierung des Vorsorgebereichs beispielsweise durch Vorsorgestandards ist eine Voraussetzung zur Erfüllung der planerischen Leitziele zur Sicherung und Entwicklung der Umweltqualität.

Probleme bereitet dieses angestrebte Schutzniveau in der Praxis jedoch häufig deshalb, weil es von der Einwirkungsseite von den Noxen her bislang kaum verbindlich durch Standards der wirksamen Umweltvorsorge quantifiziert wurde. Dies soll hier in diesem Leitfaden z. T. geleistet werden.

Fachgesetze

Im deutschen Umweltrecht ist das Vorsorgeprinzip darüber hinaus in vielfacher Weise in den Fachgesetzen implementiert (so z. B. § 5 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 BImSchG oder der Besorgnisgrundsatz zur Reinhaltung der Gewässer im Wasserrecht). Es umfasst unter anderen die vorsorgliche Minimierung potenziell schädlicher Stoffeinträge, die möglichst frühzeitige Erfassung umweltbeeinträchtigender Auswirkungen im Rahmen von Planungsprozessen oder die nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung.

Thomas Claßen (Stand: 2014)

3.3 Verbesserung der Umweltsituation

In den vergangenen Jahrzehnten hat im Duktus verschiedener internationaler Rechtsvorschriften ein - von vielen kaum wahrgenommener – Wandel stattgefunden, der im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes und der Umweltvorsorge jedoch von zentraler Bedeutung ist. Ergänzend zu dem bisher gültigen Vorsorgegedanken in der Formulierung von Umweltqualitätszielen und abgeleiteten Maßnahmen, der das Konzept des Gefahrenschutzes bzw. der Gefahrenabwehr ergänzt, wird zunehmend ein Verbesserungsgebot zur generellen Verbesserung der Umweltsituation formuliert. Dieses Phänomen schlägt sich in verschiedenen EU-Rechtsvorschriften nieder, so im Gewässerschutz (z. B. Wasserrahmenrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie), im Immissionsschutz (z. B. Umgebungslärm-Richtlinie, Luftqualitätsrichtlinie) oder im Baurecht auf nationaler Ebene (z. B. Baugesetzbuch). Beispielhaft wird das Phänomen des Verbesserungsgebots nachfolgend an der Feinstaubdiskussion und den veränderten EU-Rechtsvorschriften zur Luftqualität dargestellt.

Im Jahr 1996 traf die Europäische Kommission eine richtungsweisende Entscheidung, als sie die EU-Rahmenrichtlinie zur Luftqualität (96/62/EG) verabschiedete. Diese Richtlinie hatte erhebliche langfristige Auswirkungen, da sie nicht länger emissionsorientiert singuläre Minderungs- oder Vermeidungsstrategien forderte, die mittels technologischen Fortschritts erzielt werden konnten. Sie strebte vielmehr eine Minderung der Exposition von Mensch und Umwelt insgesamt gegenüber Luftschadstoffen an (vgl. Bruckmann 2009). Diese Richtlinie mündete in zahlreiche Tochterrichtlinien, in denen auch konkrete Richt- und Grenzwerte abgeleitet sowie - bei deren Überschreitung – Minderungsmaßnahmen gefordert wurden.⁵ Es zeigte sich, dass auf Grundlage aktueller evidenzbasierter Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub im Niedrigdosisbereich die Richtlinien u.a. auch hin-

⁴ Urteil des BVerwG 4 C 52.87 v.14. April 1989

⁵ Allerdings nicht hinsichtlich der Ausgestaltung konkretisiert, vgl. Welge 2006.

sichtlich eines generellen Minderungsgebots angepasst werden mussten.⁶ Am 11. Juni 2008 trat schließlich die neu gefasste EU-Richtlinie 2008/50/EG vom 21.05.2008 über *Luftqualität und saubere Luft für Europa* in Kraft, in der zwar die geltenden Feinstaubgrenzwerte (politisch begründet) bestätigt wurden, darüber hinaus jedoch ein generelles Minderungsgebot⁷ und zusätzliche Luftqualitätsstandards für PM_{2,5} festgelegt wurden.⁸ Konkret wird in der Richtlinie zu den Erwägungsgründen wie folgt ausgeführt:

„(9) Wo bereits eine gute Luftqualität gegeben ist, sollte sie aufrechterhalten oder verbessert werden.“

„(11) Partikel (PM_{2,5}) haben erhebliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Außerdem wurde bisher keine feststellbare Schwelle ermittelt, unterhalb deren PM_{2,5} kein Risiko darstellt. Daher sollten für diesen Schadstoff andere Regeln gelten als für andere Luftschadstoffe. Dieser Ansatz sollte auf eine generelle Senkung der Konzentrationen im städtischen Hintergrund abzielen, um für große Teile der Bevölkerung eine bessere Luftqualität zu gewährleisten. Damit jedoch überall ein Mindestgesundheitschutz sichergestellt ist, sollte der Ansatz mit der Vorgabe eines Grenzwerts kombiniert werden, dem zunächst ein Zielwert vorgeschaltet wird.“

„(30) [...] Insbesondere soll durch diese Richtlinie gemäß Artikel 37 der Charta der Grundrechte der Europäischen Union ein hohes Umweltschutzniveau und die Verbesserung der Umweltqualität in die Politiken der Union einbezogen und nach dem Grundsatz der nachhaltigen Entwicklung sichergestellt werden.“

Auffallend ist jedoch, dass dieses Verbesserungsgebot in der Konkretisierung in Art. 12 (Anforderungen für Gebiete, in denen die Werte unterhalb der Grenzwerte liegen) der Richtlinie 2008/50/EG nicht wieder dahingehend aufgegriffen wird, dass eine bestimmte Verbesserung in allen Fällen erreicht werden muss. Vielmehr wird ausgeführt, dass sich die Staaten in allen Fällen „bemühen [müssen], die beste Luftqualität aufrechtzuerhalten, die mit einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen ist.“ Immerhin wird das Verbesserungsgebot in Deutschland auch zur Begründung einer Ausweitung und Verschärfung von Umweltzonen herangezogen (vgl. Wichmann 2008; Bruckmann 2009) bzw. ist die *Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität* in § 50 BImSchG als genereller Planungsgrundsatz, in § 26 der 39. BImSchV (*Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität*) und in § 1 Abs. 6 Ziffer 7 Buchst. h BauGB verankert.

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

3.4 Verhältnis Planungsrecht – umweltbezogenes Fachrecht

Bei der Durchsetzung einer wirksamen Umweltvorsorge ergeben sich zwischen der Abwägung im Planungs- und Planfeststellungsrecht und der Genehmigung oder „gebundenen Entscheidung“ zum Beispiel nach dem BImSchG deutliche Unterscheidungen:

- Vorsorgeorientierte Wertmaßstäbe im oben genannten Sinn können in der Regel ohne Weiteres im Rahmen von gesamträumlichen Planungsprozessen und Planfeststellungsverfahren herangezogen werden, da der verfahrensführenden Behörde aufgrund der komplexen Aufgabenstellung ein umfassendes Abwägungs- oder Versagungsermessen zukommt.
- Bei Kontrollerlaubnissen wie den immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren hat der Antragsteller dagegen in der Regel einen Anspruch auf Zulassung, wenn definierte gesetzliche Anforderungen erfüllt werden. Wegen des eingeschränkten behördlichen Ermessensspielraums

⁶ Claßen et al. 2010.

⁷ Ein so genanntes *gap closure*, siehe Bruckmann 2009.

⁸ BMU 2008.

können hier vorsorgeorientierte aber nicht gesetzlich verbindliche Qualitätsziele weniger gut durchgesetzt werden.⁹

- Auch auf den Ebenen der unterschiedlichen Planungsstufen (Programm-/Planebene, Raumordnungsebene, Zulassungsebene) können unterschiedliche, dem jeweiligen Konkretisierungsniveau geschuldete Anforderungen eine Differenzierung der Maßstäbe und Indikatoren erfordern.

Für die Betrachtung von Gesundheitsbelangen und der Bewertung relevanter Auswirkungen auf dieses Schutzgut sind vor dem Hintergrund des dargelegten Gebots der wirksamen Umweltvorsorge folgende Erfordernisse zu berücksichtigen:

- Einbeziehung von vulnerablen Bevölkerungsgruppen,
- Einbeziehung von Indikatoren, die das Wohlbefinden operationalisieren,
- Einbeziehung von Auswirkungen unterhalb der *Gefahrenschwelle*, die i.d.R. durch die gültigen Grenzwerte und Normen gebildet wird,
- Einbeziehung der Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse insbesondere in sozioökonomisch schwachen Wohngebieten,
- Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen.

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

3.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Vorsorge- und Gefahrenabwehrprinzip sind Grundpfeiler des deutschen Umweltrechts. In diesem Sinne bedeutet *Gefahr*, dass erhebliche Belästigungen oder erhebliche Nachteile für die jeweiligen Schutzgüter zu erwarten sind. Gefahren sind dadurch charakterisiert, dass eine hinreichende Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts existiert. Gefahrenabwehrorientierte Grenzwerte und Normen der Fachgesetze repräsentieren also in der Regel nur ein Mindestmaß an Umweltqualität, welches das Vorsorgeprinzip nicht genügend berücksichtigt. Allerdings sind fachrechtliche Wertmaßstäbe häufig so unbestimmt (Schutz der Nachbarschaft vor gefährlichen Auswirkungen, Schutz des Allgemeinwohls etc.), dass sie Raum für die weitergehende Konkretisierung als Auslegung dieser Begriffe bieten.

Umweltvorsorge geht darüber hinaus, indem einerseits Schadensmöglichkeiten betrachtet werden, die eintreten können, ohne dass hier ein Wahrscheinlichkeitsmaß angegeben werden kann. Andererseits umfasst Umweltvorsorge auch die Berücksichtigung von Umweltbeeinträchtigungen unterhalb des Niveaus von Schäden, erheblichen Belästigungen oder Nachteilen. Es sind daher auch solche Maßstäbe mit höherem Schutzniveau anzuwenden, die z. B. in Regelwerken national oder international anerkannter Gremien aufgestellt wurden und der guten fachlichen Praxis entsprechen.

Anforderungen an Bewertungsmaßstäbe für gesundheitsrelevante Auswirkungen können aus den unterschiedlichsten Quellen stammen. Tabelle 1 zeigt exemplarisch auf, welche Quellen hier geeignet sein können.

⁹ Allerdings existiert hier mittlerweile auch eine Rechtsprechung, die z.B. stärker auf die Berücksichtigung vorsorgeorientierter Wertmaßstäbe aufgrund kumulativer Umweltfolgen abstellt. Vgl. hierzu z.B. das sog. Trianel-Urteil des Oberverwaltungsgerichtes Münster vom 1.12.2011 (Rechtssache 8 D 58/08.AK).

Tabelle 1 Quellen für Bewertungsmaßstäbe

- Ratifizierte internationale Abkommen/Verträge
- EU-Richtlinien (z.T. mit Direktwirkung bei Nicht-Umsetzung auf nationaler Ebene) und EU-Verordnungen
- Regelwerke nationaler oder internationaler Gremien (z. B. DIN/EN/ISO, DVWK, VDI)
- Umweltbezogene Zulassungsvoraussetzungen der Bundesgesetze/Landesgesetze
- Weitere rechtsverbindliche Bewertungsmaßstäbe:
 - in gesetzlichen Zielnormen / Verbotsnormen (ggf. in Verbindung mit gesetzlichen Definitionsnormen),
 - in Rechtsverordnungen oder kommunalen Satzungen (kommunale Umweltqualitätsziele),
 - in den Orientierungshilfen des Anhangs I der UVPVwV
 - Fachlich/räumlich konkretisierte Zielaussagen der umweltbezogenen räumlichen Gesamt- (Landes-/Regional- und Bauleitplanung) sowie Fachplanung (z. B. Landschaftsplanung, Bewirtschaftungspläne nach WHG, Waldfunktionskartierungen etc.)
- Verwaltungsinterne Richtlinien, Leitfäden, Empfehlungen, Kartierschlüssel etc.
- Rechtsprechung zu analogen Fällen: Urteile des EuGH, BVerwG oder der Oberverwaltungsgerichte bzw. Verwaltungsgerichtshöfe
- Fachliteratur (veröffentlichte Forschungsarbeiten, graue Literatur) und Fallstudien mit vergleichbaren Vorhaben und Standortbedingungen

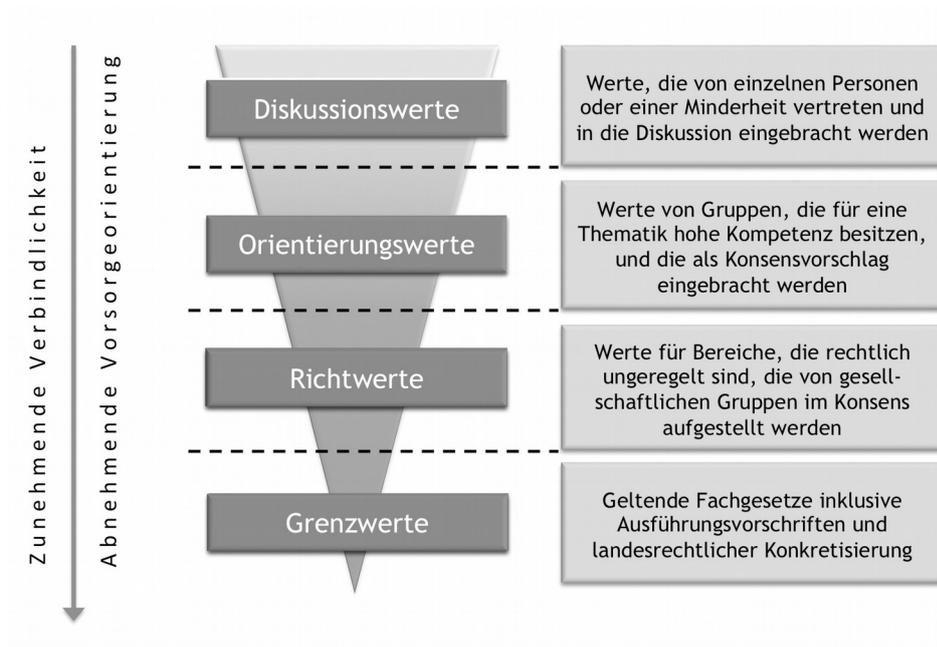
An Bewertungsmaßstäbe sind vor diesem Hintergrund also bestimmte Anforderungen zu stellen, sollen sie den Ansprüchen an eine UVP-gerechte und vorsorgeorientierte Bewertung der Umweltauswirkungen genügen:

Verbindlichkeit/Rechtsbezug

- Bewertungsmaßstäbe sollten ein besonders hohes Maß an Verbindlichkeit aufweisen. Dies trifft selbstverständlich für die in den Fachgesetzen verankerten Maßstäbe einschließlich ihrer Ausführungsvorschriften sowie die in EU-Richtlinien und -Verordnungen hinreichend konkretisierten Maßstäbe zu (vgl. Abb. 4).

Vorsorgeorientierung

- Gefahrenabwehrorientierte Grenzwerte und Normen der Fachgesetze repräsentieren in der Regel nur ein Mindestmaß an Umweltqualität, welches das Vorsorgeprinzip nicht genügend berücksichtigt. Über gefahrenabwehrorientierte Grenzwerte hinaus sollten daher Maßstäbe mit höherem Schutzniveau angewendet werden, die z. B. in Regelwerken national oder international anerkannten Gremien aufgestellt wurden und der guten fachlichen Praxis entsprechen.



Quelle: In Anlehnung an Kloke (1987), verändert.

Abb. 4 Verbindlichkeit und Vorsorgegehalt von Wertmaßstäben

4. Ausgewählte rechtliche Rahmenbedingungen mit Bezug zur menschlichen Gesundheit

Wilfried Kühling, Ilse Albrecht (Stand: 2014)

4.1 Einführung

Mit dem Grundrecht auf Leben und körperliche Unversehrtheit in Art. 2 GG verpflichtet sich der Staat zum Schutz seiner Bürger, namentlich zum Schutz von Leben und Gesundheit. Umstritten ist, wie weit diese körperliche Unversehrtheit garantiert ist und ab wann die körperliche Integrität beeinträchtigt wird. Anhand einiger Urteile und der Rechtsliteratur zeigt sich (Möllers 1996: 32ff), dass z. B. der Gesundheitsbegriff der WHO (vgl. Kap. 2.1) nicht vollumfänglich vom Grundgesetz abgedeckt wird.

Mit der *Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im Bundesgebiet* hat das Grundgesetz auch eine sozialräumlich ausgleichende Orientierung zum Ziel. Im Bau- und Sozialrecht gibt es eindeutige Aufträge sowohl zu einer sozialräumlich ausgerichteten Analyse und Planung als auch explizite Normen zum Schutz der menschlichen Gesundheit (etwa § 1 Abs. 5 BauGB).

In den folgenden Kapiteln wird anhand von ausgewählten Gesetzen herausgearbeitet, wie umfassend der Schutz der menschlichen Gesundheit in den wesentlichen Gesetzen geregelt ist. Dabei kann nicht auf jedes Detail eingegangen werden, insbesondere würde es den Rahmen sprengen, auf jede Rechtsverordnung einzugehen oder länderspezifische Regelungen zu erläutern. Zumindest soll aber überblicksartig in kursorischer Form der rechtliche Rahmen in Deutschland aufgezeigt werden, der einen Bezug zur menschlichen Gesundheit in Planungs- und Zulassungsprozessen aufweist. Um Zweck und Ziele der einzelnen Gesetze miteinander vergleichbar zu machen, erfolgt eine Einschätzung der Gesetze anhand einheitlicher Kriterien. In einer synoptischen Zusammenschau werden die vorgestellten Gesetze auf Basis dieser Kriterien abschließend gegenüber gestellt.

Auf eines der nachfolgend aufgeführten Kriterien muss jedoch wegen seiner Bedeutung etwas näher eingegangen werden: Die Rolle des Drittschutzes (d. h. ob einzelne Bürger, also Dritte, Klagemöglichkeiten auf Einschreiten der zuständigen Behörde gegen den Störer auf Einhaltung genannter Normen haben). Denn ein wichtiger Unterschied zwischen Gefahrenabwehr- und Vorsorgevorschriften liegt nach Ansicht des Bundesverwaltungsgerichts darin, dass betroffene Einzelne nur die Einhaltung von Gefahrenabwehrvorschriften verlangen (und einklagen) können, nicht aber auch die Einhaltung von Vorsorgevorschriften. Eine Individualklage gegen die Zulassung eines Vorhabens kann deshalb kaum darauf gestützt werden, dass verbindliche Vorsorgeregelungen verletzt worden seien. Umweltverbände haben dagegen nach neuerer Rechtsprechung des EuGH auch die Möglichkeit, die Beachtung von Vorsorgevorschriften gerichtlich kontrollieren zu lassen.

Kriterien bzw. Fragen zur Einschätzung der Gesetze sind:

- Ziel und Zweck des Gesetzes: welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
- Liegt die Grundlage im EU-Recht?
- Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
- Wird das Schutzgut Mensch „explizit“ oder „implizit“ aufgeführt/bezeichnet?

- Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
- Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe – lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
- Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe – gibt es einen Ermessensspielraum?
- Wie ist die Rolle des Drittschutzes – gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen?
- Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert – welche Regelwerke sind zu nennen?

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

4.2 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung

Zweck des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist es, bei bestimmten öffentlichen und privaten Vorhaben sowie bei bestimmten Plänen und Programmen die Auswirkungen auf die Umwelt im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge frühzeitig und umfassend zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten. Die ermittelten Umweltauswirkungen sind bei allen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit von Vorhaben sowie bei der Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen so früh wie möglich zu berücksichtigen.

Unter dem Oberbegriff *Umweltprüfungen* werden zwei Instrumente der Umweltfolgenabschätzung auf unterschiedlichen Planungsebenen verstanden:

- die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für bestimmte öffentliche und private Vorhaben sowie
- die Strategische Umweltprüfung (SUP) bei der Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen.

Die zu untersuchenden Schutzgüter der Umweltprüfungen sind gemäß § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie
- die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Das Schutzgut *Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit* ist damit regelmäßig Untersuchungsgegenstand der Umweltprüfungen nach dem UVP-Gesetz.

Sowohl bei der UVP als auch der SUP werden Behörden, deren umwelt- und gesundheitsbezogener Aufgabenbereich durch das Vorhaben oder den Plan berührt wird, am Verfahren beteiligt (vgl. §§ 7 und 14h UVPG). Diese Partizipationsmöglichkeit ist nicht auf eine *Einmal-Beteiligung* beschränkt, sondern bezieht sich auf verschiedene Verfahrensschritte:

- die Feststellung der UVP-Pflicht nach Vorprüfung des Einzelfalls (Screening),

- die Unterrichtung über voraussichtlich beizubringende Unterlagen bzw. die Festlegung des Untersuchungsrahmens (Scoping),
- die Vollständigkeitsprüfung der vom Vorhabenträger beigebrachten Unterlagen,
- die eigentliche fachliche Stellungnahme zu den Antragsunterlagen,
- die Erarbeitung der Zusammenfassenden Darstellung der Umweltauswirkungen,
- die Bewertung der Umweltauswirkungen.

Die Paragraphen 14f und 14h (Festlegung des Untersuchungsrahmens, Beteiligung anderer Behörden) schreiben bei Strategischen Umweltprüfungen explizit die Beteiligung der Behörden mit umwelt- und gesundheitsbezogenem Aufgabenbereich vor. Ferner werden in Anlage 4 Nr. 2.3 UVPG bei den Kriterien für die Vorprüfung des Einzelfalles im Rahmen der SUP ebenfalls die „Risiken für die Umwelt, einschließlich der menschlichen Gesundheit (zum Beispiel bei Unfällen)“ angeführt.

Tabelle 2 fasst den Charakter des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung zusammen.

Klaus von Zahn (Stand: 2014)

4.3 Baugesetzbuch

Die Bauleitplanung ist generell dem Ziel der Vorsorge verpflichtet. Dieser Anspruch ergibt sich aus § 1 Abs. 5 BauGB, wonach Bauleitpläne (Bebauungs- und Flächennutzungspläne) nicht nur dazu beitragen sollen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, sondern auch die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln. Auch aus der Rechtsprechung ergibt sich, dass die Aufgaben des Städtebaus weiter als Gefahrenabwehr und Gefahrenvorbeugung gehen und zu früh ansetzender Vorsorge verpflichtet.

Bei der Aufstellung von Bauleitplänen müssen die „allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ berücksichtigt werden (§ 1(6) Nr. 1 BauGB). Seit der Gesetzesnovelle 2004 müssen darüber hinaus insbesondere die „umweltbezogenen Auswirkungen der Planung auf den Menschen und seine Gesundheit und die Bevölkerung insgesamt“ in die bauleitplanerische Abwägung eingestellt werden (§ 1 (6) Nr. 7c BauGB). Diese beiden Grundsatzanforderungen werden im Normalverfahren im Rahmen der Umweltprüfung untersucht, aber auch bei Verfahrensarten ohne Umweltprüfung (vereinfachtes Verfahren nach § 13 BauGB und beschleunigtes Verfahren nach § 13a BauGB) sind diese grundsätzlichen Anforderungen zu berücksichtigen und die Ergebnisse im Rahmen der Planung darzustellen.

Der Aspekt der „gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ wird sowohl in Fällen berücksichtigt, in denen die Bauleitplanung Auswirkungen auf die Wohn- und Arbeitsverhältnisse haben kann, als auch im Rahmen der städtebaulichen Sanierungsplanung aufgegriffen und konkretisiert (§ 136 BauGB). Relevante Themen sind hierbei beispielsweise Belichtung, Besonnung, Belüftung, Sicherheit, Lärm, Verunreinigungen und Erschütterungen.

Tabelle 2 Charakter des UVP-Gesetzes

Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Menschen, einschließlich der menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den genannten Schutzgütern.
Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Das UVPG ist durch die entsprechende EU-Richtlinie (2011/92/EU) voll abgedeckt.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
In § 2 (1) Satz 2 wird das Schutzgut „Menschen, einschließlich der menschliche Gesundheit“ ausdrücklich erwähnt.
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Die Bewertungsmaßstäbe bilden gemäß § 12 die „geltenden Gesetze“. Damit wird auf die umweltbezogenen fachrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen einschließlich konkretisierender Ausführungsvorschriften verwiesen.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
Der Vorsorgegedanke spielt eine zentrale Rolle, da gemäß § 12 die Bewertung „im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge“ vorzunehmen ist und auch in § 1 Zweck des Gesetzes ausdrücklich betont wird. Entsprechende unbestimmte Rechtsvorschriften in den fachrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen sind dementsprechend zu interpretieren.
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Da keine eigenen Wertmaßstäbe angegeben sind sondern auf die fachrechtlichen Maßstäbe verwiesen wird, ist dies vorhabens-/fallspezifisch verschieden.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen?
Mit dem Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz und dem Öffentlichkeitsbeteiligungsgesetz wurden entsprechende EU-Richtlinien sowie die Aarhus-Konvention umgesetzt, die die Rechte der Verfahrensbeteiligten stärken und damit gleichsam die Qualität der Entscheidungen verbessern sollen. Damit wurde die Verbandsklage auch für UVP-relevante Verfahren eingeführt, gleichzeitig aber an weitreichende Bedingungen geknüpft. ¹⁰
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Raumbezug ist der jeweilige Betrachtungsbereich des zugrundeliegenden Trägerverfahrens. Dementsprechend ist der Raumbezug im Rahmen von Raumordnungsverfahren groß, bei Vorhaben, deren Auswirkungsbereich sich auf den Standort als solchen beschränkt, kleiner. Grundsätzlich hängt der Betrachtungsraum von den Reichweiten der jeweiligen vorhabenbezogenen Wirkfaktoren ab.
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Das UVP-Gesetz gibt hier als Schutzgut nur den "Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit" vor, relevant sind alle fachrechtlich relevanten Maßstäbe und Regelwerke, die im Trägerverfahren heranzuziehen sind. Auf untergesetzlicher Ebene existieren zahlreiche vorhabenbezogene Leitfäden, Richtlinien und Merkblätter, die die gute fachliche Praxis beschreiben sollen. ¹¹

¹⁰ Vgl. Sinner, Gassner, Hartlik 2009, UVP 1. Teil, Kap. 6.

¹¹ Vgl. Storm, Bunge, HdUVP, Kennz. 9600.

Neben den die Umweltbedingungen gestaltenden Möglichkeiten in der Flächennutzungsplanung können die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit insbesondere im Rahmen der Bebauungsplanung durch zeichnerische und textliche Festsetzungen des Plans beeinflusst werden. So ist es möglich, unmittelbar schützende Maßnahmen (Lärmschutzanlagen, Lage von Tiefgaragenentlüftungen über Dach u.a.) aber auch allgemein das Lebensumfeld verbessernde Vorgaben (Pflanzflächen, Dachbegrünungen u.a.) festzusetzen. Der Katalog möglicher Festsetzungen ist umfangreich und abschließend (§ 9 (1) BauGB), Festsetzungsbereiche die in diesem Katalog nicht erwähnt sind, können in Plänen demnach nicht verwendet werden (z. B. Tempo-30-Zonen, energetische Anforderungen an Gebäude u.a.).

Im Rahmen der bauleitplanerischen Abwägung der unterschiedlichen relevanten Belange ist die Kommune aufgefordert, bei ihren Planungen begründet strengere Maßstäbe als die fachgesetzlichen Umweltstandards anzuwenden (z. B. zum Schutz der Bevölkerung vor Verkehrslärm nicht die Grenzwerte der 16. BImSchV *Verkehrslärmschutzverordnung*, sondern die Orientierungswerte der DIN 18005 *Schallschutz im Städtebau*), um einen vorsorglichen Gesundheitsschutz für ihre Bevölkerung zu erreichen. Die gemäß § 2 (4) in Verbindung mit § 2a und Anlage 1 durchzuführende Umweltprüfung zu den Bauleitplänen muss zudem eine Beschreibung der geplanten Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich nachteiliger Auswirkungen beinhalten; dies bezieht sich auf die Umwelt allgemein, also auch auf das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit. Des Weiteren sind im Umweltbericht die geplanten Maßnahmen zur Überwachung der erheblichen Auswirkungen der Durchführung des Bauleitplans auf die Umwelt zu beschreiben.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im BauGB grundsätzlich sowohl der Anspruch als auch das notwendige Instrumentarium verankert sind, um den Belangen der menschlichen Gesundheit gerecht zu werden. Tabelle 3 zeigt den Charakter des BauGB zusammenfassend in einer Übersicht.

Dagmar Hildebrandt (Stand: 2014)

4.4 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) ist am 1. April 1974 in Kraft getreten. Der Schwerpunkt des Immissionsschutzrechts hat sich durch wichtige Novellierungen der letzten Jahre vom Anlagenzulassungsrecht, wie es in den 70er Jahren geschaffen wurde, verlagert. So hat die Umsetzung der EG-Luftqualitätsrahmenrichtlinie und ihrer Tochterrichtlinien zu einer mehr immissionsschutzorientierten Ausrichtung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes mit auch planerisch-vorsorgenden Zielen geführt. Darüber hinaus erhielt der Lärmschutz durch die Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie im Bundes-Immissionsschutzgesetz einen höheren Stellenwert (BMU 2012).

Tabelle 3 Charakter des BauGB

Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Wohl der Allgemeinheit, menschenwürdige Umwelt, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima, das Wirkungsgefüge zwischen ihnen, Landschaft, biologische Vielfalt, Kulturgüter, Sachgüter.
Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Das BauGB ist nicht in wesentlichen Bestimmungen explizit aus dem EU-Recht abgeleitet; Bezüge existieren allerdings insofern, als im Rahmen der Bauleitplanung nicht nur die fachgesetzlichen Bestimmungen einzuhalten sind (z. B. Wasserhaushaltsgesetz, das stark von der EU-Wasserrahmenrichtlinie geprägt ist), sondern darüber hinaus generell weitergehende Ansprüche zählen, indem als abwägungserheblicher Belang z. B. ein hohes Schutzniveau berücksichtigt werden muss, welches unterhalb festgelegter Grenzen eine gute gesundheitliche Qualität sicherstellen soll.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Es wird in §1(6) Nr. 7c explizit erwähnt („...Menschen und seine Gesundheit...“), darüber hinaus implizit § 1 Abs. 5 „menschenwürdige Umwelt“ und § 1 Abs. 6 Nr. 1 „gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“.
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Das BauGB beinhaltet keine quantifizierten Qualitätsziele zum Schutzgut Mensch und Gesundheit. Sie sind aus den oben genannten Qualitätsansprüchen für die Planungsaufgabe abzuleiten und als Wertmaßstab zu konkretisieren.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
Der Vorsorgegedanke spielt eine wesentliche Rolle, indem die Aufgaben des Städtebaus weiter als Gefahrenabwehr und Gefahrenvorbeugung gehen und zu früh ansetzender Vorsorge verpflichten.
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Die Abwägung der öffentlichen und privaten Belange gegeneinander und untereinander ist ein Kernprozess der Bauleitplanung. Dem vorsorgenden Gesundheitsschutz kann nach politischem Willen ein hoher Stellenwert in der Abwägung zukommen; hingegen wäre eine Nichtbeachtung der Belange des Gesundheitsschutzes der Bevölkerung abwägungsfehlerhaft. Bebauungspläne werden als Satzung beschlossen und sind somit allgemein rechtsverbindlich.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/ Normen
Gegen den nicht allgemein verbindlichen Flächennutzungsplan kann nur eine betroffene Behörde/ein Träger öffentlicher Belange Klage vor dem Verwaltungsgericht erheben. Gegen einen Bebauungsplan oder einzelne seiner Bestimmungen kann von allen Betroffenen (Behörden, Umweltschutzvereinen oder Bürgern) unter bestimmten Voraussetzungen vor dem zuständigen Verwaltungsgericht Klage erhoben werden.
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Raumbezug ist der jeweilige Geltungsbereich des Bauleitplans (beim FNP das gesamte Stadt-/ Gemeindegebiet; beim Bebauungsplan jeweils nur ein begrenzter, zumeist kleiner Teil des Stadt-/ Gemeindegebietes)
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Die Baunutzungsverordnung enthält weiter gehende indirekte Bezüge zum Schutzgut Mensch, indem dort z. B. Siedlungsgebietstypen für die Bauleitplanung charakterisiert werden, die mit unterschiedlichen Immissionsschutzstandards verbunden sind. Zu nennen sind hier auch andere Regelwerke wie z. B. Schallschutz im Städtebau (DIN 18005) oder die Abstandserlasse auf Landesebene.

Die §§ 1 bis 3 enthalten allgemeine Vorschriften – Zweck und Geltungsbereich sowie Begriffsbestimmungen des Gesetzes. Zweck des Gesetzes ist es, die Menschen aber auch alle anderen Schutzgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Mit dieser Zweckbestimmung wird neben dem Gefahrenschutz auch die Vorsorgeorientierung des Gesetzes deutlich. Dem Entstehen von Schäden soll bereits im Vorfeld durch einen fortschrittlichen Stand der Technik begegnet werden, auch wenn die Immissionsgrenzen für Mensch und Umwelt noch nicht erreicht sind. Hierzu werden insbesondere in § 5 BImSchG die Anforderungen an die Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen näher konkretisiert.

Für die vorliegende Leitlinie ist von Bedeutung, dass zwischen dem Schutz- und dem Vorsorgegrundsatz unterschieden wird. Der hier angelegte Vorsorgebegriff bedingt nun eine weitere Unterscheidung, nämlich in schutzobjektbezogene Vorsorge (Gefahrenvorsorge) und schutzobjektunabhängige (gefahrenunabhängige) Vorsorge (Kloepfer 1989: 75 ff). Nur letztere kommt beispielsweise in § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG bei der Emissionsbegrenzung zum Ausdruck. Da es bei Vorsorge stets darum geht, *theoretisch mögliche* bzw. *vermutete* und nicht wie bei der Gefahrenabwehr *hinreichend wahrscheinliche* Umweltschäden zu vermeiden, wird nur eine immissionsseitige Vorsorge der Zielsetzung des UVPG gerecht. Dies folgt auch der nach UVP-Recht anzulegenden Sichtweise zu Umweltauswirkungen (also Immissionen) und dem Anspruch nach frühzeitiger und umfassender Umweltverträglichkeitsprüfung.

Der im BImSchG genannte Vorsorgegrundsatz ist zwar durch den Wortlaut "insbesondere" der Emissionsbegrenzung zugeordnet und hat bisher keine vorsorgeorientierte Immissionsbeurteilung bewirkt, kann sich aber auch auf die Immissionen beziehen (Roßnagel 1994, Rn. 443 ff) und für die Bewertung im Rahmen der UVP herangezogen werden.

Damit wird deutlich, dass die bekannten Immissionswerte der TA Luft, die lediglich der Gefahrenabwehr i.S.d. § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG (Schutzgrundsatz) verpflichtet sind, keinen Vorsorgeanspruch erfüllen können bzw. im Einzelfall überprüft werden muss, welche immissionsorientierten Standards der wirksamen Umweltvorsorge des UVPG dienen.

In diesem Zusammenhang entwickelt auch § 6 Abs. 1 BImSchG eine weitreichende Bedeutung, wenn eine Genehmigung zu erteilen ist, sofern die genannten Pflichten erfüllt sind und andere öffentlich-rechtlichen Vorschriften nicht entgegenstehen. Diese mit „gebundener Entscheidung“ bezeichnete Regel führt in der Praxis der Umweltverträglichkeitsprüfung regelmäßig zum Dissens, wenn Untersuchungen im Hinblick auf die wirksame Umweltvorsorge gemäß UVPG (siehe Kap. 3.2.2) zwar erhebliche Umweltauswirkungen zeigen, die Immissionswerte der TA Luft und andere dort genannte Standards aber eingehalten sind und daraufhin eine Genehmigung erteilt wird. Ursache für diesen Dissens liefern § 1 Abs. 1 und § 20 Abs. 1a und 1b der 9. BImSchV, nach der das Genehmigungsverfahren durchzuführen ist. Die Bestimmungen des UVPG sind zwar in den Wortlaut dieser Verordnung integriert, allerdings unter erheblichen Einschränkungen (siehe kursive Hervorhebungen):

Gemäß § 1 Abs. 2 der 9. BImSchV ist die Umweltverträglichkeitsprüfung *nach den Vorschriften dieser Verordnung* und den für *diese Prüfung* in den genannten Verfahren *ergangenen allgemeinen Verwaltungsvorschriften* durchzuführen. Nach § 20 Abs. 1b der 9. BImSchV bewertet die Genehmigungsbehörde nach den für *ihre Entscheidung maßgeblichen* Rechts- und Verwaltungsvorschriften die Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter.

Behörden und Anwälte ziehen daraus z. T. den falschen Schluss, dass die 9. BImSchV eine "UVP-verdrängende" Vorschrift sei und als Genehmigungsvoraussetzung lediglich die näher konkretisierende Verwaltungsvorschrift TA Luft mit ihren Bestimmungen anzuwenden bzw. einzuhalten sei. Dies gilt jedoch nur insoweit, wie die 9. BImSchV bzw. TA Luft dem inhaltlichen Standard des UVPG entspricht. Meist wird dabei § 4 UVPG übersehen, der das Verhältnis zwischen dem UVP Gesetz und anderweitig-

gen Normen in ausdrücklicher Weise regelt. Denn das UVP-Gesetz verdrängt auch Gesetze und Rechtsverordnungen, die einen bestimmten Sachverhalt detaillierter regeln (also spezielle Normen enthalten), aber *inhaltlich* seinen *Anforderungen nicht genügen* (Bunge 1996, § 4). Explizit bleibt danach § 20 Abs. 1b der 9. BImSchV hinter § 12 UVPG zurück, wenn lediglich die *Auswirkungen des Vorhabens* auf die Schutzgüter zu bewerten sind. Es *fehlt* nämlich hier die Formulierung „*im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge*“ in der 9. BImSchV. Damit kommt das UVPG subsidiär zum Zuge.

Die §§ 44 bis 47 enthalten Regelungen zur Überwachung und Verbesserung der Luftqualität sowie zur Luftreinhalteplanung. § 44 verpflichtet die Länderbehörden, die Luftqualität zu überwachen, während § 45 den Grundsatz enthält, dass die zuständigen Behörden für die Einhaltung der Immissionswerte zu sorgen haben.

Sofern absehbar ist, dass Immissionsgrenzwerte einschließlich festgelegter Toleranzmargen bis zu ihrem Inkrafttreten in einem Gebiet nicht eingehalten werden können, ist nach § 47 Abs. 1 das jeweilige Bundesland verpflichtet, einen Luftreinhalteplan aufzustellen. In diesem Plan sind Maßnahmen festzulegen, die dazu führen sollen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden. Sofern die Gefahr besteht, dass in einem Gebiet die geltenden Immissionsgrenzwerte oder Alarmschwellen überschritten werden, ist nach § 47 Abs. 2 ein Aktionsplan aufzustellen. Der Aktionsplan enthält kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen, mit denen die Gefahr der Überschreitung der Werte verringert oder der Zeitraum, während denen die Werte überschritten werden, verkürzt werden soll.

Die §§ 47a bis 47f enthalten Vorschriften zur Lärminderungsplanung. Mit diesen Vorschriften ist die Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm in deutsches Recht umgesetzt worden. Die Umgebungslärmrichtlinie verfolgt das Ziel, ein gemeinsames Konzept zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm festzulegen, um schädliche Auswirkungen und Belästigungen durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu vermindern. Zur Umsetzung der Richtlinie sind die strategische Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung als neue Instrumente im BImSchG verankert worden.

Dem *Planungsparagrafen* § 50 BImSchG kommt im Hinblick auf die immissionsschutzrechtliche Vorsorge eine grundlegende Bedeutung zu. Mit dieser Planungsnorm zur Einhaltung ausreichender Abstände zwischen empfindlichen und störenden/gefährdenden Nutzungen und der Formulierung „so weit wie möglich“ zeigt sich hier einerseits eine weit gehende Vorsorgeorientierung, die starke Anforderungen an die planerische Abwägung stellt. Andererseits entwickelt die neue Zielorientierung zur Erreichung einer bestmöglichen Luftqualität - auch wenn Immissionsgrenzen und Zielwerte nicht erreicht sind - ein Minimierungsgebot, was mit planerischer Abwägung erreicht werden soll. Zwar ist diese Vorschrift lediglich auf das Schutzgut Luft bezogen, aber wegen der EU-rechtlichen Herkunft könnte dies auch eine Vorsorgeorientierung für andere Schutzgüter bedeuten.

Am 2. Mai 2013 traten die Regelungen zur Umsetzung der Industrieemissionsrichtlinie (Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2010 über Industrieemissionen) in Deutschland in Kraft. Mehrere Gesetze und eine Reihe von Verordnungen zur Genehmigung, zum Betrieb, zur Überwachung und zur Stilllegung von Industrieanlagen wurden entsprechend angepasst. In Deutschland ist eine Vielzahl verschiedener Industriezweige mit rund 9.000 Anlagen betroffen.

Die Richtlinie sieht u. a. strengere Vorgaben für die Überwachung von Genehmigungsaufgaben und die allgemeine Überwachung von Anlagen vor, insbesondere Fristenvorgaben für die Inspektion der Anlagen durch die zuständigen Behörden vor Ort. Bei der Stilllegung von Anlagen wird die Rückführung von Boden und Grundwasser auf den Ausgangszustand vorgeschrieben. Daneben enthält die Richtlinie Regelungen zur verbindlichen Anwendung der aktuellen Technikstandards gemäß der "BVT-

Schlussfolgerungen" der europäischen Merkblätter zu besten verfügbaren Techniken (BVT-Merkblätter) bei der Industrieanlagengenehmigung für 4 Branchen.

Wie bereits im Hinblick auf die international angestrebte Umweltqualität in Kap. 3.2.1 angesprochen, wird in Art. 3 Nr. 2 die Umweltqualität sehr weit gefasst und definiert als „Umweltverschmutzung“: die durch menschliche Tätigkeiten direkt oder indirekt bewirkte Freisetzung von Stoffen, Erschütterungen, Wärme oder Lärm in Luft, Wasser oder Boden, die der menschlichen Gesundheit oder der Umweltqualität schaden oder zu einer Schädigung von Sachwerten bzw. zu einer Beeinträchtigung oder Störung von Annehmlichkeiten und anderen legitimen Nutzungen der Umwelt führen können.

Die für die Praxis wesentlichen, überwiegend technischen Einzelheiten sind in zahlreichen Durchführungsverordnungen (BImSchV) geregelt, die konkrete Anforderungen an bestimmte Typen von Anlagen definieren sowie Einzelheiten zum Genehmigungsverfahren und zur Überwachung von Anlagen enthalten. Für Genehmigungsverfahren und Überwachungsaufgaben der zuständigen Behörden sind folgende Verordnungen von besonderer Bedeutung:

- 1. BImSchV – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen,
- 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen,
- 9. BImSchV – Verordnung über das Genehmigungsverfahren,
- 12. BImSchV – Störfall-Verordnung,
- 13. BImSchV – Großfeuerungsanlagenverordnung,
- 16. BImSchV – Verkehrslärmschutzverordnung,
- 17. BImSchV – Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen,
- 26. BImSchV – Verordnung über elektromagnetische Felder,
- 39. BImSchV – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen.

Tabelle 4 fasst den Charakter des Gesetzes in einer Übersicht zusammen.

Tabelle 4 Charakter des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Menschen, Tiere und Pflanzen, der Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter sind vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen, dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen soll vorgebeugt werden
Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Das BImSchG wurde bei seinem Erlass 1974 nicht aus dem EU-Recht abgeleitet; wesentliche Bestimmungen der EU z. B. zur Luftreinhaltung und zum Lärmschutz wurden zwischenzeitlich integriert.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Es wird in §1 Abs.1 und weiteren Paragraphen explizit erwähnt (häufig mit den Begriffen „Allgemeinheit“ und „Nachbarschaft“ verbunden).
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Das BImSchG beinhaltet selbst keine quantitativen Maßstäbe zum Schutzgut Mensch. Diese finden sich in entsprechenden Verordnungen und Verwaltungsvorschriften.

Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
<p>Die Vorsorge spielt insbesondere in § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG und den darauf gründenden emissionsbezogenen Vorschriften eine wichtige Rolle (verschiedene Verordnungen zum BImSchG und Verwaltungsvorschriften zum BImSchG, wie die TA Luft und TA Lärm als allgemeine Verwaltungsvorschriften zum BImSchG). Es handelt sich dabei um die Gefahren unabhängige Vorsorge. Hier ist zu beachten, dass die in Nr. 5 TA Luft konkretisierte emissionsbezogene Vorsorge mit Aspekten der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen verknüpft ist.</p> <p>Das Schutzniveau für die gesundheitliche Bewertung im Rahmen der Genehmigung und Überwachung von Anlagen nach Nr. 4 TA Luft erfolgt anhand der Immissionswerte nach Nr. 4.2.1 und weiterer Vorschriften. Diese dienen der Sicherstellung des Schutzes vor Gefahren für die menschliche Gesundheit. Eine immissionsseitige Vorsorge ist nicht konkretisiert, lässt sich aber aus § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG begründen. Dieses Schutzniveau wird auch für verkehr- oder freizeitbezogenen Lärm in der 16. bzw. 18. BImSchV erreicht, während für Gewerbelärm in der TA Lärm eher ein die Vorsorge treffendes Schutzniveau erreicht wird.</p>
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
<p>Die konkretisierten Wertmaßstäbe der BImSchV und TA sind im Rahmen von Genehmigungsverfahren verbindlich, sofern nicht weitergehende Anforderungen (z. B. nach § 4 UVPG) bestehen. Im Verfahren der Festlegung dieser Wertmaßstäbe findet eine Abwägung mit weiteren, nicht auf die Gesundheit bezogenen Belangen (zum Beispiel wirtschaftliche Vertretbarkeit etc.) statt. Daneben ist die Verbindlichkeit von Verwaltungsvorschriften insoweit begrenzt, dass diese lediglich die Behörden binden und gerichtlich überprüfbar sind.</p>
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/ Normen?
<p>Die Klagemöglichkeit bezieht sich auf die vor Gefahren schützenden Immissionswerte, die § 5, Abs. 1, Nr. 1 konkretisieren (z. B. TA Luft/ 39. BImSchV). Auf Einhaltung der gefahrenunabhängigen Vorsorge (Emissionswerte, Stand der Technik) können Dritte (Ausnahm: Krebs erzeugende Emissionen) nicht klagen. Bei den jetzt möglichen Verbandsklagen nach § 2 UmwRG sind weitergehende Möglichkeiten gegeben</p>
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
<p>Insbesondere für Ballungsräume ergeben sich besondere Anforderungen an die Luftreinhaltung und für den Lärmschutz</p>
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
<p>Diese finden sich insbesondere in der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV), der Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV) oder in der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen (39. BImSchV), welche z. B. folgende wesentliche Regelungen beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Festlegung von Grenz-, Alarm-, Ziel- und Informationswerten; - Vorschriften zur Beurteilung der Luftqualität anhand einheitlicher Methoden; - Gewährleistung der Informationen der Öffentlichkeit über die Luftqualität; - Verpflichtung zur Erhaltung guter und zur Verbesserung unzureichender Luftqualität. <p>In der TA Luft wird in Nr. 4.2.1 das Schutzniveau "Schutz der menschlichen Gesundheit" und die diesem zugeordneten Immissionswerte aufgeführt. Diese sollen den Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit sicherstellen bzw. dienen der Gefahrenabwehr.</p> <p>Die TA Lärm nennt Immissionsrichtwerte zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche im Einwirkungsbereich genehmigungsbedürftiger und nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen</p>

Ilse Albrecht (Stand: 2014)

4.5 Bundesnaturschutzgesetz

Die menschliche Gesundheit ist seit 2009 ebenfalls Gegenstand des novellierten Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) vom 29.07.2009, wobei bemerkenswert ist, dass sich das Schutzziel auch auf künftige Generationen erstreckt. Dass der Gedanke der **Vorsorge** ein **wesentlicher Grundsatz** des Bundesnaturschutzgesetzes ist, zeigt sich deutlich sowohl in den Schutzzielformulierungen (§ 1) als auch in den Abschnitten zur Umweltbeobachtung und Landschaftsplanung (Abschnitt 2) sowie zum allgemeinen Schutz von Natur und Landschaft (Abschnitt 3).

Zu den Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege heißt es in § 1 Abs. 1 BNatSchG:

„Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich [...] zu schützen.“

Konkret bedeutet dies, dass „die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft“ auf Dauer zu sichern sind (§ 1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG), aber auch die Sicherung der „Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit“ und der „nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter (§ 1 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG)“ von Bedeutung als Lebensgrundlage für den Menschen ist. Der Schutz „umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft“ (§1 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG) und formuliert hiermit auch implizit eine Verbesserungsmaxime.

In § 1 Abs. 2 bis 6 wird näher ausgeführt, welche Aspekte die dauerhafte Sicherung umfasst. Im Hinblick auf die Lebensgrundlagen des Menschen und menschliche Gesundheit sind folgende Anforderungen von Bedeutung:

- sparsame und schonende Nutzung der Naturgüter,
- Erhalt der Böden, damit sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können,
- Renaturierung nicht mehr genutzter versiegelter Flächen,
- Hochwasserschutz,
- Vorsorgender Grundwasserschutz,
- Schutz von Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung,
- Ausbau einer nachhaltigen Energieversorgung durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien,
- Schonung von Freiflächen im Außenbereich vor Bebauung,
- Schutz von für die Erholung geeigneten Flächen im besiedelten und siedlungsnahen Bereich,
- Erhalt und Schaffung von Freiräumen im besiedelten und siedlungsnahen Bereich.

Folgende im BNatSchG geregelten Instrumente dienen diesen übergeordneten Zielen:

- Im Rahmen der *Landschaftsplanung* (Landschaftsprogramme, Landschaftsrahmenpläne, Landschaftspläne sowie Grünordnungspläne) werden die übergeordneten Ziele und Grundsätze des Naturschutzgesetzes in Bezug auf die Landschaft räumlich und inhaltlich konkretisiert (§ 8 BNatSchG). Landschaftsrahmenpläne und Landschaftspläne dienen als fachliche Grundlagen für die Bauleitplanung (Flächennutzungspläne, Bebauungspläne).

- Über den *flächenbezogenen Gebietsschutz* können bestimmte Gebiete geschützt werden, die eine besondere Bedeutung für die Landschaft und die Erholungsnutzung haben. Dazu zählen Landschaftsschutzgebiete (§ 26 BNatSchG), die aufgrund der Vielfalt, Eigenart und Schönheit oder der besonderen kulturhistorischen Bedeutung der Landschaft oder wegen ihrer besonderen Bedeutung für die Erholung ausgewiesen werden, oder geschützte Landschaftsbestandteile (§ 29 BNatSchG), deren besonderer Schutz erforderlich ist zur Belebung, Gliederung oder Pflege des Orts- oder Landschaftsbildes. In der Landschaftsschutzgebietsverordnung werden u.a. der Schutzzweck definiert sowie Verbote und Genehmigungsvorbehalte festgelegt.
- Die *Eingriffsregelung* (§ 15 BNatSchG) dient schließlich dazu, vermeidbare Beeinträchtigungen für Natur und Landschaft zu unterlassen und bei nicht zu vermeidenden Beeinträchtigungen zumindest einen Ausgleich oder Ersatz zu gewährleisten. An dieser Stelle bleibt in der novellierten Fassung bislang offen, wie weit gesundheitsrelevante Belange in der Festsetzung von Beeinträchtigungen für Natur und Landschaft Berücksichtigung finden.

Tabelle 5 fasst den Charakter des Bundes-Naturschutzgesetzes übersichtlich zusammen.

Guido Müller (Stand: 2014)

4.6 Raumordnungsgesetz

Die in § 2 ROG niedergelegten Grundsätze der Raumordnung enthalten insbesondere unter Abs. 2 Nr. 6 Bezüge zur menschlichen Gesundheit. Dabei kommt den Wechselbeziehungen mit den Umweltmedien Boden, Wasser, Tier- und Pflanzenwelt sowie Klima und Luft eine zentrale Bedeutung zu. Hervorzuheben ist an dieser Stelle der Grundsatz, dass der Schutz der Allgemeinheit vor Lärm und die Reinhaltung der Luft sicherzustellen ist. Damit sind die Belange der menschlichen Gesundheit Bestandteil der Grundsätze, die bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in Abwägungs- und Ermessensentscheidungen gem. § 4 ROG zu berücksichtigen sind.

Explizit hebt das ROG auf den Menschen einschließlich der menschlichen Gesundheit in § 9 ROG ab. Hier wird die Umweltprüfung bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen geregelt. In § 9 Abs. 1 ROG werden die Schutzgüter der Umweltprüfung analog zu § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG dargestellt.

Weitere konkrete Angaben zur menschlichen Gesundheit enthält das ROG im Hinblick auf die Festlegung des Untersuchungsrahmens zur Umweltprüfung:

§ 9 Abs. 1 Satz 2 ROG

Der Untersuchungsrahmen der Umweltprüfung einschließlich des erforderlichen Umfangs und Detaillierungsgrads des Umweltberichts ist festzulegen; die öffentlichen Stellen, deren umwelt- und gesundheitsbezogener Aufgabenbereich von den Umweltauswirkungen des Raumordnungsplans berührt werden kann, sind hierbei zu beteiligen.

Soll von einer Umweltprüfung bei geringfügigen Änderungen von Raumordnungsplänen abgesehen werden, ist eine Prüfung ebenfalls unter Beteiligung der in Satz 2 genannten Stellen durchzuführen.

In der Anlage 2 zu § 9 Abs. 2 ROG werden die Kriterien aufgeführt, die bei der Entscheidung über die Erforderlichkeit der Umweltprüfung anzuwenden sind. Nachfolgend werden die in der Anlage 2 genannten Kriterien mit engem Bezug zum Menschen einschließlich der menschlichen Gesundheit auszugswise aufgelistet:

1. Merkmale des Raumordnungsplans, insbesondere in Bezug auf:

1.3 die Bedeutung des Raumordnungsplans für die Einbeziehung umweltbezogener, einschließlich gesundheitsbezogener Erwägungen, insbesondere im Hinblick auf die Förderung der nachhaltigen Entwicklung;

1.4 die für den Raumordnungsplan relevanten umweltbezogenen, einschließlich gesundheitsbezogener Probleme;

2. Merkmale der möglichen Auswirkungen und der voraussichtlich betroffenen Gebiete, insbesondere in Bezug auf:

2.3 die Risiken für die Umwelt, einschließlich der menschlichen Gesundheit (zum Beispiel bei Unfällen).

In der Raumordnungsverordnung (RoV) werden die Planungen und Maßnahmen genannt, für die ein Raumordnungsverfahren gem. § 15 ROG durchgeführt werden soll. Innerhalb des Raumordnungsverfahrens für Planungen/Maßnahmen wie den Bau einer Bundesfernstraße oder die Errichtung einer ortsfesten kerntechnischen Anlage wird u.a. die Übereinstimmung mit den o.g. Grundsätzen der Raumordnung geprüft. Häufig findet in diesem Zusammenhang eine raumordnerische Umweltverträglichkeitsprüfung in Abhängigkeit vom Landesrecht statt. Tabelle 6 zeigt den Charakter des Raumordnungsgesetzes in einer Übersicht.

Monika Machtolf (Stand: 2014)

4.7 Bundes-Bodenschutzgesetz

Mit Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) liegen Vorschriften zur nachhaltigen Sicherung oder Wiederherstellung der Funktionen des Bodens vor.¹² Dem Prinzip der Gefahrenabwehr folgend wird in § 1 BBodSchG als Grundsatz festgelegt, dass schädliche Bodenveränderungen sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen abzuwehren sind sowie Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen ist. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen der natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte soweit wie möglich vermieden werden. Der Boden erfüllt dabei nach § 2 Abs. 2 im Sinne des Gesetzes u.a. natürliche Funktionen als *Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen*, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen.

Den Begriff *menschliche Gesundheit* enthält das Bundes-Bodenschutzgesetz zwar nicht ausdrücklich, dennoch verfolgen die nach § 9 BBodSchG implizierten Gefährdungsabschätzungen und Untersuchungsanordnungen grundsätzlich differenzierte und vertiefende Betrachtungen der jeweiligen Schutzgüter (Mensch, Nutzpflanze, Grundwasser, Boden). Aus der Definition des Begriffs *schädliche Bodenveränderungen* (§ 2 Abs. 3 BBodSchG) ergibt sich, dass das Gesetz auch den Zweck verfolgt, Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für Menschen – „den Einzelnen oder die Allgemeinheit“ – abzuwehren.

In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) finden sich detaillierte Vorgaben zur Untersuchung und Bewertung der verschiedenen Wirkungspfade (Boden-Mensch; Boden-Nutzpflanze, Boden-Grundwasser) sowie Anforderungen an die Gefahrenabwehr und die Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen.¹³

¹² Gesetz vom 17.3.1998 (BGBl. I S. 502), geändert durch Art. 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24.2.2012 (BGBl. I S. 212).

¹³ VO vom 12.7.1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Art. 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24.2.2012 (BGBl. I S. 212).

Tabelle 5 Charakter des Bundes-Naturschutzgesetzes

Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Im Hinblick auf das Schutzgut Mensch ist die Umsetzung von EU-Recht mittels des BNatSchG nicht relevant.
Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Natur und Landschaft als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen, auch für künftige Generationen.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Explizit in den Schutzzielformulierungen (Leben und Gesundheit des Menschen), implizit in den weiteren Ausführungen
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Der Schutzzweck wird durch Anforderungen an Nutzungen und den Umgang mit den natürlichen Lebensgrundlagen konkretisiert. Konkrete Wertmaßstäbe sind nicht formuliert.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenabwehr unterscheiden?
Der Vorsorgegedanke spielt eine wesentliche Rolle, eine Unterscheidung von Vorsorge und Gefahrenschutz erfolgt indes nicht.
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Die Anforderungen sind zwar unbestimmt formuliert, jedoch verbindlich, soweit sich die Anforderungen über den Schutz bestimmter Teile von Natur und Landschaft konkretisieren lassen (z. B. in Schutzgebietsverordnungen für Landschaftsschutzgebiete). z.T. werden die Anforderungen in anderen Gesetzen konkretisiert (z. B. vorsorgender Grundwasserschutz, Hochwasserschutz). Eine Abwägung der im BNatSchG aufgeführten Anforderungen untereinander ist möglich.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen
Im Rahmen von Zulassungsverfahren besteht die Möglichkeit zur Verbandsklage.
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Der Schutzzweck bezieht sich auf den besiedelten und unbesiedelten Bereich. In besonders ausgewiesenen Schutzgebieten bestehen zusätzliche Anforderungen.
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Nein
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Die Anforderungen sind weitgehend unverbindlich, verbindlich werden sie nur insofern, soweit sich die Anforderungen über den Schutz bestimmter Teile von Natur und Landschaft konkretisieren lassen (z. B. in Schutzgebietsverordnungen für Landschaftsschutzgebiete). z.T. werden die Anforderungen in anderen Gesetzen konkretisiert (z. B. vorsorgender Grundwasserschutz, Hochwasserschutz). Eine Abwägung der im BNatSchG aufgeführten Anforderungen untereinander ist möglich.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/ Normen?
Nein
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Der Schutzzweck bezieht sich auf den besiedelten und unbesiedelten Bereich
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Nein

Tabelle 6 Charakter des Raumordnungsgesetzes

Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Im Hinblick auf das Schutzgut Mensch ist die Umsetzung von EU-Recht mittels des ROG nicht relevant.
Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Mit der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung sind alle Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit angesprochen
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Implizite Benennung des Schutzgutes menschliche Gesundheit in den Grundsätzen der Raumordnung (§ 2 ROG): Schutz der Allgemeinheit vor Lärm, Sicherstellung der Reinhaltung der Luft, explizit im Zusammenhang mit den Regelungen für die Umweltprüfung, eine Umweltprüfung und damit die Berücksichtigung des Schutzgutes „Mensch, menschliche Gesundheit“ ist bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen erforderlich. In Raumordnungsverfahren findet häufig eine ebenenspezifische Umweltverträglichkeitsprüfung statt.
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Es sind keine konkreten Wertmaßstäbe formuliert.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenabwehr unterscheiden?
Der Gestaltungsauftrag des ROG gründet sich gemäß § 1 Abs. 1 insbesondere auf die Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raums und benennt mit der Leitvorstellung der nachhaltigen Raumentwicklung ein generelles Schutzniveau der Vorsorge.
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Die Grundsätze der Raumordnung unterliegen zunächst einer einzelfallbezogenen Abwägung, die Ergebnisse werden dann aber in Raumordnungsplänen in Form von Zielen der Raumordnung zu verbindlichen Vorgaben.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen?
Bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen sind die Öffentlichkeit sowie die in ihren Belangen berührten öffentlichen Stellen zu beteiligen. Die Rechtswirksamkeit von Raumordnungsplänen kann überprüft werden.
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Die Raumordnungspläne enthalten Festlegungen zur gesamten Raumstruktur, insbesondere zu der anzustrebenden Siedlungsstruktur und Freiraumstruktur. Mit den Kategorien Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete und Eignungsgebiete können spezielle Festlegungen getroffen werden
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
In der Raumordnungsverordnung (RoV) wird konkretisiert, für welche Planungen und Maßnahmen Raumordnungsverfahren durchgeführt werden sollen. Über das Raumordnungsverfahren finden die Belange des Schutzgutes Mensch sowie der menschlichen Gesundheit Berücksichtigung.

Die Ergebnisse der Orientierungsuntersuchung sind nach § 4 anhand von Beurteilungsmaßstäben zu bewerten, für die in Anhang 2 abhängig vom betrachteten Wirkungspfad gefahrenbezogene Prüf- und

Maßnahmenwerte sowie unabhängig vom betrachteten Wirkungspfad Vorsorgewerte für ausgewählte Stoffe definiert sind.

Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch besteht dabei zum einen die Besonderheit, dass hier in verschiedene Nutzungsszenarien (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Haus- und Kleingärten, Park- und Freizeitanlagen, Industrie- und Gewerbegrundstücke) unterschieden wird, denen unterschiedliche Expositionsannahmen hinsichtlich der möglichen Aufnahmepfade (orale, inhalative, dermale Aufnahme) für verschiedene Bevölkerungs- (bzw. Nutzer-) gruppen zugrunde liegen.

Zum anderen wurde bei der Ableitung der Prüfwerte (vgl. Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28.08.1999, UBA 1999 ff) die Giftigkeit (Toxizität) der Schadstoffe für den Menschen berücksichtigt,¹⁴ indem sogenannte tolerable oder akzeptable Körperdosen herangezogen wurden, die auf Wirkschwellenbetrachtungen bzw. Risikoabschätzungen beruhen.¹⁵

Werden Prüfwerte der BBodSchV überschritten, sind nach § 8 BBodSchV einzelfallbezogene Prüfungen durchzuführen. Dazu werden nach § 2, Abs. 4 BBodSchV im Sinne vertiefender Sachverhaltsermittlungen Detailuntersuchungen wie folgt beschrieben:

"Vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in Boden, Gewässer und Luft sowie der Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen dient..."

Eine Arbeitshilfe zur weiteren Sachverhaltsermittlung nach Prüfwertüberschreitung für den Wirkungspfad Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze liegt in einer 2014 überarbeiteten Fassung vor.¹⁶

Grundsätzlich werden mit dem Bodenschutzrecht zwei unterschiedliche Schutzniveaus angezielt:

a) Gefahrenabwehr

Zum Einen wird das jeweilige Schutzgut (Mensch, Nutzpflanze, Grundwasser) betrachtet, zu dessen Schutz aus Sicht der Gefahrenabwehr bei bereits bestehenden schädlichen Bodenveränderungen Prüf- und Maßnahmenwerte, ggf. abhängig von der jeweiligen Nutzung, anzuwenden sind.

Im Sinne der Gefahrenabwehr sind schädliche Bodenveränderungen nach § 2 (3) BBodSchG zu verstehen als *"...Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen."*

Zur Beschreibung des hinreichenden Verdachtes einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast wurde im Zuge der Ableitung der Prüfwerte für die BBodSchV daher ein Konzept zur Ermittlung so genannter gefahrenverknüpfender Faktoren entwickelt (vgl. Konietzka & Dieter 1998). Dieses Konzept bildet die Grundlage zur Herstellung des Bezugs zwischen der Wirkschwelle einer Substanz einerseits und dem geforderten hinreichenden Gefahrenverdacht¹⁷ an-

¹⁴ Nach § 2 BBodSchV sind Schadstoffe "...Stoffe und Zubereitungen, die auf Grund ihrer *Gesundheitsschädlichkeit*, ihrer Langlebigkeit oder Bioverfügbarkeit im Boden oder auf Grund anderer Eigenschaften und ihrer Konzentration geeignet sind, den Boden in seinen Funktionen zu schädigen oder sonstige Gefahren hervorzurufen..."

¹⁵ Wirkschwelle: Die Dosis einer Substanz, ab deren Aufnahme, beispielsweise durch Verschlucken, mit nachteiligen Effekten für die Gesundheit sensibler Personengruppen der Allgemeinbevölkerung zu rechnen ist.

¹⁶ LANUV 2014.

¹⁷ Hinreichender Gefahrenverdacht: Nach BBodSchG ist der Gefahrenbegriff mit der hinreichenden Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts korreliert, so dass die gefahrenbezogene Dosis einer Substanz durch Verknüpfung mit Hilfe eines Gefahrenfaktors ermittelt wird, der zu einem Ergebnis führen soll, das innerhalb des Bereichs der Wirkschwelle für sensible und gesunde Personengruppen der Allgemeinbevölkerung liegt.

dererseits und wurde zur Ableitung der Prüfwerte für standardisierte Expositionsbedingungen herangezogen.

b) Vorsorge

Zum Anderen steht der Schutz des Bodens und seiner natürlichen Funktionen und damit nicht nur das Schutzgut "menschliche Gesundheit" im Vordergrund der Betrachtung. Mit Hilfe von Vorsorgewerten, die unabhängig von der Bodennutzung anzuwenden sind, soll der Boden vor zukünftigen beeinträchtigenden Einwirkungen geschützt werden.

Die Ableitung der Vorsorgewerte nach BBodSchV berücksichtigt u.a. ökotoxikologische Wirkungsschwellen sowie Anhaltspunkte für unerwünschte oder schädliche Auswirkungen auf Nahrungspflanzen und Futtermittel. Eine nutzungsbezogene Differenzierung der Vorsorgewerte wird dabei nicht vorgesehen, da dies dem Ziel des langfristigen Schutzes des Bodens, der vielfältig nutzbar bleiben soll, entgegensteht (Regierungsentwurf der BBodSchV in: *Rosenkranz et al.* 1998).

Gleichzeitig werden mit § 11 der BBodSchV zulässige Zusatzbelastungen in Form festgesetzter jährlicher Frachten definiert, die bei Überschreiten der Vorsorgewerte zu beachten sind. Dafür ist die Summe der Einträge aller Eintragspfade zu berücksichtigen, die über die Luft und Gewässer auf den Boden einwirken. Werden die festgesetzten zulässigen Zusatzbelastungen bei einem Stoff überschritten, sind die geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Vorbelastungen im Einzelfall zu berücksichtigen. Damit zielen die zulässigen jährlichen Frachten nach BBodSchV sinngemäß auf die Betrachtung möglicher Zusatzbelastungen, die bei Überschreiten der Vorsorgewerte (s.o.) im Boden zu beachten sind und ggf. dann auch eine Betrachtung gesundheitlicher Belange erfordern, für die wiederum keine Konkretisierungen gemacht werden.

Tabelle 7 zeigt den Charakter des Bundes-Bodenschutzgesetzes im Überblick.

Tabelle 7 Charakter des BBodSchG sowie der BBodSchV

Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Die bodenschutzrechtlichen Vorgaben gelten bundesweit. Auf EU-Ebene wurde 2006 eine Europäische Bodenschutzstrategie vorgelegt, die als allgemeine Ziele formuliert: Die weitere Verschlechterung der Bodenqualität zu vermeiden und die Bodenfunktionen zu erhalten sowie geschädigte Böden unter Funktionalitätsgesichtspunkten und unter Berücksichtigung der Kosten wiederherzustellen.
Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Als Schutzgut im Hinblick auf mögliche Expositionen und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit werden der Boden (Wirkungspfad Boden-Mensch), Pflanzen (Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze - Mensch) sowie das Grundwasser (Wirkungspfad Boden - Grundwasser) benannt.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Explizit, der Boden erfüllt dabei nach § 2 (2) im Sinne des Gesetzes u.a. natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Schädliche Bodenveränderungen sind im Sinne der Gefahrenabwehr nach § 2 (3) BBodSchG zu verstehen als "...Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen."
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Für eine Auswahl 14 prioritärer Stoffe bzw. Stoffgruppen werden im untergesetzlichen Regelwerk (BBodSchV) rechtsverbindliche Prüfwerte für vier verschiedene Nutzungsszenarien (Kinderspielflächen, Wohnge-

<p>biete, Park- und Freizeitanlagen, Industrie- und Gewerbegrundstücke) für den Wirkungspfad Boden - Mensch vorgegeben, deren Überschreitung weitere Sachverhaltsermittlungen erfordern. Für Dioxine liegen rechtsverbindliche Maßnahmenwerte vor. Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze liegen in Bezug auf das Schutzgut menschliche Gesundheit für Arsen, Blei, Quecksilber, Thallium und Benzo(a)pyren ebenfalls rechtsverbindliche Prüfwerte, für Cadmium Maßnahmenwerte vor. Ergänzende Vorschläge für Prüfwerte finden sich in UBA 1999 sowie LABO 2008.</p>
<p>Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?</p>
<p>Die Prüf- bzw. Maßnahmenwerte dienen der Gefahrenabwehr und sind mit entsprechendem Gefahrenbezug humantoxikologisch abgeleitet.</p> <p>Die Vorsorgewerte der BBodSchV berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Sie weisen keinen humantoxikologischen Bezug auf, sondern zeigen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung an.</p>
<p>Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?</p>
<p>Die Anforderungen sind rechtsverbindlich und regeln das Vorgehen der Orientierungsuntersuchung. Rechtlicher Spielraum ergibt sich im Rahmen der Detailuntersuchung bei der Einschätzung der Nutzung sowie der Festlegung von Expositionsannahmen, die die aktuelle, zulässige oder potenziell mögliche Nutzung charakterisieren können.</p> <p>Eine Abwägung der im BBodSchG aufgeführten Anforderungen sind nur im Hinblick auf die Zumutbarkeit von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen bzw. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen möglich.</p>
<p>Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen?</p>
<p>Anhängige Verfahren zur Frage des Verursachers/Zustandsstörers und zum Erfordernis von Sanierungsverfahren. Keine Erfahrungen bzgl. Einhaltung von Standards.</p>
<p>Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?</p>
<p>Die vorgegebenen Wertmaßstäbe für die Wirkungspfad Boden - Mensch und Boden – Nutzpflanze – Mensch sind für die vorgegebenen Nutzungsszenarien anwendbar, wobei grundsätzlich räumliche Besonderheiten (wie z. B. Hintergrundbelastungen, etc.) im Rahmen der Detailuntersuchung Berücksichtigung finden können.</p>
<p>Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?</p>
<p>Ja, siehe oben. In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden verschiedene Prüf- und Maßnahmenwerte für verschiedene Wirkungspfade und Nutzungsszenarien vorgegeben.</p>

Ilse Albrecht (Stand: 2014)

4.8 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) ist am 1. Juni 2012 in Kraft getreten und hat das bis dahin geltende Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) abgelöst. Es dient u.a. zur Anpassung des deutschen Abfallrechts an das europäische Recht.

Zweck des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist es, neben der Schonung der natürlichen Ressourcen „den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“

(§ 1 KrWG). Zu den Grundpflichten der Abfallbeseitigung gehört, dass die Gesundheit des Menschen nicht beeinträchtigt wird:

„Abfälle sind so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Eine Beeinträchtigung liegt insbesondere dann vor, wenn die Gesundheit der Menschen beeinträchtigt wird.“ (§ 15 Abs. 2 KrWG).

Der Bezug zum Schutzzweck „Schutz von Mensch und Umwelt“ bei der Bewirtschaftung von Abfällen wird an vielen Stellen im Gesetz hergestellt:

„Inertabfälle sind mineralische Abfälle,die andere Materialien, mit denen sie in Kontakt kommen, nicht in einer Weise beeinträchtigen, die zu *nachteiligen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt* führen könnte.“ (§ 3 Abs. 6 Nr. 4 KrWG)

„Vermeidung im Sinne dieses Gesetzes ist jede Maßnahme, die dazu dient, die Abfallmenge, die *schädlichen Auswirkungen des Abfalls auf Mensch und Umwelt* oder den Gehalt an schädlichen Stoffen in Materialien und Erzeugnissen zu verringern.“ (§ 3 Abs. 20 KrWG)

„Fällt ein Stoff oder Gegenstand bei einem Herstellungsverfahren an, dessen hauptsächlicher Zweck nicht auf die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstandes gerichtet ist, ist er als Nebenprodukt und nicht als Abfall anzusehen, wenn die weitere Verwendung rechtmäßig ist; dies ist der Fall, wenn der Stoff oder Gegenstand alle für seine jeweilige Verwendung anzuwendenden Produkt-, Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt und insgesamt *nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führt*.“ (§ 4 Abs. 1 Nr. 4 KrWG)

„Die Abfalleigenschaft eines Stoffes oder Gegenstandes endet, wenn dieser ein Verwertungsverfahren durchlaufen hat und so beschaffen ist, dassseine Verwendung insgesamt *nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt* führt.“ (§ 5 Abs. 1 Nr. 4 KrWG)

„Ausgehend von der Rangfolge nach Absatz 1 soll nach Maßgabe der §§ 7 und 8 diejenige Maßnahme Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Für die Betrachtung der Auswirkungen auf *Mensch und Umwelt* nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen.“ (§ 6 Abs. 2 KrWG)

„Die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen sind zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet. Die Verwertung von Abfällen hat Vorrang vor deren Beseitigung. Der Vorrang entfällt, wenn die Beseitigung der Abfälle den *Schutz von Mensch und Umwelt* nach Maßgabe des § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 am besten gewährleistet.“ (§ 7 Abs. 2 KrWG)

„Bei der Erfüllung der Verwertungspflicht nach § 7 Absatz 2 Satz 1 hat diejenige der in § 6 Absatz 1 Nummer 2 bis 4 genannten Verwertungsmaßnahmen Vorrang, die den *Schutz von Mensch und Umwelt* nach der Art und Beschaffenheit des Abfalls unter Berücksichtigung der in § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 festgelegten Kriterien am besten gewährleistet.“ (§ 8 Abs. 1 KrWG)

„Die Vermischung, einschließlich der Verdünnung, gefährlicher Abfälle mit anderen gefährlichen Abfällen oder mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien ist unzulässig. Abweichend von Satz 1 ist eine Vermischung ausnahmsweise dann zulässig, wenn *schädliche Auswirkungen der Abfallbewirtschaftung auf Mensch und Umwelt* durch die Vermischung nicht verstärkt werden.“ (§ 9 Abs. 2 Nr. 2 KrWG)

„Zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Sicherstellung des *Schutzes von Mensch und Umwelt* bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Bioabfällen und Klärschlämmen nach Maßgabe der hierfür geltenden Rechtsvorschriften können die Träger der Qualitätssicherung und die Qualitätszeichnehmer eine regelmäßige Qualitätssicherung einrichten.“ (§ 12 Abs. 1 KrWG)

„Entsorgungsfachbetriebe wirken an der Förderung der Kreislaufwirtschaft und der Sicherstellung des *Schutzes von Mensch und Umwelt* bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen nach Maßgabe der hierfür geltenden Rechtsvorschriften mit.“ (§ 56 Abs. 1 KrWG)

Auch die Aufstellung von Abfallwirtschaftsplänen und Abfallvermeidungsprogrammen nach § 30 KrWG dienen der Umweltvorsorge.

Anforderungen zum Schutz von Mensch und Umwelt werden über Rechtsverordnungen konkretisiert, so z. B.

- die Festlegung von Grenzwerten für Schadstoffe zum Schutz von Mensch und Umwelt bei der Verwendung von Verwertungsprodukten,
- die Festlegung, was als „gefährlicher Abfall“ einzustufen ist,
- Anforderungen an die Qualitätssicherung für die Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfällen.

Die Einstufung „gefährlicher Abfälle“ gemäß Abfallverzeichnisverordnung erfolgt anhand von Kriterien, die vor allem auf dem Gehalt an gesundheitsgefährdenden Inhaltsstoffen beruhen. Die Kriterien basieren auf der europäischen Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG), die 15 gefahrenrelevante Eigenschaften von Abfällen benennt (H 1 bis H 15). Tabelle 8 zeigt die Kriterien in einer Übersicht.

Tabelle 8 Gefahrenrelevante Eigenschaften gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung 2012

H-Kriterium	Gefahrenrelevante Eigenschaft gemäß ANHANG III Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG)	Merkmal gemäß §3 Abs.2 AVV
H 3	entzündbar	Flammpunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
H 4	reizend (R 41)	$\geq 10\%$
	reizend (R36, R 37, R 38)	$\geq 20\%$
H 5	gesundheitsschädlich	$\geq 25\%$
H 6	sehr giftig	$\geq 0,1\%$
	giftig	$\geq 3\%$
H 7	Krebserzeugend (Kat. 1 oder 2)	$\geq 0,1\%$
	Krebserzeugend (Kat. 3)	$\geq 1\%$
H 8	Ätzend (R35)	$\geq 1\%$
	Ätzend (R34)	$\geq 5\%$
H 10	fortpflanzungsgefährdend (R60 oder R61 der Kat. 1 oder 2)	$\geq 0,5\%$
	Fortpflanzungsgefährdend (R62 oder R63 der Kat. 3)	$\geq 5\%$
H 11	erbgutverändernd (R46 der Kat. 1 oder 2)	$\geq 0,1\%$
	erbgutverändernd (R40 der Kat. 3)	$\geq 1\%$

Weiterhin ist gemäß § 35 KrWG bei Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Entsorgung von Abfällen sowie bei deren wesentlicher Änderung ein Genehmigungs- oder Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich, in dem u.a. die Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit zu untersuchen und zu beurteilen sind. Tabelle 9 zeigt den Charakter des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Überblick.

Ilse Albrecht

4.9 Wasserhaushaltsgesetz

Zweck des Wasserhaushaltsgesetzes ist die nachhaltige Gewässerbewirtschaftung und der Schutz der Gewässer, u.a. mit dem Ziel eine wesentliche Lebensgrundlage des Menschen zu erhalten. Insofern

bezieht das WHG auch das Schutzgut Mensch mit ein, wobei vor allem Nutzungsinteressen im Sinne der „Daseinsvorsorge“ im Vordergrund stehen.

„Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen (§ 1 WHG)“.

Tabelle 9 Charakter des Kreislaufwirtschaftsgesetzes

Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Das Kreislaufwirtschaftsgesetz dient der Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG). Mit der im Jahr 2008 aktualisierten Rahmenrichtlinie sollen der Umwelt- und Gesundheitsschutz verbessert werden.
Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen. Zu den Grundpflichten der Abfallbeseitigung gehört, dass die Gesundheit des Menschen nicht beeinträchtigt wird.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Explizit
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Quantitative und qualitative Wertmaßstäbe werden über Rechtsverordnungen festgelegt.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
Vorsorge
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Wertmaßstäbe sind verbindlich, es gibt aber auch Ausnahmeregelungen, z. B. bei der BioAbfV, hier kann die zuständige Behörde im Einvernehmen mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde Ausnahmen zulassen bei Überschreitung der Schadstoffgehalte, wenn Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen
Standardmäßig im Rahmen der jeweiligen Zulassungsverfahren.
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Landwirtschaftlich genutzte Flächen in Bezug auf die Verwertung von Bioabfällen und Klärschlamm.
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Abfallverzeichnisverordnung für gefährliche Abfälle, Bioabfallverordnung, Klärschlammverordnung

Auch wenn der Begriff *menschliche Gesundheit* im Rahmen der Definitionen zum Zweck und zu den allgemeinen Grundsätzen des WHG nicht ausdrücklich genannt wird, so bestehen doch zahlreiche indirekte Bezüge:

- Reinhaltung oberirdischer Gewässer (§ 32 WHG), von Küstengewässern (§ 45 WHG) und des Grundwassers (§ 48 WHG).

- Öffentliche Wasserversorgung: „Die der Allgemeinheit dienende Wasserversorgung (öffentliche Wasserversorgung) ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge (§ 50 WHG).“
- Festsetzung von Wasserschutzgebieten zum Schutz der öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen (§ 51 WHG).
- Heilquellenschutz (§ 53 WHG).
- Abwasserbeseitigung. „Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 55 WHG).“

Explizit wird der Begriff *menschliche Gesundheit* im Zusammenhang mit Ausnahmen von Bewirtschaftungszielen, dem Schutz der Meeresgewässer und dem Hochwasserschutz erwähnt:

- „Wird bei einem oberirdischen Gewässer der gute ökologische Zustand nicht erreicht oder verschlechtert sich sein Zustand, verstößt dies nicht gegen die Bewirtschaftungsziele nach den §§ 27 und 30, wenn ... 2. die Gründe für die Veränderung von übergeordnetem öffentlichen Interesse sind oder wenn der Nutzen der neuen Veränderung für die *Gesundheit oder Sicherheit des Menschen* oder für die nachhaltige Entwicklung größer ist als der Nutzen, den die Erreichung der Bewirtschaftungsziele für die Umwelt und die Allgemeinheit hat" (§ 31 Abs. 2 Nr. 2 WHG).“
- „Meeresgewässer sind so zu bewirtschaften, dass" ... "2. vom Menschen verursachte Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresgewässer schrittweise zu vermeiden und zu vermindern mit dem Ziel, signifikante nachteilige Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, die biologische Vielfalt, die *menschliche Gesundheit* und die zulässige Nutzung des Meeres auszuschließen ..." (§ 45a Abs. 1 Nr. 2).
- „Guter Zustand der Meeresgewässer ist der Zustand der Umwelt in Meeresgewässern, die unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Besonderheiten ökologisch vielfältig, dynamisch, nicht verschmutzt, gesund und produktiv sind und die nachhaltig genutzt werden, wobei" „3. vom Menschen verursachte Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresumwelt keine nachteiligen Auswirkungen auf die Meeresökosysteme, die biologische Vielfalt, die *menschliche Gesundheit* und die zulässige Nutzung des Meeres haben“ (§ 45b Abs. 2 Nr. 3).
- „Die zuständigen Behörden bewerten das Hochwasserrisiko und bestimmen danach die Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko (Risikogebiete). Hochwasserrisiko ist die Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses mit den möglichen nachteiligen Hochwasserfolgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte" (§ 73 Abs. 1 WHG).

Weitere Fundstellen sind die Abwasseranlagenplanung und die Schutzvorschriften in gesetzlich festgelegten Überschwemmungsgebieten:

- Abwasseranlagen: „(5) Kommt der Betreiber einer Anlage, die die Voraussetzungen nach Absatz 3 Satz 1 Nummer 2 erfüllt, einer Nebenbestimmung oder einer abschließend bestimmten Pflicht aus einer Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 3 in Verbindung mit § 57 Absatz 2, 3, 4 Satz 1 Nummer 1 oder Absatz 5 Satz 2, nach § 23 Absatz 1 Nummer 5 oder der Abwasserverordnung in ihrer am 28. Februar 2010 geltenden Fassung nicht nach und wird hierdurch eine unmittelbare Gefahr für die *menschliche Gesundheit* oder die Umwelt herbeigeführt, so hat die zuständige Behörde den Betrieb der Anlage oder den Betrieb des betreffenden Teils

der Anlage bis zur Erfüllung der Nebenbestimmung oder der abschließend bestimmten Pflicht zu untersagen.“ (§ 60 Abs. 5 WHG).

- Überschwemmungsgebiete: „(2) Die zuständige Behörde kann abweichend von Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 die Ausweisung neuer Baugebiete ausnahmsweise zulassen, wenn“ ... "3. „eine Gefährdung von Leben oder erhebliche Gesundheits- oder Sachschäden nicht zu erwarten sind“ (§ 78 Abs. 2 Nr. 3 WHG).

In direktem Zusammenhang mit Regelungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit steht die Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Sie hat zum Ziel, „die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist ... zu schützen (§ 1 TrinkwV). Dazu enthält die Verordnung Grenzwerte und Anforderungen hinsichtlich der Konzentration von mikrobiologischen (Bakterien) und chemischen (insbes. Schwermetalle und Pflanzenschutzmittel) Parametern, die in Trinkwasser aus dem öffentlichen Leitungsnetz nicht überschritten werden dürfen. Weiterhin gibt es sogenannte „Indikatorparameter“ (§ 7 TrinkwV), für die Grenzwerte und Anforderungen festgelegt sind. Die Einhaltung der Anforderungen aus der TrinkwV überwachen die Gesundheitsämter: Sie sind auch zuständig für die Anordnung von Maßnahmen, wenn die Grenzwerte der TrinkwV überschritten werden oder die Anforderungen der TrinkwV nicht eingehalten werden.

Die Grundwasserverordnung (GrwV) und Oberflächenwasserverordnung haben hingegen eher indirekten Bezug zur menschlichen Gesundheit. Beide Verordnungen dienen der Konkretisierung der Bewirtschaftungsziele für Grundwasser (§ 47 WHG) und oberirdische Gewässer (§ 27 WHG) und sollen sicherstellen, dass ein guter ökologischer, ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.

Die Abwasserverordnung (AbwV) enthält Anforderungen an die Erlaubnis für das Ableiten von Abwasser (häusliches und kommunales Abwasser sowie Abwasser aus Gewerbebetrieben) in Gewässer. Die Anforderungen sehen u.a. eine Begrenzung der Frachten und der Stoffkonzentrationen im Hinblick der für das jeweilige Gewerbe typischen Stoffe vor. Ein direkter Bezug zur menschlichen Gesundheit besteht nicht, denn es sollen in erster Linie die Nährstoffeinträge und Einträge von ökotoxischen Stoffen begrenzt werden. Der menschlichen Gesundheit dient die Begrenzung der Frachten und der Stoffkonzentrationen eher auf indirekte Weise über eine „gute“ Wasserqualität. Tabelle 10 zeigt den Charakter des Wasserhaushaltsgesetzes im Überblick.

Tabelle 10 Charakter des Wasserhaushaltsgesetzes

Liegt die Grundlage im EU-Recht?
Das Wasserhaushaltsgesetz dient der Umsetzung verschiedenster EU-Richtlinien, u.a. zum Grundwasserschutz, zur Behandlung von Abwasser, zur Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in Gewässer, zum Hochwasserschutz
Ziel und Zweck: Welche Schutzgüter mit Bezug zur menschlichen Gesundheit werden genannt?
Grundwasser, Oberflächengewässer (einschließlich von Küstengewässern) als Lebensgrundlage des Menschen.
Wird das Schutzgut Mensch „Explizit“ oder „Implizit“ aufgeführt/bezeichnet?
Implizit, nur im Hinblick auf Hochwasserschutz explizit
Werden konkrete/quantitative Wertmaßstäbe benannt oder lediglich unbestimmte Rechtsbegriffe/Normen ausgegeben?
Quantitative Wertmaßstäbe werden in Verordnungen konkretisiert, insbesondere in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Ein qualitativer Wertmaßstab zur Beurteilung der Reinhaltung der Gewässer ist „die nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit“. Die nachteilige Veränderung ist ein unbestimmter Rechtsbegriff, der Spielraum für die Interpretation eröffnet. Für die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten ist ein Hochwasserereignis, das statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist, Maßstab für die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten.
Welches Schutzniveau haben die genannten Wertmaßstäbe? Lässt sich der Schutzzumfang hinsichtlich Vorsorge oder Gefahrenschutz unterscheiden?
Vorsorge, beim Hochwasserschutz auch Gefahrenabwehr
Wie hoch ist die Verbindlichkeit der genannten Wertmaßstäbe? Ist eine Abwägung mit anderen Belangen möglich?
Die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung sind verbindlich.
Wie ist die Rolle des Drittschutzes? Gibt es Klagemöglichkeiten Dritter auf Einhaltung der genannten Standards/Normen
widersprüchliche Meinungen
Gibt es räumliche Bezüge für die Anwendung von Wertmaßstäben (Ballungsräume/natürliche Räume etc.)?
Trinkwassereinzugsgebiete, Einzugsgebiet für Oberflächengewässer
Wird das Schutzgut menschliche Gesundheit in untergesetzlichen Konkretisierungen (Verordnungen, technische Anleitungen etc.) weiter konkretisiert? Welche Regelwerke sind zu nennen?
Trinkwasserverordnung, Abwasserverordnung

4.10 Landesgesetze über den öffentlichen Gesundheitsdienst

Dirk Heller (Stand: 2014)

4.10.1 Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes

Die konkreten Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes werden maßgeblich durch die Landesgesetze über den öffentlichen Gesundheitsdienst (LÖGDG) bestimmt. Exemplarisch sind nachfolgend

in Bezug auf „Umwelt und Gesundheit“ auszugsweise die wichtigsten Paragraphen aus dem *Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen (ÖGDG NW)* aufgeführt.¹⁸

§ 2 Aufgaben des Öffentlichen Gesundheitsdienstes

(1) Der öffentliche Gesundheitsdienst unterstützt im Rahmen seiner Zuständigkeit nach Maßgabe dieses Gesetzes eine bedarfsgerechte, wirtschaftliche, in der Wirksamkeit und Qualität dem allgemein anerkannten Stand der gesundheitswissenschaftlichen und medizinischen Erkenntnisse entsprechende Versorgung der Bevölkerung. Hierbei berücksichtigt er auch das unterschiedliche gesundheitliche Verhalten, die unterschiedlichen Lebenslagen, die unterschiedlichen Gesundheitsrisiken und Krankheitsverläufe, kulturelle Hintergründe sowie die unterschiedliche Versorgungssituation von Frauen und Männern. Zuständigkeiten anderer gesetzlich verpflichteter Handlungsträger im Gesundheitswesen bleiben unberührt.

(2) Aufgaben des Öffentlichen Gesundheitsdienstes sind hierbei insbesondere

1. die Beobachtung, Erfassung und Bewertung der gesundheitlichen Verhältnisse und der gesundheitlichen Versorgung der Bevölkerung einschließlich der Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Gesundheit,
2. der Schutz und die Förderung der Gesundheit der Bevölkerung, die Mitwirkung bei der Verhütung und Bekämpfung von Krankheiten und die Hinwirkung auf ihre angemessene gesundheitliche Versorgung; dies gilt insbesondere für sozial schwache und besonders schutzbedürftige Personen,
3. die Überwachung der Einhaltung der Anforderungen der Hygiene,
4. die Überwachung des Verkehrs mit Arzneimitteln, Blut, Blutprodukten, Medizinprodukten, Betäubungsmitteln und Gefahrstoffen und die Aufklärung der Bevölkerung über Nutzen und Risiken des Arzneimittelkonsums,
5. die Aufklärung der Bevölkerung und Beratung der Behörden in Fragen der Gesundheit und die Stellungnahmen zu Maßnahmen und Planungen anderer Verwaltungen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung,
6. die Aufsicht über Berufe und Einrichtungen des Gesundheitswesens, soweit keine andere Zuständigkeit gegeben ist.

§ 8 Mitwirkung an Planungen

Die vom Kreis oder von der kreisfreien Stadt abzugebenden Stellungnahmen zu Planungs- und Genehmigungsverfahren werden unter Beteiligung der unteren Gesundheitsbehörde erstellt, wenn gesundheitliche Belange der Bevölkerung berührt werden, um Feststellungen zur gesundheitlichen Verträglichkeit des Vorhabens zu treffen.

¹⁸ GV. NW. 1997 S. 430, zuletzt geändert durch Gesetz GV. NRW. S. 202 vom 30.4.2013.

§ 10 Umweltmedizin

(1) Die untere Gesundheitsbehörde fördert den Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsgefährdenden und gesundheitsschädigenden Einflüssen aus der Umwelt. Sie klärt insbesondere die Bevölkerung hierüber und über sonstige umweltmedizinische Fragen auf. Sie bewertet die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Bevölkerung unter gesundheitlichen Gesichtspunkten.

(2) Die untere Gesundheitsbehörde kann zur Abwehr von gesundheitlichen Schäden oder Langzeitwirkungen in öffentlichen Gebäuden entsprechende Maßnahmen anordnen.

(3) Auf dem Gebiet der Umweltmedizin und des Trinkwassers hat das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz die Aufgabe, als fachliche Leitstelle für den öffentlichen Gesundheitsdienst die Landesregierung und die unteren Gesundheitsbehörden zu beraten und zu unterstützen.

Thomas Knetschke (Stand: 2014)

1.1.1 Bezug des ÖGD zu Umwelt und Gesundheit

Wie am Beispiel von NRW ersichtlich, weisen die Landesgesetze jeweils explizite und implizite Bezüge zu Umwelt und Gesundheit auf. Die Beteiligung der Gesundheitsbehörden als Träger öffentlicher Belange im Zuge von Planungs- und Genehmigungsverfahren richtet sich zumeist an die Hygieneabteilungen der Gesundheitsämter. Seltener werden allerdings die Abteilungen für Gesundheitsberichterstattung und Gesundheitsförderung einbezogen. Hier deutet sich bereits ein spezifischer Fortbildungsbedarf innerhalb der Gesundheitsämter an.

Aufgrund der landestypischen Besonderheiten der Rechtsvorschriften über den öffentlichen Gesundheitsdienst wird der Bezug der ÖGDG zu Umwelt und Gesundheit übersichtshalber in Tabelle 11 auf den folgenden Seiten dargestellt.

Grundsätzlich ist vorzuschicken, dass die Verbindlichkeit der Beteiligung der Gesundheitsbehörden weniger abhängig von der gesetzlichen Grundlage des jeweiligen Landesgesundheitsdienstgesetzes ist als von der etablierten Beteiligungskultur. Das ÖGDG des Landes Niedersachsen weist z. B. überhaupt keinen expliziten verbalen Bezug zu Planungs- und Genehmigungsverfahren auf, während sich in Berlin ein expliziter Bezug zugunsten eines hochintegrativen Ansatzes in Richtung Gesundheitsförderung erübrigt. Bayern und Bremen verbalisieren die *Gesundheitsverträglichkeit*, Sachsen-Anhalt sogar die *Gesundheitsverträglichkeitsprüfung*.

Unabhängig von der Art des Bezugs bietet der Gesetzestext einen breiten Auslegungsraum. Da die Verbindlichkeit der Beteiligung häufig nicht abschließend geregelt ist und Vollzugsbefugnisse fehlen, kann insgesamt von einer fakultativen Beteiligung der Gesundheitsbehörden gesprochen werden. In der Praxis regeln mitunter einzelne Ämter die Beteiligung mithilfe eines Selbstbeteiligungsvorbehalts, andere wiederum werden z. B. nur auf direkte Weisung des Landrats beteiligt.

Die Praxis der Beteiligung der Gesundheitsbehörden an Planungs- und Genehmigungsverfahren ist dementsprechend unterschiedlich zu beurteilen, häufig fehlt ein Maßstab für den Vergleich der Güte der Beteiligung. In Sachsen wird z. B. versucht, einen landesweiten Beteiligungsstandard durch *Benchmarking* zu erarbeiten.¹⁹ Bei der Prüfung der gesundheitlichen Verträglichkeit von Plänen und Vorhaben orientieren sich die Gesundheitsämter unter der Moderation des zuständigen Referats der Sächsischen Staatsregierung an den methodischen Vorgaben von *Health Impact Assessment*.²⁰ Der

¹⁹ Zum Benchmarking vgl. auch Kap. 7.2.3.

²⁰ Vgl. Kap. 7.4.

Auftrag der Gesundheitsämter bezieht sich in dem Fall jedoch nicht auf die Durchführung eines *Health Impact Assessment*, sondern auf die Aspekte *Qualitätssicherung* und *Verfahrenskontrolle*.

Die in der Tabelle genannten impliziten Bezüge beziehen sich weniger auf die gesetzliche Grundlage für die Prüfung der gesundheitlichen Verträglichkeit durch die Gesundheitsämter, sondern auf Ansatzpunkte für die Gesundheitsämter, aus dem Gesetzestext einen Zusammenhang zu *Mensch und Umwelt* bzw. *Umwelt und Gesundheit* abzuleiten.

Tabelle 11 Übersicht der Landesgesetze zum öffentlichen Gesundheitsdienst

LandesG	Expliziter Bezug zu UVP/GVP	Impliziter Bezug zu ‚Menschen‘
Baden-Württemberg (2010)	§ 6 Satz 3: „Bei Planungsvorhaben und sonstigen Maßnahmen, die gesundheitliche Belange der Bevölkerung wesentlich berühren, nehmen die Gesundheitsämter zu den Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit Stellung.“	§ 1 Aufgaben des ÖGD § 11 Gesundheitsberichterstattung, Epidemiologie
Bayern (2011)	Art. 15 Nr. 1 i.V.m. Satz 1: „beobachten und bewerten die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die menschliche Gesundheit, beraten und klären die Bevölkerung in umweltmedizinischen Fragen auf und wirken auf die Verhütung gesundheitsschädlicher Langzeitwirkungen hin. Zu ihren Aufgaben zählen insbesondere 1. anlassbezogene fachliche Stellungnahmen für andere Behörden zu Fragen der Umwelthygiene und der <i>Gesundheitsverträglichkeit</i> “	Art. 9 Gesundheitsförderung und Prävention Art. 10 Risikoanalyse, Risikokommunikation, Gesundheitsberichterstattung Art. 13 Gesundheitliche Aufklärung und Beratung; insbes. Abs. 2 Nr. 3 Art. 15 Umweltbezogener Gesundheitsschutz
Berlin (2006)	§ 5 Abs. 1: „verdichtete, zielorientierte und zielgruppenorientierte Darstellung und beschreibende Bewertung von Daten und Informationen, die für die Gesundheit und die soziale Lage der Bevölkerung, das Gesundheits- und Sozialwesen und für die <i>die gesundheitliche und soziale Situation beeinflussenden Lebens- und Umweltbedingungen</i> bedeutsam sind.“ § 10 Abs. 1 Satz 2: „ <i>vorsorgende Umwelthygiene</i> “	§ 1 Aufgabenstellung; insbes. Abs. 3 Nr. 4 Buchst. b § 3 Organisation; insbes. Abs. 6 § 10 Umweltbezogener Gesundheitsschutz, Umweltmedizin § 12 Hygienische und gesundheitliche Überwachung
Brandenburg (2010)	§ 4 Abs. 2: „Die Landkreise und kreisfreien Städte nehmen zu <i>Planungs- und Genehmigungsverfahren</i> als Träger öffentlicher Belange hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung Stellung.“	§ 1 Ziele und Aufgaben § 4 Umweltbezogener Gesundheitsschutz § 5 Gesundheitsförderung und Gesundheitshilfen; insbes. Abs. 1 Satz 1 § 9 Gesundheitsberichterstattung, Gesundheitsplanung; insbes. Abs. 2 Satz 1
Bremen (2011)	§ 2 Abs. 3: „hat die Ziele der Gesundheitsförderung, des Gesundheitsschutzes und der Gesundheitssicherung der Bevölkerung in <i>Planungsprozesse</i> des Landes und der Stadtgemeinden einzubringen, um auf die <i>Gesundheitsverträglichkeit</i> öffentlichen Handelns hinzuwirken (...) frühzeitig auf die Beteiligung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes zu achten“ § 20 Abs. 2: „wirkt bei öffentlichen und privaten <i>Planungen</i> für Vorhaben oder Maßnahmen (...) im Rahmen seiner Beteiligung durch die zuständige Behörde darauf hin, daß gesundheitliche Gefahren durch Umwelteinflüsse nicht entstehen und vorhandene Gefahren möglichst beseitigt oder vermindert	§ 1 Grundsätze; insbes. Abs. 2 Satz 1 § 2 Aufgabenstellung; insbes. Abs. 1 Satz 2 § 9 Gesundheitsberichterstattung; insbes. Abs. 1 Satz 2 § 13 Gesundheitsförderung; insbes. Abs. 1 sowie Abs. 2 Nr. 3 § 20 Schutz vor schädigenden Umwelteinflüssen

LandesG	Expliziter Bezug zu UVP/GVP	Impliziter Bezug zu ‚Menschen‘
	<p>werden (...) auch ohne Ersuchen der zuständigen Behörde“</p> <p>§ 20 Abs. 3: „ist zu unterrichten, wenn für ein Vorhaben die gesetzlich vorgeschriebene Prüfung der Umweltverträglichkeit eingeleitet wird (...) hat sich durch Prüfung der Gesundheitsverträglichkeit an diesen Verfahren zu beteiligen“</p>	
Hamburg (2009)	§ 17: „nimmt bei Planungs- und Genehmigungsverfahren, von denen gesundheitliche Belange der Bevölkerung berührt werden können, zu den gesundheitlichen Auswirkungen und Risiken <i>nach Maßgabe des jeweiligen Planungs- oder Genehmigungsrechts</i> Stellung.“	<p>§ 2 Aufgaben, Leistungen; insbes. Abs. 2 Satz 2</p> <p>§ 3 Behörden, Zusammenarbeit; insbes. Abs. 3 Satz 1</p> <p>§ 6 Gesundheitsförderung und Prävention</p> <p>§ 15 Schutz vor gesundheitsschädigenden Einflüssen aus der Umwelt</p>
Hessen (2010) ^a	§ 8 Abs. 2: „Bei <i>Planungsvorhaben, Genehmigungsverfahren, Baumaßnahmen</i> und sonstigen Maßnahmen, die gesundheitliche Belange der Bevölkerung wesentlich berühren, nehmen die Gesundheitsämter zu den Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit Stellung.“	<p>§ 1 Ziele und Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes; insbes. Abs. 2 Satz 5 sowie Abs. 3</p> <p>§ 4 Abwehr erheblicher gesundheitlicher Gefahren</p> <p>§ 7 Prävention und Gesundheitsförderung; insbes. Abs. 1</p> <p>§ 8 Umweltbezogener Gesundheitsschutz</p> <p>§ 13 Gesundheitsberichterstattung, Epidemiologie</p> <p>§ 15 Aufgaben des Hessischen Landesprüfungs- und Untersuchungsamtes im Gesundheitswesen; insbes. Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 5</p>
Mecklenburg-Vorpommern (2011)	<p>§ 5 Abs. 1: „arbeiten untereinander und mit anderen Behörden, insbesondere mit den <i>Planungsbehörden</i> (...) zusammen, damit die gesundheitlichen Belange berücksichtigt und Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden“</p> <p>§ 6 Abs. 1: „<i>wirkt bei den zuständigen Stellen darauf hin</i>, dass gesundheitliche Gefahren aus der Umwelt nicht entstehen und <i>vorhandene Gefahren beseitigt oder vermindert</i> werden“</p> <p>§ 6 Abs. 2: „<i>wirkt auf die Wahl</i> hygienisch unbedenklicher <i>Standorte von Wohnsiedlungen</i> und solcher <i>Einrichtungen</i>, die der Erhaltung, Förderung oder Wiederherstellung der Gesundheit dienen“</p>	<p>§ 1 Ziele und Aufgaben: insbes. Abs. 2 Nr. 1</p> <p>§ 3 Organisation; insbes. Abs. 3 Satz 4</p> <p>§ 5 Zusammenarbeit</p> <p>§ 6 Schutz vor gesundheitsschädigenden Umwelteinflüssen</p> <p>§ 24 Gesundheitsberichterstattung</p>
Niedersachsen (2006) ^b	Keine Bezüge vorhanden.	<p>§ 1 Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes</p> <p>§ 4 Prävention und Gesundheitsförderung</p> <p>§ 6 Umweltbezogener Gesundheitsschutz</p> <p>§ 8 „Gesundheitsberichterstattung“</p> <p>§ 9 Aufgaben des Landesgesundheitsamtes; insbes. Nr. 2</p>
Nordrhein-Westfalen	§ 2 Abs. 2 Nr. 5: „die Aufklärung der Bevölkerung und Beratung der Behörden in Fragen der Gesund-	§ 2 Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes; insbes. Abs. 2 Nr. 1

LandesG	Expliziter Bezug zu UVP/GVP	Impliziter Bezug zu ‚Menschen‘
(2009)	<p>heit und die Stellungnahmen zu <i>Maßnahmen und Planungen</i> anderer Verwaltungen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung“</p> <p>§ 7 Abs. 4: „Die untere Gesundheitsbehörde arbeitet im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für Gesundheitsförderung, Prävention und Gesundheitsschutz mit den anderen zuständigen Behörden, <i>insbesondere</i> mit denen für <i>Arbeits- und Umweltschutz</i>, zusammen.“</p> <p>§ 8 „Planungs- und Genehmigungsverfahren werden unter Beteiligung der unteren Gesundheitsbehörde erstellt (...), um Feststellungen zur <i>gesundheitlichen Verträglichkeit</i> des Vorhabens zu treffen.</p> <p>§ 10 Abs. 2: „Die untere Gesundheitsbehörde kann zur Abwehr von gesundheitlichen Schäden oder Langzeitwirkungen in öffentlichen Gebäuden entsprechende Maßnahmen anordnen.“</p>	<p>§ 7 Grundsatz; insbes. Abs. 1“</p> <p>§ 10 „Umweltmedizin; insbes. Abs. 1</p> <p>§ 21 Kommunalen Gesundheitsbericht</p> <p>§ 23 Koordination</p> <p>§ 25 „Landesgesundheitsberichterstattung“</p> <p>§ 27 Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit</p>
Rheinland-Pfalz (2011)	<p>§ 1 Abs. 1 Nr. 3: „nimmt Stellung zu <i>Planungen und Maßnahmen</i> hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung“</p> <p>§ 6 Abs. 1 Satz 3: „Bei <i>Planungen und sonstigen Maßnahmen</i> (...) nehmen die Gesundheitsämter zu den Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit Stellung.“</p>	<p>§ 1 Ziele und Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes; insbes. Abs. 1 Nr. 1</p> <p>§ 3 Besondere Behörden des öffentlichen Gesundheitsdienstes</p> <p>§ 5 Allgemeine Aufgaben und Schwerpunktaufgaben der Gesundheitsämter</p> <p>§ 6 Umweltbezogener Gesundheitsschutz</p> <p>§ 10 Gesundheitsbericht</p> <p>§ 12 Zusammenarbeit</p>
Saarland (2010) ^c	<p>§ 1 Abs. 2 Satz 2: „hat die Ziele der Gesundheitsförderung, des Gesundheitsschutzes und der Gesundheitssicherung in die Beratung sowie in <i>Planungsprozesse</i> einzubringen“</p> <p>§ 10 Abs. 1 Satz 2: „arbeitet dabei insbesondere <i>bei bekannt werdenden und drohenden Umweltbeeinträchtigungen</i> eng mit den Behörden des Umweltschutzes und der Gefahrenabwehr zusammen“</p>	<p>§ 1 Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes; insbes. Abs. 1 Nr. 2</p> <p>§ 6 Gesundheitsberichterstattung, Gesundheitsplanung</p> <p>§ 7 Gesundheitsförderung; insbes. Abs. 1</p> <p>§ 10 Umweltbezogener Gesundheitsschutz“</p>
Sachsen (2010) ^d	<p>§ 7 Abs. 2: „Die übrigen Behörden (...) beteiligen und unterstützen (...) die zuständigen Behörden des öffentlichen Gesundheitsdienstes bei örtlichen <i>Planungsvorhaben</i>, die für die Gesundheit von Bedeutung sind.“</p>	<p>§ 1 Öffentlicher Gesundheitsdienst; insbes. Abs. 1 Nr. 2</p> <p>§ 11 Gesundheitliche Aufklärung und Beratung; insbes. Abs. 1 Nr. 8</p>
Sachsen-Anhalt (2011)	<p>§ 6 Nr. 1: „<i>Gesundheitsverträglichkeitsprüfung</i> bei Vorhaben im Rahmen vorgeschriebener Umweltverträglichkeitsprüfung sowie bei Bauleitplanverfahren und Genehmigungsverfahren“</p>	<p>§ 1 Ziele und Aufgaben</p> <p>§ 6 Umweltbezogener Gesundheitsschutz</p> <p>§ 11 Gesundheitsberichterstattung</p> <p>§ 22 Zusammenwirken</p>
Schleswig-Holstein (2011)	<p>§ 4 Abs. 2: „Die Träger des Öffentlichen Gesundheitsdienstes, öffentliche Planungsträger und andere Stellen <i>haben sich gegenseitig bei allen Planungen und Maßnahmen</i>, die für die gesundheitlichen Belange der Bevölkerung bedeutsam sind, rechtzeitig anzuhören.“</p> <p>§ 9 Satz 2: „weisen (...) auf gesundheitliche Risiken von <i>Planungen und Maßnahmen</i> hin“</p>	<p>§ 1 Ziel des Öffentlichen Gesundheitsdienstes</p> <p>§ 2 Kooperation und Koordination</p> <p>§ 4 Grundsätze der Aufgabenerfüllung</p> <p>§ 5 Gesundheitsförderung</p> <p>§ 6 Gesundheitsberichterstattung; insbes. Abs. 1 Satz 1</p>

LandesG	Expliziter Bezug zu UVP/GVP	Impliziter Bezug zu ‚Menschen‘
		§ 9 Umweltbezogener Gesundheitsschutz
Thüringen (1998) ^e	„Die übrigen Behörden (...) beteiligen und unterstützen (...) die zuständigen Behörden des öffentlichen Gesundheitsdienstes bei örtlichen <i>Planungsvorhaben</i> , die für die Gesundheit von Bedeutung sind.“	§ 1 Aufgaben des öffentlichen Gesundheitsdienstes; insbes. Abs. 1 Nr. 2

a gültig bis 31.12.2012

b wird zurzeit überarbeitet; Anpassungserfordernisse durch internationale Gesundheitsvorschriften (IGV) sowie das Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSG)

c gültig bis 2015

d wird zurzeit überarbeitet

e kein Gesetz, sondern als Landesrecht fortgeltende Vorschrift der ehemaligen DDR (1998): Verordnung über den öffentlichen Gesundheitsdienst und die Aufgaben der Gesundheitsämter in den Landkreisen und kreisfreien Städten (1990)

5. Gesundheitsbestimmende Faktoren

5.1 Übersicht

Monika Machtoff, Dirk Heller (Stand: 2014)

Einführung

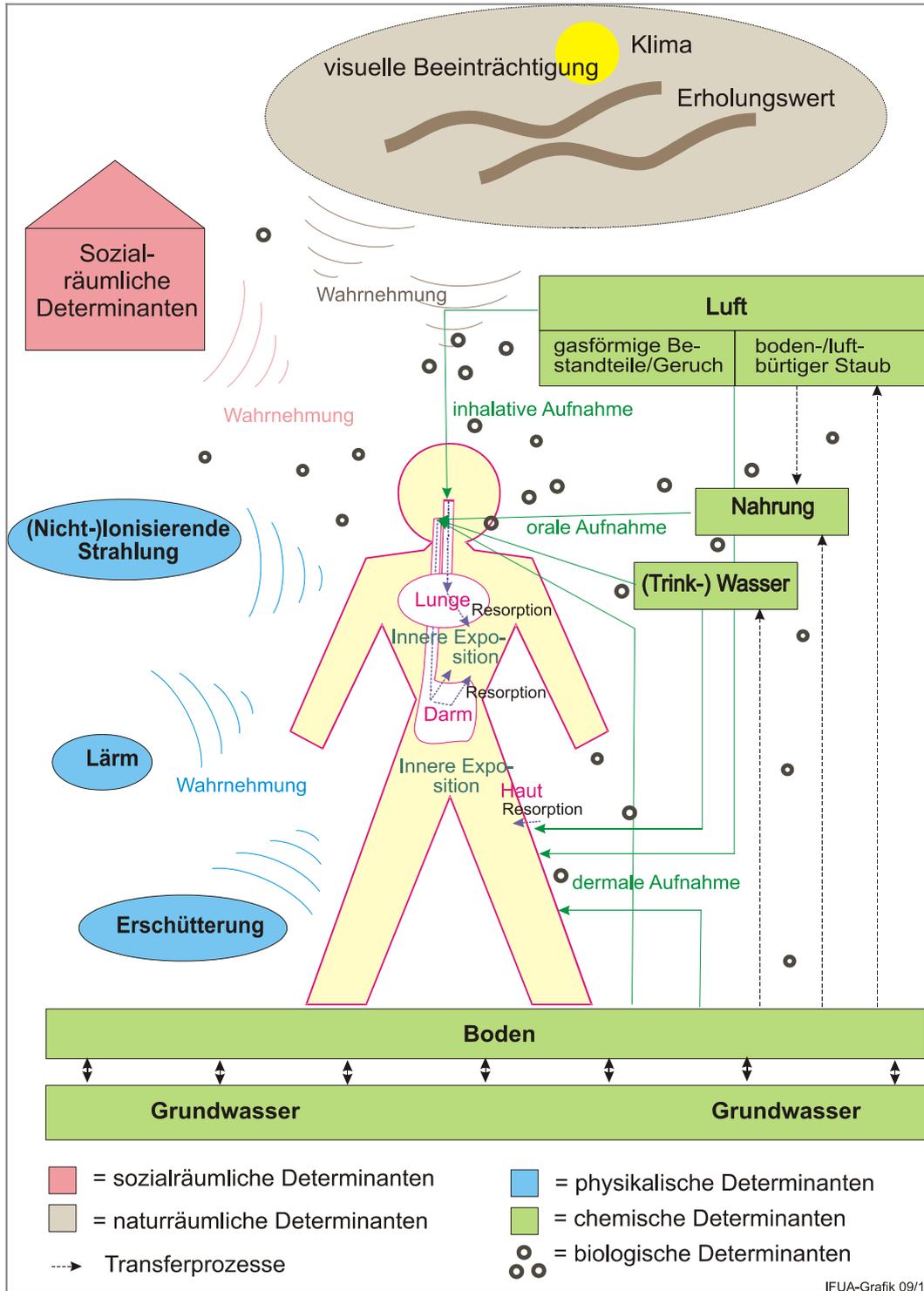
Der Mensch kann in Folge eines bestimmten Vorhabens (Planungsverfahren, zulassungspflichtiges Projekt) einer Vielzahl von positiven und negativen umweltbezogenen Einflussfaktoren ausgesetzt sein. Während beispielsweise im Rahmen von Maßnahmen zur Gesundheitsförderung Determinanten zur Verbesserung gesundheitlicher Entwicklungspotenziale, naturräumliche Aspekte, wie Erholungswert, Wohnumfeldfunktionen oder sozialräumliche Aspekte im Vordergrund stehen, sind im Rahmen von Zulassungsverfahren, wie z. B. Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, insbesondere chemische und biologische Einflüsse sowie physikalische Faktoren wie Lärm, nichtionisierende Strahlung und Erschütterung zu berücksichtigen. Die Zusammenhänge, in denen die menschliche Gesundheit im Rahmen von solchen Planungs- und Zulassungsverfahren zu betrachten ist, sind in Abb. 5 vereinfacht grafisch dargestellt.

Grundsätzlich ist bei der Betrachtung der verschiedenen Einflussfaktoren zu berücksichtigen, dass sich die Determinanten des natur- und sozialräumlichen Umfeldes sowohl positiv wie negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken können, während nachfolgend beschriebene chemische, physikalische oder auch biologische Determinanten im Sinne von Noxen²¹ lediglich schädigende Wirkungen auf den menschlichen Organismus ausüben können.

Zunächst werden die wesentlichen Einflussbereiche einführend beschrieben, während in den Kapiteln 5.2 und folgende die gesundheitsbestimmenden Faktoren der einzelnen Einflussbereiche nach folgendem Muster betrachtet werden:

- Einflussfaktoren und deren Wirkungsweise, Beschreibung möglicher Wirkungspfade,
- Indikatoren zur Beschreibung, mögliche Daten-/Informationsquellen, Darstellung von Prognose-techniken,
- Beurteilungskriterien und ableitbare Messgrößen (Indikatoren) für das Schutzgut *menschliche Gesundheit*,
- Datenquellen und deren Verwendung (Herkunft, Aussagefähigkeit/Problematik, Prognose/Simulation),
- Bewertungsmaßstäbe für eine wirksame Umweltvorsorge (ggf. Hinweise auf Unterschiede zu den außerhalb der UVP angewendeten Maßstäbe zum Gefahrenschutz, z. B. bei gebundenen Entscheidungen),
- ggf. weitere Hinweise (Anwendungsprobleme, Praxisaspekte etc.).

²¹ Noxen sind Stoffe sowie Faktoren aus der Umwelt, welche Organismen oder Körperorgane bzw. deren Funktionen beeinträchtigen können.



Quelle: Machtolf 2013, S. 62

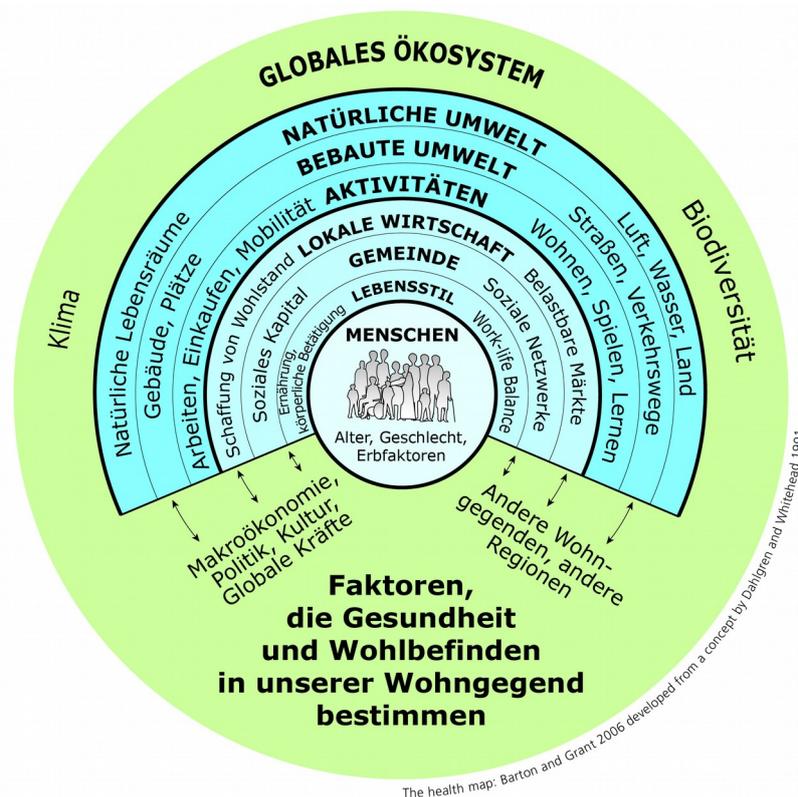
Abb. 5 Betrachtungsmodell gesundheitsrelevanter Determinanten

Monika Machtolf, Thomas Claßen (Stand: 2014)

Natur- und sozialräumliche Determinanten

Hierunter werden alle natur- und sozialräumlichen Einflussfaktoren zusammengefasst, die sich positiv wie negativ auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen auswirken können. Dazu zählt die Gesamtheit aller Aspekte, die das Wohn- und Arbeitsumfeld bestimmen, wie beispielsweise sozio-demographische oder sozioökonomische Aspekte genauso wie Umweltbedingungen, die sich im Landschaftsbild oder im kleinräumigen Klima ausdrücken.

Wie komplex die direkten und indirekten Beziehungen zwischen Gesundheit und der natürlichen, gebauten, sozialen und kulturellen Umwelt (in einer weit gefassten Definition, vgl. Meyer, Sauter 1999) sind, zeigt das *Humanökologische Modell der Gesundheitsdeterminanten im Siedlungsraum*, dargestellt in Abb. 6.



Quelle: Autorisierte Übersetzung aus Barton, Grant 2006, S. 252, verändert nach Dahlgren, Whitehead 1991

Abb. 6 Erweitertes humanökologisches Modell der Gesundheitsdeterminanten

Anschaulich werden in dieser Abbildung für das Wohnumfeld die komplexen Beziehungen zwischen den individuellen und sozialen Gesundheitsfaktoren sowie den Schlüsselfaktoren von Siedlungsgebieten inklusive ihrer bebauten Umgebung dargestellt. Im Zentrum des Modells befindet sich der Mensch mit seinen gesundheitsbeeinflussenden individuellen Faktoren. Die Menschen sind wiederum von ein-

zelen Ebenen umgeben, die die unterschiedlichen sozialen, ökologischen und ökonomischen Systeme im Siedlungsraum ebenso wie in der globalen Dimension repräsentieren. Das humanökologische Modell führt so beispielhaft die verschiedenen Faktoren auf, die sich zunächst gegenseitig beeinflussen und auf den Menschen und seine Gesundheit einwirken. Das gesamte Modell ist hierbei in den globalen ökosystemaren Kontext eingebettet, in dem Einflüsse wie z. B. Klimawandel, Biodiversität sowie die politische und ökonomische Globalisierung hinsichtlich ihres Effektes auf die Gesundheit von Individuen und Bevölkerungsgruppen thematisiert werden (vgl. Bucksch et al. 2012).

Die *Wirkung natur- und sozialräumlicher Determinanten auf die menschliche Gesundheit* ist von komplexem Charakter. Bezogen auf den sozialräumlichen Aspekt gibt es auf der Basis von Mehrebenenmodellen bei der Betrachtung gesundheitlicher Ungleichgewichtigkeit in Abhängigkeit von Wohnsituation und sozialer Lage Ansätze hinsichtlich psychosozialer Wirkungszusammenhänge.

Strukturelle Faktoren tragen hierzu wesentlich bei, etwa in der Verfügbarkeit gesundheitlicher Dienstleistungen und gesunden Lebensmitteln, Wohndichte, Nähe zu stark frequentierten Straßen verbunden mit ggf. hohen Schadstoff- und Lärmbelastungen oder der Versorgung mit erholungsrelevanten Bereichen. Nachbarschaftlich gute Verhältnisse können einen Mangel andererseits auch wieder positiv beeinflussen.

Naturräumliche Determinanten sind insbesondere in der Verfügbarkeit von Landschaftsräumen, die ästhetisch ansprechen, Ruhe und Erholung vermitteln, aber auch Sozialkontakte ermöglichen, im Vordergrund. Visuelle Beeinträchtigungen oder solche, die das Naturerleben stören wie Lärm- und Abgasbelastungen können die positiven, gesundheitsfördernden Wirkungen aufheben. Immer wichtiger werden auch die stadtklimatischen Verhältnisse, die die gesunden Wohnverhältnisse ebenfalls maßgeblich beeinflussen können.

Zur *Ermittlung und Bewertung natur- und sozialräumlicher Determinanten* sind entsprechende Wertmaßstäbe notwendig. Hier existieren bezogen auf den Sozialraumkontext keine verbindlichen, konkretisierten Maßstäbe, die über die allgemein formulierten Begriffe des Baurechts wie beispielsweise die *Berücksichtigung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse*, die *Schaffung und Erhaltung sozial stabiler Bewohnerstrukturen* oder die *Entwicklung und Erhaltung der sozialen und kulturellen Bedürfnisse der Bevölkerung* hinausgehen. Die angesprochenen Determinanten liefern hier vielmehr die Grundlage für einen inhaltlichen Diskussionsprozess um eine anzustrebende sozialräumliche Qualität, die im Rahmen von städtebaulichen oder gesundheitsfördernden Vorhaben oder ggf. anstehenden Zulassungsverfahren mit raumbezogenen Auswirkungen geführt werden kann.

Bezogen auf den Naturraum finden sich hier ebenfalls eher weiche Indikatoren, wenn es um die Landschaft mit ihrer ästhetischen Komponente, das Landschaftsbild, den Erholungswert für den Menschen oder die kleinklimatischen Verhältnisse in den Stadträumen geht.

Dirk Heller, Monika Machtolf

Chemische, physikalische und biologische Determinanten

Noxen werden gemäß ihres Auftretens bzw. Charakters unterschieden in:

- Chemische Determinanten

Chemische Noxen sind Stoffe, welche Organismen oder Körperorgane bzw. deren Funktionen beeinträchtigen können. Allgemein wird als Noxe ein Träger einer potentiell schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsbelastung bezeichnet (Risikokommission 2003). Die chemischen Noxen

oder Schadstoffe, die in den verschiedenen Umweltmedien (Luft, Boden, Wasser, Nahrung) auftreten können, sind generell zu unterscheiden in natürliche (z. B. geogene) und in zivilisationsbedingte (anthropogene) Noxen.

- Physikalische Determinanten

Zu den physikalischen Determinanten zählen nichtstoffliche Einflussfaktoren wie z. B. Strahlung, Schallmissionen (Infraschall, tieffrequenter Schall u. a.m.), Erschütterung und Lichtmissionen.

- Biologische Determinanten

Zu den biologischen Noxen zählen Bakterien, Viren, Pilze, Parasiten und biologische Gifte. Hauptsächlich kommen diese in der Umwelt als luftgetragene Mikroorganismen, welche als Bioaerosole bezeichnet werden, vor. Nach Definition des VDI (z. B. Richtlinien VDI 4251 Blatt1, VDI 4252 Blatt 2 und VDI 4253 Blatt 2 versteht man unter Bioaerosolen "*...alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) anhaften bzw. diese beinhalten oder bilden.*"

Noxen können generell eine Vielzahl von unterschiedlichen gesundheitsschädlichen Wirkungen verursachen. Diese möglichen gesundheitlichen Risiken gilt es zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten.

Die *Wirkung von Noxen auf die menschliche Gesundheit* ist differenziert zu betrachten. Damit gesundheitsschädliche Wirkungen hervorgerufen werden können, muss der betreffende Stoff bzw. Einflussfaktor zum einen ein gesundheitsschädigendes Potenzial besitzen und zum anderen muss der Mensch diesem Stoff bzw. Faktor ausgesetzt, d. h. exponiert, sein.

Die Aufnahme einer chemischen Noxe durch den Menschen kann inhalativ, oral und dermal über die verschiedenen Umweltmedien wie Luft, Boden, Wasser usw. in unterschiedlichem Ausmaß erfolgen. Zu berücksichtigende Kontaktmedien sind beispielsweise die Außen- und Innenraumlufte, Lebensmittel und Trinkwasser, Boden/Staub besonders für Kleinkinder sowie auch allgemeine Verbrauchsgüter (Textilien u. a.) (Wilhelm & Wichmann 2005).

Die dem menschlichen Körper über die verschiedenen Umweltmedien zugeführten Stoffe unterliegen komplexen toxikokinetischen Prozessen (Aufnahme, Distribution, Metabolismus und Exkretion). Ob und in welchem Maße zugeführte Stoffe aufgenommen, verteilt, verstoffwechselt und ausgeschieden werden (Stuhl, Urin usw.), hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab.

Die im menschlichen Organismus hervorgerufenen Veränderungen bzw. Belastungen können dann im Weiteren zu verschiedensten gesundheitlichen Beeinträchtigungen unterschiedlichen Ausmaßes führen.

Als Exposition wird der Kontakt einer Noxe mit dem Schutzgut Gesundheit oder Umwelt bezeichnet (Risikokommission 2003). Es kann unterschieden werden zwischen kurzfristiger (akuter und subakuter) und langfristiger (subchronischer und chronischer) Exposition. Nach Eikmann et al. (1999) wird unter *akut* und *subakut* eine Expositionsdauer von 1 bis 30 Tage verstanden, unter *subchronisch* und *chronisch* eine Expositionsdauer von bis zu 180 Tage bzw. über 180 Tage. Insgesamt liegt in der Wissenschaft eine Reihe von Definitionen für die Begriffe *akut*, *subakut*, *subchronisch* und *chronisch* vor. Die Zeitangaben schwanken hierbei zum Teil deutlich.

Der hier beschriebene Begriff *Exposition* wird auch als *äußere Exposition* bezeichnet. Die *innere Exposition* gibt die in den Körper aufgenommene (resorbierte) Menge einer Noxe an (Mekel & Ewers 2005). Konventionen zur Abschätzung möglicher Expositionsannahmen sind beispielsweise dem *Exposure Factors Handbook* der EPA (2011a) zu entnehmen, sowie den Auswertungen empirischer Ergebnisse zur Ableitung von Standards zur Expositionsabschätzung der ad hoc Länderarbeitsgruppe *Risikoabschätzung und -bewertung in der Umwelthygiene* (AGLMB 1995). Auch den Publikationen der European Chemicals Agency (ECHA 2012) und der European Safety Food Authority (ESFA 2011) können entsprechende Daten entnommen werden.

Von einer *Wirkung* kann im weitesten Sinne gesprochen werden, wenn durch eine Noxe eine physiologisch messbare Veränderung eines Organismus, der biotischen oder abiotischen Umwelt oder eines Sachguts hervorgerufen wird (Risikokommission 2003).

Die WHO (1994) verwendet folgende Definition für den Begriff „adverser Effekt“ bzw. adverse Wirkung:

„Veränderung in Morphologie, Physiologie, Wachstum, Entwicklung oder Lebenserwartung eines Organismus, die zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit oder zu einer Beeinträchtigung der Kompensationsfähigkeit gegenüber zusätzlichen Belastungen führt oder die Empfindlichkeit gegenüber schädlichen Wirkungen anderer Umwelteinflüsse erhöht.“

Der Begriff der *Adversität* wird auch in der VDI-Richtlinie 2308 (VDI 2009) zur Abschätzung des gesundheitlichen Risikos im Immissionsschutz, im Zusammenhang gesellschaftlich erwünschter bzw. unerwünschter Effekte thematisiert.²²

Neben der Toxizität ist auch die *Wahrnehmbarkeit* (z. B. Geruch) von Interesse, wodurch erhebliche Beeinträchtigungen erfolgen können.

Unter dem Begriff *Toxikokinetik* versteht man nach VDI-Richtlinie 2308 die Resorption, Verteilung, Verstoffwechslung und Ausscheidung einer Substanz. Es wird beschrieben „Was der Organismus mit dem Stoff macht“ (VDI 2009).

Die *Toxikodynamik* beschreibt das Wirkbild, die Wirkstärke und den Wirkmechanismus einer toxischen Substanz. „Was der Stoff mit dem Organismus macht“ (VDI 2009).

Die verschiedenen Phasen der Intoxikation sind in Abb. 7 dargestellt.

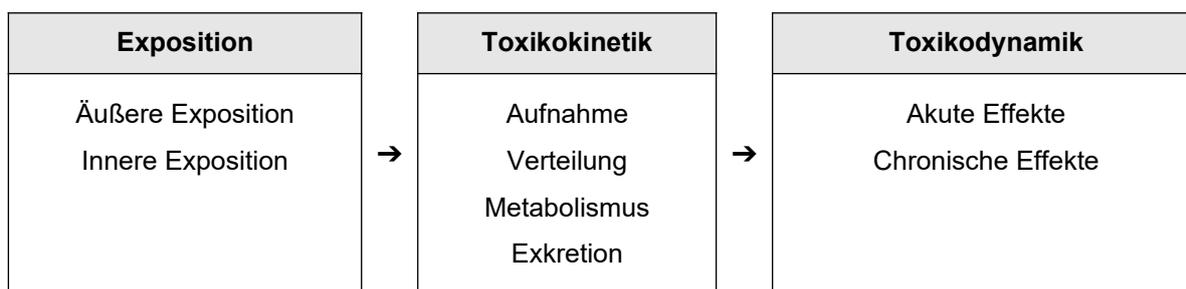


Abb. 7 Verschiedene Phasen bei der Intoxikation

Die Beschreibung der möglichen toxischen Wirkung einer Noxe basiert auch heutzutage grundsätzlich auf den Erkenntnissen von Paracelsus, wonach sinngemäß gilt: *Alle Dinge sind Gift, nichts ist ohne Gift, allein die Dosis machts, dass ein Ding kein Gift sei.*

²² Vgl. Kapitel 5.4.2.1, Abb. 8, S. 140.

Es gibt zum einen Noxen, welche eine *Wirkungsschwelle* besitzen. Für verschiedene Noxen, z. B. bestimmte krebserzeugende Stoffe, lassen sich dagegen *keine* Wirkungsschwellen angeben. Im Allgemeinen versteht man unter einer toxikologischen Wirkungsschwelle eine Dosis oder Konzentration (Schwellenwert), bei deren Unterschreitung ein bestimmter Effekt nicht auftritt (AGS 2008).

Allgemein können durch Noxen in der Umwelt eine Vielzahl von *Wirkungen* beim Menschen hervorgerufen werden. Hierbei kann ein einzelner Stoff verschiedene Effekte verursachen, d. h. auf verschiedene Wirkendpunkte abzielen. Es können aber auch mehrere Stoffe auf einen bestimmten Wirkendpunkt abzielen. Als relevante Wirkendpunkte lassen sich Reproduktionstoxizität und Fruchtschädigung, Immuntoxizität, Organtoxizität (Leber, Nieren, usw.), Neurotoxizität, Entwicklungstoxizität, Respirations-toxizität, Reizwirkung und Sensibilisierung, Gentoxizität, Kanzerogenität u.v.m. nennen.

Die **Ermittlung und Bewertung von Noxen in Umweltmedien** beruht auf der Kenntnis der Gefährlichkeit einer Noxe, der Abschätzung von Dosis-Wirkungsbeziehungen und der Expositionsabschätzung. Hierzu können prinzipiell Daten zu folgenden Umweltmedien, die Noxen transportieren können, herangezogen werden:

- Luft
- Boden,
- Pflanze,
- Trinkwasser/Wasser,
- Nahrungsmittel.

Dabei hängt die Belastbarkeit der Aussagen von der Qualität und Reliabilität der Daten oder Datenmodellierungen bzw. der Transferbetrachtungen ab.

Grundsätzlich sind verschiedene Wirkungspfade zu betrachten, über die Noxen vom Kontakt- oder Transfermedium zum Menschen gelangen (äußere Exposition) und *am* oder *im* Organismus (innere Exposition) ggf. Wirkungen entfalten können.

Zu ergänzen ist, dass oftmals nicht nur eine einzelne Noxe auf den Menschen einwirkt, sondern gleichzeitige Einwirkungen durch verschiedene Noxen stattfinden. Hierdurch können Mehrfachbelastungen entstehen und ggf. Kombinationswirkungen verursacht werden.²³

5.2 Sozialräumliche Determinanten

Natalie Riedel (Stand: 2014)

5.2.1 Die gesundheitliche Relevanz des Wohnumfelds

Das Wohnumfeld wird von Infrastrukturelementen wie Grünräumen, Nahversorgungs- und Verkehrsbereichen geprägt, in die Wohngebiete eingebettet sind. Diese können als *materieller und chemisch-physikalischer Wohnkontext* bezeichnet werden. Quantität und Qualität des Wohnkontextes sind abhängig von den normativen, gesellschaftlichen und ökonomischen Funktionen, die die Stadtplanung

²³ Vgl. Kap. 5.6.

einem Wohngebiet zuweist.²⁴ Damit bestimmen die Akteure der Stadtplanung auch über die räumliche sowie soziale Verteilung von Gesundheitsrisiken wie Feinstaub und Lärm in den Gebieten. Andererseits ergibt sich das Charakteristische eines Wohnumfelds aus der Sozialstruktur seiner Bewohnerschaft, die sich aufgrund ihrer sozial unterschiedlichen Wahlmöglichkeiten auf dem Wohnungsmarkt in den jeweiligen Gebieten niedergelassen hat. Je nach ihrer sozialen, ethnischen und demographischen Zusammensetzung schreibt die Bewohnerschaft dem Wohngebiet unterschiedliche Gebrauchswerte zu, bindet es in ihre Alltagspraktiken (z. B. Alltagsmobilität und Verhaltensroutinen wie Ernährung und Bewegung in den unterschiedlichen Lebensbereichen) ein und erzeugt somit einen sozialen Wohnkontext. Verbunden mit diesem sozialen Wohnkontext sind zum einen die Fähigkeit und Bereitschaft der Bewohner zur Beteiligung an Planverfahren, zum anderen die politische Wahrnehmung und der Stellenwert eines Wohngebietes. Das Baugesetzbuch fordert indes die Bauleitplanung zur *Schaffung und Erhaltung sozial stabiler Bewohnerstrukturen* (§ 1 Abs. 6 Nr. 2 BauGB) auf und sieht die Möglichkeit vor, *die Zusammensetzung der Wohnbevölkerung aus besonderen städtebaulichen Gründen (zu) erhalten* (§ 172 Abs. 4 Satz 1 BauGB).

Um die gesundheitliche Relevanz des Wohnumfelds verstehen und bewerten zu können, sind Bewohnerschaft und Wohnkontext miteinander in Beziehung zu setzen. Genau dies versuchen sozial- und umweltepidemiologische Studien zu leisten, deren Konzepte und Ergebnisse bisher zu wenig in planerische Prozesse getragen worden sind. Die Beziehungen zwischen Wohnumfeld und Gesundheit lassen sich verschiedenen Mechanismen - physische und psychosoziale Effekte und Ebenen wie individuelle bzw. Haushaltsebene und lokale bzw. Nachbarschaftsebene - zuordnen (Shaw 2003).

International haben Untersuchungen gezeigt, dass sich Risiken aus dem materiellen, chemisch-physikalischen und sozialen Wohnkontext besonders in Wohnumfeldern sozioökonomisch benachteiligter Bewohnerschaften tendenziell konzentrieren (vgl. z. B. Dragano et al. 2009; Braubach & Fairburn 2010). Unabhängig von der individuellen sozialen Lage können Wohnkontext und Bewohnerschaft eine eigene Wirkung auf gesundheitsrelevantes Verhalten und chronische physische und psychische Erkrankungen entfalten (vgl. van Lenthe & Mackenbach 2006; Diez Roux & Mair 2010). Ein Mechanismus, der das Wohnumfeld mit individueller Gesundheit verbindet, kann dabei über psychosoziale Belastungen laufen, die unbewusst und bewusst aus der Wohnumfeldsituation resultieren. In Mehrebenenmodellen zur Erklärung gesundheitlicher Ungleichheit (vgl. u.a. Bolte & Kohlhuber 2006; Gee & Payne-Sturges 2004; Schulz & Northridge 2004) spielt durch die natürliche und bauliche Umwelt induzierter psychosozialer Stress eine wichtige Rolle. Psychosozialer Stress sowohl auf der individuellen als auch auf den Ebenen von Gemeinde und Wohnumfeldern ist eine Schlüsselkomponente von Vulnerabilität (Verletzlichkeit) und ein vermittelnder Faktor zwischen sozialer Lage, Umweltbelastungen, wie beispielsweise Schallimmissionen, und Gesundheit (vgl. Gee & Payne-Sturges 2004). Dauerhafter psychosozialer Stress kann physiologische Dysregulationen auslösen und folglich die Vulnerabilität der Bewohner gegenüber Umweltbelastungen erhöhen (vgl. Bolte & Kohlhuber 2006). In ihrer Gesamtheit können diese Mechanismen zur Verschärfung und Verfestigung gesundheitlicher Ungleichheit in der (Stadt-)Gesellschaft beitragen (WHO UN-HABITAT 2010).

Strukturelle Faktoren, die auf Wohnumfeldebene als Stressoren wirken können, sind beispielsweise die lokale Ökonomie und die damit verbundene Arbeitsmarktstruktur, Infrastruktur in Bezug auf lokale Versorgung mit gesunden Lebensmitteln und in Bezug auf Gesundheitsversorgungseinrichtungen, der Zustand der Wohnhäuser und die Kriminalitätsrate im Wohnumfeld. Weitere psychosoziale Stressoren auf Gemeindeebene sind beispielsweise eine hohe Belegungsdichte in Wohnungen. Das soziale Kapital eines Wohnumfeldes (Nachbarschaftsbeziehungen, soziale und psychische Unterstützung, soziales Engagement) und die soziale Fragmentierung eines Wohngebietes können ebenfalls Wohlbefin-

²⁴ Vgl. Nutzungsarten und Gebietskategorien der BauNVO, aber auch die § 5 (Inhalte des Flächennutzungsplans) und § 9 (Inhalte des Bebauungsplans) BauGB.

den und Gesundheit beeinflussen. Nachbarschaftsressourcen wie das *soziale Kapital* können die Wirkung von Stressoren aufheben und damit gesundheitserhaltend oder -fördernd, also *salutogen* wirken (vgl. Gee & Payne-Sturges 2004 nach Bolte & Kohlhuber 2006).

Die verschiedenen Beziehungen zwischen sozialer Lage, Umweltbelastungen und Gesundheit und die zugrunde liegenden Wirkmechanismen soll folgendes Beispiel abschließend erläutern: Stark befahrene Straßen bewirken eine hohe Belastung durch Luftschadstoff- und Schallimmissionen. Häufig führen viel befahrene Straßen darüber hinaus zur Zerschneidung und Fragmentierung von Wohngebieten. Dies kann den Nachbarschaftskontakt in solchen Gebieten stark behindern. Der Mangel an diesem wichtigen *sozialen Kapital* kann psychosozialen Stress auslösen und die Gesundheit der Anwohnerschaft negativ beeinflussen (vgl. Bolte & Kohlhuber 2006).

Natalie Riedel, Corinna Berger (Stand: 2014)

5.2.2 Indikatoren zur Ermittlung und Bewertung sozialräumlicher Determinanten

In den vergangenen Jahren sind bereits einige Ansätze raumbezogener Gesundheits-Berichterstattung entworfen worden, die Gesundheits-, Sozial- und/oder auch Umweltindikatoren miteinander verbinden und somit den vielfältigen Einflüssen aus dem städtischen Raum auf die Gesundheit Rechnung tragen (z. B. LÖGD NRW 2004). Leitthema war dabei meist die nachhaltige Gestaltung von Städten. Das Wohnumfeld wird zumeist über die bereits vorhandenen statistischen Bezirke operationalisiert, für die die höchste Datenverfügbarkeit zu erwarten ist. Erst kürzlich sind Vorschläge für vorwiegend quantitative Indikatoren erarbeitet worden, die Charakteristika eines Wohnumfelds, Sozialstruktur und Gesundheit der Bewohnerschaft gemeinsam behandeln sowie Datenquellen und -erhebung bezeichnen (LIGA NRW 2008; BMVBS & BBSR 2009; Reimann et al. 2010).

Um die gesundheitliche Lage der Bewohner in ihrem Wohnumfeld zu beschreiben, greifen Indikatorenkataloge auf Gesundheitsrisiken unterschiedlicher Quellen und Bedeutung im Wohnumfeld zurück, so etwa Übergewicht als Ergebnis ungesunder Ernährungs- und Bewegungsmuster und Risikofaktor für chronisch-degenerative Krankheiten. Aber auch meldepflichtige Infektionskrankheiten als Hinweis für extreme unhygienische (wohnungsbezogene) Mängel oder Unfälle von Kindern und Jugendlichen als Indiz für die Sicherheit in Wohnung und Wohnumfeld legen solche Indikatorenkataloge nahe. Eine zuverlässige Datenquelle mit jährlicher Aktualisierung ist die Schuleingangsuntersuchung, wie sie von den Gesundheitsämtern durchgeführt wird. Stellvertretend für die Gesundheit der Bewohnerschaft wird daher die *Kindergesundheit* empfohlen (LIGA NRW 2008).

Zur Beurteilung der Gesundheitsrelevanz des Wohnumfeldes mit seinen sozialen, materiellen und chemisch-physikalischen Charakteristika liegt noch kein allgemein anerkanntes Indikatorenset vor, das innerhalb einer Umweltprüfung verbindlich Anwendung finden sollte. Im Kontext des Programms „Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – Soziale Stadt“ können die vom Deutschen Institut für Urbanistik (Bär et al. 2010: 54ff.) vorgeschlagenen Themenbereiche:

- Charakteristik des Wohnumfelds (z. B. Einwohnerzahl, Sozialbauwohnungen),
- allgemeine/umweltbezogene Belastungen (z. B. Feinstaubbelastung, Anteil versiegelter Fläche),
- individuelle/soziale Gesundheitsbelastungen (z. B. Arbeitslosenquote, Anteil Schulabgänger nach Art des Abschlusses),

- Gesundheitsversorgung und Inanspruchnahme (z. B. Anzahl Kinderärzte, grundimmunisierte Kinder) und
- Gesundheitspotenziale/Ressourcen für Gesundheitsförderung (z. B. Öffentliche Grünflächen)

nützliche Anhaltspunkte für eine gesundheitsbezogene Analyse des Wohnumfeldes liefern.

Innerhalb dieser Themenbereiche kommen unterschiedliche Datenquellen zum Tragen, die durch Raum- und Zeitbezüge gekennzeichnet sind und je nach Datenlage in den Kommunen und Kreisen im konkreten Kontext umweltprüfungspflichtiger Vorhaben ergänzt werden müssen.

Die sozialen Gesundheitsbelastungen, mit denen das Deutsche Institut für Urbanistik (DIFU) die Daten zu den sozioökonomischen Indikatoren erhebt, sind mittlerweile regulärer Bestandteil kleinräumiger Sozialberichterstattung, die die statistischen Ämter jährlich für statistische Bezirke mit einer durchschnittlichen Größe von 10.000 Einwohnern zusammenstellen. Als räumliche Bezugsebene für das Wohnumfeld finden sich in sozialepidemiologischen Studien dementsprechend mehrheitlich statistische Bezirke, für die Statistikämter in größeren deutschen Städten seit den 2000er Jahren eine Reihe von Sozialdaten vorhalten (Arbeitslosenquote, mittleres Einkommen etc.). Solche Daten können nicht nur für die Analyse von gesundheitlichen „Vorbelastungen“ eines Wohngebietes, sondern auch für das Monitoring und Evaluation planerischer Maßnahmen herangezogen werden. Erste Erfahrungen in der Analyse und Bewertung von stadtteilbezogener Planung finden sich im Rahmen integrierter Handlungsprogramme der Stadterneuerung (Thomson et al. 2006, Gibson et al. 2011, Website Soziale Stadt NRW, Website Soziale Stadt Bund). Noch kleinräumiger und dezidierter sind quantitative Sozialraumanalysen oder Sozialraumkataster, in denen mit faktor- und clusteranalytischen Verfahren soziale Problemstrukturen auf Baublockebene abgebildet werden (Beispiele: Stadt Düsseldorf 2005, Stadt Mülheim an der Ruhr, Ide 2005). Hintergrund für diese statistisch-kartographische Darstellung sozialer Handlungsbedarfe ist eine zunehmende Sozialraum-/Lebensweltorientierung in der Sozial- und Stadtplanung (Mardorf 2006). Unter Federführung des Jugendamtes erstellt, werden in der Düsseldorfer Sozialraumanalyse die einzelnen Sozialräume auch hinsichtlich ihres Wohnbaustandards und ihrer sozialen und gesundheitlichen Infrastrukturausstattung beschrieben.

Materielle Charakteristika des Wohnumfelds des Themenbereichs *Gesundheitspotenziale/Ressourcen für Gesundheitsförderung*, wie Anzahl und Zustand öffentlicher Grünflächen, Spielplätze, Sportflächen, Fahrradwege und Spielstraßen, sind Teil der Infrastrukturplanungen, die z. B. im Grünflächen- oder Verkehrsamt mitunter sogar kartographisch dargestellt werden. Jedoch wird die Fortschreibung hier in größeren Zeitabständen erfolgen, zumal die Erhebung ungleich zeit- und kostenintensiver ist. Indikatoren aus dem chemisch-physikalischen/umweltbezogenen Themenbereich folgen wiederum anderen (gesetzlichen) Erhebungsregeln und obliegen den Umwelt- und Stadtplanungsämtern (z. B. Schallmissionen, Luftschadstoffmissionen, Art und Ausmaß der Flächennutzung).

Dabei unterliegen diese sozialen, materiellen und chemisch-physikalischen Charakteristika des Wohnumfelds auch unterschiedlichen Veränderungsprozessen über die Zeit. Infrastrukturen sind zunächst stabiler als Bewohnerstrukturen, auch wenn erstere von letzteren in ihrer Gestalt und ihrem Zustand nicht unabhängig sind und umgekehrt. Für ein integrierende Informationsgrundlage über das Wohnumfeld erscheint es daher ausreichend, wenn eine Basiserhebung die Themenbereiche möglichst umfassend abzudecken und dadurch Mehrfachbelastungen aufzudecken versucht. Ein jährliches Monitoring könnte sich hingegen auf die routinierte Sozialberichterstattung konzentrieren, um soziale Prozesse in den Wohnumfeldern zu erkennen und so Rückschlüsse auf sich möglicherweise in der Folge verändernde, materielle und chemisch-physikalische Charakteristika in städtischen Teilräumen zu ziehen.

Schließlich sollten die Indikatorensets Ausgangspunkt und Grundlage für eine inhaltlich-qualitative Auseinandersetzung mit dem Wohnumfeld, seiner Bevölkerung, dem baulichen Bestand sowie Frei-

räumen sein. Im konkreten Planungsfall sollten bislang quantitative Daten und ihre Ausprägungen mit qualitativen Daten verknüpft werden, um ein vielschichtiges Bild über die objektive und subjektive *Wohnumfeldfunktion* des Untersuchungsraums und seine psychosozialen Effekte zu gewinnen. Qualitative Indikatoren können zum Beispiel als Einschätzungen von Expertinnen und Experten oder auch in Haushaltsbefragungen ermittelt (vgl. z. B. Köckler et al. 2008) und verbal-argumentativ in die Untersuchungsergebnisse von Umweltprüfungen eingebunden werden.

Ein solches Erhebungs- und Beteiligungskonzept könnte in der kommunalen Gesundheitskonferenz (§ 24 ÖGDG NRW) entwickelt und institutionalisiert werden. In diesem Gremium können sich Experten unterschiedlicher Professionen aus dem Verwaltungs- und intermediären Bereich (z. B. Quartiersmanagement, Sozialdienst, Umweltgruppen, Ärzte) zusammenfinden, um u. a. Schwerpunkte der Kommunalen Gesundheitsberichterstattung zu setzen, die Planung in ihren Stellungnahmen im Rahmen umweltprüfungspflichtiger Vorhaben, Pläne und Programme gezielt zu informieren oder auch proaktiv auf die Planung zuzugehen.

5.3 Naturräumliche Determinanten

Thomas Claßen, Ilse Albrecht (Stand: 2014)

5.3.1 Einführung

Einem weiten Umweltverständnis sowie den Ausführungen des *Millenium Ecosystem Assessment* folgend werden Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen auch maßgeblich durch die sozialräumliche, die natürliche, die baulich-technische und die kulturelle Umwelt beeinflusst (Meyer & Sauter 1999; MA 2005).²⁵ Hierbei können die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft sowie natürliche Prozesse (z. B. als Ökosystemdienstleistungen) einerseits direkt auf die physische und psychisch-mentale Gesundheit einwirken. Andererseits wirken sie auch - oftmals indirekt - in ihrer Gesamtheit ein, beispielsweise über das Landschaftsbild.

Thomas Claßen, Ilse Albrecht (Stand: 2014)

5.3.2 Natur und Landschaft

Natur und Landschaft prägen in vielfältiger Weise unser physisches, psychisch-mentales und soziales Wohlbefinden.²⁶ Dabei ist zu betonen, dass die Landschaft nicht alleine visuell wahrgenommen wird, sondern es werden weitere Sinne wie das Hören und Riechen angesprochen. Das Landschaftsbild setzt sich demnach zusammen aus dem Gesicht der Landschaft, das heißt ihrer sichtbaren und greifbaren naturraumtypischen, historisch gewachsenen Eigenart, und aus ihren charakteristischen Geräuschen und Gerüchen.²⁷ Insofern spielen auch saisonale Charakteristika von Landschaften eine wesentliche Rolle. Das Verständnis von Landschaft umfasst aber nicht nur die Wahrnehmung des physisch-materiellen Raumes.²⁸ Entscheidend ist die subjektive, individuelle und gesellschaftlich-kulturelle

²⁵ Beim *Millenium Ecosystem Assessment* handelt es sich um eine durch die Vereinten Nationen erstellte Studie, die einen umfassenden Überblick über den globalen Zustand der Ökosysteme und ihrer "ökosystemaren Dienstleistungen" gibt. Sie wurde 2001 in Auftrag gegeben und 2005 fertiggestellt. Ein wichtiger Eckpfeiler im Rahmen der Studie ist das menschliche Wohlbefinden.

²⁶ Vgl. Abraham et al. 2007; Claßen & Kistemann 2010.

²⁷ Vgl. Köhler & Preiß 2000.

²⁸ Vgl. Jessel 2005.

Konstruktion von Landschaft über die Verschneidung des Wahrgenommenen mit Erfahrungen, Wertvorstellungen und Bedeutungszuschreibungen.²⁹ Das Landschaftsbild ‚entsteht‘ erst durch die menschliche Wahrnehmung und die individuelle und gesellschaftliche Konstruktion und kann sich dadurch als verinnerlichte Landschaft (*mental landscape*) vom physischen Original (z. B. festgehalten als Fotografie) erheblich unterscheiden.³⁰ Hierbei ist auch wesentlich, wie stark sich Menschen mit einem Raum und ggf. mit einem Landschaftstypus identifizieren und ob Landschaftsbilder als Metapher für Erinnerungen und Sehnsüchte (z. B. *Traumwelt Südsee*) genutzt werden.³¹

Seit den 1970er Jahren verdichten sich die Hinweise darauf, dass das Erlebnis von Natur und Landschaft einen unabhängigen Beitrag zu Gesundheit und Wohlbefinden von Menschen leisten kann. Aufgrund vermuteter unterschiedlicher Wirkungen werden dabei urbane Landschaften, ländlich geprägte und natürliche sowie naturnahe Landschaften oftmals differenziert betrachtet.³² Und im übertragenen Sinne können Landschaften somit auch eine therapeutische oder gesundheitsförderliche Wirkung entfalten (Konzept der *Therapeutischen Landschaften*).³³

In den vergangenen Jahren sind auch im deutschsprachigen Raum ausgezeichnete Übersichtsarbeiten entstanden, die sich eingehender mit dem Thema „Landschaft, Gesundheit und Wohlbefinden“ befassen. Abraham et al. (2007: 16ff.) identifizieren verschiedene Wirkkomponenten von Landschaft auf Gesundheit:

- **Ökologische Komponente:** natürlich gegebene oder anthropogen erzeugte, physisch-materielle Landschaftseinflüsse, die gesundheitsfördernde oder -beeinträchtigende Wirkungen mit sich bringen können,
- **Ästhetische Komponente:** eine Landschaftsgestaltung, welche dem gesellschaftlichen Ästhetikempfinden entspricht, funktionalen Charakter aufweist und demnach zu einer gesundheitsfördernden Infrastruktur beiträgt (Stadtplanung, Landschaftsarchitektur etc.),
- **Physische Komponente:** Aspekte von Landschaftsräumen, welche physische Betätigung im Sinne von Bewegung, Freizeitaktivitäten und Sport im Freien ermöglichen und somit ein physisches Wohlbefinden fördern,
- **Psychische Komponente:** Aspekte von Landschaftsräumen, welche das psychische und mentale Wohlbefinden der Menschen beeinflussen,
- **Soziale Komponente:** Aspekte von Landschaftsräumen, welche soziale Begegnungen und sozialen Austausch ermöglichen und somit zu einem sozialen Wohlbefinden und zur Integration und Inklusion beitragen,
- **Pädagogische Komponente:** Aspekte von Landschaftsräumen, welche die gesundheits- und landschaftsrelevante Sozialisation von Kindern und Jugendlichen zu beeinflussen vermögen.

Genau genommen wäre hier noch eine symbolische Komponente zu ergänzen, die die individuellen und gesellschaftlich-kulturellen Bedeutungszuschreibungen von Natur und Landschaft thematisiert.³⁴

Nohl (2008: 76) führte in einem Konferenzbeitrag zum Thema *Gesundheit als Faktor bei der Betrachtung von Landschaft* aus:

²⁹ Vgl. Ipsen 2006; Kühne 2008.

³⁰ Vgl. Kühne 2008.

³¹ Vgl. Abraham et al. 2007.

³² Vgl. u.a. Kaplan & Kaplan 1989.

³³ Vgl. Claßen & Kistemann 2010.

³⁴ Vgl. Claßen & Kistemann 2010; Rittel et al. 2013.

„Wohlbefinden in einer Landschaft setzt demnach ein, wenn es einem Menschen mittels seines Körpers, seiner Sinne, seiner Symbolisierungs- und sozialen Fähigkeiten gelingt, in vielen, sich ergänzenden Einzelakten Erfahrungen zu sammeln, die das Wesentliche dieser Landschaft widerspiegeln.“

Der Mensch wolle sich Landschaften um der Gesundheit und des Wohlbefindens willen aneignen. Das Wohlbefinden in der Landschaft sei ein Gefühl. Da Gefühle immer mit Bedürfnissen verbunden sind, sind insbesondere solche Landschaftsfaktoren für das Wohlbefinden verantwortlich, die spezifischen Bedürfnissen der Menschen in der Landschaft entgegenkommen. Hieraus ergeben sich wichtige Bedürfniskomplexe, deren Erfüllung zum Wohlbefinden beitragen:³⁵

- Bedürfnis nach Naturerfahrung,
- Bedürfnis nach Heimaterlebnissen,
- Bedürfnis nach Freiheit,
- Bedürfnis nach Ruhe und Erholung.

Bei dem Bedürfnis nach Naturerfahrung geht es dem Menschen nicht um das Erfahren und die Aneignung einer möglichst unberührten Natur. Positive Naturerfahrung ist nicht mit *naturnah* aus Sicht des Arten- und Biotopschutzes gleich zu setzen. Vielmehr werden auch Kulturlandschaften und selbst urbane Landschaften, die Natürlichkeit vermitteln und als Identifikationspunkt dienen können, als angenehm empfunden.³⁶ In diesem Zusammenhang kommt urbanen Grünräumen und Gewässerelementen, aber auch ästhetischen architektonischen Besonderheiten eine große Bedeutung als Ankerpunkte zu.

Damit Natur und Landschaft die gesetzlich verankerte Erholungsfunktion angemessen erfüllen können, ist die Befriedigung dieser Bedürfnisse eine Voraussetzung.

Köhler & Preiß (2000) haben auf Basis empirischer Untersuchungen zusammengefasst, welche Strukturen und Ausprägungen von Natur und Landschaft als besonders attraktiv empfunden werden:

- zugängliche, klare, ‚sauber‘ wirkende Still- und Fließgewässer,
- zugängliche, geschützte Orte zum Verweilen und Treffen,
- weite Ausblicke,
- Aspekt- und Strukturvielfalt und Artenreichtum,
- reich strukturierte und dennoch geordnete, genutzte Kulturlandschaften.

Aus Perspektive der Gesundheitsförderung sind Natur und Landschaft dann besonders wirksam, wenn sie multifunktional von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen als Erlebnis-, Begegnungs-, Inklusions-, Bewegungs-, Entspannungs- und Regenerationsräume erfahren werden können und idealerweise weitere gesundheitsbezogene ökologische Dienstleistungen (z. B. klimaökologische Ausgleichsfunktion, Lärm- und Schadstoffminderung) erfüllen.³⁷ Im Rahmen von Planungsprozessen und Zulassungsverfahren sollten diese Aspekte im Zuge der Einbringung und Abwägung gesundheitlicher Belange besondere Berücksichtigung erfahren.

Der *gesetzliche Schutzauftrag* für Natur und Landschaft ist begründet im Bundesnaturschutzgesetz. So sind gemäß § 1 Abs. 1 BNatSchG „Natur und Landschaft [...] als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und un-

³⁵ Vgl. Nohl 2008.

³⁶ Vgl. Kaplan & Kaplan 1989; Meier et al. 2005; Abraham et al. 2007; Claßen et al. 2012.

³⁷ Vgl. Claßen et al. 2012.

besiedelten Bereich [...] zu schützen.“ Der Begriff Landschaft umfasst hierbei die Merkmale *Vielfalt*, *Eigenart* und *Schönheit* sowie den *Erholungswert*. Zur dauerhaften Sicherung dieser Merkmale sind insbesondere

- Naturlandschaften und historisch gewachsene Kulturlandschaften, auch mit ihren Kultur-, Bau- und Bodendenkmälern, vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu bewahren,
- zum Zweck der Erholung in der freien Landschaft nach ihrer Beschaffenheit und Lage geeignete Flächen vor allem im besiedelten und siedlungsnahen Bereich zu schützen und zugänglich zu machen (BNatSchG, § 1 Abs. 4).

Thomas Claßen, Hendrik Baumeister, Ilse Albrecht (Stand: 2014)

5.3.3 Erholungswert von Natur und Landschaft

Laut Artikel 24 der Menschenrechtskonvention hat jeder Mensch *das Recht auf Erholung und Freizeit* (UNO 1948). Im Zusammenhang mit dem deutschen Grundgesetz und dem darin verankerten Sozialstaatsprinzip erwächst daraus eine Verpflichtung des Bundes zur Schaffung eines entsprechenden Rahmens, um allen Bevölkerungsgruppen eine Teilnahme an Freizeitaktivitäten und Aktivitäten zur Erholung zu ermöglichen und zu sichern.³⁸ Dieser hoheitliche Auftrag zur Erholungsvorsorge wirkt sich insbesondere auf raumplanerischer Ebene aus. Hier gilt es die Konflikte aus unterschiedlichen Raum- und Nutzungsanforderungen (Städtebau, Natur- und Umweltschutz etc.), aber auch Aspekten der menschlichen Gesundheit zu bewältigen.³⁹

Der Auftrag zur Erholungsvorsorge wird, was die Erholungsfunktion von Natur und Landschaft betrifft, im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) konkretisiert. Dort wird in § 1, Abs. 1, Satz 1 gefordert „Natur und Landschaft [...] so zu schützen, dass [...] der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind“. Nach BNatSchG, § 7, Abs. 1, Satz 3 wird Erholung beschrieben „als Natur- und landschaftsverträglich ausgestaltetes Natur- und Freizeiterleben einschließlich natur- und landschaftsverträglicher sportlicher Betätigung in der freien Landschaft“. Für den menschlichen Organismus bedeutet Erholung allerdings weit mehr als reines Erleben, denn der Organismus benötigt Erholung, um durch Beanspruchungen wie Arbeit oder Stress verlorene körperliche wie seelische Ressourcen wieder aufzubauen.⁴⁰ Naturräume bieten diese zur Erholung nötigen Angebote zur Ruhe und Entspannung aber auch zur Bewegung. Damit tragen sie zur Regeneration bei und fördern so das psychische und physische Wohlbefinden.⁴¹

Der Erholungswert beschreibt die Bewertung des Erholungsnutzens eines Ortes.⁴² Die Bewertung des Ortes ist dabei stark von seiner kontemplativen Wirkung abhängig. Neben der wahrgenommenen Natürlichkeit des Ortes sind insbesondere Ruhe sowie eine unbelastete Umwelt für Erholungsgebiete besonders wichtig. Weitere wichtige Faktoren für den Erholungswert sind Ästhetik und Vielfalt.⁴³

Ein Ort wird erst durch die positive Gesamtheit seiner sinnlichen Eindrücke als ästhetisch empfunden und lädt dadurch besonders ein, Angebote zur Erholung wahrzunehmen. Das ästhetische Empfinden

³⁸ Vgl. Spittler et al. 2000.

³⁹ Vgl. BMU 1997.

⁴⁰ Vgl. Gilles et al. 2005.

⁴¹ Vgl. u.a. Grahn & Stigsdotter 2002, Job-Hoben et al. 2010.

⁴² Vgl. Ott & Baur 2005.

⁴³ Vgl. Grahn & Stigsdotter 2002.

eines Ortes erfolgt auf subjektiver Ebene und ist damit abhängig von individuellen Faktoren wie Erziehung, Bildung, Religion und Kultur sowie persönlichen Erfahrungen und der Stärke der Identifikation mit einem Ort. Die aufgezählten Faktoren deuten allerdings an, dass das subjektive Empfinden durch gesellschaftlich konstruierte Ideologien und Konventionen (als kollektive oder gesellschaftliche Ästhetik) geprägt wird.⁴⁴

Auch die Erwartungen an einen Ort sind ausschlaggebend für die ästhetische Wahrnehmung, denn können diese nicht erfüllt werden, erscheint der Ort als unattraktiv. Somit sind Funktion und Nutzbarkeit ebenso wichtige Faktoren für die ästhetische Wahrnehmung wie die eigentlichen Sinne (Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen) selbst. Die Stimulierung dieser Sinne ist ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Beurteilung des Erholungswertes eines Ortes. Ein erholsamer Ort bietet eine anregende Vielfalt an Abwechslung und Geschehnissen und übt dadurch eine gewisse (sinnliche) Faszination auf den Betrachter aus.⁴⁵ Das Empfinden dieser anregenden Vielfalt ist dabei genauso individuell zu betrachten wie das Empfinden von Ästhetik.⁴⁶

Erholungsräume lassen sich nach der Dimension ihres Kontextes auf drei unterschiedlichen räumlichen Ebenen betrachten: Der regionalen Ebene, der lokalen Ebene bzw. dem Wohnumfeld sowie dem unmittelbaren Ort des Wohnens.

Die *regionale Ebene* betrachtet vor allem großräumige Erholungslandschaften in ihrer Gesamtheit und in ihren Teilräumen. Diese Erholungsräume stehen vor allem im Zusammenhang mit Urlaub und Tagesausflügen. Die Faktoren Natur- und Kulturerlebnis stehen auf dieser Ebene im Vordergrund.

Auf *lokaler Ebene* werden Naherholungsangebote vor allem im urbanen Kontext betrachtet. Dazu zählen u.a. Parks, Grünflächen, Teiche, Seen, Flüsse und deren Auen. Aber auch weniger naturgebundene Angebote bieten sich auf dieser Ebene an wie Sportplätze, Stadtplätze und auch gastronomische Einrichtungen. Auf lokaler Ebene werden die Bedürfnisse der Bevölkerung somit an den Orten angesprochen, wo sie sich im Alltag und in der Freizeit aufhält, bewegt und begegnet.

Der *Ort des Wohnens*, das „Zuhause“, (Wohnhaus, Wohnung, Garten) kann als individuelle Ebene angesehen werden. Hier stehen zunächst die Grundbedürfnisse der Bewohner nach Schutz und Geborgenheit sowie nach Regeneration (Entspannung, Hobbys, Schlafen etc.) im Vordergrund. Gerade Kinder, ältere Menschen und Erziehende verbringen einen Großteil ihrer Zeit im direkten Wohnumfeld. Dauerhafte Einschränkungen der Erholungsqualität (z. B. durch Schallimmissionen, geruchliche Belastungen) können deshalb hier besonders nachhaltige negative Folgen haben und den individuellen Erholungswert deutlich mindern.

Einschränkungen des Erholungswertes stehen oftmals unmittelbar im Zusammenhang mit Einflüssen, die in den Kapiteln 5.3.5.1 – 5.5.1 als abträglich für Gesundheit und Wohlbefinden beschrieben sind. Schallimmissionen sind hier als besonders wirksame Störquelle zu nennen. Ebenso ergeben sich jedoch auch mittelbare Einschränkungen aufgrund psychosozialer Effekte und sozialräumlicher Problemlagen, die durch dauerhafte Einschränkungen der Erholungsqualität von Räumen verstärkt werden können.⁴⁷

⁴⁴ Vgl. Krömker 2005, Tessin 2008.

⁴⁵ Vgl. Kaplan/Kaplan 1989.

⁴⁶ Vgl. Krömker 2005.

⁴⁷ Vgl. Kap. 5.2.

Ilse Albrecht (Stand: 2014)

5.3.4 Visuelle Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und Wohlbefinden

Die Wahrnehmung der Landschaft und damit die mit der Landschaft verbundene Erholungsfunktion und das Wohnumfeld können durch verschiedene Faktoren gestört werden. Folgende Faktoren sind wesentlich für eine visuelle Beeinträchtigung:

- technische Überformung der Landschaft: dabei bestimmt die emotionale Bewertung von Technik den Grad der Störwirkung; hohe und raumgreifende Anlagen (Sendemasten, Windenergieanlagen, Freileitungsmasten, Lärmschutzwälle, Sperrbauwerke), die keiner natürlichen Dimension entsprechen (so genannte „sperrige Infrastruktur“, vgl. Nohl 2001), werden als besonders störend empfunden. Das Ausmaß der Störwirkung ist abhängig von der Einbettung der Anlage in das Landschaftsbild.
- Lärm und unangenehme Gerüche können den Eindruck visueller Beeinträchtigung verstärken.

Verbindliche Bewertungsmaßstäbe für die Beurteilung visueller Beeinträchtigungen gibt es bislang nicht. Generell ist das Maß der Beeinträchtigung stark subjektiv geprägt und von der persönlichen Werthaltung abhängig.

Bei der Bewertung visueller Beeinträchtigungen ist zu beachten, dass mit steigender Entfernung die Intensität der negativen optischen Wirkung abnimmt. Dies trifft auch auf Lärm und unangenehme Gerüche zu. Ein von Nohl (1993) verfolgter Ansatz ist daher, in Abhängigkeit von der Höhe und Bauart des Objektes sogenannte Wirkzonen abnehmender Eindrucksstärke zu definieren. Innerhalb der unmittelbar um das Objekt gelegenen Wirkzone wird das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigt. In den äußeren Wirkzonen nimmt die Eindrucksstärke ab. Außerhalb der Wirkzonen mag das Objekt zwar noch sichtbar sein, wird aber nur noch als ein Bestandteil der Landschaft empfunden.

In Bezug auf die Planung von Windenergieanlagen ist die Entfernungsabhängigkeit der visuellen Wirkung in Form von Abstandsvorgaben umgesetzt worden. Damit soll sichergestellt werden, dass Siedlungsbereiche, Landschaftsschutzgebiete oder für die Erholung wichtige Bereiche nicht übermäßig beeinträchtigt werden. In Tabelle 12 sind Abstandsvorgaben einzelner Bundesländer zusammengestellt (vgl. Bund-Länder-Initiative Windenergie 2013).

Tabelle 12 Abstände von Windenergieanlagen zu Wohnbebauung und Vorranggebieten Natur und Landschaft gemäß landesplanerischen Abstandsempfehlungen

Bundesland	Allgemeine und reine Wohngebiete	Einzelbebauung	Vorrang für Natur und Landschaft
Baden-Württ.	700 m, Einzelfall	700 m, Einzelfall	/
Bayern	800 m	500 m	Einzelfall, max. 1000 m
Brandenburg	1000 m	/	Einzelfall
Hamburg	500 m	300 m	
Hessen	1000 m, Einzelfall	1000 m, Einzelfall	Einzelfall
Mecklenb.-Vorp.	1000 m	800 m	Einzelfall
Niedersachsen	1000 m	/	/
NRW	Einzelfall	Einzelfall	Einzelfall
Rheinland-Pfalz	1000 m	400 m	/
Saarland	Einzelfall	Einzelfall	200 m
Sachsen	750 - 1000 m WEA >100m: 10 x Nabenhöhe	300 - 500 m	Einzelfall
Sachsen-Anhalt	1000 m WEA >100m: 10 x Gesamthöhe	1000 m	Einzelfall
Schleswig-Hol.	800 m	400 m	Einzelfall
Thüringen	750 - 1000 m	/	Einzelfall

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach Bund-Länder-Initiative Windenergie (Stand: Mai 2013)⁴⁸

Für den Neubau von ausgewählten Freileitungstrassen auf der 380-kV-Höchstspannungsebene, für die ein vordringlicher Ausbaubedarf besteht, sind mit dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) ebenfalls Abstandsvorgaben zur Wohnbebauung eingeführt. Wenn bestimmte Abstände zu Wohngebäuden unterschritten werden (400 m zu Wohngebäuden im Innenbereich, 200 m zu Wohngebäuden im Außenbereich), kann auf Teilabschnitten von mindestens 3 km Länge eine Erdverkabelung vorgesehen werden. Hintergrund für die Erdverkabelung ist unter anderem die Vermeidung von Wohnumfeldstörungen, zu denen die visuelle Beeinträchtigung des Wohnumfeldes durch Freileitungsmasten zählt. In Niedersachsen sind die entsprechenden Abstandsvorgaben im Landesraumordnungsprogramm verankert (LROP Niedersachsen 2012).

Andrea Rüdiger (Stand: 2014)

5.3.5 Kleinklimatische Verhältnisse

Klima, Wetter und Gesundheit stehen in vielfachen Wechselbeziehungen zueinander. Das Klima zählt von Anfang an zu den Schutzgütern, die in Umweltprüfungen im Hinblick auf ihre Belastungen zu untersuchen sind. In aktuellen Umweltverträglichkeitsstudien wird in der Regel auf die Auswirkungen

⁴⁸ <http://www.erneuerbare-energien.de/unser-service/mediathek/downloads/detailansicht/artikel/ueberblick-zu-den-landesplanerischen-abstandsempfehlungen-fuer-die-regionalplanung-zur-ausweisung-von-windenergiegebieten/>

von Vorhaben und Plänen auf Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete und das Offenhalten von Frischluftkorridoren abgestellt.

Das Kleinklima oder auch Mikroklima umfasst einen Bereich der bodennahen Luftschichten bis etwa zwei Meter Höhe. Auch das Klima, das sich in einem engen räumlichen Bereich (zum Beispiel zwischen Gebäuden in einer Stadt) ausbildet, wird meist als Kleinklima bezeichnet.

Pflanzen, Tiere aber auch der Mensch sind dem Mikroklima direkt ausgesetzt. In nicht natürlichen Lebensräumen wie Städten kann das Mikroklima durch die Dichte der Bebauung, Versiegelungsgrad/-art, Vegetationsbestand aber auch durch unterschiedliche Baumaterialien, die Architektur, die Variabilität der Sonneneinstrahlung bzw. Beschattung oder die Modifikation des Windfeldes erheblich vom regionaltypischen Mesoklima abweichen. Gleichzeitig können sich bereits kleinere Veränderungen wie der Bau oder Abriss eines Gebäudes oder Veränderungen der Belüftungssituationen empfindlich auf kleinklimatische Verhältnisse auswirken. Das Siedlungsklima, also die klimatischen Verhältnisse in der Stadt und seinem Umland, wird durch eine Vielzahl von Klimafaktoren beeinflusst, die zu Ausbildung unterschiedlicher Klimatope (Kategorisierung gemäß VDI Richtlinie 3787, Blatt 1) führen.

Städte zeichnen sich im Vergleich zu ihrer ländlichen Umgebung vor allem durch höhere Temperaturen und eine stärkere Trockenheit aus. Die baulichen Anlagen bewirken durch ihre Höhe und Dichte eine erhöhte Rauigkeit der Erdoberfläche, so dass das Strömungshindernis 'Stadt' die bodennahen Windgeschwindigkeiten bis zu 20% reduziert (s. Tabelle 13).

Tabelle 13 Charakteristische Stadtklimaeffekte

Einflussgröße	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland	Einflussgröße	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland
Lufttemperatur - Jahresmittel - Winterminima - in Einzelfällen	~ + 2°C bis + 10°C bis + 15°C	Wind - Geschwindigkeit - Richtungsböigkeit - Geschwindigkeitsböigkeit	bis -20 % stark variierend erhöht
UV-Strahlung - im Sommer - im Winter	bis - 5% bis - 30%	Sonnenscheindauer - im Sommer - im Winter	bis - 8% bis - 10%
Sensibler Wärmestrom	bis + 50%	Wärmespeicherung im Untergrund und in Bauwerken	bis + 40 %
Globalstrahlung (horizontale Fläche)	bis – 10%	Gegenstrahlung	bis + 10%
Niederschlag - Regen - Schnee - Tauabsatz	mehr (leeseitig) weniger weniger	Luftfeuchte - relativ - absolut	geringer gleich
Nebel - Großstadt - Kleinstadt	weniger mehr	Luftverunreinigung - CO, NO _x , PM10, AVOC ¹⁾ , PAN ²⁾ - O ₃	mehr weniger (Spitzen höher)
Bioklimatische Vegetationsperiode	Bis zu zehn Tage länger	Dauer der Frostperiode	bis - 30 %

¹⁾ Anthropogene Kohlenwasserstoffe; ²⁾ Peroxiacetylnitrit

Quelle: Rannow 2009, S. 14-15.

Verglichen mit dem Umland kommt es zu mehr Windstillen und weniger Böen in der Stadt. Mit der Veränderung der Windverhältnisse verringern sich die Luftaustauschprozesse oder werden mitunter

ganz unterbunden. Hieraus resultiert nicht nur eine Anreicherung von Luftschadstoffen, sondern auch eine Ansammlung und Stauung der warmen Luftmassen in der Stadt. Bereits ein Wechsel der Oberflächen von Straßen und Parks etc. und vor allem unterschiedliche Haushöhen führen bereits zu mehr Turbulenzen, was einer mangelhaften oder fehlenden Durchlüftung und erhöhten Temperaturen entgegenwirken kann.

Die Berücksichtigung von derzeitigen und zukünftigen kleinklimatischen Verhältnissen in der Stadtplanung und -entwicklung muss nicht zuletzt aufgrund des Gebotes gesunder Wohn- und Arbeitsbedingungen in einer für die Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen relevanten Weise erfolgen (vgl. VDI Richtlinie 3787). Im Zuge der Diskussion um Klimaveränderungen wird eine Zunahme der thermischen Belastung, steigende Gefährdung durch Extremwetterereignisse, steigende Gefahr von vektorbasierten Krankheiten und Gefährdung durch weitere, klimabedingte Gesundheitsrisiken diskutiert.⁴⁹

5.3.5.1 Chemische Determinanten

Monika Machtoff (Stand: 2014)

5.3.6 Boden

5.3.6.1 Einflussfaktoren und Wirkungsweise

Boden ist der oberste, belebte Teil der Erdkruste, der nach unten von festem oder lockerem Gestein und nach oben meist durch eine Vegetationsdecke sowie die Erdatmosphäre begrenzt wird. Aus bodenkundlicher Sicht wird der Boden als die von bodenbildenden Prozessen geprägte Grenzzone zwischen der Lithosphäre (Gesteinsschicht) und der Biosphäre mit der Erdatmosphäre oder Hydrosphäre bezeichnet. Dieser Bereich, die sogenannte Pedosphäre besteht aus der mineralischen Bodensubstanz, der organischen Bodensubstanz, dem Bodenwasser und der Bodenluft. Boden stellt eine zentrale Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Menschen dar. Darüber hinaus dient der Boden als Wasserspeicher und Schadstofffilter, als Klimaregler, als Archiv für Natur- und Kulturgeschichte, als Ernährungs- und Rohstoffquelle. Boden bietet darüber hinaus die Grundlage als Nutzfläche für Siedlung, Erholung, Verkehr und Versorgung.

Die natürlichen Gehalte *anorganischer Stoffe*, wie z. B. Schwermetalle in Böden, werden mehr oder weniger stark von anthropogenen Einträgen überprägt. Während z. B. Gehalte von Nickel und Chrom sehr stark vom geogenen Grundgehalt bestimmt werden, sind die natürlichen Gehalte z. B. von Zink, Blei, Cadmium und Kupfer insbesondere in Oberböden in weitaus stärkerem Maße von anthropogenen Einträgen (z. B. Abfälle, Abwässer, Dünger und Pestizide der landwirtschaftlichen Nutzung) überlagert.

Organische Schadstoffe kommen natürlicherweise in Böden außerhalb der Lagerstätten fossiler Brennstoffe so gut wie nicht vor. Insbesondere bei Vulkanausbrüchen und Waldbränden können jedoch einige Verbindungen entstehen. Der weitaus größere Teil der organischen Schadstoffe ist anthropogenen Ursprungs und erst im Zuge der weltweiten Industrialisierung zu Beginn des 20. Jahrhunderts in die Umwelt gelangt (LABO 2003).

Schadstoffe im Boden können bei besonderen Bevölkerungsgruppen oder Aktivitäten unmittelbar Einfluss auf die menschliche Gesundheit nehmen. So können beispielsweise Kleinkinder beim Spielen direkten Bodenkontakt haben und Bodenpartikel mit den darin enthaltenen Schadstoffen verschlucken.

⁴⁹ Vgl. Kap. 7.7.

Ältere Kinder können durch ihre Spielaktivitäten erhöhte Staubkonzentrationen mit bodenbürtigen Schadstoffen in der Luft hervorrufen. Auf gewerblich genutzten Flächen kann es ebenfalls nutzungsbedingt zu erhöhten bodenbürtigen Schadstoffbelastungen in die Luft kommen. Daneben finden Transferprozesse statt, die zu einer Verlagerung von Schadstoffen aus dem Boden z. B. in Nahrungs- und Futterpflanzen oder ins Grundwasser und damit ins Trinkwasser führen können. Bei flüchtigen Stoffen muss auch mit einer Ausgasung in die Atmosphäre gerechnet werden.

5.3.6.2 Gesundheitliche Wirkungen

Wirkungspfad Boden – Mensch

Die menschliche Gesundheit wird durch die Qualität und Eigenschaften der verschiedenen Umweltmedien beeinflusst. Zur Beurteilung möglicher Auswirkungen sind zum einen die Aufnahmepfade (orale und inhalative Aufnahme, dermalen Kontakt) zu unterscheiden, zum anderen muss berücksichtigt werden, welches die Wirkendpunkte toxischer oder kanzerogener Wirkungen sind und inwiefern systemische, aufnahmepfadübergreifende oder lokale Wirkungen zu beurteilen sind.

Kommt der Mensch mit Schadstoffen im Boden in Kontakt, können in Abhängigkeit von Expositionsdauer und -häufigkeit (vgl. Kapitel QRA, Expositionsabschätzung) sowie der Konzentration und Wirksamkeit des Stoffes im Boden gesundheitliche Wirkungen auf verschiedene Zielorgane im menschlichen Organismus erfolgen. Während für einige Schwer- und Halbmetalle nach oraler Aufnahme die sensibelsten Effekte, wie Hautläsionen (Arsen), neurotoxische Störungen (Blei), Nierenschädigungen (Cadmium), foetotoxische Effekte (Nickel) oder immunotoxische Effekte (anorganische Quecksilberverbindungen) oder kanzerogene Effekte (z. B. Arsen, PAK) zu beobachten sind, können auch nach inhalativer Aufnahme bodenbürtiger Stäube die sensibelsten Effekte wie lokal kanzerogene (Chrom) oder respirationstoxische Effekte (Nickel) auftreten. Einige Stoffe wie Cyanide oder auch Arsen in höheren Konzentrationen gelten als akut toxisch, schon die Aufnahme geringer Bodenmengen (ca. 10 g) kann eine letale Wirkung zeigen.

Ausführliche Informationen zur Toxikologie der relevanten Stoffe finden sich in den Loseblattsammlungen von Eikmann et al. (1999). Konkrete Vergleichsbetrachtungen und die Quantifizierung relevanter Aufnahmepfade im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden – Mensch sind in der Loseblattsammlung vom Umweltbundesamt (1999) dokumentiert.

Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze – Mensch

Zur Betrachtung des Wirkungspfades Boden – Nutzpflanze – Mensch ist es erforderlich, sowohl Kenntnisse über das *Anreicherungs-* und *Transferverhalten* von Schadstoffen z. B. aus dem Boden in die Nutzpflanzen zu haben, als auch über individuelle *Verzehrmengen* von angebautem Gemüse.

Pflanzen können prinzipiell über drei verschiedene Teilpfade Schadstoffe aus dem Boden aufnehmen:

- Aufnahme von gelösten Stoffen aus dem Bodenwasser über die Wurzeln und Verteilung der Substanzen in der Pflanze ("systemischer Pfad"; vorrangig z. B. bei Cadmium).
- Aufnahme von flüchtigen Substanzen über die Spaltöffnungen bzw. Kutikula der Blätter und Verteilung innerhalb des pflanzlichen Gewebes (*Gaspfad*, z. B. bei PCB).

- Ablagerungen von Boden bzw. Staub auf der Pflanzenoberfläche und zum Teil Anlagerung bzw. Aufnahme über die Kutikula (*Verschmutzungspfad* oder/und Deposition; z.B. bei Benzo(a)pyren).

Neben umweltbedingten Ursachen der Schadstoffkontamination können boden-, pflanzen- und substanzbedingte Einflussfaktoren das Anreicherungsvermögen einzelner Pflanzenarten beeinflussen. Ist ein Schadstoff aus dem Boden in verzehrbare Teile von Nutzpflanzen gelangt, kann dieser über den oralen Aufnahmepfad in den menschlichen Organismus gelangen und dort, ggf. zusammen mit dem Anteil, der direkt aus dem Boden (z. B. bei der Gartenarbeit) verschluckt wurde, wirken. Infolgedessen ist es für einige Stoffe, wie Cadmium und Thallium, die leicht aus dem Boden in die Pflanze (systemisch) aufgenommen werden, sinnvoll, *integrative* Stoffbetrachtungen durchzuführen, die alle relevanten Expositionspfade zusammenführen. Dazu müssen Schadstoffaufnahmemengen abgeschätzt werden, die entweder auf repräsentativen Pflanzenuntersuchungen basieren oder aus Transferabschätzungen Boden – Pflanze hervorgehen. Gleichzeitig sind Annahmen zur Expositionsabschätzung (Verzehrmengen und Verzehrhäufigkeit) erforderlich.

5.3.6.3 Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken

Zur Beschreibung der Schadstoffsituation im Boden können bereits vorhandene oder aber speziell gemessene Daten herangezogen werden, die durch repräsentative Flächenbeprobungen oder auch durch Einzelmessungen erhoben wurden. Im Falle einer standortspezifischen Probennahme richtet sich das Konzept insbesondere nach den im Einzelfall berührten Wirkungspfaden, der Flächengröße, der vermuteten Schadstoffverteilung sowie der gegenwärtigen, der planungsrechtlich zulässigen oder der früheren Nutzung. Explizite Vorgaben bzgl. der Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung finden sich im Anhang 1 der BBodSchV.

Werden bereits vorhandene Daten herangezogen, sollten immer die genauen Umstände der Datenerhebung, verwendete Methoden, verfolgte Strategien, Quellen, etc. dokumentiert werden, um ggf. eine mögliche Vergleichbarkeit von Daten begründen bzw. ablehnen zu können.

In Abhängigkeit von der Wahl des Extraktionsverfahrens können stoffspezifisch *Gesamtgehalte* bestimmt werden, wie beispielsweise für Schwermetalle mit Hilfe des Königswasserextrakts (nach DIN ISO 11466:97-06).

Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo)

Eine Datenquelle für bereits vorhandene Daten stellt beispielsweise in NRW das Fachinformationssystem „Stoffliche Bodenbelastung FIS StoBo“ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen dar. Im FIS StoBo werden Daten über die stofflichen Belastungen der Böden in Nordrhein-Westfalen gesammelt. Es enthält mit derzeit ca. 60.000 Einzeldatensätzen und den zugehörigen Metainformationen umfassende, punktbezogene Informationen über Stoffgehalte in den Böden von NRW. Vorrangig sind dort Daten zu toxikologisch relevanten Schwermetallen und schwer abbaubaren organischen Verbindungen dokumentiert.

Bodenbelastungskarten

Digitale Bodenbelastungskarten (BBK) wurden in NRW aufgrund einer landesweiten Förderung in der Regel für das Gebiet eines Kreises oder einer kreisfreien Stadt erstellt und sollten die behördliche Ermittlungspflicht nach § 9 BBodSchG unterstützen. Bodenbelastungskarten können insbesondere auch

zur Erfassung von schädlichen Bodenveränderungen durch die zuständigen Behörden nach § 5 LBodSchG NRW erstellt werden.

In Nordrhein-Westfalen liegen digitale Bodenbelastungskarten aktuell für über 40 Kreise oder Städte vor. Die Bearbeitungsgebiete decken zurzeit ca. 46% der Landesfläche ab. Sie liefern insbesondere den Unteren Bodenschutzbehörden wichtige Erkenntnisse sowohl für die Gefahrenabwehr als auch für den vorsorgenden Bodenschutz. Stellungnahmen für Planungs- und Genehmigungsverfahren werden dadurch erleichtert.

Die Daten zur stofflichen Belastung der Böden aus digitalen Bodenbelastungskarten werden in das Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo) aufgenommen und stehen Nutzern für weitere Auswertungen zur Verfügung.

Hintergrundgehalte

Die Kenntnis zur allgemeinen Verbreitung von Stoffen in Böden ist neben wirkungsbezogenen Betrachtungen von wesentlicher Bedeutung für stoffbezogene Fragestellungen. Daher wurden hierzulande sogenannte *Hintergrundwerte* für anorganische (Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei, Thallium) und organische Stoffe (PCB_s, PAK, HCB, HCH, PCDD/F) abgeleitet (vgl. LABO 2003). Hintergrundwerte sind repräsentativ ermittelte Gehalte für allgemein verbreitete Stoffe oder Stoffgruppen in Böden. Die Werte bezeichnen unter Angabe der statistischen Kenngrößen sowie der Bezugsgrößen (Ausgangsgestein der Bodenbildung, Bodenhorizont, Nutzung und Gebietsdifferenzierung) die als repräsentativ anzusehenden Stoffkonzentrationen in Böden.

Die punktbezogen gemessene Konzentration eines Stoffes im Boden setzt sich zusammen aus dem geogenen Grundgehalt des Bodens und der allgemeinen Stoffverteilung in Folge flächenhafter Einträge in den Boden. Hintergrundwerte machen eine Abgrenzung von Flächen mit punktuell hohen Stoffgehalten, die ihre Ursache in durch langjährigen Immissionseinträgen durch Einzelemittenten oder im Vorhandensein von Altlasten haben können, möglich und gelten daher als wichtiges Instrument zur wirksamen Vorsorge.

Nach § 10 BBodSchV i.V.m. § 9 Abs. 1 Nr. 2 sind Vorkehrungen zur Vorsorge auch bei Stoffen zu treffen, für die (noch) keine Vorsorgewerte vorliegen. Zur Beurteilung derartiger Stoffgehalte in Böden können die Hintergrundwerte herangezogen werden. Im Weiteren stellen Hintergrundwerte von Stoffen in Böden eine Grundlage zur Bewertung der voraussichtlichen Umweltauswirkungen eines Vorhabens im Rahmen des vorsorgenden Schutzes des Bodens nach § 12 UVPG dar (LABO 2003).

Konkrete Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten (Standortauswahl, -beschreibung; Probennahme, Stoffauswahl, Analytik, Bodenkenngößen) sind in LABO (2003) dokumentiert.

Mobile oder mobilisierbare Gehalte

Resorptionsverfügbarkeit

Soll konkretisiert werden, welche Schadstoffmenge durch den direkten Bodenkontakt nicht nur verschluckt werden kann, sondern auch zur Aufnahme über den Verdauungstrakt in den menschlichen Organismus zur Verfügung steht und Wirkungen entfalten kann, sind vertiefende Analyseverfahren zur Resorptionsverfügbarkeit der Schadstoffe erforderlich, wie beispielsweise das eigens dafür entwickelte Verfahren, das durch DIN 19738-04-07 beschrieben wird.

Grundlage des Verfahrens ist die Erkenntnis, dass von dem an den Bodenpartikeln anhaftenden oder in die Bodenmatrix eingebundenen Schadstoffinventar im Verdauungstrakt nur ein gewisser Anteil

durch Lösungs- oder Desorptionsprozesse freigesetzt wird und so für eine anschließende Resorption zur Verfügung steht. Bei der Ableitung der stoffspezifischen Prüfwerte wurde der Prozess der Resorption berücksichtigt. Dieses Analyse-Verfahren wird in der Praxis zur Bodenbewertung für die Stoffe, wie z. B. Arsen, Blei, Cadmium, Benzo(a)pyren herangezogen, die über den oralen Aufnahmepfad (s.o.) wirksam werden.

Detaillierte Hinweise zu diesem Verfahren sowie Praxiserfahrungen auch im Umgang mit der Bewertung entsprechender Untersuchungsergebnisse sind in der überarbeiteten Fassung des Arbeitsblattes 22 (vgl. LUA 2014) dokumentiert.

Anreicherungsverhalten im Feinkorn

Für Stoffe, die nach inhalativer Aufnahme bodenbürtiger Stäube die sensibelsten Wirkungen entfalten, wie z. B. Chrom und Nickel, kann zur Zeit auf kein Verfahren zur Überprüfung der Verfügbarkeit von Schadstoffen im Atemtrakt zurückgegriffen werden.

Bei der Ableitung der Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden – Mensch wurde letztlich, ohne explizite Angabe der Staubpartikelgröße, von einer Staubkonzentration von 1 mg/m³ Luft ausgegangen, die als wirkungsrelevant anzusehen ist. Im Sinne einer Überprüfung des standortspezifischen Anreicherungsverhaltens einer Substanz im Feinstaub könnte daher als Prüfschritt vorgesehen werden, die tatsächliche Schadstoffbelastung in der humantoxikologisch relevanten Feinstaubfraktion <10 µm des Bodens zu bestimmen, um den standardmäßig anzuwendenden Anreicherungsfaktor zu überprüfen. Dies ist allerdings aus methodischen Gründen schwierig umzusetzen. So lassen sich nach DIN 18123 bzw. 11277 Korngrößenfraktionen lediglich bis zu einem Durchmesser von <63 µm absieben, während eine weitere Differenzierung in Schluff- und Tonfraktionen bis <2 µm nur mittels Sedimentation nach Vorbehandlung beispielsweise mit Wasser oder durch Natriumpyrophosphat möglich ist.

Vor diesem Hintergrund stellt es eine praktikable Möglichkeit dar, für die Analytik auf die Fraktion <63 µm des Bodens zurückzugreifen, um die bestehenden Annahmen zum Anreicherungsverhalten von Substanzen im Staub näherungsweise zu überprüfen. Bestimmt werden dabei in Analogie zum Bodenmaterial selbst (hier Fraktion <2 mm), die Gesamtgehalte bzw. besonders relevante Spezies/ Bindungsformen (z. B. Chrom VI).

Pflanzenverfügbarkeit

Zur Abschätzung, inwieweit Schadstoffe aus dem Boden in angebaute Nutzpflanzen und darüber schließlich in den menschlichen Organismus gelangen können, hat sich ein Verfahren zur Bestimmung der Pflanzenverfügbarkeit bewährt, das in DIN 19730:1997-06 beschrieben ist und als Extraktionsverfahren zur Überprüfung des Wirkungspfad Boden – Pflanze im Anhang 1 der BBodSchV für Blei, Cadmium und Thallium vorgegeben ist.

5.3.6.4 Bewertungsmaßstäbe

Mindestanforderungen - Wirkungspfad Boden - Mensch

Als Bewertungsmaßstäbe liegen nach Bodenschutzrecht (BBodSchG mit der BBodSchV, vgl. Kap. 4.7, S. 48) Prüfwerte für eine Reihe von Stoffen vor, die sich sowohl am Wirkungspfad wie auch am

Nutzungsszenario (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen, Industrie- und Gewerbegrundstücke) orientieren.

Die für die Ableitung von Prüfwerten herangezogenen Maßstäbe müssen dem aktuellen Stand des Wissens entsprechen und nach einheitlicher Methodik angewendet werden (vgl. Bekanntmachung vom 18. Juni 1999). Neben der oralen Aufnahme von Schadstoffen aus dem Boden ist nach den Vorgaben des untergesetzlichen Regelwerkes auch die inhalative und ggf. dermale Aufnahme zu beachten. Hierzu sind *tolerierbare resorbierte Dosen* (TRD) als Bewertungsmaßstab für die innere Belastung heranzuziehen. TRD-Werte werden dabei definiert als Körperdosen eines Gefahrstoffes, bei denen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit bei Einzelstoffbetrachtung nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis keine nachteiligen (adversen) Effekte auf die menschliche Gesundheit erwartet werden bzw. bei denen nur von einer geringen Wahrscheinlichkeit als Ursache für Erkrankungen ausgegangen wird.

Liegen keine TRD-Werte vor (vgl. dazu Tabelle 4 in der Bekanntmachung vom 18. Juni 1999), kann als Datenbasis auf Sekundärquellen zur Dokumentation der toxischen Eigenschaften der jeweiligen Substanzen zurückgegriffen werden. Für die Ableitung von Prüfwerten für kanzerogen wirkende Substanzen sollen jedoch keine eigenständigen Einstufungen des Krebspotenzials vorgenommen, sondern auf bestehende Angaben zum Krebsrisiko zurückgegriffen werden.

Als Schutzniveau für toxisch wirkende Substanzen wird ein *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL) angezielt, der mit Hilfe von Sicherheitsfaktoren, je nach Qualität der herangezogenen Datenbasis, auf empfindliche Personengruppen übertragen wird, wobei adverse Effekte gemäß der vorgegebenen Kriterien einzugrenzen sind (vgl. Bekanntmachung vom 18. Juni 1999). Mit Hilfe der jeweiligen Aussagen zur Resorption der Substanzen kann schließlich von den resorbierten Körperdosen (TRD-Werte) auf die entsprechend zulässigen zugeführten Dosen rückgeschlossen werden.

Zur Herstellung des Gefahrenbezuges im Sinne des BBodSchG, (d.h. hinreichende Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintrittes), wird schließlich für Stoffe mit Wirkschwellen nach dem Konzept von Konietzka & Dieter (1998) eine *gefahrenbezogene Dosis* (GD) ermittelt, die das Schutzniveau eines *Lowest Observed Adverse Effect Level* (LOAEL) für empfindliche Personengruppen anzielt.

Hinsichtlich kanzerogener Effekte, für die keine Wirkschwelle anzugeben ist, ist kein NOAEL zu ermitteln, sondern ein einzelstoffbezogenes zusätzliches Krebsrisiko heranzuziehen, das analog zur Basis der TRD-Werte nach BBodSchV einem zusätzlichen Krebsrisiko von $1:10^5$ entspricht. Für die Herstellung des Gefahrenbezuges nach BBodSchG ist als Konvention ein zusätzlicher Faktor von 5 zu wählen, so dass sich ein Risikoniveau von $5:10^5$ ergibt.

Zur *quantitativen Risikobewertung* und Betrachtung verschiedener Nutzungsszenarien ist es prinzipiell auch erforderlich, die dermale Aufnahme von Substanzen zu prüfen. In der Bekanntmachung zur BBodSchV sind diesbezüglich Daten ausgewertet und methodische Vorschläge veröffentlicht worden, wobei hauptsächlich für organische Substanzen von einer relevanten dermalen Resorption auszugehen ist.

Die quantitative Risikobewertung basiert in der Regel auf der Betrachtung der sensibelsten Effekte nach langfristiger Exposition im Niedrigdosisbereich. Bei einigen wenigen Substanzen können jedoch aufgrund einer hohen akuten Toxizität tödliche (letale) Wirkungen nach kurzfristigen Expositionen (z. B. Cyanide oder Arsen) im Vordergrund der Bewertung stehen. Hierzu sind Expositionsannahmen vorgegeben, die akute Wirkungen parallel berücksichtigen lassen.

Bei der Bewertung kanzerogen wirkender Substanzen wird im Sinne der BBodSchV davon ausgegangen, dass Kinder und Erwachsene gleich sensitiv reagieren. Inwieweit diese Annahme jedoch tatsäch-

lich gerechtfertigt ist, ist derzeit wissenschaftlich noch nicht abschließend geklärt. Als Vorschlag wird daher in der Bekanntmachung zur BBodSchV empfohlen, für Substanzen mit entsprechenden Hinweisen die risikobezogene Dosis pragmatisch um den Sicherheitsfaktor 10 zu verringern. Ein Beispiel hierfür sind die Nitroaromaten.

Die Annahmen und Konventionen zur Einschätzung möglicher Expositionen, die via oraler, inhalativer oder perkutaner Aufnahme erfolgen können, sind im Rahmen der Anwendung szenarischer Betrachtungen gemäß den Vorgaben der BBodSchV (vgl. dazu Bekanntmachung zur BBodSchV) anzuwenden.

Nach Zusammenstellung der vorhandenen und relevanten Daten zur Humantoxikologie sowie zur Expositionsabschätzung können Prüfwerte für alle aus toxikologischer Sicht relevanten Aufnahmepfade berechnet und anschließend zur Ermittlung der relevanten Expositionspfade verglichen werden. Im Ergebnis wurden für die angenommenen Standardszenarien Prüfwerte abgeleitet, die Tabelle 14 auflistet. Ergänzende Vorschläge für Prüfwerte für weitere Stoffe finden sich darüber hinaus in UBA (1999 ff) und LABO (2008).

Vorsorge – Schutzgut Boden

Für das Schutzgut Boden werden aus rechtlicher Sicht nicht nur Anforderungen z. B. im Hinblick auf die Gefahrenabwehr zum Schutz der menschlichen Gesundheit formuliert (vgl. Prüf- und Maßnahmenwerte), sondern auch vorsorgende Aspekte zum Schutz des Bodens und seiner Funktionen.

Die BBodSchV legt für einige Stoffe in § 9 Vorsorgewerte fest, die als nach Bodenarten differenzierte Gesamtgehalte konzipiert sind. Dabei gilt die Vorsorgepflicht nicht im Nachhinein hinsichtlich auf in der Vergangenheit stattgefundenener Kontaminationen, sondern sie bezieht sich vielmehr ausschließlich auf zukünftige Einträge. Danach ist bei Überschreiten der Vorsorgewerte und bei weiterem ungehinderten Geschehensablauf das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast zu besorgen (Holzwarth et al. 2000).

Bei großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten besteht allerdings die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei Überschreiten der Vorsorgewerte beispielsweise nur dann, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzlichen Einträge nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.

§ 10 BBodSchV regelt die Vorsorgeanforderungen an den Verpflichteten, der Vorkehrungen zu treffen hat, um weitere durch ihn auf dem Grundstück und dessen Einwirkungsbereich verursachte Schadstoffeinträge zu vermeiden oder wirksam zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist. Dazu gehören technische Vorkehrungen an Anlagen oder Verfahren sowie Maßnahmen zur Untersuchung und Überwachung der Böden (Holzwarth et al. 2000). Dieses Handlungsgebot entspricht dem im Umwelt- und Gesundheitsschutz generell verlangten Minimierungsgebot insbesondere für kanzerogene, mutagene und teratogene Stoffe. Tabelle 15 und Tabelle 16 stellen die Vorsorgewerte zusammen.

Tabelle 14 Prüfwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die direkte Aufnahme von Schadstoffen in Abhängigkeit von der Nutzung

Prüfwerte (mg/kg TM)				
Stoff	Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbegrundstücke
Arsen	25	50	125	140
Blei	200	400	1.000	2.000
Cadmium	10 ¹⁾	20 ¹⁾	50	60
Cyanide	50	50	50	100
Chrom	200	400	1.000	1.000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	-
Benzo(a)pyren	2	4	10	12
DDT	40	80	200	-
Hexachlorbenzol	4	8	20	200
Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder Beta-HCH)	5	10	25	400
Pentachlorphenol	50	100	250	250
Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆) ²⁾	0,4	0,8	2	40

1) In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

2) Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.

In mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach BBodSchV, Anhang 1

Tabelle 15 Boden-Vorsorgewerte nach BBodSchV – Metalle, Feinboden, Königswasseraufschluss

	Cadmium	Blei	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Zink
Bodenart Ton	1,5	100	100	60	1	70	200
Bodenart Lehm/Schluff	1	70	60	40	0,5	50	150
Bodenart Sand	0,4	40	30	20	0,1	15	60
Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten	Unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs.2 und 3 dieser Verordnung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.						

Stand: März 2012, Angaben in mg/kg Trockenmasse

Tabelle 16 Vorsorgewerte für organische Stoffe, Feinboden

Böden	Polychlorierte Biphenyle (PCB ₆)	Benzo (a)pyren	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)
Humusgehalt > 8%	0,1	1	10
Humusgehalt ≤ 8%	0,05	0,3	3

Angaben in mg/kg Trockenmasse, Stand: 03/2012

Geht es bei der Durchführung eines Vorhabens um die Betrachtung möglicher Zusatzbelastungen, gibt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV vom 18.09.1995) beispielsweise auch Orientierungshilfen für die Bewertung der Auswirkungen auf die stoffliche Bodenbeschaffenheit. Der Bewertung soll danach zugrundegelegt werden, dass der Boden in seinen natürlichen Funktionen, u.a. als *Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen* in seiner Leistungsfähigkeit erhalten werden soll. Dabei gilt eine durch das Vorhaben verursachte prognostizierte Zusatzbelastung als unbeachtlich, wenn diese beispielsweise kleiner als 2% der angegebenen Orientierungswerte ist, bezogen auf eine Bodentiefe von 0,3 m. Werden nachhaltige Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen, beispielsweise durch Überschreitungen der Orientierungswerte, festgestellt, soll unter Berücksichtigung der Nutzungsfunktionen, der Prägung des Gebietes oder den planerischen Festlegungen geprüft werden, ob diese nachhaltigen Beeinträchtigungen durch die Zusatzbelastung mit den gesetzlichen Umweltanforderungen (z. B. BBodSchV) zu vereinbaren sind. Die genannten Orientierungswerte entsprechen im Wesentlichen den Vorsorgewerten der BBodSchV, die auf vorsorgenden Aspekten zum Schutz des Bodens und seiner Funktionen beruhen.

Gleichzeitig werden mit § 11 der BBodSchV zulässige Zusatzbelastungen in Form festgesetzter jährlicher Frachten definiert, die bei Überschreiten der Vorsorgewerte zu beachten sind. Dafür ist die Summe der Einträge aller Eintragspfade zu berücksichtigen, die über die Luft und Gewässer auf den Boden einwirken. Werden die festgesetzten zulässigen Zusatzbelastungen bei einem Stoff überschritten, sind die geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Vorbelastungen im Einzelfall zu berücksichtigen.

Tabelle 17 Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade nach BBodSchV

	Cadmium	Blei	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Zink
Fracht	6	400	300	360	1,5	100	1.200

Angaben in g/ha x a

Ähnlich zielen die Vorgaben der TA-Luft (vom 24. Juli 2002) mit Depositionswerten für die Sonderfallprüfung für Ackerböden und Grünland darauf ab, festzustellen, ob bei einer derzeitigen oder geplanten Nutzung die Depositionen zu schädlichen Umwelteinwirkungen durch die mittelbare Wirkung auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Lebens- und Futtermittel führen können. Es wird angenommen, dass die angegebenen Depositionswerte im Regelfall den Schutz von Kinderspielflächen und Wohngebieten sicherstellen.

Damit fokussieren sowohl die zulässigen jährlichen Frachten nach BBodSchV wie auch die Depositionswerte nach TA-Luft sinngemäß auf die Betrachtung möglicher Zusatzbelastungen, die bei Über-

schreiten der Vorsorgewerte (s.o.) im Boden zu beachten sind und ggf. dann auch eine Betrachtung gesundheitlicher Belange erfordern, für die wiederum keine Konkretisierungen gemacht werden.

Die Richtlinie 2010/75/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung), kurz Industrie-Emissions-Richtlinie (IED) genannt, fordert nach Artikel 22 einen Ausgangszustandsbericht des Bodens und des Grundwassers in bestimmten Genehmigungsverfahren, um bei Stilllegung einer Anlage ggf. erhebliche Boden- oder Grundwasserverschmutzungen mit relevanten gefährlichen Stoffen im Vergleich zu dem im Bericht über den Ausgangszustand angegebenen Zustand erkennen zu können. Die Vorgaben der Richtlinie wurden mit dem Artikelgesetz "Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen" vom 8.4.2013 transferiert.⁵⁰

Noch nicht abschließend geklärt ist in diesem Zusammenhang die Frage, wie die *Erheblichkeit* definiert wird. Entweder ist die Erheblichkeit als relative Größe zu verstehen, die sich aus dem Verhältnis der Stoffkonzentration im Ausgangszustandsbericht und nach Stilllegung ergibt, oder die Erheblichkeit wird im absoluten Vergleich mit Beurteilungsmaßstäben festgelegt, für die das Schutzniveau (Vorsorge/Gefahrenabwehr) festzulegen ist. Vom ITVA (2012) wurden bereits Vorschläge zur Bewertung des ermittelten Zustandes für Boden- und Grundwasserbelastungen vorgelegt, in denen die Erheblichkeitsschwelle im Prinzip das Schutzniveau der Vorsorge erhält, wobei gleichzeitig die Relation zwischen Ausgangszustand und Zustand nach Stilllegung zu beachten ist. Eine Arbeitshilfe einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe der LABO unter Beteiligung der LAWA ist seit August 2013 verfügbar.⁵¹

Vorsorge – Wirkungspfad Boden - Mensch

Stellt sich beispielsweise im Rahmen von Planungsvorhaben die Frage, wie ein Boden im Hinblick auf die menschliche Gesundheit hinsichtlich geplanter Nutzungen zu bewerten ist, weisen die vorhandenen Betrachtungsansätze Defizite auf: Die *Prüf- und Maßnahmenwerte* ermöglichen zwar eine Betrachtung der relevanten Schutzgüter (Mensch, Nutzpflanze) sowie verschiedener Nutzungsszenarien, aber im Sinne der Gefahrenabwehr beinhalten sie den Bezug zur hinreichenden Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts. Bei Unterschreiten eines Prüfwertes nimmt zwar die Wahrscheinlichkeit für eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit ab, eine Wirkschwelle kann jedoch damit nicht benannt und die Unbedenklichkeit im Sinne einer vorsorgenden Planung nicht ausgesprochen werden.

Die *Vorsorgewerte* beinhalten dagegen zwar den Gedanken der Vorsorge, allerdings sind diese Werte nicht vor dem Hintergrund des Schutzgutes "menschliche Gesundheit" abgeleitet worden. Infolgedessen werden keine Nutzungsszenarien unterschieden, so dass auch dieser Ansatz keine geeignete Hilfestellung für die Ausweisung von Flächen für vorgegebene Nutzungen bietet.

Grundsätzlich dürfen gemäß des bauleitplanerischen Vorsorgeprinzips keine städtebaulichen Missstände oder Gefahratbestände im Sinne des allgemeinen Ordnungsrechts oder Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen im Sinne schädlicher Bodenveränderungen nach BBo-dSchG hervorrufen oder festschreiben. Vielmehr muss bereits unterhalb dieser Schwelle Schutz vor unzumutbaren Nachteilen und Belästigungen gewährleistet sein (ARGE BAU 2001).

Die ARGE BAU (2001) kommt zu folgendem Schluss:

⁵⁰ BGBl. 2013 Teil I Nr. 17 vom 12. April 2013. Neben Änderungen im BImSchG sind auch das Wasserhaushaltsgesetz, das Kreislaufwirtschaftsgesetz, das Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz, das Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen und das UVP-Gesetz betroffen.

⁵¹ LABO/LAWA: Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser. Stand: 7.8.2013.

"...Die Unterschreitung der Prüfwerte wird dem Anspruch des Baugesetzbuches nach "gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen" i. S. d. § 1 Abs. 5 BauGB am ehesten gerecht. Die Unterschreitung der Prüfwerte schließt bei repräsentativer Beprobung der Fläche eine Gefahr i. S. d. Bodenschutzrechts aus."

Allerdings sind die Prüfwerte der BBodSchV hinsichtlich der Gefahrenabwehr abgeleitet (s. o), so dass eine darüber hinausgehende Zielsetzung im Sinne einer vorsorgenden Gestaltungsaufgabe nur dadurch zu erfüllen ist, dass die Prüfwerte so weit wie möglich unterschritten werden.

Anforderungen an eine vorsorgende Bewertung von Boden im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit:

Die daraus resultierenden Anforderungen an vorsorgeorientierte Bodenbeurteilungswerte für den Bereich Bauvorhaben/ Planung lassen sich entsprechend wie folgt zusammenfassen:

- Die Ableitung der Werte muss auf der Grundlage von Daten erfolgen, die Aussagen zur Humantoxizität ermöglichen.
- Szenarische Betrachtungen mit Hilfe von Expositionsannahmen sollen die Berücksichtigung der geplanten Nutzung ermöglichen.
- Als angezieltes Schutzniveau muss die Wirkschwelle von toxisch wirkenden Substanzen bzw. ein definiertes zusätzlich akzeptables Krebsrisiko für kanzerogen wirkende Substanzen zugrunde gelegt werden.
- Die Werte sollen methodisch eng angelehnt an die Ableitung der Bewertungsmaßstäbe des BBodSchG bzw. der BBodSchV ermittelt werden. Hierbei ist allerdings im Sinne des Vorsorgegedankens die Herausnahme des Gefahrenbezugs, der in die Ableitung der Prüfwerte eingeflossen ist, unabdingbar.
- Eine Plausibilitätsprüfung ist so zu integrieren, dass letztendlich praxistaugliche Bodenwerte für den Bereich Bauvorhaben/ Planung erhalten werden.

5.3.6.5 Weitere Hinweise

Um eine einheitliche und nachvollziehbare Grundlage für die Ausweisung von Flächen für vorgegebene sensible Nutzungen zu erhalten, wurden im Auftrag der Stadt Osnabrück Bodenwerte für die Bauleitplanung abgeleitet, die sich an den Vorgaben der BBodSchV orientieren sollten. Dazu wurden gemäß den oben skizzierten Anforderungen humantoxikologisch begründete Werte auf dem Schutzniveau von Wirkschwellen bzw. einem definierten zusätzlichen Krebsrisiko von 10^{-5} abgeleitet und mit der regional ermittelten Hintergrundbelastung abgeglichen (vgl. IFUA 1999). Im Ergebnis wurden vorsorgeorientierte Bodenwerte für die wohnbauliche Nutzung von Flächen abgeleitet, deren Übertragung auf andere Standorte jedoch einer Überprüfung der regionalen Hintergrundbelastung bedarf. Sie sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18 Fallbeispiel Osnabrück: Allgemeine Bodenwerte für die Bauleitplanung – Wohnen

	Humantoxikologisch ermittelte Bodenwerte (Wohngarten) - Zwischenergebnis	Behelfsmäßige Hintergrundwerte für Osnabrück	Bodenwerte für die Bauleitplanung (Wohnen) - allgemeine Empfehlung*
Antimon	2	-	2
Arsen	2	20	20
Blei	15	70	150
Cadmium	0,5	0,6	1
Chrom	50	50	50
Cyanide	5	1	5
Kupfer	300	40	300
Nickel	5	40	40
Quecksilber	1	0,3	1
Zink	3.000	120	3.000
Benzo(a)pyren	0,4	0,3	0,5
PCB**	0,1	0,02	0,1
* Die allgemeinen Empfehlungen für Bodenwerte für die Bauleitplanung sind mit Hilfe der regionalen Boden-Hintergrundbelastung zu konkretisieren			
** Soweit PCB-Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren.			

Alle Angaben in mg/kg TS

Wirkungspfad Boden – Pflanze – Mensch

Indirekte Wirkungen auf die menschliche Gesundheit sind über den Pfad Boden – Pflanze möglich, wenn sich Bodenschadstoffe in Nahrungs- und Futterpflanzen anreichern und von Mensch oder Tier aufgenommen werden. Hierzu finden sich im Bodenschutzrecht Regelungen, die insbesondere den erwerbsmäßigen Anbau von Nutzpflanzen betreffen (vgl. Szenario Ackerbau), aber auch den Nutzgarten für den Eigenbedarf umfassen. Hierfür wurden Prüf- und Maßnahmewerte für ausgewählte Stoffe abgeleitet, deren Überschreitungen als Hinweise auf einen möglichen Gefahrenverdacht bzw. Sicherungs- oder Sanierungsbedarf anzusehen sind und die ggf. einer weiteren Sachverhaltsermittlung bedürfen (vgl. Tabelle 19).

Praktische Hilfestellungen hierfür liefert beispielsweise das Merkblatt 22 des LANUV (2014) oder auch der Leitfaden des Landes Brandenburg (2010).

Tabelle 19 Prüf- und Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 + 2 BBodSchG für den Schadstoffübergang Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten im Hinblick auf die Pflanzenqualität

	Ackerbau, Nutzgarten		
Stoff	Methode*	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW	200**	-
Cadmium	AN	-	0,04/0,1***
Blei	AN	0,1	-
Quecksilber	KW	5	
Thallium	AN	0,1	-
Benzo(a)pyren	-	1	-

In mg/kg Trockenmasse, Feinboden, Analytik nach BBodSchV, Anhang 1

* Extraktionsverfahren für Arsen und Schwermetalle: AN = Ammoniumnitrat, KW = Königswasser.

** Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Verhältnissen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg Trockenmasse.

*** Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmiumanreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg Trockenmasse; ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg Trockenmasse.

Gleichzeitig sind bei der Beurteilung von Nahrungspflanzen bzw. Lebensmitteln auch die lebensmittelrechtlichen Anforderungen und Vorgaben zu berücksichtigen, wie beispielsweise die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19.12.2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.⁵²

Christian Timm (2020)

5.3.7 Wasser

5.3.7.1 Einflussfaktoren und Wirkungsweisen

Wasser wird durch den Menschen auf vielfache Weise genutzt und steht uns in verschiedener Form und Qualität zur Verfügung. Die moderne Gesellschaft benötigt Wasser u.a. für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser, Hygiene), Landwirtschaft, Industrie, Energiegewinnung sowie zur Erholung und Entspannung (Baden). Die Nutzung der Gewässer wird in Deutschland im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) geregelt. Durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung sollen oberirdische Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut geschützt werden.

Es kann zunächst zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser unterscheiden werden. Das Wasserhaushaltsgesetz⁵³ definiert oberirdische Gewässer als das "...ständig oder zeitweilig in Betten fließende oder stehende oder aus Quellen wild abfließende Wasser..." (§ 3 WHG). Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV)⁵⁴ schließt mit Bezug auf das WHG die Übergangsgewässer⁵⁵, so-

⁵² Amtsblatt der Europäischen Union, L 364/5; zuletzt geändert durch EU Nr. 420/2011 vom 29.04.2011; L 111/3, vgl. auch Kapitel .

⁵³ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz-WHG), 2009

⁵⁴ Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)" Ersetzt V 753-13-3 v. 20.7.2011 I 1429 (OGewV)

⁵⁵ Übergangsgewässer: Die Oberflächenwasserkörper in der Nähe von Flussmündungen, die auf Grund ihrer Nähe zu den Küstengewässern einen gewissen Salzgehalt aufweisen, aber im Wesentlichen von Süßwasserströmungen beeinflusst wer-

wie Küstengewässer mit in die Definition oberirdischer Gewässer ein. Grundwasser bildet sich, wenn Wasser durch den Boden versickert und sich in der Tiefe wieder anreichert. Es wird im WHG als „... unterirdische(s) Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht...“ (§ 3 WHG) definiert. Durch die Bodenpassage wird das Wasser so gereinigt, das es als Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung genutzt werden kann. Hierbei sind je nach Boden und Grundwassertyp unterschiedliche Qualitäten der Reinigungsleistung zu verzeichnen. So haben Porengrundwasser, Kluftgrundwasser und Karstgrundwasser unterschiedliche Qualitäten, sind aber auch auf verschiedene Weise anfällig gegenüber der Umwelt. Die Grundwasserneubildung erfolgt durch Niederschlagswasser oder Seihwasser, welches aus Flüssen oder Seen stammt und durch Uferfiltration zur Grundwasserneubildung beiträgt. Die natürliche, geogen geprägte Grundwasserbeschaffenheit kann durch menschliche Aktivitäten an der Erdoberfläche, wie z.B. durch Stoffeinträge aus diffusen Quellen (z.B. Landwirtschaft, Besiedlung), punktuelle Quellen (z.B. Deponien, Altlasten) oder durch künstliche Eingriffe (z.B. Abgrabungen) unterschiedlich stark beeinflusst werden.

5.3.7.2 Gesundheitliche Wirkungen

Wasserbedingte Risiken für die menschliche Gesundheit resultieren aus folgenden Wirkpfaden:

- Überflutungen, Hochwasser,
- chemische Belastungen, z.B. Nitrat (vgl. UBA, 2014), organische Schadstoffe, Schwermetalle
- biologische Belastungen durch Mikroorganismen aus der Gruppe der Bakterien, der Viren der parasitischen Protozoen sowie der mehrzelligen Parasiten.

Wirkpfad Überflutungen, Hochwasser

In unregelmäßigen Zeitabständen führen außergewöhnliche Witterungsereignisse zu Hochwasser. Diese gehören – wie die Jahreszeiten – zu den ständig wiederkehrenden Naturereignissen; Hochwasser sind ein Bestandteil des Naturhaushaltes. Hochwasser lassen sich nach Entstehung und Erscheinungsform wie folgt unterscheiden (BMVBS, 2013):

- Starkniederschläge als Folge von Gewitterfronten,
- Hochwasser in Flüssen,
- Kanalarückstau als Folge von Starkniederschlägen oder Hochwasser,
- Grundwasseranstieg ist die Folge langanhaltender Niederschläge, Nassperioden im Klimageschehen sowie ausgedehnten Hochwasserereignissen,
- Eisgang in Flüssen in Verbindung mit kleineren Hochwasserereignissen,
- Sturmflut als Ereignis an der Nordseeküste.

Wirkpfad chemische Belastungen

Die Qualität des Trinkwassers muss in Deutschland hohen Anforderungen genügen. Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV), in der die EG-Trinkwasserrichtlinie aus dem Jahr 1998 in nationales Recht umgesetzt wurde, gibt diese verbindlich vor. Zu den Grundanforderungen gehört, dass Trinkwasser keine

den (OGewV § 2)

Stoffe in gesundheitsschädigenden Konzentrationen enthalten darf und "rein und genusstauglich" ist (§ 4 TrinkwV).

Schadstoffe in Konzentrationen, die unmittelbar zu Erkrankungssymptomen führen können, sind durch die gesetzlich geregelte Trinkwasserüberwachung äußerst selten. Langzeitwirkungen von täglich in geringen Mengen aufgenommenen Stoffen, die ebenfalls zu Erkrankungen und Todesfällen führen können, sind dagegen nicht immer sicher auszuschließen. So sind möglicher Weise verursachte Gesundheitsschäden schwer auf eine einzelne Ursache zurückzuführen.

Dem aktuellen Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch* (Trinkwasser) ist zu entnehmen, dass unter den chemischen Parametern eine geringe Anzahl an Pflanzenschutzmittel- und Biozidprodukt-Wirkstoffen (PSM und Biozide) den jeweiligen geringfügig Grenzwert überschritt: Während die gemessenen Konzentrationen nahezu sämtlicher überwachten Wirkstoffe und deren Metaboliten unter dem Grenzwert von 0,0001 mg/l (= 0,1 µg/l) lagen, überschritten lediglich bei neun (von 266) Wirkstoffen oder Metaboliten (u. a. AMPA, Chloridazon-desphenyl und N,N-Dimethylsulfamid¹) bis zu 1% der Proben diesen Wert. Aus den gemessenen Konzentrationen resultiert keine Gesundheitsgefahr. Um Stoffe mit gezielter Wirkung eines PSM oder Biozids grundsätzlich aus dem Trinkwasser fernzuhalten, liegt der Grenzwert für den einzelnen Wirkstoff weit unterhalb der Konzentration, die sich aus einer toxikologischen Ableitung für den jeweiligen Wirkstoff ergeben würde (BMG, 2018).

Wirkpfad biologische Belastungen

Zu den Grundanforderungen an das das Trinkwasser gehört auch, dass es keine Krankheitserreger enthalten darf. Krankheitserreger können neben der oralen Aufnahme auch durch inhalative und dermale Aufnahme, bzw. durch Hautläsionen oder Wunden, in den Körper gelangen.

Ein wesentliches gesundheitliches Risiko besteht in der Auslösung gastrointestinaler Erkrankungen in Folge der Ingestion durch Trinken oder Verschlucken von mit Mikroorganismen kontaminiertem Wasser. Typische Symptome wie Fieber, Durchfall und Erbrechen können zum Teil lebensbedrohliche Auswirkungen haben.

Die Aufnahme über die Lunge erfolgt durch Inhalation, wodurch Mikroorganismen (bspw. [*Legionella pneumophila*](#), *Pseudomonas aeruginosa*) in die tieferen Atemwege gelangen können und u.U. in den Schleimhäuten des Atmungsapparates Entzündungsprozesse auslösen, die in Folge das Krankheitsbild einer schwerwiegenden Lungenentzündung mit Sepsis (Blutvergiftung) hervorrufen können.

Bestehende Hautläsionen und Wunden bieten eine mögliche Eintrittspforte für Mikroorganismen aus dem Wasser. Hierbei ist vor allem das Bakterium *Pseudomonas aeruginosa* relevant, welches neben Wundinfektionen auch eine Gehörgangs-Infektion, die otitis externa, hervorrufen kann (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20 Wichtige Mikroorganismen im Wasserkreislauf und deren gesundheitlichen Auswirkungen und Übertragungswege

Organismus	Übertragung durch Wasser	Erkrankungen
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Kontakt, Inhalation	Dermatitis/Folliculitis, Otitis externa, Wundinfektionen, Pneumonien
<i>Aeromonas</i> spp.	Kontakt, Ingestion (frgl.)	Wundinfektionen, (Gastroenteritis)
<i>Campylobacter</i> spp.	Ingestion	Enteritis (Durchfallerkrankungen)
Salmonellen (außer <i>S. Typhi</i> und <i>S. Paratyphi</i>)	Ingestion	Enteritis (Durchfallerkrankungen)
<i>Trichobilharzia</i>	Kontakt mit der Haut, Dermal	Dermatitis
Rotavirus	Ingestion	Rotavirus enteritis
Norovirus	Ingestion	Norovirus enteritis
Protozoische Parasiten <i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium</i>	Ingestion	Enteritis (Durchfallerkrankungen)
<i>Legionella pneumophila</i> .	Inhalation von Aerosolen	Legionellose (Pneumonie, Pontiac Fieber)

Es ist zwischen den verschiedenen Aufnahmepfaden zu unterscheiden.

Trinkwassernutzung

Die Anforderungen an das Trinkwasser in Deutschland sind sehr hoch und werden durch die Einhaltung der Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) erfüllt. Trinkwasserbedingte Krankheitsausbrüche werden für Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern sehr selten beschrieben, was durch die hohe Qualität der Trinkwasserversorgung begründet ist.

Dennoch sollten aber auch die Surveillance Strukturen in Deutschland bzgl. trinkwasserassoziierter Krankheitsausbrüche kritisch hinterfragt werden. Die direkte orale Aufnahme des Wassers ist der wichtigste Aufnahmepfad, welcher sich über den durchschnittlichen Trinkwasserverbrauch leicht quantifizieren lässt. In Abhängigkeit vom jeweiligen Pathogen können schon minimale mikrobielle Verunreinigungen eine große Bedeutung für die Gesundheit haben. So reicht bei den Parasiten schon eine Oozyste aus, um eine gastrointestinale Erkrankung auszulösen. Ähnlich infektiös sind Noro- und Rotaviren.

Komplexere Expositionsabschätzungen bestehen beim Kontakt mit Wasser, welches bei der Nahrungsmittelproduktion eingesetzt wird, und können im Einzelfall bei bestimmten Lebensmitteln erfolgen. Trinkwasser wird auch zur Körperpflege genutzt und kann z.B. beim Duschen oder Waschen am Waschbecken durch inhalative Aufnahme nach Aerosolbildung in den Körper gelangen. In diesem Zusammenhang sind vor allem Legionellen (*Legionella pneumophila*) von Bedeutung, die u.a. eine teils schwerwiegende Lungenentzündung im Rahmen einer Legionellose hervorrufen können.

Besonders in klinischen, aber auch in anderen öffentlichen Gebäuden ist das Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa* relevant. Dieses Bakterium ist im Allgemeinen als ubiquitär zu bezeichnen, findet sich aber vor allem im Wasser Habitat wieder. Besonders im klinischen Bereich kann dieser Keim Lungenentzündungen durch inhalative Aufnahme aber auch Wundinfektionen nach Kontakt mit Wunden

hervorrufen. *Pseudomonas aeruginosa* bildet sich in allen wässrigen Nischen und kann somit auch in der Trinkwasserinstallation, besonders bei Neuanschlüssen von Neubauten, auftreten.

Erholungsnutzung

Eine wesentliche Nutzung zu Erholungszwecken erfolgt durch das Baden oder dem Aufenthalt am Wasser bzw. im Wasser mit direktem Wasserkontakt, wie z.B: das „Planschen“ von Kindern oder das Waten durch einen Bach. Weitere Faktoren für Erholung sind das Wohlbefinden, welches Menschen in der Nähe zu Wasserkörpern, wie z.B.: Seen oder Flüssen verspüren.

Das Baden ist u.U. mit verschiedenen gesundheitlichen Risiken verbunden. So unterscheiden die WHO Guidelines for safe recreational water environments⁵⁶ zwischen direkten (z. B. Unterkühlung, Ertrinken) und indirekten Gefahren (Kontakt mit pathogenen Stoffen). So können beim Baden in einem Oberflächengewässer durch Ingestion (orale Aufnahme) von Krankheitserregern Durchfallerkrankungen entstehen. Ein weiterer Expositionspfad ist durch den Kontakt des Wassers mit der Haut (derma-ler Kontakt) möglich. Dieser ist beispielsweise im Zuge der Bade- oder Zerkariendermatitis relevant, welche durch den Kontakt mit den Larven (Zerkarien) der Vogelschistosomen der Gattung *Trichobilharzia* entsteht (Selbach et al., 2016).

Auch die Otitis externa, eine Entzündung des äußeren Gehörgangs, kann häufig auf das Baden zurückgeführt werden, da diese durch eine Infektion mit dem im Wasser vorkommenden Bakterium *Pseudomonas aeruginosa* verursacht werden kann. Eine inhalative Aufnahme von Krankheitserregern wie *Legionella pneumophila* beim Baden mit gesundheitlichen Auswirkungen wird in der Literatur kaum beschrieben.⁵⁷

5.3.7.3 Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken

Zum Schutz der öffentlichen Gesundheit unterscheidet die TrinkwV zwischen den Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Wasserversorgungsunternehmen und der unabhängigen gesundheitsbezogenen Überwachung durch das Gesundheitsamt.

Aufgabe der Wasserversorgungsunternehmen ist die Herstellung und Lieferung von einwandfreiem und gesundheitlich unbedenklichem Trinkwasser. Die hierfür notwendige Eigenkontrolle ist fester Bestandteil des Überwachungskonzeptes. Vom Wasserversorgungsunternehmen unabhängig überwacht das jeweilige örtliche Gesundheitsamt die Einhaltung der Trinkwasserqualitätsparameter. Die behördliche Überwachung bezieht sich auf die Gesamtheit des Trinkwasserversorgungssystems und schließt die Auditierung, die Inspektion und die Entnahme und Untersuchung von Wasserproben ein. Gemäß TrinkwV überwacht das zuständige Gesundheitsamt die Einhaltung der Trinkwasserqualitätsparameter (Grenzwerte und sonstige Anforderungen). Nach der Definition des § 3 Nr. 5 der geltenden TrinkwV ist das Gesundheitsamt die nach Landesrecht für die Durchführung der TrinkwV bestimmte und mit einem Amtsarzt besetzte Behörde (BMG, 2018).

Die TrinkwV enthält detaillierte Vorschriften zur Trinkwasserüberwachung.

Die Häufigkeit der Untersuchungen von Trinkwasser in einem Wasserversorgungsgebiet ist durch dessen Größe bestimmt. Die Mindesthäufigkeit der Trinkwasseranalysen liegt für ein berichtspflichtiges

⁵⁶ WHO (World Health Organization), 2003. Guidelines for safe recreational water environments, Volume 1: Coastal and fresh waters, Genf.

⁵⁷ Vgl.: Sichere Ruhr 2016, Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundprojektpartner Förderkennzeichen 02WRS1283A bis J inkl. Ergänzungen zur Weiterförderung abrufbar unter: <http://www.sichere-ruhr.de/index.php/category/ueber-das-projekt/presse-downloads/publikationen/> 05.02.2017

Versorgungsgebiet⁵⁸ bei mindestens neun Untersuchungen (7-mal routinemäßig plus 2-mal umfassend). In den größten Wasserversorgungsgebieten muss das Trinkwasser sogar ein- bis mehrmals täglich untersucht werden. Die Behörden können vom Parameterumfang abweichen, wenn begründet davon ausgegangen werden kann, dass in einem Wasserversorgungsgebiet ein Parameter nicht in solchen Konzentrationen vorkommt, die die Einhaltung des entsprechenden Parameterwertes gefährden könnten. Dies berücksichtigen die Gesundheitsämter bei der Entwicklung der Probennahmepläne, die ab Berichtsjahr 2011 nach geltender TrinkwV gefordert sind (BMG, 2018).

Für den Parameter „Pestizide – einzeln“ können Gründe vorliegen, einen bestimmten Pflanzenschutzmittel- oder Biozidprodukt-Wirkstoff nur in ausgewählten Wasserversorgungsgebieten eines Landes überwachen zu müssen (BMG, 2018).

Für die quantitative Abschätzung und Bewertung der humanpathogenen Mikroorganismen bedient man sich in der Regel der Indikatorfunktion verschiedener Parameter. So werden für Trinkwasser die Indikatorparameter *Escherichia coli*, coliforme Bakterien und Intestinale Enterokokken als Indikator für fäkale Verunreinigungen gewertet.

Unter Betrachtung des Wasserkreislaufes ist es wichtig, den Ursprung der mikrobiellen Belastungen des (Trink-) Wassers und auch eines (Oberflächen-) Gewässers zu kennen und zu verstehen. Die Quellen stofflicher Einträge und hygienischer Verunreinigungen in ein Gewässer werden gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Punktquellen und diffuse Quellen unterteilt. So sind neben den natürlichen mikrobiellen Grundfrachten eines Gewässers die Belastungen eines Vorfluters je nach geographischer Lage bestimmt durch:

- Punktquellen
 - Kläranlagen
 - Mischwassereinleitungen
 - Siedlungs-/Industrieabwässer.
- Diffuse Einträge (z.B. Abschwemmungen von Oberflächen im Fall eines Regenwetterereignisses oder Einträge durch die Freizeitnutzung eines Gewässers).

Die Einflüsse sind jeweils von unterschiedlicher Relevanz und je nach betrachtetem Einzugsgebiet zu bewerten.

Einleitungen aus Abwasserreinigungsanlagen können in erheblichem Maß zur Belastung von Oberflächengewässern mit humanpathogenen Mikroorganismen beitragen (vgl. u.a. Calderon et al. 1991, Kistemann et al. 2009; Schreiber et al. 2016). Abwasser findet im Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IFSG) § 41 Abschnitt 7 Erwähnung. Das Gesetz fordert, dass Abwasser so zu beseitigen ist, „dass Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Krankheitserreger nicht entstehen“. Der mikrobielle Eintrag von Kläranlagen in ein Fließgewässer ist abhängig von der Wetterlage. So kann der maßgebliche Anteil der mikrobiellen Belastung des Gewässers bei Niedrigwasserverhältnissen und bei Trockenwetterzufluss von Kläranlageeinleitungen ausgehen (Kistemann et al. 2001, Sichere Ruhr 2016). Bei Regenwetter hingegen kann der Anteil am Gesamtabfluss sehr gering sein, wenngleich hier die mikrobiologische Belastung erheblich durch Mischwassereinträge aus Überlaufbecken und diffusen Einträge bestimmt wird. Die mikrobielle Belastung eines Fließgewässers nach Starkregen kann so erhöht sein, dass bei der Nutzung mischwasserbelasteter Fließgewässer gesundheitliche Risiken entstehen.

⁵⁸ Wasserversorgungsgebiet, in dem mehr als 1 000 m³ Trinkwasser pro Tag verteilt oder mehr als 5 000 Personen versorgt werden

Im Vergleich zu den Einleitungen aus Kläranlagen kann davon ausgegangen werden, dass aus Mischwasserentlastungen innerhalb weniger Minuten ebenso viele Mikroorganismen eingeleitet werden wie aus einer Kläranlage an einem ganzen Tag (vgl. Kistemann et al. 2001; 2004; 2009; Passerat et al. 2011). Die Bedeutung des Mischwassers für die mikrobielle Belastung ist dementsprechend als hoch einzustufen (Kistemann et al. 2004, Sichere Ruhr 2016, Schreiber et al. 2016). Die konkrete mikrobielle Zusammensetzung des Mischwassers ist naturgemäß von den Bedingungen im jeweiligen Einzugsgebiet abhängig; durch lokale Epidemien kann etwa die Belastung mit darmpathogenen Viren (Rotaviren, Noroviren) zeitweilig stark erhöht sein. Auch die Abhängigkeit von der Art der landwirtschaftlichen Nutzung auf den mikrobiellen Eintrag in ein Fließgewässer ist bekannt (Kistemann et al. 2009, Schreiber et al. 2016). So ist je nach Wetterlage, Flächennutzung, Art der landwirtschaftlichen Nutzung der Eintrag über diffuse Quellen in den Vorfluter in seiner Menge und seiner mikrobiellen Zusammensetzung variabel.

Mit diesen Erkenntnissen können planerische Möglichkeiten ausgenutzt werden, um den Eintrag mikrobieller Frachten in ein Fließgewässer zu regulieren. So kann z.B. eine Erweiterung bzw. Einhaltung der Gewässerrandstreifen einen erheblichen Einfluss haben. Eine wirkungsvolle Art zur Reinigung der Mischwasserabschläge wird durch den Einsatz von Retentionsbodenfiltern (RBF) erzielt, die ursprünglich zum Rückhalt von Feststoffen konzipiert wurden, aber auch mikrobielle und chemische Verunreinigungen entfernen können. (Waldhoff, 2008; Pinnekamp et al., 2013, Christoffels et al., 2014). Ein entscheidender Nachteil von RBF ist deren Platzbedarf, der sich aus den Dimensionierungsvorgaben je nach Einzugsgebiet und Entlastungshäufigkeit ergibt (DWA-M 178, 2005)⁵⁹.

5.3.7.4 Bewertungsmaßstäbe

Trinkwassernutzung

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie reglementiert übergeordnet den Gewässerschutz und untersagt eine Verschlechterung des Wasserzustandes. Es ist definiert, dass die „Qualitätsnormen für Trinkwasser“ durch geeignete Gewässerschutzmaßnahmen oder Aufbereitungsmaßnahmen erreicht werden sollen. Die nationale Umsetzung dieser EU-Richtlinien erfolgt in Deutschland durch das WHG zum Schutz der Gewässer und der Ressource Wasser durch nachhaltige Bewirtschaftung. Im Rahmen der Nutzung als Trinkwasserressource unterliegt das Rohwasser der Überwachung gemäß Landeswassergesetzen (LWG).

Die TrinkwV reglementiert die „Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ und definiert explizit den Schutz der menschlichen Gesundheit als Zweck der Verordnung (§ 1 TrinkwV). So sieht der Paragraph § 4 der TrinkwV vor, dass „[...] das Trinkwasser so beschaffen sein muss, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist. Es muss rein und genusstauglich sein.“. Ähnlich werden diese Anforderungen an das Wasser für den menschlichen Gebrauch auch im Infektionsschutzgesetz gestellt (§ 37 IFSG), welches in Kapitel 7 das Wasser explizit behandelt.

Folgende mikrobiologische Anforderungen werden in der Anlage 1, Teil 1 vorgegeben (Tab 2).

⁵⁹ DWA-M 178 (2005): Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Hennef

Tabelle 21 Allgemeine Anforderungen an das Trinkwasser, mikrobiologische Parameter, TrinkwV 2001, Anlage 1, Teil 1

Parameter	Grenzwert
Escherichia coli (E. coli)	0/100ml
Enterokokken	0/100ml

In Anlage 2 der TrinkwV werden ergänzend chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation in der Regel nicht mehr erhöht (15 Parameter) und chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann (12 Parameter) mit einem Grenzwert belegt.

Im Rahmen der Trinkwasserüberwachung sind die Anforderungen regelmäßig zu überprüfen (§ 14 TrinkwV). Als mikrobiologische Indikatorparameter (§ 7 TrinkwV) sind hier routinemäßig die Koloniezahlen bei 22 °C und 36 °C und coliforme Bakterien sowie *E. coli* und Enterokokken (nach § 5 TrinkwV) zu untersuchen. Unter bestimmten Umständen sind auch *Clostridium perfringens*⁶⁰ zu analysieren (s. Tab.3). Für die routinemäßigen Untersuchungen von Wasser, welches für den menschlichen Gebrauch verwendet wird, werden folgende Indikatorparameter festgelegt:

Tabelle 22 Allgemeine Indikatorparameter, TrinkwV 2001, Anlage 3, Teil 1

Parameter	Einheit	Grenzwert
<i>Clostridium perfringens</i> (einschließlich Sporen)	Anzahl/100 ml	0
Coliforme Bakterien	Anzahl/ 100 ml	0
Koloniezahl bei 22 °C		ohne anormale Veränderung
Koloniezahl bei 36 °C		ohne anormale Veränderung

Die Grenzwerte bzw. Maßnahmenwerte für Legionellen im Trinkwasser beziehen sich ausschließlich auf die Untersuchungen in Trinkwasserinstallationen (s. Tab.4).

Tabelle 23 Spezieller Indikatorparameter für Anlagen der Trinkwasser-Installation, TrinkwV 2001, Anlage 3, Teil 2

Parameter	Technischer Maßnahmenwert
Legionella spec.	100/100 ml

Die TrinkwV bezieht sich in der Definition von „Krankheitserregern“ auf das IFSG. § 2 Nr. 1. Das IFSG schreibt vor, dass das Trinkwasser frei von Krankheitserregern sein muss. Des Weiteren sollen die „Konzentrationen von Mikroorganismen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, [...] so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen mög-

⁶⁰ Dieser Parameter braucht nur bestimmt zu werden, wenn das Rohwasser von Oberflächenwasser stammt oder von Oberflächenwasser beeinflusst wird. Anlage 3 Teil1 TrinkwV 2001

lich ist“ (§ 5 Abs.4 TrinkwV). Die o.g. allgemein anerkannten Regeln der Technik werden in Deutschland u.a. durch den deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) definiert.

Das Rohwasser zur Trinkwassergewinnung wird in Deutschland zu ca. 2/3 aus Grundwasser gewonnen. Hierbei wird sich der natürlichen Reinigungswirkung des Bodens als Ökosystemleistung bedient (Brenck et al. 2016). In erster Linie gilt deshalb der Schutz der Rohwasserressource, welcher neben der bestmöglichen Aufbereitung der Abwässer (Abwasserschutzverordnung) primär durch die strikte Einhaltung der Auflagen für die Wasserschutzzonen⁶¹ erfolgt.

Das sog. Water Safety Plan (WSP) Konzept, welches durch die WHO entwickelt wurde, sieht eine Kontrolle diverser Kontrollpunkte in der Trinkwassergewinnung, von der Rohwasserbildung, zur Quelle, über die Aufbereitung bis hin zum Transport und Verteilung vor. Der Rohwasserschutz, häufig Grundwasser, ist dabei von zentraler Bedeutung. Die Festsetzung von Wasserschutzgebieten wird im § 51 des WHG geregelt. Die Umsetzung der Vorgaben des WHG finden sich in den jeweiligen Landeswassergesetzen wieder. Die Festlegung und Bewirtschaftung der Trinkwasserschutzgebiete werden in der Regel nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik -Arbeitsblatt W101 des DVGWs durchgeführt (DVGW, 2006). Die TrinkwV fordert hierzu die regelmäßige Kontrolle der Schutzgebiete durch den Wasserversorger im § 13 (Anzeigepflicht) und § 14 (Untersuchungspflicht) und durch das zuständige Gesundheitsamt (jährlich) § 18. Dementsprechend erfolgen die Ausweisung und die Bewirtschaftung der Trinkwasserschutzgebiete auf der Grundlage des WHG, den allgemein anerkannten Regeln der Technik und der TrinkwV.

Wasser zu Erholungszwecken

Die Nutzung von Oberflächengewässern zum Baden ist im Allgemeinen über den § 25 WHG und i.d.R. auch in den Landeswassergesetzen durch die jeweiligen Paragraphen⁶² über den Gemeingebrauch geregelt. Dieser Gemeingebrauch bezieht i.d.R. Baden in Oberflächengewässern ein. Durch diverse Gesetze und Verordnungen kann der Gemeingebrauch jedoch eingeschränkt oder außer Kraft gesetzt werden. Am 24. März 2006 trat die novellierte europäische Richtlinie über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung in Kraft. In Deutschland wurde die Richtlinie in 16 Länderverordnungen umgesetzt.

Wird an einer öffentlichen Gewässerstelle eine große Anzahl badender Menschen (i.d.R. nicht genauer definiert) beobachtet, muss ein öffentliches Gewässer konform der EU-Badegewässerrichtlinie deklariert werden. Die EU-Richtlinie wird auf Landesebene in den entsprechenden Badegewässerverordnungen umgesetzt.

In der Badegewässerrichtlinie wird explizit die menschliche Gesundheit als Schutzgut definiert und ist auch in ihren Vorgaben auf diese ausgerichtet. Hier steht die mikrobielle Belastung des Gewässers im Vordergrund. Die Badewasserqualität ist durch ein kompliziertes langfristiges Einstufungsverfahren der Wasserbeschaffenheit gewährleistet. Es werden jeweils über einen Zeitraum von 4 Jahren die Indikatorbakterien E. coli und intestinale Enterokokken gemessen und zur Einstufung der Gewässerqualität bewertet.

Untenstehende Werte für eine Einstufung der Badegewässer in Binnengewässern werden in der Richtlinie und in den Landesverordnungen vorgegeben. Hierbei ist zu beachten, dass diese Werte über einen Messzeitraum von 4 Jahren ermittelt und nach den Vorgaben der EU-Richtlinie im Anhang 2 berechnet werden müssen. Es handelt sich also nicht um direkte Grenzwerte, sondern um Einstu-

⁶¹ DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Technisch-wissenschaftlicher Verein), 2008. DVGW Arbeitsblatt W 1001: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung - Risikomanagement im Normalbetrieb. Technisches Regelwerk. Bonn.

⁶² Z.B: Landeswassergesetz NRW, §33

fungswerte für die Badegewässerqualität mit Konsequenz einer temporären Schließung des Badegewässers nach der Auswertung (vgl. Tabelle 24 und Tabelle 25).

Tabelle 24 Einstufungswerte zur Badegewässerqualität für Binnengewässer EU-Badegewässerrichtlinie Anhang 1

Parameter	Ausgezeichnete Qualität	Gute Qualität	Ausreichende Qualität
Intestinale Enterokokken (cfu/100 ml)	200 (*)	400 (*)	330 (**)
<i>Escherichia coli</i> (cfu/100ml)	500 (*)	1000 (*)	900 (**)
(*) Auf der Grundlage einer 95-perzentil-Bewertung. (**) Auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung			

Tabelle 25 Einstufungswerte zur Badegewässerqualität für Übergangs- und Küstengewässer EU-Badegewässerrichtlinie Anhang 1

Parameter	Ausgezeichnete Qualität	Gute Qualität	Ausreichende Qualität
Intestinale Enterokokken (cfu/100 ml)	100(*)	200 (*)	185 (**)
<i>Escherichia coli</i> (cfu/100ml)	250 (*)	500 (*)	500(**)
(*) Auf der Grundlage einer 95-perzentil-Bewertung. (**) Auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung			

Messwerte, die zu einem direkten Badeverbot führen würden, sind in der EU-Richtlinie nicht vorgesehen, werden aber in einigen Landesverordnungen festgelegt, wie z.B. im § 7 Abs. 2 der Landesverordnung für Badegewässer (NRW). Hier werden im Zuge der Bewirtschaftungsvorgaben eines Badegewässers bei kurzzeitiger Verschmutzung Grenzwerte für die beiden Indikatorbakterien vorgegeben, die zu einem zeitweiligen Badeverbot führen können (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26 Grenzwerte, die in NRW zu einem zeitweiligen Badeverbot führen können, Landesverordnung für Badegewässer NRW, § 7 Abs. 2

Parameter	Einheit	Grenzwert
<i>Escherichia coli</i>	KBE/100ml	>1.800
Intestinale Enterokokken	KBE/100ml	>700

Des Weiteren wird das Vorkommen von Cyanobakterien sowohl bei der Deklaration als auch bei der Überwachung reglementiert. Um ein EU-Badegewässer ausweisen zu können, müssen neben den mikrobiellen Untersuchungen auch sog. Badegewässerprofile für die potentielle Badestelle erstellt werden. Hier werden die „[...] relevanten physikalischen, geografischen und hydrologischen Eigenschaften des Badegewässers und anderer Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des betreffenden Badegewässers, die eine Verschmutzungsquelle sein könnten [...]“⁶³, beschrieben und eine Ermittlung und

⁶³ EU-Badegewässerrichtlinie Artikel 6 und Anhang 3

Bewertung aller Verschmutzungsursachen, die das Badegewässer und die Gesundheit der Badenden beeinträchtigen könnten, erfasst.

Nutzung als Betriebswasser in der Landwirtschaft

Die durch landwirtschaftliche Aktivitäten eingebrachten hygienischen relevanten Mikroorganismen werden unter anderem durch die DIN 19650⁶⁴ und der Düngeverordnung (DüV)⁶⁵ geregelt. Im Abschnitt 5 der DIN 19650 wird hier die „Gesundheitsgefährdung für Mensch und Tier“ als Schutzziel definiert. Je nach landwirtschaftlicher Anwendung und Anforderungen stellt die DIN 19650 mikrobiologische Grenzwerte für das Bewässerungswasser auf.

Im Sinne des Gewässerschutzes ist darauf zu achten, dass die Vorgaben des WHG bei der Bestellung landwirtschaftlich genutzter Felder eingehalten werden. So hat § 38 WHG zur Einhaltung der Gewässerrandstreifen in der Landwirtschaft eine hohe Bedeutung und wird in der § 3 DüV, in den Absätzen 6 bis 8 mit Bezug zum WHG aufgegriffen. Hier werden sowohl der Gewässerschutz als auch die Gesundheit von Menschen und Tieren als Schutzgut definiert. Gewässerrandstreifen beanspruchen jedoch Fläche (5 m Breite), die für die landwirtschaftliche Nutzung notwendig ist. Demnach können diese nach WHG teilweise durch die Länderverordnungen in ihrem Umfang eingeschränkt werden (§ 38 Abs. 3 WHG). Ausnahmen und Einschränkungen für den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf diesen Gewässerrandstreifen können nach § 2 Abs. 2 WHG durch das Landesrecht geregelt werden.

Nutzung als Betriebswasser zur Kühlung

Die Bewirtschaftung von großen Kühlsystemen unterliegt seit März 2017 der 42. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSch)⁶⁶. Die Verordnung legt Mindestanforderungen fest, die sich an erprobten technischen Regelwerken orientieren, u.a. an der Richtlinienreihe VDI 2047 für Verdunstungskühlanlagen und Kühltürme sowie der Richtlinienreihe VDI 3679 für Nassabscheider⁶⁷. Für die Überprüfung der Kühlanlagen werden in Anlage 1 (vgl. Tabelle 27) Prüfwerte und Maßnahmenwerte für Legionellen-Konzentrationen im Nutzwasser festgelegt, die in den § 4 – 9 der Verordnung Anwendung finden. Die VDI 2047 stellt damit den hygienegerechten Betrieb von Verdunstungskühlanlagen sicher. Im Abschnitt 8 der VDI Richtlinie wird die Planung und die Inbetriebnahme aufgeführt und explizit im Abschnitt 8.2 auf die Wahl des Standortes bzw. des Aufstellortes einer solchen Kühlanlage thematisiert.

Tabelle 27 Prüfwerte und Maßnahmenwerte für die Konzentration von Legionellen im Nutzwasser, 42. BImSchV, Anlage 1

Art der Anlage	Prüfwert 1	Prüfwert 2	Maßnahmenwert
	Legionellenkonzentration [KBE Legionella spp. je 100 ml]		
Verdunstungskühlanlagen	100	1 000	10 000
Nassabscheider	100	1 000	10 000

⁶⁴ Deutsche Norm, DIN 19650 (1999): Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Berlin.

⁶⁵ Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist (DüV)

⁶⁶ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge

⁶⁷ Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider - 42. BImSchV

Kühltürme	500	5 000	50 000
-----------	-----	-------	--------

5.3.7.5 Weitere Hinweise und Empfehlungen

Die Indikatorfunktion von *E. coli* und intestinalen Enterokokken ist i.d.R. zutreffend für fäkale Verunreinigungen. Sie gilt jedoch u.U. als unsicher für den Nachweis von Viren, Parasiten oder auch Legionellen im Gewässer.

Das mögliche Vorkommen von Viren in Oberflächengewässern ist in den meisten Fällen durch das Auftreten lokaler Epidemien in Wohngebieten bedingt. Die Viren gelangen hierbei oftmals über die Kläranlagen in die Vorfluter. Auch können Parasiten nicht immer über die Indikatorparameter der TrinkwV oder EU-Richtlinie für Badegewässer ausreichend erfasst, bzw. mit abgedeckt werden.

Um dennoch eine Abschätzung möglicher gesundheitlicher Risiken vornehmen zu können, bedient man sich hierbei ähnlich wie bei der Risikobewertung des Bodens einer quantitativen mikrobiellen Risikobewertung (QMRA). Hierbei werden in einem ersten Schritt die möglichen mikrobiellen Gefahren (Bakterien, Viren und Parasiten im Gewässer) durch repräsentative Wasseranalysen identifiziert. Im zweiten Schritt wird eine Expositionsabschätzung vorgenommen. Es werden mögliche Szenarien der oralen (Ingestion) und/oder inhalativen Wasseraufnahme angenommen, die die ggf. aufgenommene Dosis des Mikroorganismus abschätzbar machen.

Zur Ermittlung der Aufnahmemenge werden in der Regel anerkannte, wissenschaftlich fundierte Studien herangezogen. Eine potentiell aufgenommene Dosis kann dann als Produkt aus der gemessenen Konzentration im Wasser und der potentiell bei verschiedenen Aktivitäten aufgenommenen Wassermenge berechnet werden (vgl. Dufour et al. 2006; Man et al. 2014). Über bekannte Dosis-Wirkungsbeziehungen können schließlich Infektions- und auch Erkrankungswahrscheinlichkeiten für die jeweiligen Expositionen berechnet werden. Hierbei finden in der Regel Monte Carlo-Simulationen Anwendung.

Grundsätzlich unterliegt eine Belastung des Gewässers mit pathogenen Mikroorganismen saisonalen und epidemischen Schwankungen. So kann z.B. durch eine Epidemie die Virenlast eines Gewässers zeitweise hoch sein, so dass die Erkrankungswahrscheinlichkeit für eine Virus-Enteritis durch einmaliges Baden (0-60 min.) bei bis zu 2-3% liegen kann. Eine weitere Charakterisierung des Risikos beruht dann auf einer Quantifizierung des Schadensausmaßes, welches durch die Anwendung des Disability adjusted life years (DALY) Konzeptes der WHO erfolgen kann (vgl. Malsch et al. 2006) und die „verlorenen gesunden Lebensjahre“ misst. Hierfür muss aber immer eine bestimmte Population betrachtet werden, deren demographische Zusammensetzung bekannt ist. Diese Quantifizierung des Schadensausmaßes kann in die Bewertungsverfahren des Health impact Assessment (vgl. Kap. 7.4) aufgenommen werden und Risiken in ein vergleichbares Maß zu anderen Risiken des täglichen Lebens setzen (vgl. Timm et al. 2016).

Fazit

Die mikrobiologische Bedeutung von Wasser für die menschliche Gesundheit ist in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Wirkungspfaden differenziert zu bewerten. Es entsteht durch konkurrierende Nutzungsansprüche an ein Oberflächengewässer ein komplexes gesetzliches Regelwerk. Die mikrobielle Bewertung erfolgt anhand von Indikatorparametern.

Alternative Bewertungsmethoden zum Umgang mit mikrobiologischen Risiken durch Wasser können durch eine QMRA erfolgen. Die hierbei ermittelten Erkrankungswahrscheinlichkeiten gelten für einzelne, exponierte Personen. Bei kleinräumigen (Kreise, kreisfreie Städte) Abschätzungen des Schadensausmaßes muss die exponierte Population/Bevölkerung unter Berücksichtigung der demographischen Zusammensetzung betrachtet werden, um die einzelnen Risiken in ein vergleichbares Maß (DALY) umzuwandeln (vgl. Timm et al. 2016). Wichtig im Umgang mit den gesundheitlich relevanten mikrobiologischen Einflussgrößen ist aber vor allem der sorgsame Umgang mit der Ressource Wasser. So haben im Sinne des Rohwasserschutzes die Einhaltung von Schutzgebieten und die Einhaltung von Gewässerrandstreifen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Dieser Schutz der Ressource Wasser benötigt immer Raum, der in Planungsverfahren zum Schutz der menschlichen Gesundheit berücksichtigt werden muss.

Dirk Heller (Stand: 2014)

5.3.8 Luft

5.3.8.1 Einflussfaktoren und Wirkungsweise

Quellen *natürlich bedingter Luftverunreinigungen* können Staubabwehungen, Emissionen von Bestandteilen der Fauna und Flora, vulkanische Tätigkeiten oder Waldbrände darstellen. *Anthropogen bedingte Emissionen* von Luftverunreinigungen können durch die Verursachergruppen Hausbrand, Gewerbe/Industrie und Verkehr sowie durch Aktivitäten in der Landwirtschaft oder der Nutzung von Produkten u.a.m. erfolgen.

Luftschadstoffe wirken nicht nur direkt über die Luft auf den Menschen ein, sondern beeinflussen nach ihrer Ausbreitung und Ablagerung (Deposition) auch andere Umweltmedien bzw. -komponenten wie Boden, Pflanzen oder Oberflächenwasser.

Sie werden gasförmig, als Partikel oder in Niederschlag und Luftfeuchtigkeit gelöst eingetragen. Dabei wird im Wesentlichen unterschieden in *nasse* (durch Niederschlag getragene) und *trockene* Deposition. Die Gesamtd deposition wird durch eine Kombination der räumlich interpolierten Messungen der nassen Deposition mit der modellierten trockenen und okkulten Deposition (d.h. feuchten Deposition z. B. über Nebel) ermittelt. Sie wird räumlich hoch aufgelöst (1 x 1 km²) und landnutzungsabhängig angegeben (UBA 2011).

5.3.8.2 Gesundheitliche Wirkungen

Die Wirkungen von Luftverunreinigungen beim Menschen können von leichten Augen- und Schleimhautreizungen bis hin zu schwerwiegenden Erkrankungen reichen. Unter den Wirkendpunkten (Zielorganen) der Luftschadstoffe steht insbesondere bei den anorganischen Gasen und Stäuben und deren Inhaltsstoffen das Atmungssystem an erster Stelle. Die Orte der Wirkung beschränken sich aber nicht nur auf den Atemtrakt, sondern betreffen die verschiedensten Organe im Körper.

Hinsichtlich gesundheitsschädlicher Wirkungen sind insbesondere die folgenden Luftschadstoffe von Bedeutung: Fein- und Feinststaub (PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{0,1} oder ultrafeine Partikel), organische Substanzen, Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, gasförmige Fluor- und Chlorverbindungen, Quecksilber, Cadmium, Thallium, Antimon, Arsen, Blei, Chrom bzw. Chrom(VI), Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium, Zinn sowie Dioxine und Furane, dioxinähnliche PCB, Gesamt-PCB u.a.m.

5.3.8.3 Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken

Die Ist- und Plansituation in Bezug auf Luftschadstoffe wird durch die Kenngrößen Vorbelastung, Zusatzbelastung und Gesamtbelastung beschrieben.

Die Vorbelastung ist die vorhandene Belastung durch einen Schadstoff. Die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der durch das geplante Vorhaben voraussichtlich oder tatsächlich hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ermittelt sich aus der Vor- und Zusatzbelastung.

Vorbelastung

Zur Überwachung der vorhandenen Belastung bzw. Vorbelastung durch Luftschadstoffe werden üblicherweise Immissionen, d.h. auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Boden einwirkende Luftverunreinigungen gemessen. Dazu werden Immissionsmessungen sowohl in kontinuierlich arbeitenden Mess-einrichtungen als auch diskontinuierliche Messungen an ortsfesten und mobilen Stationen durchgeführt. Bei der Auswahl der Lage der Messstellen zur Überprüfung der Luftqualität wird in der Regel der Einfluss möglicher Belastungsquellen berücksichtigt, so dass beispielsweise unterschieden werden kann in die Messstationstypen *Hintergrund*, *Verkehr* und *Industrie* (LANUV 2011). Daten zur Vorbelastung können unter anderem dem Messnetz des Bundes oder den Messnetzen der verschiedenen Bundesländer entnommen werden (UBA 2012).

Zusatzbelastung

Der Transportpfad der Luftverunreinigungen von der Emission zur Immission kann mit numerischen Ausbreitungsmodellen beschrieben werden. Mit Hilfe einer Ausbreitungsrechnung wird z. B. der zusätzliche Eintrag (Immissionszusatzbelastung) von Luftschadstoffen bei geplanten Anlagen berechnet. Falls die Emissionsdaten anderer relevanter Emittenten vorliegen, ist es auch möglich, die gesamte Belastung zu ermitteln.

Diese Immissionsprognosen werden in den meisten Fällen mit einem Ausbreitungsmodell nach TA Luft durchgeführt. Die Auswirkungen von Hindernissen wie Gelände oder Gebäude auf die Luftströmung werden berücksichtigt. Hinsichtlich der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen kann sich am *Leitfaden Immissionsprognosen* des LANUV NRW orientiert werden (LANUV NRW 2011).

Gesamtbelastung

Für jeden Luftschadstoff ist aus der Zusatz- und Vorbelastung die Gesamtbelastung zu berechnen, um eine adäquate Einschätzung über relevanten Umweltauswirkungen zu erhalten.

Vorgehensweise bei der Bewertung von Luftschadstoffen

Die ermittelte Gesamtbelastung eines Stoffes ist (sofern möglich) mit dem jeweiligen Bewertungsmaßstab für eine wirksame Umweltvorsorge nach Kap. 5.3.8.4 zu vergleichen. Bei Einhaltung dieses Bewertungsmaßstabes ist nicht von gesundheitlichen Beeinträchtigungen des Menschen im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge auszugehen. Ein Vergleich mit den Immissionswerten der TA Luft oder anderen Beurteilungswerten mit Bezug zur Gefahrenabwehr genügt nicht den Anforderungen an eine wirksame Umweltvorsorge.

Auch ein alleiniges Abarbeiten einzelner Prüfschritte gemäß fachgesetzlicher und untergesetzlicher Vorgaben, wie sie beispielsweise in der TA Luft zu finden sind, ist für die Aufgabe einer Umweltverträglichkeitsprüfung als nicht zielführend anzusehen. Danach ist es nicht statthaft, analog zu Nr. 4.1 TA Luft die Ermittlung bestimmter Kenngrößen zu unterlassen, wenn eines der Kriterien wie geringer Emissionsmassenstrom, geringe Vorbelastung oder irrelevante Zusatzbelastung (nach Nr. 4.1, Abs. 4, Buchst. a) bis c) erfüllt ist. Es sollte grundsätzlich die Zusatzbelastung und die Vorbelastung ermittelt und daraus die Gesamtbelastung errechnet werden.

Die *Irrelevanzprüfung* nach TA Luft dient lediglich zur Beantwortung der Frage, ob weitere Kenngrößen zu ermitteln sind. Im Rahmen von Gesundheitsfolgenabschätzungen als Bestandteil von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und Gesundheitsplänen ist daher die Durchführung einer Irrelevanzbetrachtung entbehrlich, da hier diese Frage nicht zu beantworten ist.

Die Vorbelastung für den zu betrachtenden Standort kann durch Messen oder Übertragung von Daten ermittelt werden. Bei einer Übertragung von Daten ist eine Plausibilitätsprüfung obligatorisch. Bei dieser ist insbesondere zu beantworten, ob Daten für einen anderen Standort und/oder mit einem anderen zeitlichen Bezug für den zu betrachtenden Standort als repräsentativ gelten können.

Neben dem Vergleich zwischen Gesamtbelastung und Bewertungsmaßstab soll zusätzlich der Anteil der Zusatzbelastung an der Gesamtbelastung ermittelt werden. Dies dient dazu aufzuzeigen, welchen Einfluss das durchzuführende Vorhaben (Plan, Projekt, Anlage) auf die Ist-Situation hat.

5.3.8.4 Bewertungsmaßstäbe

Zur Bewertung der gesundheitlichen Wirkungen durch Luftschadstoffe liegt eine Reihe von Bewertungsmaßstäben vor. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer rechtlichen Verbindlichkeit und bezüglich des Schutzniveaus. Nachfolgend werden die gängigsten Bewertungsmaßstäbe und, soweit möglich, die dazugehörigen Schutzniveaus aufgeführt. Ferner wird beschrieben, inwieweit sich die einzelnen Bewertungsmaßstäbe für eine Bewertung im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge eignen. Abschließend wird eine Empfehlung für einen Bewertungsmaßstab mit Bezug zur wirksamen Umweltvorsorge gegeben.

Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften

39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (39. BImSchV)

Die Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (39. BImSchV) setzt die EU-Richtlinien 2008/50/EG, 2004/107/EG und 2001/81/EG in deutsches Recht um. Sie enthält Immissionsgrenz- und Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit oder Umwelt (vgl. Tabelle 28). Der *Immissionsgrenzwert* ist ein Wert, der auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf.

Tabelle 28 Immissionsgrenz- und Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit der 39. BImSchV

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittlungszeitraum	Schutzobjekt	Verbindlichkeit
Arsen	6 ng/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit und die Umwelt	Zielwert ab 1.1.2013
Benzo[a]pyren (als Marker für PAH)	1 ng/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit und die Umwelt	Zielwert ab 1.1.2013
Benzol	5 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert
Blei	0,5 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert
Cadmium	5 ng/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit und die Umwelt	Zielwert ab 1.1.2013
Kohlenmonoxid	10 mg/m ³	8 Stunden	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ¹
Nickel	20 ng/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit und die Umwelt	Zielwert ab 1.1.2013
Ozon	120 µg/m ³	8 Stunden	menschliche Gesundheit	Zielwert ²
	120 µg/m ³	8 Stunden	menschliche Gesundheit	langfristiges Ziel ³
Partikel (PM10)	40 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert
	50 µg/m ³	24 Stunden	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ⁴
Partikel (PM2,5)	25 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Zielwert
	25 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ab 1.1.2015
	20 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Verpflichtung in Bezug auf die Expositionskonzentration ab 1.1.2015
Schwefeldioxid (SO₂)	125 µg/m ³	24 Stunden	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ⁵
	350 µg/m ³	1 Stunde	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ⁶
Stickstoffdioxid (NO₂)	40 µg/m ³	Jahr	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert
	200 µg/m ³	1 Stunde	menschliche Gesundheit	Immissionsgrenzwert ⁷

¹ Höchster Achtstundenmittelwert pro Tag² Höchster Achtstundenmittelwert während eines Tages bei zugelassenen 25 Überschreitungen im Kalenderjahr³ Höchster Achtstundenmittelwert während eines Tages⁴ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr⁵ bei 3 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr⁶ bei 24 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr⁷ bei 18 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr

Der *Zielwert* ist ein Wert, der mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern, und der nach Möglichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss.

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 2002)

Die Immissionswerte der TA Luft dienen zur Sicherstellung des Schutzes vor Gefahren für die menschliche Gesundheit bzw. zum Schutz vor erheblichen Nachteilen und Belästigungen (vgl. Tabelle 29). Sie wurden nicht rein wirkungsbezogen und nicht unter Vorsorgeaspekten abgeleitet. Die Immissionswerte der TA Luft gelten nur in Verbindung mit den dort festgelegten Verfahren zur Ermittlung der Immissionskenngrößen.

Tabelle 29 Immissionswerte der TA Luft für Stoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr
Benzol	5 µg/m ³	Jahr	-
Blei und seine anorganischen Verbindungen als Bestandteile des Schwebstaubes (PM ₁₀), angegeben als Pb	0,5 µg/m ³	Jahr	-
Schwebstaub (PM ₁₀)	40 µg/m ³	Jahr	-
	50 µg/m ³	24 Stunden	35
Schwefeldioxid	50 µg/m ³	Jahr	-
	125 µg/m ³	24 Stunden	3
	350 µg/m ³	1 Stunde	24
Stickstoffdioxid	40 µg/m ³	Jahr	-
	200 µg/m ³	1 Stunde	18
Tetrachlorethen	10 µg/m ³	Jahr	-
Cadmium	0,02 µg/m ³	Jahr	-

Nicht verbindliche Regelwerke

Maximale Immissions-Konzentrationen nach VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (VDI 2001, 2004)

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) legt in den VDI-Richtlinien 2310 *Maximale Immissionskonzentrationen* (MIK-Werte) für verschiedene Luftschadstoffe fest (vgl. Tabelle 30). Der MIK-Wert ist ein festgelegter Wert für eine bestimmte Luftverunreinigung. Bei Einhaltung der MIK-Werte ist der Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Kultur- und sonstigen Sachgütern gewährleistet. Zu den Kriterien, die vor der Abschätzung von MIK-Werten feststehen müssen, gehören die zu schützenden Objekte, die zu beachtenden Wirkungsarten und das geforderte Schutzniveau. MIK-Werte und ihre Begründungen stellen Entscheidungshilfen für die Ableitung gesetzlicher Normen dar, ohne jedoch einen unmittelbaren Bezug zu immissionsschutzrechtlichen Bestimmungen aufzuweisen. Es handelt sich um Richtwerte, die zur Beurteilung von Belastungen durch Luftschadstoffe dienen sollen.

Tabelle 30 Maximale Immissions-Konzentrationen nach VDI-Richtlinie 2310

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittlungszeitraum	Bemerkung
Stickstoffdioxid	20 µg/m ³	Jahr	VDI 2310 Blatt 12 12/2004
	50 µg/m ³	24 Stunden	
Ozon	100 µg/m ³	8 Stunden	VDI 2310 Blatt 15 12/2001

WHO Air Quality Guidelines (WHO 2000, 2006)

Die Luftqualitäts-Richtlinien von 2006 richten sich erstmals an alle Weltregionen und benennen einheitliche Richtwerte für die Luftqualität (vgl. Tabelle 31). Diese Ziele sind weit strenger als die nationalen Standards, die derzeit in weiten Teilen der Welt gültig sind und kommen in einigen Städten einer Verringerung des Schadstoffausstoßes um mehr als zwei Drittel gleich. Die WHO-Luftgüte-Leitlinien wurden erstmals 1987 für Europa veröffentlicht und bieten eine einheitliche Basis für Strategien zur Kontrolle von Luftverschmutzungen. Sie tragen dazu bei, die öffentliche Gesundheit zu fördern und diese vor den Gefahren der Luftverschmutzung zu bewahren. Die Richtlinien informieren über die notwendige Beseitigung oder Verringerung von Schadstoffen, die nachweislich oder wahrscheinlich die menschliche Gesundheit beeinträchtigen. Sie sollen als Grundlage für die Entwicklung nationaler Standards dienen, indem sie Werte aufzeigen, unter denen für den Menschen bei durchschnittlicher oder lebenslanger Belastung kein gesundheitliches Risiko besteht.

Luftqualitätsstandards zur Umweltvorsorge nach Kühling und Peters (1994)

In ihrer Publikation *Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen* geben Kühling und Peters (1994) für eine ganze Reihe von Luftschadstoffen Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge an. Diese sollen nach den Autoren im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen insbesondere für Genehmigungsverfahren nach BImSchG verwendet werden, da die fachgesetzlichen Grundlagen (BImSchG, TA Luft) keine Beurteilungswerte nach Maßgabe des UVP-Gesetzes im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge kennen, sondern dem Schutz vor Gefahren dienen.

Dem Vorsorgeaspekt wurde bei der Ableitung der Luftqualitätsstandards dadurch Rechnung getragen, indem für nicht-kanzerogene Stoffe ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor von 10 berücksichtigt wurde. Für kanzerogene Stoffe wurde mit Hilfe des *unit risk* und einem als zulässig erachteten Krebsrisikos von 1×10^{-6} ein entsprechender Bewertungsmaßstab errechnet. Während die Verwendung eines zulässigen Risikos von 1×10^{-6} bei der Ableitung von Vorsorgewerten für kanzerogene Stoffe üblich ist, ist die starre Verwendung eines zusätzlichen Faktors von 10 für nicht-kanzerogene Stoffe nicht üblich, da dies nicht als angemessen angesehen wird. Ferner wurden die Luftqualitätsstandards zur Umweltvorsorge bereits 1994 veröffentlicht, d. h. die fachlichen Grundlagen für deren Ableitung stammen aus den frühen neunziger bzw. späten achtziger Jahren. Es ist daher davon auszugehen, dass die Luftqualitätsstandards heutzutage nicht mehr in jedem Fall als geeignet angesehen werden können.

Tabelle 31 WHO Air Quality Guidelines

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittlungszeitraum	Bemerkung
Blei	0,5 µg/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2000
Cadmium und Verbindungen	5 ng/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2000
1,2 Dichlorethan	0,7 mg/m ³	24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2000
Dichlormethan	0,45 mg/m ³ 3 mg/m ³	1 Woche 24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2000
Formaldehyd	0,1 mg/m ³	½ Stunde	WHO Air Quality Guidelines 2000
Kohlenmonoxid	10 mg/m ³ 30 mg/m ³ 60 mg/m ³ 100 mg/m ³	8-Stunden 1-Stunde ½ Stunde ¼ Stunde	WHO Air Quality Guidelines 2000
Mangan	0,15 µg/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2000
Ozon	100µg/m ³	8 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2006
	160 µg/m ³	8 Stunden	WHO Zwischenziel 1
PM₁₀	20 µg/m ³ 50 µg/m ³	Jahr 24 Stunden (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Air Quality Guidelines 2006
	70 µg/m ³ 150 µg/m ³	Jahr 24 Stunden (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 1
	50 µg/m ³ 100 µg/m ³	Jahr 24 Stunden (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 2
	30 µg/m ³ 75 µg/m ³	Jahr 24 Stunden (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 3
PM_{2,5}	10 µg/m ³ 25 µg/m ³	Jahr ²⁰ 24 Stunden ²¹	WHO Air Quality Guidelines 2006
	35 µg/m ³ 75 µg/m ³	Jahr ²² 24 Stunden (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 1
	25 µg/m ³ 50 µg/m ³	Jahr ²⁴ 24 Stunde (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 2
	15 µg/m ³ 37,5 µg/m ³	Jahr 24 Stunde (99. Perzentil: 3 Tage/Jahr)	WHO Zwischenziel 3
Quecksilber	1 µg/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2000
Schwefeldioxid	20 µg/m ³	24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2006
	500 µg/m ³	10 Minuten	

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittlungszeitraum	Bemerkung
	125 µg/m ³	24 Stunden	WHO Zwischenziel 1 (Luftgüterichtwert 2000)
	50 µg/m ³	24 Stunden	WHO Zwischenziel 2
Schwefelkohlenstoff	100 µg/m ³	24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2000
Schwefelwasserstoff	150 µg/m ³	24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2000
Stickstoffdioxid	40 µg/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2006
	200 µg/m ³	1 Stunde	
Styrol	260 µg/m ³	1 Woche	WHO Air Quality Guidelines 2000
Toluol	260 µg/m ³	1 Woche	WHO Air Quality Guidelines 2000
Vanadium	1 µg/m ³	24 Stunden	WHO Air Quality Guidelines 2000
Tetrachlorethen	250 µg/m ³	Jahr	WHO Air Quality Guidelines 2000

LAI-Orientierungswerte (LAI 2004, 2010, Koch 1998)

Der LAI-Bericht *Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind* enthält Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft und Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung. Den Orientierungswerten für kanzerogene Luftschadstoffe liegt ein *hinzunehmendes* Krebsrisiko je nach Stoff von 2×10^{-5} bis 9×10^{-5} zugrunde. Die Zielwerte für PCDD/F und dl-PCB orientieren sich an der Neubewertung der WHO von 1998. Zudem enthält der LAI-Bericht für kanzerogene Luftschadstoffe Beurteilungsmaßstäbe, welche mit einem Krebsrisiko von 10^{-5} bzw. 10^{-6} verknüpft sind. Insbesondere ein Risiko von 10^{-6} , welches als „praktisch sichere Dosis“ bezeichnet wird (Derelanko & Hollinger 1995), lässt sich dem Schutzniveau Vorsorge zuordnen. Für die Stoffe Toluol, Xylol und Vanadium und seine Verbindungen hat der LAI 1996 bzw. 1997 Zielwerte für die großräumige Luftreinhalteplanung abgeleitet (Koch 1998).

Tabelle 32 Ziel- und Orientierungswerte der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz

Stoff/Stoffgruppe	Konzentration	Mittlungszeitraum	Bemerkung
Arsen u. Verbindungen	6 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Asbest	220 Fasern/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Benzol	5 µg/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP, LAI 2004
Cadmium und Verbindungen	5 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft LAI 2004
Chrom (IV)	1,7 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Chrom (Gesamt)	17 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Kohlenmonoxid	10 mg/m ³ 30 mg/m ³	8-Stunden ½ Stunde	Orientierungswerte für SFP nach TA Luft LAI 2004
Nickel	20 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft , LAI 2004
PAH (BaP)	1 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
PCDD/F inkl. coplanare PCB (Inhalationswert)	150 fg WHO-TEQ/m ³	Jahr	Zielwert LAI 2004 (Inhalationswert)
PCDD/F inkl. coplanare PCB (Depositionswert)	9 pg WHO-TEQ/(m ² x d)	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2010
PCDD/F inkl. coplanare PCB (Depositionswert)	4 pg WHO-TEQ/(m ² x d)	Jahr	Zielwert LAI 2004
Quecksilber und seine Verbindungen	50 ng/m ³	Jahr	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Styrol	60 µg/m ³	Jahr und Kurzzeitwert	Orientierungswert für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Tetrachlorethen	10 µg/m ³ 3,5 mg/m ³ ³⁷	Jahr ½ Stunde	Orientierungswerte für SFP nach TA Luft, LAI 2004
Toluol	30 µg/m ³	Jahr	Zielwert für die großräumige Luftreinhalteplanung LAI 1996 (Koch 1998)
Xylole (Summe der 3 Isomeren)	30 µg/m ³	Jahr	Zielwert für die großräumige Luftreinhalteplanung LAI 1996 (Koch 1998)
Vanadium und seine Verbindungen als Vanadium	20 ng/m ³	Jahr	Zielwert für die großräumige Luftreinhalteplanung LAI 1997 (Koch 1998)

Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen – Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung, Hrsg. Eikmann et al.

Hierbei handelt es sich um ein ergänzbares Handbuch zu toxikologischen Basisdaten für die Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen. Die Gefährdungsabschätzung erfolgt hierbei mittels *tolerierbarer resorbierter Dosis* (TRD).

Empfehlungen zur Verwendung von arbeitsplatzbezogenen Grenzwerten

Arbeitsplatzbezogene Grenzwerte wie z. B. *Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen* (MAK-Werte) dienen dem Schutz der Gesundheit am Arbeitsplatz und gelten für gesunde Erwachsene bei einer befristeten Exposition von maximal 8 Stunden täglich (vgl. DFG 2012). AGW selbst sind nicht geeignet, mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen der Allgemeinbevölkerung einschließlich empfindlicher Personengruppen zu begrenzen.

Nach LAI-Bericht „*Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind*“ (LAI 2004) ist es unter der Voraussetzung, dass keine anderen Beurteilungsmaßstäbe zur Verfügung stehen, aber hilfsweise vertretbar, im Rahmen der Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft 1/100 des jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwertes (MAK- und BAT-Werte-Liste (DFG 2012) bzw. Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900) heranzuziehen. Der Faktor 100 setzt sich aus zwei Einzelfaktoren von jeweils 10 zusammen. Diese dienen zum einen zur Umrechnung der gegenüber Arbeitsplätzen erhöhten Expositionsdauer für die Allgemeinbevölkerung, zum anderen zur Berücksichtigung von empfindlichen Personen in der Allgemeinbevölkerung, welche an Arbeitsplätzen nicht zu finden sind.

Referenzkonzentrationen der Environmental Protection Agency (EPA) (Integrated Risk Information Service, IRIS)

Die US-amerikanische Umweltbehörde (EPA) hat für eine ganze Reihe von Stoffen sogenannte *reference concentration* (RfC) abgeleitet. Die Ableitungen dieser RfC erfolgten rein wirkungsbezogen und beziehen sich auf die Wirkungen nach kurz- oder langfristiger inhalativer Aufnahme. Daneben finden sich unit risk-Werte für krebserzeugende Stoffe sowie Referenzdosen (*reference dose* RfD), welche zur Beurteilung der Effekte nach kurz- oder langfristiger oraler Aufnahme dienen. Die Referenzkonzentrationen und –dosen und unit risk sowie die entsprechenden Begründungen zu diesen können auf der Internetseite der EPA abgerufen werden.⁶⁸

Minimal Risk Level der Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)

MRL stellen nach Auskunft der ATSDR eine Abschätzung bezüglich derjenigen Exposition des Menschen gegenüber einem bestimmten Stoff dar, welche wahrscheinlich nicht mehr mit einem nennenswerten Risiko für schädliche nicht-kanzerogene Wirkungen verbunden ist. Die MRL sollen laut ATSDR als „screening level“ dienen, um Kontaminanten zu identifizieren und potenzielle Gesundheitseffekte aufzuzeigen. MRL wurden von der ATSDR sowohl zur Beurteilung der Effekte nach inhalativer als auch nach oraler Aufnahme festgelegt. Ferner leitete die ATSDR sowohl MRL für akute, subchronische und chronische Wirkungen ab. Informationen und eine Auflistung aller MRL finden sich auf der Internetseite der ATSDR.⁶⁹

⁶⁸ [Http://www.epa.gov/iris/index.html](http://www.epa.gov/iris/index.html).

⁶⁹ [Http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp](http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp).

Fazit

Von den dargestellten Bewertungsmaßstäben wurden lediglich die Luftqualitätsstandards von Kühling & Peters (1994) ausdrücklich als Vorsorgewerte deklariert. Bei den übrigen Beurteilungswerten erfolgte die Ableitung zum einen unter dem Aspekt der Gefahrenabwehr (Immissionswerte TA Luft, LAI-Orientierungswerte), zum anderen unter rein wirkungsbezogenen Aspekten. Bei ausschließlich wirkungsbezogen abgeleiteten Beurteilungswerten findet keine Abwägung von Wirkungsaspekten mit anderen Aspekten wie Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit usw. statt. Eine gewisse Sonderrolle nehmen die Air Quality Guidelines der WHO ein. Diese sind in der Regel strenger als vom Gesetzgeber abgeleitete gefahrenbezogene Werte. Allerdings fanden auch hier oftmals sozioökonomische Aspekte Berücksichtigung.

Insgesamt ist die Aufstellung einer Rangfolge der angeführten Bewertungsmaßstäbe hinsichtlich der Einbeziehung von Vorsorgeaspekten kaum möglich. Wie sich Vorsorge quantitativ auf den Beurteilungswert auswirkt bzw. auswirken soll, ist unterschiedlich oder zum Teil auch überhaupt nicht definiert. Tabelle 33 gibt einen Überblick über die verschiedenen Bewertungsmaßstäbe und deren Schutzniveau, sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es existiert noch eine Reihe von weiteren wirkungsbezogen abgeleiteten Beurteilungswerten, die hier nicht aufgeführt sind.

Tabelle 33 Übersicht Bewertungsmaßstäbe und Schutzniveau

Bewertungsmaßstab	Quelle	Schutzniveau
Immissionswert	TA Luft	Gefahrenabwehr
Immissionsgrenzwert Zielwert	39. BImSchV 39. BImSchV	Gefahrenabwehr schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt sollen nach Möglichkeit vermieden werden.
Orientierungswert	LAI	Gefahrenabwehr
Zielwert	LAI	wirkungsbezogen
Beurteilungsmaßstäbe (zulässiges Krebsrisiko 10^{-6})	LAI	kann im Sinne der Vorsorge interpretiert werden
Luftqualitätsstandard zur Umweltvorsorge	Kühling und Peters	Vom Autor als Vorsorgewert deklariert
Luftgüte-Richtlinie	WHO	wirkungsbezogen, aber Einhaltung und sozioökon. Aspekte berücksichtigt
TRD-Werte und korrespondierende Konzentrationen in der Luft	Eikmann et al.	wirkungsbezogen
Maximale Immissions-Konzentration	VDI	wirkungsbezogen
Referenzkonzentration	EPA	wirkungsbezogen
Minimal Risk Level	ATSDR	wirkungsbezogen

Hinsichtlich der Beantwortung der Frage, wann ein Beurteilungswert als Vorsorgewert angesehen bzw. im Sinne eines Vorsorgewertes interpretiert werden kann, kann sich an der Definition von Vorsorgewerten aus anderen Umweltbereichen orientiert werden.

So hat beispielsweise die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluft-hygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden in ihrem Basisschema für *Richtwerte für die Innenraumluft* ihren Vorsorgewert (Richtwert I) folgendermaßen definiert (s. UBA 2012a: 280):

„Der Richtwert I ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition von empfindlichen Personen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.“

Zur Ableitung des Richtwertes I geht die Ad-hoc-Arbeitsgruppe grundsätzlich von der NOAEC (no observed adverse effect concentration)⁷⁰ aus. Falls eine NOAEC nicht oder nicht hinreichend sicher ermittelt werden kann, ist eine NAEC (no adverse effect concentration)⁷¹ aus der LOAEC (lowest observed adverse effect concentration)⁷² abzuschätzen. Wenn BMD-Abschätzungen⁷³ verfügbar sind, könne als NOAEC von der BMDL₅ ausgegangen werden. In epidemiologischen Studien werden nach Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluft-hygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden nicht selten deutlich größere Datensätze als bei tierexperimentellen Untersuchungen erhoben, so dass auf Basis dieser Studien die Ableitung einer BMDL₁ möglich ist (UBA 2012a).

Hieraus lässt sich folgern, dass grundsätzlich alle Beurteilungswerte, bei denen die NOAEC bzw. der NOAEL oder die BMDL₅ bzw. BMDL₁ als Ausgangspunkt für die Ableitung verwendet wurde, im Sinne eines Vorsorgewertes interpretiert werden können.⁷⁴ Dies dürfte z. B. bei den Referenzkonzentrationen der EPA, den Minimal Risk Level der ATSDR, den MIK-Werten des VDI sowie den TRD-Werten von Eikmann et al. der Fall sein. Es ist aber unbedingt für jeden Beurteilungswert im Detail zu prüfen, ob tatsächlich die NOAEC bzw. der NOAEL oder eine entsprechende BMDL als Ausgangspunkt der Ableitung zum Ansatz gebracht wurde.

Die Wirkmechanismen kanzerogener Stoffe sind vielfältig und komplex. Eine detaillierte Beschreibung dieser findet sich z. B. in ECHA (2010). Krebserzeugende Stoffe lassen sich unterscheiden in Kanzerogene mit und ohne Wirkungsschwelle. Für letztere muss davon ausgegangen werden, dass keine Schwelle bestimmbar ist, unterhalb derer eine krebserzeugende Wirkung „hinreichend sicher“ ausgeschlossen werden könnte. Ist für einen solchen Stoff ein Bewertungsmaßstab erforderlich, ist dieser als risikobasierter Wert festzulegen (Konietzka 2002). Für einen solchen muss die Ableitung unter Verwendung einer stoffspezifischen Kennzahl, wie z. B. dem unit risk, und eines als hinnehmbar erachteten (zusätzlichen) Krebsrisikos erfolgen.

Bei der Festlegung eines zulässigen Krebsrisikos für Außenluftschadstoffe, welches den Anforderungen an eine wirksame Umweltvorsorge im Sinne des UVPG entspricht, kann sich an den Empfehlungen für Außenluftschadstoffe anderer Institutionen sowie an grundsätzlichen Empfehlungen zur Risikobewertung orientiert werden. Eine Übersicht zur Ableitung von Bewertungsmaßstäben von u. a. Kanzerogenen ohne bzw. mit Wirkungsschwelle sowie zulässigen Risiken findet sich im Bericht *Ver-*

⁷⁰ NOAEC = No Observed Adverse Effect Concentration; höchste Konzentration, bei der noch keine adversen Effekte beobachtet werden (Kalberlah & Hassauer 2003).

⁷¹ NAEC = No Adverse Effect Concentration; höchste Konzentration, bei der noch keine adversen Effekte auftreten.

⁷² LOAEC = Lowest Observed Adverse Effect Concentration; niedrigste Konzentration, bei der adverse Effekte beobachtet werden (Kalberlah & Hassauer 2003).

⁷³ Das Benchmark-Verfahren ist eine statistikgestützte Methode, die angewendet wird, um Dosis-Wirkungsbeziehungen dahingehend zu analysieren, dass auf ihnen basierend der gesamte Dosis-Wirkungsverlauf beschrieben werden kann. Dieses Verfahren wird jeweils auf die Daten eines spezifischen Wirkendpunktes angewendet. Die Benchmarkdosis (BMD) beschreibt hierbei diejenige Dosishöhe, bei der eine vorgegebene zusätzlich zum Hintergrund auftretende Wirkung eintritt. Diese Wirkung wird als „Benchmark response“ bezeichnet. Die Abkürzung BMDL („benchmark dose lower bound“) beschreibt die untere Grenze des einseitigen (in der Regel) 95 %-gen Konfidenzintervalls der BMD.

⁷⁴ Nach Schneider & Kaiser (2012) kann bei Vorliegen von quantalen Daten theoretisch auch von einer BMDL₁₀ ausgegangen werden, wie diese in ihrem Bericht „Anwendung des Benchmark-Verfahrens bei der Ableitung von HBM-Werten“ für den vorsorgeorientierten HBM-I-Wert ausführen.

fahren umweltbezogener gesundheitlicher Stoffbewertungen des UBA (2011a). Nach diesen vom UBA (2011a) durchgeführten Vergleich der Bewertungsverfahren werden bei der Angabe risikobasierter Körperdosen oder Stoffkonzentrationen definierte Lebenszeitriskiken meist im Bereich von 10^{-5} bis 10^{-6} angegeben.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat für die Allgemeinbevölkerung ein akzeptables Risiko für eine stufenförmige Senkung von Konzentrationswerten in Höhe der „*international diskutierten Risikogröße 1:100.000*“, d. h. 1×10^{-5} , genannt (SRU 1993). Die Gesundheitsministerkonferenz folgte dem SRU und nennt das Lebenszeit-Risiko von 1:100.000 für Einzelsubstanzen als das Ziel einer stufenförmigen Senkung von Umweltkonzentrationen (AGLMB 1995).

Die US-amerikanische Umweltbehörde (EPA 1986) nennt bezüglich akzeptabler Krebsrisiken einen Bereich von 1×10^{-4} bis 1×10^{-6} . Der Zahlenwert von 1×10^{-6} bzw. die korrespondierende Dosis oder Konzentration wird als *Virtually Safe Dose* (VSD) bezeichnet (Hutt 1985). Im deutschen Sprachgebrauch wird dieser Begriff mit *praktisch sichere Dosis* übersetzt. Die VSD dürfte als ein zulässiger Wert anzusehen sein, welcher dem Vorsorgeaspekt Rechnung trägt.

Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), jetzt Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz, hat 2004 für verschiedene krebserzeugende Außenluftschadstoffe neben den Orientierungswerten (Schutzniveau Gefahrenabwehr, Risikospanne 2×10^{-5} bis 9×10^{-5} ; mittlerer Wert $4,5 \times 10^{-5}$) Beurteilungswerte für Krebsrisiken von 1×10^{-5} und 1×10^{-6} abgeleitet (LAI 2004), welche dem Vorsorgeaspekt entsprechen dürften bzw. sich diesem annähern.

Kühling & Peters (1995) haben u. a. für kanzerogene Außenluftschadstoffe „Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge“ abgeleitet, welche im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen verwendet werden sollen. Hierbei wurde von den Autoren ein zulässiges (zusätzliches) Krebsrisiko für den Einzelstoff von 1×10^{-6} zugrunde gelegt.

Folgendes lässt sich schlussfolgern:

Für das Schutzniveau *Gefahrenabwehr* bewegt sich das in den verschiedenen Regelwerken sowie in der Literatur aufgeführte, als hinnehmbar erachtete Risiko zumeist im Bereich von 1×10^{-4} bis 1×10^{-5} , wobei des Öfteren ein Wert von 5×10^{-5} (z. B. LAI 2004), Bundes-Bodenschutzverordnung (Bundesanzeiger 1999) angegeben wird.

Für das Schutzniveau *Vorsorge* bewegt sich das in den verschiedenen Regelwerken sowie in der Literatur aufgeführte, als hinnehmbar erachtete Risiko in aller Regel im Bereich von 1×10^{-5} bis 1×10^{-6} . Oftmals wird der Wert von 1×10^{-6} angesetzt.

Somit sollten auch Beurteilungswerte für eine wirksame Umweltvorsorge nach UVPG innerhalb der o. g. Spanne von 1×10^{-5} und 1×10^{-6} zu liegen kommen. Hierbei wäre analog zur „*Virtually Safe dose*“ grundsätzlich ein zulässiges Risiko von 1×10^{-6} anzustreben, da dieses dem Vorsorgecharakter am nächsten kommt.

Es wird daher empfohlen, bei Bewertungen unter Vorsorgeaspekten im Rahmen von Gesundheitsfolgenabschätzungen wie Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und Gesundheitsplänen Beurteilungswerte zu verwenden, welchen einem zulässigen Risiko von 1×10^{-6} entsprechen. Nur für den Fall, dass keine Bewertungsmaßstäbe, welche mit einem Risiko von 1×10^{-6} verknüpft sind, vorliegen, können hilfsweise Beurteilungswerte mit einem Risiko von bis zu 1×10^{-5} herangezogen werden. Beurteilungswerte, welche mit einem höheren Risiko als 1×10^{-5} assoziiert sind, sind nicht zur Bewertung unter Vorsorgeaspekten zu verwenden.

Empfohlene Bewertungsmaßstäbe für eine wirksame Umweltvorsorge

Aus den o. g. Gründen wird empfohlen, insbesondere die nachfolgend aufgeführten Quellen im Rahmen von Gesundheitsfolgenabschätzungen innerhalb von Umweltprüfungen und Gesundheitsplänen zur Bewertung für eine wirksame Umweltvorsorge heranzuziehen:

- WHO Air Quality Guidelines,
- LAI 2004 – Zielwerte sowie Beurteilungsmaßstäbe mit einem zulässigen Krebsrisiko von 10^{-6} ,
- Eikmann et al. – Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen – Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung,
- VDI – maximale Immissions-Konzentrationen,
- Kühling und Peters (1994),
- EPA – Referenzkonzentrationen,
- ATSDR – Minimal Risk Level.

Es ist demnach für einen bestimmten Stoff in vielen Fällen nicht mit einem einzelnen eindeutigen Wert zu rechnen, sondern mit einem Intervall an Werten. Anhand einer Plausibilitätsprüfung ist allerdings zu eruieren, welche der stoffbezogenen Beurteilungswerte aus den genannten Quellen als geeignet angesehen werden können. Hierbei sind Kriterien wie die *gute fachliche Praxis* hinsichtlich der Ableitung von Beurteilungswerten und die Aktualität der zugrunde liegenden Daten anzusetzen. Auch sind insbesondere die obigen Hinweise zur Wahl des Ausgangspunktes für die Ableitung eines Beurteilungswertes sowie die Empfehlung zum zulässigen Risiko für krebserzeugende Stoffe zwingend zu beachten. Nicht geeignete Beurteilungswerte sind nicht zu berücksichtigen. Auch ist insbesondere zu hinterfragen, inwieweit die einzelnen Beurteilungswerte tatsächlich dem Schutzniveau wirksame Umweltvorsorge entsprechen bzw. sich diesem zumindest annähern.

Dagmar Hildebrandt (Stand: 2014)

5.3.8.5 Geruch

Die Messung von Geruch wird als Olfaktometrie bezeichnet. Die Olfaktometrie ist ein sensorisches Messverfahren. Sie setzt die menschliche Nase als "Messgerät" ein. Mit der Olfaktometrie wird die Geruchsstoffkonzentration für die zu untersuchende geruchbeladene Abluft ermittelt. Mit Hilfe des Olfaktometers werden die Verdünnungsfaktoren für die zu untersuchende Abluft bestimmt. Man ermittelt also, mit wie vielen Teilen geruchsneutraler Luft man einen Teil der geruchbeladenen Abluft verdünnen muss, damit für das Gemisch gerade die Geruchsschwelle erreicht wird. Die Geruchsstoffkonzentration der Abluft einer Quelle wird angegeben in GE/m^3 (GE = Geruchseinheit). Die Geruchseinheiten sind der Kehrwert des Verdünnungsverhältnisses.

Aus dieser Definition wird deutlich, dass der Geruchsschwelle $1 \text{ GE}/\text{m}^3$ entspricht. Werden für eine Quelle z. B. $100 \text{ GE}/\text{m}^3$ ermittelt, so bedeutet dies, dass 1 Teil der Abluft mit 99 Teilen geruchsfreier Luft vermischt werden muss, damit das Gemisch gerade noch riechbar ist (die Geruchsschwelle erreicht ist). Die Geruchsstoffkonzentrationen sind unabhängig von den einzelnen Stoffkomponenten des Emittenten. Sie berücksichtigen auch die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Komponenten.

5.3.8.5.1 Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen

Der Mensch wird an jedem Tag mit einer Vielzahl von Geruchseindrücken konfrontiert, die sowohl von natürlichen Quellen wie der Natur und allen Lebewesen herrühren, als auch von künstlichen Quellen, die Bestandteil der heutigen modernen Industriegesellschaft sind. Zu letzteren gehören die Verarbeitung und Verbrennung von Rohstoffen zur Gewinnung von Energie, die Herstellung und Weiterverarbeitung von Produkten aller Art und die Beseitigung des nicht verwertbaren Abfalles. Einige Beispiele für besonders geruchsintensive Prozesse sind die Nutztierhaltung, die Lebensmittelproduktion, die chemische und petrochemische Industrie sowie die Abfallbeseitigung und die Abwasserreinigung. Die bei diesen Vorgängen freigesetzten Geruchsstoffe können in die Umwelt gelangen und als Geruch vom Menschen wahrgenommen werden (Mohr 2010).

Zu Problemen führt dies insbesondere dort, wo die vorgenannten Prozesse und der dauerhafte Aufenthalt von Menschen räumlich nah beieinander liegen, da anhaltender oder immer wieder auftretender Geruch zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Wohlbefindens führen kann. Ein als unangenehm empfundener Geruch kann Missstimmung, Aggressivität oder sogar einen Fluchtreflex auslösen. Selbst ein zunächst als angenehm empfundener Geruch kann bei dauerhafter Einwirkung störend wirken.

Dass Geruchseinwirkungen auch zu Gesundheitsschäden führen, kann mangels ausreichender Datengrundlage zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht nachgewiesen werden. Nach verschiedenen Studien scheint es aber nicht ausgeschlossen, dass eine Beeinträchtigung der Gesundheit allein aufgrund von Geruchswahrnehmungen denkbar ist. So sind beispielsweise im Zusammenhang mit Geruchseinwirkungen von einer Großkompostierungsanlage von betroffenen Personen die Symptome Übelkeit, Erbrechen, Appetitverlust, schlechter Geschmack im Mund und Atemnot genannt worden. Allerdings konnte in dieser Untersuchung keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, ob diese Symptome tatsächlich unmittelbar und ausschließlich auf die Geruchseinwirkungen zurückzuführen sind.

Die Reaktion auf eine Geruchswahrnehmung ist dabei von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Dies ist auf die Subjektivität der Geruchswahrnehmung und Geruchsinterpretation zurückzuführen. Wie wir Geruch wahrnehmen und bewerten, wird von unserer Prägung und Erziehung, von der physischen und psychischen Konstitution zum Zeitpunkt der Geruchswahrnehmung und auch von der Beziehung zum Geruchsemitenten bestimmt. Die typische Reaktion des Menschen auf einen als unangenehm empfundenen Geruch dürfte aber gemeinhin der Wunsch sein, sich diesem zu entziehen. Wo dies nicht ohne weiteres möglich ist, wie am Wohnort oder am Arbeitsplatz, kann es zu Konflikten zwischen dem Geruchsstoffemittenten und dem Geruchswahnehmenden kommen (Mohr 2010).

5.3.8.5.2 Bewertung der Auswirkungen

Die einzige derzeit vorhandene Regelung, die ein Gesamtkonzept zur Bewertung von Geruchsimmissionen festlegt, das auch Grenzwerte für Geruchsimmissionen umfasst, ist die Geruchsimmissions-Richtlinie. Sie versucht die Lücke zu schließen, die sich aus der mangelnden gesetzlichen oder untergesetzlichen Konkretisierung der Erheblichkeitsschwelle für Geruchsimmissionen ergibt. Die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) wurde 1994 vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) herausgegeben und zur Anwendung empfohlen. Die GIRL ist in nahezu allen Bundesländern im Erlasswege eingeführt worden. Ausnahmen bilden Bremen und Hamburg. Dort wird sie aber als Erkenntnisquelle und Entscheidungshilfe fallweise herangezogen. Im Laufe der Jahre wurde die GIRL mehrfach überarbeitet. Es erfolgte insbesondere eine Anpassung an die TA Luft 2002 und die Festlegung auf das Pro-

gramm AUSTAL2000G.⁷⁵ Das Ziel der GIRL ist es, für den Zeitraum bis zum Erlass von bundeseinheitlichen Verwaltungsvorschriften zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geruchsimmissionen eine einheitliche Praxis bei der Bewertung von Geruchsimmissionen zu gewährleisten. Damit soll sichergestellt werden, dass bei der Beurteilung von Geruchsimmissionen und bei den daraus gegebenenfalls folgenden Anforderungen an Anlagen mit Geruchsemissionen im Interesse der Gleichbehandlung einheitliche Maßstäbe und Beurteilungsverfahren angewandt werden (vgl. Nr. 1 Abs. 4 GIRL). So stellt die GIRL eine Konkretisierung der Erheblichkeitsschwelle für Geruchsimmissionen dar (Mohr 2010).

Der GIRL liegt das sogenannte Geruchsstundenkonzept zugrunde, das die Erheblichkeit von Geruchsimmissionen nach der relativen Häufigkeit des Auftretens von Geruch über der Wahrnehmungsschwelle beurteilt. Nach der GIRL wird als Geruchsstunde im vorgenannten Sinne eine Zeitstunde dann gewertet, wenn innerhalb eines bestimmten prozentualen Anteils der vollen Stunde die Geruchsschwelle überschritten wird. Die GIRL legt diesen Anteil bei zehn Prozent einer vollen Stunde fest (Hansmann 1999). Wird somit an einem gegebenen Immissionsort für die relative Dauer von zehn Prozent einer Stunde (d.h. mindestens sechs Minuten, wobei es sich hierbei nicht um einen durchgängigen Zeitraum handeln muss) die Geruchsschwelle des durchschnittlichen Riechers überschritten, stellt diese Stunde eine Geruchsstunde dar. In Abhängigkeit verschiedener Baugebietsarten legt die GIRL nun Immissionswerte in Form von Jahresgeruchsstundenanteilen fest. Für die Gebietsart Wohn-Mischgebiet gilt ein Wert von zehn Prozent. Für die Gebietsart Gewerbe-/Industriegebiet legt die GIRL diesen Anteil auf fünfzehn Prozent fest.

In Wohngebieten dürfen danach nicht mehr als zehn Prozent der Gesamtanzahl der Jahresstunden als Geruchsstunden im oben genannten Sinne zu werten sein. Überschreitet die relative Geruchsbelastungsdauer diesen Wert, ist der auftretende Geruch als erheblich und somit als schädliche Umwelteinwirkung im Sinne des BImSchG zu werten.

In Gewerbegebieten gilt dies entsprechend für 15% der Gesamtanzahl der Jahresstunden. Dabei wird jedoch nur der eindeutig als Anlagengeruch auszumachende Geruch berücksichtigt. Andere Geruchsbelastungen, wie etwa Gerüche aus dem Hausbrand oder dem Verkehr, finden keinen Eingang in die Beurteilung der Gesamtbelastung.

Neben der relativen Häufigkeit kann nach der GIRL im Rahmen der Beurteilung im Einzelfall auch die Hedonik (angenehm/unangenehm) eines Geruchs berücksichtigt werden, wenn bestimmte Voraussetzungen dies als erforderlich erscheinen lassen. Seit Verabschiedung der GIRL 2008 wird außerdem bei der Beurteilung von Geruch aus Tierhaltungsanlagen berücksichtigt, welche Geruchsqualität auftritt (differenziert nach Geflügel, Schweine und Rinder).

Berechnung der Geruchsimmissionen

Die Geruchsemissionen werden als Eingangsgrößen zur Berechnung der Geruchsimmissionen mit einem speziellen Ausbreitungsmodell für geruchsbeladene Abluft verwendet. Im Anhang 3 der TA Luft ist das Verfahren für die Ausbreitungsrechnung für Gase und Stäube beschrieben. Mit dem Modell können immissionszeitbewertete Geruchswahrnehmungshäufigkeiten berechnet werden. Die Ausbreitungsrechnung ist als Zeitreihenrechnung über jeweils ein Jahr oder auf der Basis einer mehrjährigen Häufigkeitsverteilung von Ausbreitungssituationen, unter Verwendung des Partikelmodells der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (Ausgabe September 2000) und unter Berücksichtigung weiterer Randbedingun-

⁷⁵ Das Programm modelliert die Geruchsverteilung auf Grundlage des Lagrange'schen Ausbreitungsmodells. <http://www.austal2000g.de>.

gen, durchzuführen. Mit Hilfe meteorologischer Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) lassen sich auf diese Weise die Geruchsimmissionen prognostizieren.

Die vom Partikelmodell benötigten meteorologischen Grenzschichtprofile und die hierzu benötigten Größen

- Windrichtung in Anemometerhöhe,
- Monin-Obukhov-Länge,
- Mischungsschichthöhe,
- Rauigkeitslänge und
- Verdrängungshöhe

werden gemäß entsprechend den im Anhang 3 der TA Luft festgelegten Konventionen bestimmt.

Die Geruchsimmissionen werden in der Regel als Kenngrößen für Beurteilungsflächen ermittelt. Die Beurteilungsflächen sind quadratisch und haben im Allgemeinen eine Seitenlänge von 250 m. Die Seitenlänge kann bis auf 50 m reduziert werden.

Die Bewertung von Geruchsimmissionen erfolgt grundsätzlich anhand der Geruchs-Gesamtbelastung. Diese setzt sich aus der Vorbelastung (derzeitige Belastung durch bereits vorhandene Anlagen) und der Zusatzbelastung (Belastung durch die zu genehmigende Anlage) zusammen.

Die Geruchsimmission wird durch die Kenngröße I beschrieben. Es bedeuten:

- IV - Vorbelastung,
- IZ - Zusatzbelastung,
- IG - Gesamtbelastung.

Die Kenngröße IG wird anhand der o.g. Erheblichkeitsschwellen (Immissions(grenz)werten (IW)) bewertet (siehe Tabelle 34).

Tabelle 34 Erheblichkeitsschwellen (Immissionswerte) für verschiedene Nutzungsgebiete

	Erheblichkeitsschwellen - Immissionswerte (Kenngröße der Geruchsbelastung)		
Nutzung der Flächen	Wohn-/Mischgebiete	Gewerbe-/Industriegebiete	Dorfgebiete
Gesamtbelastung	0,10	0,15	0,15*

* bei Gerüchen aus Tierhaltungsanlagen

Bei der Ermittlung der Gesamtbelastung durch Geruchsimmissionen, die durch Tierhaltungsanlagen verursacht werden, erhält jede einzelne Tierart einen Gewichtungsfaktor, anhand dessen die Gesamtbelastung ermittelt wird. Bei der Beurteilung von Geruchsimmissionen aus industriellen Quellen erfolgt im Gegensatz hierzu keine Berücksichtigung eines besonderen Faktors. Die Intensität eines Geruchs wird im Rahmen der Beurteilung von Geruchsimmissionen nach der GIRL nicht berücksichtigt. Verschiedene Untersuchungen haben ergeben, dass sich die Berücksichtigung der Intensität eines Geruchs als nicht oder nur marginal wirkungsrelevant erweist (Steinheider, Winneke 1992).

Monika Machtolf (Stand: 2014)

5.3.9 Pflanze/Nahrung

Einflüsse auf Pflanzen bzw. Nahrung können sowohl über den Boden als auch über die Luft (Immissionen) oder Wasser (Grundwasser, Bewässerung) erfolgen und vielfältiger Natur sein. Im Bodenschutz wird der Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze berücksichtigt und quantifiziert. Einflüsse über die anderen Umweltmedien können dagegen weniger klar quantifiziert werden.

Wird angenommen, dass im Rahmen eines Planungsverfahrens Schadstoffgehalte in Pflanzen Bedeutung erlangen, besteht die Möglichkeit, Pflanzenaufwuchsuntersuchungen durchzuführen oder am Standort vorhandene Nutzpflanzen zu untersuchen. Dabei kommt jedoch der Pflanzenprobennahme eine bedeutende Rolle bei der Gewährleistung der Repräsentativität für eine Beprobungsstelle zu. Schadstoffgehalte in Pflanzen hängen von verschiedenen Rahmenbedingungen (Witterung, etc.) sowie auch von Pflanzenarten und Pflege ab und können stark variieren. Daher sollte immer eine ausreichende Anzahl von Einzelproben entnommen werden, und die Probennahme sollte möglichst zum Zeitpunkt der Erntereife erfolgen (vgl. Delschen & König 1998).

Die Vorbereitung von Gemüsepflanzen ist gemäß § 64 des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) geregelt und umfasst das verzehrstechnische Aufbereiten, wie beispielsweise:

- das Entfernen äußerer und schadhafter Pflanzenteile,
- ggf. das Schälen (z. B. bei Möhren, Kartoffeln) und
- das gründliche Waschen mit anschließendem Trockenschleudern.

Verfahren zur Analytik (wie beispielsweise BVL L 00.00-19/1, BVL L 00.00-19/E) finden sich ebenfalls in der Methodensammlung-BVL Lebensmittel, der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG, Verfahren zur Probenahme und Untersuchung von Lebensmitteln.

Weitere Details zur Probenauswahl und Probenvorbereitung von Nutzpflanzen sowie der Aussagefähigkeit und Belastbarkeit von Pflanzendaten sind im LANUV-Merkblatt 22 (LANUV 2014) zu finden.

Zur Bewertung entsprechender Daten oder Untersuchungen ist auf den lebensmittelrechtlichen Bereich zu verweisen, der beispielsweise für ausgewählte Stoffe Höchstgehalte vorgibt.⁷⁶

⁷⁶ Dem Bereich Nutzpflanzen/Nahrung wäre damit an dieser Stelle ein gesondertes Kapitel zu widmen, das jedoch kurzfristig nicht geleistet werden kann und daher als eine Aufgabe der ersten Fortschreibung dieser Leitlinien angesehen wird.

5.4 Physikalische Determinanten

Inge Schmitz-Feuerhake (Stand: 2014)

5.4.1 Ionisierende Strahlung

5.4.1.1 Einleitung

Die „ionisierende“ Strahlung wird vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wie folgt beschrieben:⁷⁷

"Zur ionisierenden Strahlung zählen sowohl elektromagnetische Strahlen – wie Röntgen- und Gammastrahlung – als auch Teilchenstrahlung – wie Alpha-, Beta- und Neutronenstrahlung. Sie ist dadurch charakterisiert, dass sie genügend Energie besitzt, um Atome und Moleküle zu ionisieren, das heißt aus elektrisch neutralen Atomen und Molekülen positiv und negativ geladene Teilchen zu erzeugen. Beim Durchgang durch Materie – zum Beispiel durch eine Zelle oder einen Organismus – gibt die ionisierende Strahlung Energie ab. Ist diese hoch genug, kann es zu schweren Strahlenschäden kommen.

Ionisierende Strahlung ist sowohl Teil der Natur als auch das Resultat menschlicher Tätigkeit. Natürliche radioaktive Stoffe sind im Menschen sowie in den Böden und Gesteinen der Erdkruste vorhanden. In der Medizin, Forschung, Technik und durch Nutzung der Atomenergie werden radioaktive Stoffe gezielt verwendet und künstlich erzeugt."

Über das Ausmaß an gesundheitlichen Schäden durch Bestrahlung, d. h. Art, Schwere und Häufigkeit von Erkrankungen, gibt es seit Jahrzehnten wissenschaftliche Kontroversen. Bereits nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität zu Beginn des 20. Jahrhunderts ergab sich angesichts der segensreichen Anwendungen in der Medizin ein Anwenderinteresse, dass die zügige Erforschung der Nebenwirkungen und die Einführung rigoroser Schutzmaßnahmen behinderte. Die internationale Strahlenschutzkommission ICRP,⁷⁸ deren Empfehlungen die Grundlage der offiziellen Bewertung des Strahlenrisikos bei uns bilden, ging aus einer 1928 von Radiologen gegründeten Kommission hervor und wird noch heute nominell von Radiologischen Gesellschaften der verschiedenen Nationen in West und Ost beschiedet.

Die folgenreichsten Schäden durch ionisierende Strahlen – genetische Veränderungen bei den Nachkommen bestrahlter Eltern – wurden in den 1920-er Jahren durch den späteren Nobelpreisträger Herman Joseph Muller entdeckt. Er schloss aus seinen Beobachtungen bei der Taufeliege, dass auch geringe Strahlendosen und somit auch die natürliche Umgebungsstrahlung mutagen sind. In den 1930-er Jahren entwickelte sich bereits die Auffassung, dass Krebs infolge einer Zellmutation entsteht, einer *somatischen Mutation*, und von einer einzigen derart transformierten Zelle ausgeht. Daher schloss Muller, dass es auch für strahleninduzierten Krebs keinen unschädlichen Dosisbereich gibt (Muller 1936).

Die ICRP entwickelte daraus später den Begriff des *stochastischen* Strahlenschadens. Wird ein großes Kollektiv mit einer geringen Dosis bestrahlt, lässt sich nicht vorhersagen, bei welchem Individuum der Schaden eintritt, nur eine Wahrscheinlichkeit lässt sich angeben. Die Anzahl der Schadensfälle steigt mit der Gesamtdosis, jedoch bei jeweils der halben Dosis gibt es immer noch eine erhöhte Schadensrate. Daher besteht kein „Schwellenwert“, d.h. ein unschädlicher Dosisbereich, die Dosiswirkungskurve beginnt ab der Dosis Null zu steigen. Strahlenbedingte Krebserkrankungen sowie genetische Krankheiten bei den Nachkommen bestrahlter Eltern werden zu den stochastischen Schäden gerechnet.

Diese Annahme wurde lange Zeit von offizieller Seite als ein *hypothetisches Risiko* dargestellt: es handele sich um eine im Sinne des Schutzes der Bürger äußerst vorsichtige Hypothese, da bei niedriger

⁷⁷ [Http://www.bfs.de/de/ion](http://www.bfs.de/de/ion), Zugriff am 21.1.2014.

⁷⁸ International Commission on Radiological Protection

Dosis die Effekte so selten seien, dass man sie statistisch gar nicht erfassen könne. Diese Einschätzung musste jedoch durch zwei lange umstrittene Effekte aufgegeben werden, die in neuerer Zeit als real erkannt worden sind: Erstens die Erhöhung der Lungenkrebsrate in der Bevölkerung durch die normalen Pegel des radioaktiven Gases Radon in der Atemluft von Wohnhäusern, zweitens die Bestätigung der in den 1950-er Jahren von der englischen Medizinerin Alice Stewart entdeckten Verursachung kindlicher Krebserkrankungen durch diagnostisches Röntgen bei Schwangeren. Ferner ist es inzwischen Konsens in der Strahlenforschung, dass beruflich strahlenexponierte Kohorten innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte signifikant erhöhte Spätschäden zeigen.

Die Zulassung oder Eröffnung von Strahlenquellen durch industrielle oder gewerbliche Maßnahmen oder in Forschung oder Medizin, die unbeteiligte Bürger auch nur mit geringer Dosis exponieren, bedeutet daher die Inkaufnahme einer gewissen Anzahl dadurch bedingter realer und konkreter Todesfälle in der Bevölkerung.

5.4.1.2 Beurteilungskriterien und ableitbare Messgrößen für das Schutzgut 'menschliche Gesundheit' nach ICRP

Ausgehend von der Vorstellung, dass bei einer geringen Dosis nur wenige Zellen in einem Gewebe zerstört oder mutiert werden, hat man im Strahlenschutz bisher nur drei schädigende Effekte als relevant angesehen:

1. die Schädigung der Frucht nach Mutation einer Keimzelle (genetisch),
2. die Tumorentwicklung (somatisch),
3. die Schädigung von Embryonen und Föten durch Bestrahlung in utero.

Letzteres kann zum Absterben der Frucht oder frühem Kindestod sowie zu Fehlbildungen, Funktionsstörungen und genetischen Defekten beim Neugeborenen führen. Diese Effekte werden nicht zu den stochastischen gerechnet. Sie sind sehr stark vom Entwicklungsstadium bei Exposition abhängig.

Als Schadensmaß hat die ICRP die *Äquivalentdosis* in der Doseinheit Sv (Sievert) eingeführt. Sie soll jeweils die Anzahl der stochastischen Schäden in einem Organ oder Gewebe bestimmen oder auch die Schwere der Schädigung bei Bestrahlung in utero. Sie baut auf einer physikalischen Größe auf, der *Energiedosis*. Diese ist definiert als eine absorbierte Energie pro kg Gewebe. Sie wird in der Einheit Gy (Gray) gemessen. 1 Gy entspricht 1 Joule/kg.

Die verschiedenen ionisierenden Strahlen haben jedoch bei gleicher Energiedosis verschieden starke biologische Wirkungen. Man unterscheidet *locker ionisierende Strahlung*, zu der Röntgen-, Gamma- und Betastrahlung gezählt werden, und *dicht ionisierende Strahlung*, zu der Alphastrahlen und Neutronen gehören. Diese hat aufgrund einer sehr viel höheren Energieabgabe pro Wegstrecke in Zellen eine viel höhere Wirkung.

Daher wird die Energiedosis mit einem Strahlungswichtungsfaktor w_R versehen, um die Äquivalentdosis zu erhalten. Für Alphastrahlen hat dieser nach ICRP den Wert 20, für Neutronen je nach kinetischer Energie Werte zwischen 5 und 20. Allgemein wird angesetzt:

$$\text{Äquivalentdosis in Sv} = w_R \times \text{Energiedosis in Gy}$$

Die Referenzstrahlung ist Röntgenstrahlung von 250 kVp Erzeugerspannung. Für sie wird $w_R=1$ gesetzt. Aber auch für alle anderen locker ionisierenden Strahlen nimmt die ICRP $w_R=1$ an, bei diesen soll die Äquivalentdosis also gleich der Energiedosis sein.

Die Dosis als Schadensmaß ist in diesem Schema eine zeitunabhängige Größe. Sie kann sich mit hoher Dosisleistung (Dosis pro Zeiteinheit) ergeben wie bei einer Röntgenaufnahme oder sich über längere Zeit akkumulieren wie bei einer Umweltkontamination durch Radioaktivität. Auch können radioaktive Stoffe, die in den Körper gelangen, sich dort sehr lange aufhalten. Man spricht von *chronischer Exposition*.

Die Dosis bezieht sich nur auf die absorbierte Energie pro Gewebemasse, daher muss zur Schadensabschätzung bei einem exponierten Menschen noch die Art und Ausdehnung der durchstrahlten Körperteile angegeben werden,

Natürliche und zivilisationsbedingte Strahlenexpositionen im System der so definierten Äquivalentdosis sind in Tabelle 35 angegeben.

Tabelle 35 Exposition durch natürliche und zivilisatorische Strahlenquellen

Quelle	Dosis	Bemerkungen
Natürlicher Untergrund*	ca. 1 mSv/Jahr	Ganzkörperdosis
Höhenstrahlungsanstieg in 1500 m	0,3 mSv/Jahr	Ganzkörperdosis
Radon in Häusern	5-50 mSv	Mittl. Lungendosis
Konventionelles Röntgen	< einige mSv	Mittl. Gewebsdosis
Computertomographie	10-100 mSv	Mittl. Gewebsdosis
Strahlentherapie	einige 10 Sv	Mittl. Gewebsdosis
Grenzwert für die Bevölkerung	1 mSv/Jahr	Effektive Dosis**
Grenzwert für berufliche Exposition	20 mSv/Jahr***	Effektive Dosis

* ohne Radon in der Atemluft ** siehe unten *** genauer: 100 mSv in 5 Jahren

Die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte werden als *effektive Dosis* in Sievert (Sv) bzw. Millisievert (mSv) angegeben. Diese wurde von der ICRP definiert, um den Schaden für alle Arten von Teilkörperbestrahlung vergleichbar zu machen. Sie ist die Summe aller Teilkörperdosen, jeweils nach Wichtung entsprechend der Strahlenempfindlichkeit des Organs oder Gewebes. Bei homogener Bestrahlung des Körpers ist sie gleich der Ganzkörperdosis.

Die derzeitige quantitative Einschätzung der ICRP über Strahlenfolgen im Niederdosisbereich ist in Tabelle 36 aufgeführt. Die ICRP hat ihre Risikoangaben von den japanischen Atombombenüberlebenden abgeleitet, die bis heute in einem Forschungsinstitut in Hiroshima untersucht werden, der RERF (Radiation Effects Research Foundation). Dieses wurde von den USA eingerichtet und nahm seine Studien 1950 auf, fünf Jahre nach den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki.

Die Strahlenschäden, die als Risiko in Betracht gezogen und quantitativ bewertet werden, sind *Krebstod* und *Erbkrankheit in der ersten Generation*. Für diese stochastischen Schäden wird Dosisproportionalität angesetzt. Die Risikozahl für Krebstod (Spalte 2) bedeutet, dass bei Bestrahlung einer Bevölkerung von 10 000 Personen mit 1 Sv (oder von 100.000 Personen mit 0,1 Sv) davon 550 Personen dadurch einen Krebstod erleiden werden. Als Individualrisiko ausgedrückt bedeutet dies: das Risiko nach einer Bestrahlung mit 1 Sv (effektiv), einen Krebstod zu erleiden, beträgt 5,5 Prozent, bei 0,1 Sv 5,5 Promille usw.

Tabelle 36 Gesundheitsschäden durch chronische Niederdosisexposition einer Bevölkerung

	Krebsmortalität	Genetische Erkrankungen	Effekte nach Exposition in utero	Erkrankungen außer Krebs und Tumoren
ICRP 2007 und 2012 Risikoangaben	550 Todesfälle pro 10 ⁴ Sv (5,5% pro Sv)	20 Fälle pro 10 ⁴ Sv (0,2% pro Sv)	kein Effekt unter 100 mSv	kein Effekt unter 500 mSv
Bemerkungen	Unterschätzung um Faktor 5 aufgrund DDREF=2 sowie neuer Hiroshimadaten und Ergebnissen nach beruflicher Exposition	Bewertung unvollständig und um Größenordnungen zu niedrig	nicht berücksichtigt: Aborte Geringes Geburtsgewicht Totgeburten Säuglingssterblichkeit Fehlbildungen Geistige Behinderung Geisteskrankheiten Downsyndrom Kinderkrankheiten	Daten über benigne Tumore (Hirn etc.); Hiroshimadaten; zahlreichen Befunden nach Strahlentherapie, beruflicher Exposition, bei Tschernobyl-fern

Die Dosisangabe für Krebs ist die effektive Dosis, für genetische Erkrankungen die Gonadendosis, für Effekte in utero die Uterusdosis.

Das abgeleitete Risiko ist ein Mittelwert für eine Bevölkerung unterschiedlichen Alters. Im Individualfall muss die höhere Strahlenempfindlichkeit im vorgeburtlichen Stadium, Kindes- und Jugendalter berücksichtigt werden.

Das Krebsrisiko nach Exposition in utero wird von der ICRP (2007) als gleich hoch angegeben, wie dasjenige nach Exposition im frühen Kindesalter und das wiederum als etwa dreimal so hoch wie in der Bevölkerung insgesamt.

Das Schema der ICRP kann natürlich nur eine Art Näherungslösung sein in dem Bemühen, ein einheitliches Schadensmaß für alle Strahlenarten zu haben und die Folgen einer zusätzlichen Exposition einfach und übersichtlich zu benennen. Aufgrund seiner komplexen Konstruktion, deren Parameter sich seit seiner Einführung schon wieder geändert haben und die sicherlich in der jetzigen Form nicht langfristig bestehen bleiben können, ist es als Maßstab für die Bewertung im Rahmen von Umweltprüfungen unzureichend.

5.4.1.3 Die Unvollständigkeit der berücksichtigten Effekte im derzeit gültigen Strahlenschutzregelwerk

5.4.1.3.1 Somatisches Strahlenrisiko

Die Beschränkung der Risikobetrachtung nach ICRP auf die Krebsmortalität (wobei ein gewisser Anteil von nicht zum Tode führenden Krebserkrankungen in die Risikozahl eingerechnet wird) bedeutet eine Unschärfe in der Vorgehensweise, weil sie sich bei zunehmenden Therapieerfolgen verändert und weil ihre Übertragbarkeit auf beliebige Bestrahlungssituationen bezweifelt werden muss.

Seit den 1980-er Jahren haben Kritiker auf zahlreiche Einschränkungen hingewiesen, die die Benutzung der japanischen Daten als Referenz für andere bestrahlte Kohorten mit sich bringt. Bei der Bombenexplosion handelte es sich um eine Blitzbestrahlung, also um eine extreme Kurzzeitexposition, die

von der ICRP als 2-fach wirksamer eingestuft wird als eine chronische Exposition (ein Dosis- und Dosisrateneffektivfaktor DDREF=2 wird benutzt). Dieses hat sich aufgrund von zahlreichen Untersuchungen an beruflich Strahlenexponierten als unzulässig herausgestellt und wird daher bei uns von der Strahlenschutzkommission⁷⁹ und dem Bundesamt für Strahlenforschung (BfS) abgelehnt. Beide Institutionen bewerten das Strahlenrisiko doppelt so hoch wie die ICRP (vgl. Tabelle 36, Spalte 2).⁸⁰

Ferner war die Bombenstrahlung extrem hochenergetisch, so dass sie strahlenbiologisch als weniger wirksam eingeschätzt werden muss (Straume 1995). Somit sind die Risikoangaben der ICRP auch aus physikalischen Gründen zu klein.

Höhere Werte als nach ICRP ergeben sich auch aus neueren Ergebnissen von den japanischen Atombombenüberlebenden (Ozasa 2012). Die Krebsmortalität ohne Leukämie und Lymphome als absolutes Lebenszeitrisiko wird dort zu 24 % pro Sv angegeben (dort Tabelle 9), das ist 4,4 mal so hoch wie die Angabe in Tabelle 2. Das absolute Risiko für Erwachsene (Alter bei Exposition 30 J.) wird mit 26,4 % pro Sv für solide Tumore angegeben (ohne Leukämie und Lymphome), das ist 6,4 mal so hoch wie der Wert 4,1 % pro Sv für Erwachsene nach ICRP 103.

Eine Studie an 308.000 strahlenexponierten Beschäftigten aus 3 Ländern von Richardson et al. (2015) INWORKS ergab ein Überschuss-Relatives-Risiko ERR (RR-1)=51 % pro Sv. Bei 25% „spontaner“ Krebssterblichkeit ergibt das ein absolutes Risiko für Erwachsene von 12,8 % pro Gy, das entspricht dem 3,1-fachen des ICRP-Werts für Erwachsene.

Ein Problem ist außerdem, dass die ICRP nur maligne Tumore betrachtet, während durch ionisierende Strahlen auch gutartige Tumore in den verschiedenen Körpergeweben induziert werden können (Schmitz-Feuerhake 2009). Dabei sind besonders die gutartigen Hirntumore und sonstigen Tumore des Zentralnervensystems sehr schwerwiegend, die in den Hüll- und Stützgeweben der Nerven mit vergleichsweise großer Empfindlichkeit ausgelöst werden, insbesondere die überwiegend gutartigen Meningiome (Schmitz-Feuerhake 2010).

Nach dem Tschernobylunfall 1986 wurde ein Anstieg zahlreicher Nicht-Tumor-Erkrankungen beobachtet, die offensichtlich als Folge der chronischen Radioaktivitätsbelastung in den Anrainerstaaten aufgetreten sind. Diese Ergebnisse wurden bislang von der ICRP nicht beachtet, wohl aber die Tatsache, dass auch in ihrem bevorzugten Referenzkollektiv, den japanischen Atombombenüberlebenden, strahlenbedingte Krankheitsformen außer Krebs festgestellt wurden (Preston 2003; Yamada 2004). Diese betreffen vornehmlich Herz-Kreislaufleiden sowie Erkrankungen des Magen/Darm-Trakts und des Atemtrakts (Shimizu 2010; Ozasa 2012). Da es im Jahr 2007 nicht als gesichert erschien, dass diese Erkrankungen unterhalb von 0,5 Sv auftreten, wurden die Ergebnisse in die Risikoberechnungen nicht einbezogen (ICRP 2007).

Im Jahr 2012 hat die ICRP sich wiederum zu der Frage der Wirkungsmechanismen der Strahlung im Gewebe geäußert und die Abhängigkeit nicht-karzinogener Effekte von der Dosisleistung (Dosis pro Zeiteinheit) untersucht (ICRP 2012). Für Katarakte und Kreislauferkrankungen kommt sie zu dem Schluss, dass die Folgen bei niedriger Dosis unabhängig von der Dosisleistung sind und daher auf irreparable „Eintreffer“-Schäden zurückzuführen sind wie bei der Krebsentstehung. D.h. eigentlich wären sie den stochastischen Schäden zuzurechnen. Da sie aber - angeblich - sehr selten auftreten, definiert die ICRP einen *praktischen* Schwellenwert für diese Fälle von 0,5 Sv. Diese Beurteilung ist für Katarakte überholt, da zahlreiche Befunde bei radioaktiv kontaminierten Bevölkerungen und Flugpersonal vorliegen (Schmitz-Feuerhake 2006). Die SSK hat sich ebenfalls bereits von der Schwellendosis für Katarakte verabschiedet (SSK 2009).

⁷⁹ Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) ist eine Beraterkommission des Bundesumweltministeriums.

⁸⁰ Vgl. SSK 2007; BfS 2005.

Bezüglich der Kreislauferkrankungen hat sich in weiten Kreisen der übrigen Fachwelt die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Auswirkungen niedriger Dosen unterhalb von 0,5 Sv ebenfalls relevant sind. Im November 2012 haben Little und 26 weitere Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern eine Übersichtsarbeit dazu veröffentlicht. Ihr vorläufiges Ergebnis ist, dass die strahlenbedingte Mortalität an Herz-Kreislauferkrankungen etwa so hoch ist wie diejenige durch strahlenbedingten Krebs (Tabelle 36, Spalte 5). Man kann zeigen, dass diese Einschätzung nicht konservativ ist. Außerdem müssen weitere Organkrankheiten in den Katalog der Strahlenschäden aufgenommen werden (Schmitz-Feuerhake 2013a).

5.4.1.3.2 Genetisches Strahlenrisiko

Aufgrund von Forschungsergebnissen aus Tierversuchen und Beobachtungen beim Menschen muss mit folgenden Erbschäden bei den Nachkommen bestrahlter Eltern durch ionisierende Strahlung gerechnet werden:

1. schwerwiegende Entwicklungsstörungen (Aborte, geringes Geburtsgewicht, perinatale Sterblichkeit, früher Kindstod, Fehlbildungen, Unfruchtbarkeit, durch gravierende Chromosomen- oder Genanomalien bedingte Krankheiten),
2. Krebs im Kindes- oder Erwachsenenalter,
3. Immunschwäche und multiple Degenerationserscheinungen.

Die ICRP betrachtet ausschließlich dominante Effekte in der 1. Generation und leitet ihre Risikozahl von Experimenten an Mäusen ab. Sie behauptet, es gäbe keinen direkten wissenschaftlichen Nachweis dafür, dass Kinder von bestrahlten Eltern Erbkrankheiten haben (ICRP 2007). Bei den japanischen Atombombenüberlebenden seien keine signifikant erhöhten Erbschäden gefunden worden. Dagegen haben Kritiker immer wieder darauf hingewiesen, dass dort nur eine begrenzte Auswahl an genetischen Merkmalen untersucht werden konnte, da bis heute das gesamte Spektrum mutationsbedingter Schädigungen nicht bekannt ist. Außerdem war die Datenerhebung in Bezug auf die Nachkommen der Bestrahlten besonders unzuverlässig, weil letztere eine gesellschaftlich ausgestoßene und geächtete Population darstellten. Um die Heiratschancen ihrer Kinder nicht zu gefährden, wurde ihre Herkunft möglichst verschwiegen und die potenziellen Schädigungen wurden von den Eltern nicht angegeben (Yamasaki 1990).

Alle oben genannten Arten von Schädigungen wurden in Bevölkerungen festgestellt, die durch den Tschernobylfallout betroffen waren, sowie bei den Kindern der Liquidatoren⁸¹ (Scherb 2003, 2004; Yablokov 2009). Damit erweisen sich die Annahmen der ICRP als grobe Unterschätzung (Schmitz-Feuerhake 2013b).

5.4.1.3.3 Strahlenrisiko bei Exposition in utero

Bereits zu Zeiten Mullers war bekannt, dass Embryonen und Föten bei Bestrahlung im Mutterleib geschädigt werden können. Neben Krebserkrankungen, die auf diese Weise empfindlich induziert werden, kommt es zum Absterben der Frucht oder zu Fehlbildungen oder Funktionsstörungen, deren Art und Häufigkeit vom Entwicklungsstadium abhängen (Fritz-Niggli 1997). Das ungeborene Leben wurde

⁸¹ Als „Liquidatoren“ wurden Soldaten und andere (überwiegend junge) Männer eingesetzt, um Strahlenschutzmaßnahmen und Aufräumarbeiten am Katastrophenort vorzunehmen.

in früheren Zeiten der Strahlenforschung als das strahlenempfindlichste System angesehen. Dieses wird durch zahlreiche Befunde nach Tschernobyl in den benachbarten Ländern sowie auch weit entfernt in Westeuropa bestätigt (Körblein 1997, 2003; Küchenhoff 2006; Busby 2009; Yablokov 2009).

Die Einführung eines Schwellenwertes durch die ICRP (2003) für Effekte nach vorgeburtlicher Exposition in Höhe von 100 mSv (Tabelle 36, Spalte 4) ist wissenschaftlich weder aus der Forschung vor der Auswertung der japanischen Daten noch durch diese zu rechtfertigen (Busby 2009).

5.4.1.4 Defizite und Widersprüche bei den gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren zur Dosisbestimmung bei Umgebungskontaminationen

Tabelle 37 enthält eine Zusammenstellung von Befunden über kindliche Krebserkrankungen bei kerntechnischen Anlagen in Europa durch das 1998 gegründete European Committee on Radiation Risk (ECRR), das sich als Alternative zur ICRP versteht. Es gab schon vor 1983 derartige Beobachtungen (z. B. AKWs Lingen, Würgassen). Die Leukämieerhöhung bei der britischen Wiederaufarbeitungsanlage für Kernbrennstoffe Sellafield war jedoch die erste, die offiziell behördlich als eine statistisch hochsignifikante und eben nicht als zufällig zu erklärende Häufung von Krankheitsfällen anerkannt wurde.

Tabelle 37 Erhöhte Leukämie- und Krebsraten bei Kindern in der Umgebung europäischer kerntechnischer Anlagen

Kerntechnische Anlage	Jahr	Bemerkungen
Sellafield/Windscale, UK ^a	1983	Untersucht durch ^f COMARE: hohe Emissionen in Luft und Meer
Dounreay, UK ^a	1986	Untersucht durch ^f COMARE: Partikelemissionen in Luft und Meer
La Hague, Frankreich ^a	1993	Partikelemissionen in Luft und Meer: ökol. u. Fall-Kontrollstudien
Aldermaston/Burghfield, UK ^c	1987	Untersucht durch ^f COMARE: hohe Emissionen in Luft und Flüsse
Hinkley Point, UK ^b	1988	Ableitungen offshore und Ufer
Harwell, UK ^d	1997	Ableitungen in Luft und Fluss
Birkenfeld, Deutschland ^e	1990	Ableitungen in Luft und Trinkwasser
Geesthacht, Deutschland ^{b,d}	1992	Ableitungen in Luft und Elbe
Jülich, Deutschland ^d	1996	Ableitungen in Luft und Fluss
Barsebaeck, Schweden ^b	1998	Ableitungen in Luft und Meer

^aWiederaufarbeitungsanlagen mit Ableitungen in das Meer;

^bKernkraftwerke mit Abgaben über den Wasserpfad;

^cAtomwaffen- und Kernbrennstofffabriken;

^dAtomforschungsanlagen mit Abgaben an örtliche Flüsse,

^eUranabraumhalden, ^fCommittee on Medical Aspects of Radiation in the Environment U.K.

Zusammengestellt nach Angaben aus dem ECRR-Report 2003 sowie Hoffmann 1990, Kuni 1998

Die zweite besonders auffällige Leukämiehäufung trat 1990/91 konzentriert beim Atomkraftwerk Krümmel auf. Der Ortsteil Krümmel gehört zur Stadt Geesthacht, die sich etwa 30 km südlich von Hamburg befindet. Allein 6 Fälle erschienen in diesen 2 Jahren in der Gemeinde Elbmarsch mit 1500 Einwohnern, am südlichen Elbufer gelegen, eine ca. 14-fache Erhöhung gegenüber normal. Benachbart zum

Atomkraftwerk 1,5 km elbaufwärts liegt die ehemalige Kernforschungsanlage GKSS⁸². Diese hat zwei Forschungsreaktoren betrieben.

In den folgenden Jahren traten weitere Fälle auch auf der anderen Elbseite auf. Die ungewöhnliche Häufung wurde von den Behörden auch bald nicht mehr bestritten, wohl aber ein möglicher Zusammenhang mit den radioaktiven Emissionen der Anlagen.

Da sich in den Daten des Deutschen Kinderkrebsregisters jedoch auch bei den anderen deutschen Atomkraftwerken erhöhte Leukämieraten bei Kleinkindern zeigten, wurde auf Druck von Umweltverbänden eine systematische Untersuchung bei allen durchgeführt, die sog. KiKK-Studie.⁸³ Ende 2007 ergab diese, dass für Kleinkinder das Erkrankungsrisiko an Krebsleiden und Leukämie mit zunehmender Nähe des Wohnorts zum Kernkraftwerk signifikant und stetig ansteigt. Der Untersuchungszeitraum umfasste die Jahre 1980 bis 2003 (Kaatsch 2007). Die Leukämierate für Kinder bis zu 5 Jahren war im Umkreis von 5 km zu den Anlagen mehr als verdoppelt. Der Effekt blieb bestehen, auch wenn die Daten für das AKW Krümmel nicht mit berücksichtigt wurden.

Die KiKK-Studie löste in anderen europäischen Ländern ebenfalls Untersuchungen aus, u.a. in Frankreich (Sermage-Faure 2012). Dort wurden die Inzidenzen im Nahbereich (5 km-Umkreis) und in drei weiteren Entfernungszonen (5-10, 10-15, 15-20 km) mit dem französischen Mittelwert der Leukämieinzidenz verglichen. Die Autoren behaupten, sie hätten kein erhöhtes Leukämierisiko festgestellt. Bei näherem Hinsehen zeigt sich aber eine Erhöhung, die lediglich nicht signifikant ist. Körblein (2012) hat die Ergebnisse bei Kindern unter 5 Jahren zusammen mit entsprechenden Studien aus Deutschland, Großbritannien und der Schweiz ausgewertet, die ebenfalls Erhöhungen zeigen, die im einzelnen nicht signifikant sind. Diese Analyse ergibt eine signifikante Erhöhung im Nahbereich und zeigt eine erstaunliche Übereinstimmung der Einzelwerte (s. Tabelle 38).

Tabelle 38 Relatives Leukämierisiko (RR) im Nahbereich von Kernkraftwerken für Kinder bis 5 Jahre

	Zeitraum	RR	p-Wert	Referenz
Deutschland (D)	1980-2003	1,45	0,058	Kaatsch et al. 2008
Großbritannien (UK)	1966-1993	1,39	0,197	COMARE 2011
Schweiz (CH)	1985-2009	1,46	0,334	Spycher et al. 2011
Frankreich (F)	1990-2007	1,48	0,225	Sermage-Faure 2012
D + UK + CH + F		1,44	0,003	

Quelle: Nach Körblein 2012

Wenn man weiß, dass Leukämie eine typische Strahlenfolge ist und bei einer Umweltkontamination wegen ihrer höheren Strahlenempfindlichkeit vorzugsweise kleine Kinder betroffen sind, erkennt man europaweit ein sich selbsterklärendes Phänomen. Denn die einzige Gemeinsamkeit von allen untersuchten kerntechnischen Anlagen ist die Tatsache, dass sie radioaktive Stoffe in die Umgebung freisetzen. Die jeweiligen Regierungen behaupten jedoch, dass die Dosis durch die Emissionen der Anlagen viel zu klein sei, um statistisch erkennbare Erkrankungen zu erzeugen. Die Autoren der KiKK-Studie und die SSK erklärten, es fehle ein Faktor 1.000. Auf die Kritik an dem unterstellten Dosiswirkungszusammenhang gehen sie nicht ein.

⁸² Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt

⁸³ Kinderkrebs bei Kernkraftwerken

Dazu würde gehören - entgegen der Annahmen der ICRP - einzuräumen, dass es bei chronischer Bestrahlung einer Bevölkerung folgende Induktionspfade für kindliche Krebserkrankungen gibt:

1. die Exposition der Kinder selbst,
2. die Exposition im Mutterleib und
3. die genetische Erzeugung über die Exposition von Vater oder Mutter.

Hinzu kommt das Problem der Dosisbestimmung. Die Bevölkerungsdosis kann nicht direkt gemessen werden. Sie muss anhand der Radioaktivitätsabgaben über den Schornstein und in das Abwasser durch eine Modellrechnung mit sehr vielen Parametern ermittelt werden. Zweifel an der Zuverlässigkeit der Ergebnisse bestehen aus folgenden Gründen:

- Die radioaktiven Abgaben der Atomkraftwerke über den Schornstein und in das Abwasser sind nur von den Betreibern kontinuierlich und vollständig zu messen. Die Umgebungsüberwachung ist lückenhaft, die besonders wirksamen Alphastrahler (wie Plutonium) werden dabei zum Beispiel nicht kontrolliert (Schmitz-Feuerhake 2005).
- Die Behauptung der Behörden, die Dosisermittlung sei „konservativ“, d.h. auf der sicheren Seite liegend, trifft nicht zu. Die Unsicherheiten bei der Berechnung der Ausbreitung der radioaktiven Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad, des Stofftransports in der Umwelt bis zu den Nahrungsmitteln und des Stoffwechsels der Nuklide im menschlichen Körper können Zehnerpotenzen betragen (Dannheim 2000).
- Die Dosisbestimmung im Fall inkorporierter Radioaktivität ist gerade beim Kleinkind wegen des intensiven Wachstums besonders schwierig. Noch mehr gilt das für die vorgeburtliche Exposition. Englische Forscher haben in Tierversuchen, die sie im Zusammenhang mit den Leukämien bei der Anlage Sellafield unternahmen, extreme Wirkungen von Alphastrahlern auf das blutbildende Zellsystem im Vorstadium der Organentwicklung festgestellt (Lord 1992).

Im Fall Krümmel wurde diesen Fragen im Detail nachgegangen. Die betroffenen Länder Schleswig-Holstein und Niedersachsen hatten Leukämiekommissionen gebildet, in denen alternative Wissenschaftler und Mitglieder der Bürgerinitiative Elbmarsch beteiligt waren. Diese führten eigene Untersuchungen durch und zogen externe Gutachter zu. Die Finanzierung erfolgte teils durch öffentliche Mittel, im späteren Verlauf vornehmlich aus Mitteln der Bürgerinitiative und der IPPNW.⁸⁴ Außerdem finanzierte das Land Schleswig-Holstein ein Strahlenbiologisches Gutachten, das den Fragen des Dosiswirkungszusammenhangs nachging (Stevenson 2001).

Anhand von Chromosomenaberrationen an zehn Kindern und zwanzig Erwachsenen aus der Umgebung ergab sich, dass die Bevölkerung tatsächlich verstrahlt worden war. Es ließen sich zahlreiche ungenehmigte Radioaktivitätseinträge in der Umgebung nachweisen (Dersee 2007). Der Hauptbeitrag der Kontaminationen wurde auf einen kerntechnischen Unfall am 12.9.1986 in der GKSS zurückgeführt, bei dem bestrahlte Kernbrennstoffe in die Umgebung gelangten. Behörden und Regierungen verweigerten jedoch einen öffentlichen Diskurs mit den Aufklärern und behaupteten, die Ursache der Leukämieerscheinung sei derzeit nicht feststellbar (Wassermann 2004).

Die Erkenntnis anhand der Krümmel-Untersuchungen, dass die Bestimmung der Bevölkerungsdosis aus den radioaktiven Emissionen der Anlagen gar nicht möglich ist, weil man die Fehlergrenzen dieser Berechnung nicht kennt, wird durch gutachterliche Stellungnahmen von Hinrichsen und Schumacher im Strahlenbiologischen Gutachten gestützt. Sie betreffen die in der Strahlenschutzverordnung vorge-

⁸⁴ Deutsche Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges/Ärzte in sozialer Verantwortung e.V.

schriebene Berechnungsmethode zur Ausbreitung der radioaktiven Emissionen in der Umwelt. Diese liefert - wie erwähnt – ein Ergebnis ohne Vertrauensbereich. Es ist deshalb nicht konservativ, weil die darin benutzten Parameter nicht konservativ sind, sondern vornehmlich Median-, Mittel- oder Schätzwerte.

Ähnlich ist die Herkunft der vorgeschriebenen Dosisfaktoren zu bewerten. Sie geben an, welche Organodosis in Sv durch eine zugeführte Menge eines radioaktiven Nuklids in Bq entweder durch Inhalation oder Ingestion entstehen soll. Eine umfangreiche Kritik in der wissenschaftlichen Literatur dazu setzte in den 90-er Jahren ein (Fairlie 2005; Dannheim 2000; Schmitz-Feuerhake 2001), führte aber noch nicht zu Konsequenzen in der Praxis.

5.4.1.5 Beurteilungskriterien und Messgrößen für einen zeitgemäßen Strahlenschutz

5.4.1.5.1 Ungeeignetheit der 'effektiven Dosis' als Schadensmaß

Im deutschen Strahlenschutzregelwerk wird als Schadensmaß für alle Anwendungsgebiete durchgängig die *effektive* Dosis eingesetzt. Diese ist bezüglich der Gewebswichtungsfaktoren auf die Strahlenempfindlichkeit erwachsener Bürger abgestimmt. Innerhalb der Risikobewertung nach ICRP müsste aber die zu erwartende Krebsmortalität bei Expositionen von Embryonen, Föten und Kleinkindern gesondert betrachtet werden, weil dafür die Uterusdosen der Mütter und die anders zu wichtenden Organodosen von Kleinkindern ursächlich sind.

Die effektive Dosis bei einer Kontamination der Umgebung sagt auch nichts über das genetische Risiko aus, das auch nach ICRP als stochastischer Effekt anzunehmen ist, d. h. bei jeglicher Zunahme der Exposition einer größeren Bevölkerung zusätzliche Erkrankungsfälle bedeutet.

Es zeichnet sich ab, dass Nicht-Krebserkrankungen sehr bald in die Risikoangaben aufgenommen werden. Daher wird man in Zukunft zu den jeweiligen Organ- und Gewebisdosen zurückkehren müssen.

Die Grenzwertempfehlungen der ICRP heben auf den gesellschaftlichen Nutzen ab, der die zusätzlichen Schadensfälle rechtfertigen soll. Bei dem relativ zur übrigen Bevölkerung hohen Dosisgrenzwert für beruflich Strahlenexponierte in Kontrollbereichen (100 mSv in 5 Jahren) wird ein Vergleich mit dem Todesrisiko für andere Berufe gezogen. Es wird behauptet, letzteres sei „gesellschaftlich“ toleriert. Daher sei der Grenzwert geeignet, denn er führe zu einem niedrigeren Risiko als in anderen Berufen.

Diese Sichtweise ist nicht nur deshalb abzulehnen, weil die *Gesellschaft* zu dem Problem nicht gefragt worden ist. Vielmehr zeigen die Debatten um die Präimplantationsdiagnostik, um die legalisierte Abtreibung sowie die Bemühungen um krebskranke Kinder, dass das gesellschaftliche Interesse in erster Linie auf die Unversehrtheit und das Wohlergehen der Nachkommen und Kinder gerichtet ist, und danach erst auf die Gesundheit von Erwachsenen.

Ein Krebstod in frühen Lebensjahren ist somit nicht gleichbedeutend mit einem in späteren Jahren. Eine reine Dosisangabe ist daher nicht ausreichend, weil sie darüber keine Auskunft gibt. Aus diesem Grund wird zusätzlich häufig die „Anzahl verlorener Lebensjahre“ als Schadensmaß betrachtet. Als kollektive Größe ist sie ebenfalls wenig aussagekräftig, wenn sie unabhängig vom individuellen Alter der Betroffenen angewendet wird.

5.4.1.5.2 Schutz der Bevölkerung

Der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung durch zivilisatorische Maßnahmen (Tabelle 35) orientiert sich nach ICRP an dem natürlichen Untergrund. Eine Exposition vom Doppelten der natürlichen Strahlendosis im Einzelfall hält man für akzeptabel bei entsprechenden gesellschaftlichen Nutzen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass in der gültigen deutschen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) nicht nur die Einhaltung der Dosisgrenzwerte vorgeschrieben wird, sondern dazu das Minimierungsgebot nach § 6 besteht. Danach muss ein Betreiber einer Anlage oder Maßnahme, die ionisierende Strahlung freisetzt, „jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich“ halten.

Nach ICRP (vgl. Tabelle 36) ist das Strahlenrisiko bei Kontaminationen der Umwelt und niedriger Dosis mit 5,7% pro Sv anzusetzen (Krebstode plus dominante Erbkrankheiten). Bei Ausnutzung des Grenzwerts von 1 mSv pro Jahr ergäben sich für 70 Jahre Lebensdauer einer Generation damit $70 \times 5,7 \times 10^{-5} = 0,004$ Schadensfälle, auf 1000 Personen also 4 Schadensfälle (Lebensdauerisiko: 4×10^{-3} bei 1 mSv pro Jahr).

Man sieht, dass auch innerhalb des Systems der ICRP durch diese Grenzwertsetzung nicht garantiert werden kann, dass nicht mehr als eine geschädigte Person auf eine Million Einwohner verursacht wird. Ein Lebenszeitrisiko von 1×10^{-6} wird als ein noch tolerables Maß für die einzeln betrachtete Noxe angesehen (virtuell sichere Dosis – VSD, vgl. Kap. 5.3.8.4). Setzt man dieses als noch tolerabel angesehene Risiko zur Ermittlung einer Einwirkung für den Strahlenfaktor von 4×10^{-3} bei 1 mSv pro Jahr an, so ergibt sich ein Immissionswert zur Vorsorge in Höhe von $0,00025 \text{ mSv} = 0,25 \text{ } \mu\text{Sv}$ pro Jahr als effektive Dosis und als Gonadendosis.

Auch aus einem anderen Grund kann die Strahlenschutzverordnung in der derzeit gültigen Fassung das zur Vorsorge notwendige Höchstisiko 1 : 1 Million nicht garantieren. Aufsichtsbehörden und Betreiber von deutschen Atomkraftwerken haben versichert, dass die Bevölkerungsdosen durch die Anlagen stets viel niedriger konzipiert waren als der Grenzwert und in der Realität noch weit mehr darunter lagen. Wegen der gesundheitlichen Erscheinungen in der Umgebung (Kap 5.4.1.4) kann das jedoch nicht möglich sein.

Die berechnete Dosis nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (StrlSchV) ist eine Maximaldosis am exponiertesten Aufpunkt in der Umgebung. Sie gibt keine Auskunft darüber, wie viele Personen von der Kontamination betroffen sind, daher lässt sich daraus keine Angabe über die Höhe der Schadensfälle gewinnen.

Ein genauerer Parameter dazu wäre die sog. Kollektivdosis, d.h. die Summe aller Einzeldosen, die die betroffenen Anwohner erhalten. Kritiker haben stets gefordert, dass die Begrenzung der Schäden durch eine Begrenzung der Kollektivdosis zu erfolgen habe, die bei Unterstellung von dosisproportionalen Effekten nach ICRP direkt proportional zur Anzahl der erzeugten Toten und geschädigten Nachkommen ist. Die Ermittlung der Kollektivdosis wäre allerdings wiederum nur durch ein Näherungsverfahren möglich, das im Gegensatz zu der bisher gebräuchlichen Methode nachweislich konservativ sein müsste.

ICRP und andere internationale Gremien haben jedoch in den vergangenen Jahrzehnten durchgesetzt, dass allein das individuelle Strahlenrisiko von Interesse sei.

Der oben abgeleitete Grenzwert von $0,25 \text{ } \mu\text{Sv}$ pro Jahr berücksichtigt nicht, dass die ICRP-Risikoangaben erheblich unterschätzt sind und dass verschiedene Bevölkerungsgruppen unterschiedlich strah-

lenempfindlich sind. Er wäre jedoch möglicherweise zu rechtfertigen, weil er einen Maximalwert darstellt, der individuell nicht überschritten werden darf. Zu fragen ist, ob er einen ausreichenden Schutz für die Unversehrtheit der Nachkommen darstellt.

Als Referenz und Äquivalentdosis kann in erster Näherung die natürliche Hintergrundstrahlung dienen, in dem man annimmt, dass alle kindlichen Krebserkrankungen, bekannten und abzuschätzenden Erbschäden und teratogenen Schäden vor der Epoche des Anstiegs in den letzten Jahrzehnten auf die natürliche Exposition zurückzuführen sind. Zur Schadensbegrenzung darf daher nur eine zusätzliche Strahlendosis genehmigt werden, die einem geringen Bruchteil der Hintergrunddosis entspricht, wie es bei einer Jahresdosis von $0,25 \mu\text{Sv}$ der Fall wäre.

Wenn man nur strahlenbedingte dominante Erbkrankheiten als besonders gravierend ansieht, lässt sich die Spontanrate einschließlich der X-chromosomal bedingten Schäden nach UNSCEAR auf einen Wert von 1,65% aller Geburten beziffern.⁸⁵ Diese als durch natürliche Strahlenexposition erzeugt angenommen, würde bedeuten, dass bei zusätzlichen $0,25 \mu\text{Sv}$ pro Jahr maximal ein weiterer Anteil von $1,65 \times 0,25 \times 10^{-5} = 0,41 \times 10^{-5}$ aller Geburten hinzukäme. Bei einer konstant bleibenden Bevölkerung mit einer mittleren Lebenserwartung von 70 Jahren betrüge der Anteil der Neugeborenen in der Bevölkerung $1/70 = 1,4 \times 10^{-2}$, der Zuwachs also $0,57 \times 10^{-7}$, d.h. etwa 0,06 : 1 Million.

Diese Gleichgewichtung von Neugeborenen mit anderen potentiell geschädigten Personen in der Bevölkerung entspricht zwar nicht dem Ziel eines bevorzugten Schutzes der Nachkommen, aber dem Kriterium der *virtuell sicheren Dosis*. Sie erscheint vertretbar, weil die Basis – die Zurückführung der Spontanraten auf die Strahlenbelastung – eine Worst-Case-Annahme ist.

5.4.1.6 Schlussfolgerungen

Die in der bisherigen Strahlenschutzgesetzgebung verwendete „effektive Dosis“ ist als Schadensmaß ungeeignet, der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung in der gültigen Strahlenschutzverordnung zu hoch. Empfohlen wird daher eine maximale Jahresdosis von $0,25 \mu\text{Sv}$ als effektive und als Gonadendosis, damit eine virtuell sichere Dosis für ein Kollektiv mit Risiko 10^{-6} eingehalten werden kann.

Wilfried Kühling, Claudia Hornberg (Stand: 2014)

5.4.2 Nichtionisierende Strahlung

5.4.2.1 Einleitung

Die Exposition mit elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (EMF)⁸⁶ nimmt infolge der Nutzung moderner Technologien seit Jahren zu. Neben dem Mobil- und Kommunikationsfunk auf Basis hochfrequenter EMF sind alle Anwendungsbereiche elektrischer Energie, auch die Stromübertragung, mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern verbunden (BMU 2013).

⁸⁵ Vgl. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 2001.

⁸⁶ EMF wird oft als Abkürzung für die Gesamtheit aller elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder (elektromagnetisches Spektrum) verwendet.

Fachgesetzliche Grundlage für EMF bildet die 26. BImSchV.⁸⁷ Die Änderungsverordnung vom 14. August 2013 flankiert den Ausbau der Übertragungsnetze im Hoch- und Höchstspannungsbereich durch eine Regelung zum Schutz und zur Vorsorge vor gesundheitlichen Auswirkungen nichtionisierender Strahlung (BMU 2013). So wird beim Bau neuer Stromtrassen künftig die Überspannung von Wohngebäuden untersagt, zudem sind beim Ausbau der Stromnetze elektrische und magnetische Felder zu minimieren. Im Hinblick auf Hochfrequenzanlagen werden private und hoheitlich betriebene Funkanlagen vom Anwendungsbereich der Verordnung erfasst (BMU 2013).

Die Maßgaben sehen u.a. vor, dass geänderte Anforderungen beim Bau neuer Niederfrequenzanlagen sowie das Überspannungsverbot für Stromübertragungsleitungen schneller als nach der ursprünglichen Regierungsvorlage gelten, um zügig einen dem heutigen technischen und wissenschaftlichen Stand entsprechenden Rechtsrahmen zum Schutz vor elektromagnetischen Feldern zu schaffen (BMU 2013). Die Bedeutung der nichtionisierenden Strahlen und Felder ergibt sich im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung insbesondere bei folgenden Plänen und Vorhaben:

- SUP zu Raumordnungs- und Bauleitplänen, zum Bundesbedarfsplan nach § 12e des EnWG, zum Bundesfachplan nach den §§ 4 und 5 des NABEG Übertragungsnetzausbau oder bei anderen rahmensetzenden Plänen und Programmen, z. B. bei der Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung (FreqBZPV) nach § 53 Telekommunikationsgesetz, wenn Bereiche der Frequenznutzung elektromagnetischer Strahlung neu zu regeln sind,
- UVP von Standorten der Telekommunikation oder bei der Planfeststellung von Trassen zum Netzausbau oder -umbau.

Eine Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen von nichtionisierender Strahlung gestaltet sich derzeit schwierig, da die Wissenslage auch auf Grund fehlender Daten zu gesundheitlichen Wirkungen derzeit nicht gefestigt und z. T. widersprüchlich ist. Dies wirkt sich insbesondere bei der Normierung eines rechtlich verbindlichen Schutzes vor Gefahren durch die 26. BImSchV aus. So beruhen die Immissionsgrenzwerte nach § 2 der 26. BImSchV bisher auf evidenzbasierten Ableitungen/Begründungen, die auch dem wissenschaftlichen Nachweis kausaler Wirkungsbeziehungen standhalten.⁸⁸ Der damit erreichte Gefahrenschutz bezieht sich hauptsächlich auf den Schutz vor thermischen Wirkungen durch hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) und vor Reizwirkungen bei hohen Dosen niederfrequenter elektromagnetischer Felder (NF-EMF). Es werden aber nicht alle beobachteten weiteren organbezogenen Effekte unterhalb der thermischen oder Reizwirkungen berücksichtigt. In jüngster Zeit ist hierzu eine intensive juristische Diskussion entbrannt (Budzinski 2013; Buchner & Schwab 2013).

Für die UVP reicht daher eine Betrachtung und Bewertung anhand des rechtlich normierten Gefahrenschutzes nicht aus. Es ist in der Regel erforderlich, die gesetzlichen Bewertungsmaßstäbe im Hinblick auf eine wirksame Umwelt- und Gesundheitsvorsorge auszulegen und zu konkretisieren (UBA 2008: 35). Dies ergibt sich auch aus dem immissionsschutzrechtlichen Vorsorgegrundsatz, der über die UVP in Verfahren einzubringen ist. Gesundheitliche Wirkungen von EMF im Rahmen der UVP sind mit dem Ziel einer wirksamen Umweltvorsorge (im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes) zu betrachten (vgl. Kap. 3). Die Umweltvorsorge zieht danach auch solche Schadensmöglichkeiten in Betracht, für die noch keine Gefahr, sondern nur ein *Gefahrenverdacht* oder ein *Besorgnispotenzial* besteht.⁸⁹ Das bedeutet, dass bei einer rechtlichen Definition der Vorsorge nicht nur gegen konkrete Gefahren,

⁸⁷ Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV), Neufassung vom 14. August 2013 (BGBl. I 2013, Nr. 50, S. 3266), berichtigt am 5. November 2013 (BGBl. I 2013, Nr. 66, S. 3942).

⁸⁸ Hier sind insbesondere die ICNIRP-Guidelines berücksichtigt (ICNIRP 1998 und ICNIRP 2010).

⁸⁹ BVerwG Urteil v. 19. Dezember 1985, – 7 C 65.82.

sondern auch gegen ein noch verbleibendes Besorgnispotential Vorsorge zu treffen ist.⁹⁰ Hierzu soll die vorliegende Leitlinie Argumentations- und Interpretationshilfe bieten.

Der Begriff *Vorsorge* findet sich zwar ausdrücklich in § 1 Abs. 1 der 26. BImSchV (Anwendungsbereich), benennt die *Vorsorge* aber lediglich in § 4 für Niederfrequenzanlagen. Gemäß Begründung zur 26. BImSchV hat der Gesetzgeber darauf verzichtet, Anforderungen zur *Vorsorge* und zum Schutz vor nichtthermischen Wirkungen durch nichtionisierende Strahlung aufzunehmen. Die 2013 novellierte 26. BImSchV begrenzt zur *Vorsorge* bei Niederfrequenzanlagen in der Nähe von empfindlichen Einrichtungen die elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte, führt auch bei Gleichstromanlagen eine Minimierung nach dem Stand der Technik ein und verbietet die Überspannung von Gebäuden bei neuen Trassen. Bei Hochfrequenzanlagen wird bislang von Anforderungen zur *Vorsorge* gänzlich abgesehen.

Mangels konkreter rechtlicher Vorgaben wird daher hier versucht, die wirksame Umweltvorsorge vor EMF soweit zu konkretisieren, dass bei Umweltprüfungen eine Beurteilung im Hinblick auf das Schutzgut menschliche Gesundheit möglich wird. Dabei werden Bewertungsmaßstäbe sowohl im niederfrequenten Bereich als auch im Hochfrequenzbereich jeweils frequenzabhängig betrachtet.

Dem Konzept des vorsorgenden Gesundheitsschutzes im Bereich der elektromagnetischen Felder bekommt eine besondere Bedeutung zu, da der aktuelle Forschungsstand wegen der recht jungen Entwicklung vor allem im Bereich des Mobilfunks wenige evidenzbasierte Ergebnisse aus epidemiologischen Langzeitstudien zeigt bzw. zeigen kann. Hier greift sowohl das deutsche als auch das EU-seitige Vorsorgeprinzip (EU 2000: 9, 20f), welches nicht nur in Fällen von Bedeutung ist, in denen es um Risiken geht, mit denen kurz- oder mittelfristig zu rechnen ist. Es ist auch dann relevant, wenn eher langfristig geplant werden muss. Es kann auch Maßnahmen auslösen trotz Fehlen wissenschaftlicher Beweise für einen Kausalzusammenhang (Nichtvorhandensein einer quantifizierbaren Dosis-Wirkungs-Relation) oder bei einer quantitativen Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Eintritts nachteiliger Wirkungen nach einer Exposition. Der Anspruch des UVPG an eine wirksame Umweltvorsorge erhält daher hier die Aufgabe einer weitreichenden und möglichst verlässlichen Beurteilung von Risiken. Diese Problematik soll nachfolgend kurz angerissen werden.

Zur Reichweite der gesundheitlichen Vorsorge

Eine Bewertung gesundheitlicher Wirkungen ist – vereinfacht ausgedrückt, neben anderem – einerseits abhängig von einer Wirkungsschwelle in Form eines definierten Risikos und zum anderen von der Definition der gesundheitlichen Wirkung.

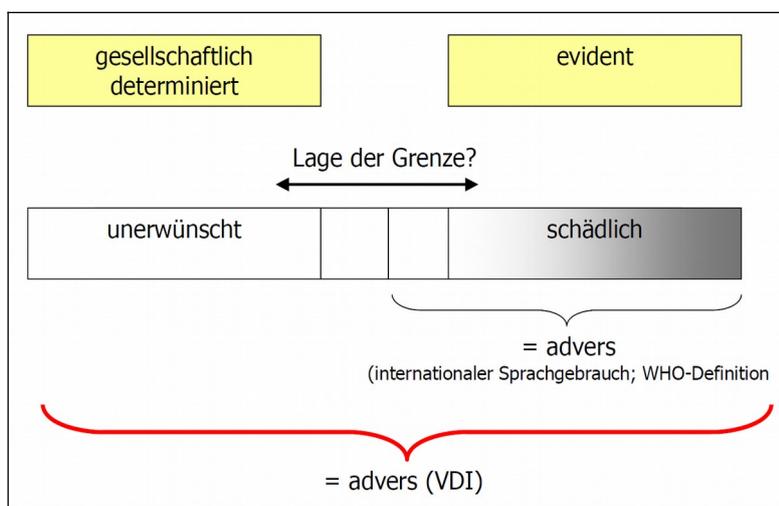
Risiken lassen sich weder direkt beobachten noch messen, sondern nur indirekt mit Hilfe von messbaren Indikatoren abbilden. Indikatoren der Exposition (als messbare Größen) sind somit nicht identisch mit dem Risiko. Sie geben aber anhand beobachtbarer Sachverhalte Hinweise auf das jeweils zugrundeliegende Risiko. Beeinflussen viele Faktoren das Risiko, so können einzelne Expositionsindikatoren das gesundheitliche Risiko jeweils nur partiell vorhersagen. Die Abgrenzung der nicht wissenschaftlich erklärbaren Gesundheitseffekte von solchen Effekten, die durch die jeweils betrachtete Umweltnoxen bedingt werden, ist eines der Kernprobleme jeder Risikoschätzung. Werden bei der Auswahl und Festlegung von Indikatoren der Exposition und/oder der gesundheitlichen Effekte wichtige Einflussgrößen nicht oder falsch berücksichtigt, stellt dies die Zuverlässigkeit von Risikoaussagen und damit ihre Vergleichbarkeit in Frage (Tischer & Poppek 2007). Bei der Beurteilung adverser Effekte müssen daher aktuelle toxikologische und epidemiologische Ergebnisse zusammengeführt werden, um zu einer angemessenen Bewertung aus Sicht des präventiven Gesundheitsschutzes zu gelangen. Hinzu kommt,

⁹⁰ BVerwG, Urteil v. 9.9.1988 - 7 C 3.86 - BVerwGE 80, 207, 216.

dass entsprechende Einschätzungen letztlich auch Fragen einer gesellschaftlichen Güterabwägung beinhalten, wenn es um die noch zu tolerierenden Folgen oder Risiken geht. Zu solchen Fragen und Antworten sei auf die Ergebnisse der Risikokommission (2003) verwiesen.

Auch aufgrund der z.T. nicht linear verlaufenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen wird die Ableitung einer klaren Beurteilungsgröße problematisch. Gleichwohl verwendet unser rechtlich-gesellschaftliches System vielfach einfache Wertsetzungen und quantitative Standards, um nachprüfbar und rechtssichere Entscheidungen treffen zu können. Dies trifft letztlich auch auf die Bewertung gemäß § 12 UVPG zu, wenn die vielfältigen und z. T. nur schwer einschätzbaren Effekte nieder- und hochfrequenter Felder hinsichtlich ihrer Wirkung zu bewerten sind. Da es bei der UVP um Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit geht, ist insbesondere die Betrachtung einer Immission im Hinblick auf einen ausreichenden Schutz und eine ausreichende Vorsorge vor Wirkungen bei Betroffenen erforderlich.

Das BImSchG unterscheidet zwischen dem *Schutz* und der *Vorsorge* vor Gefahren (vgl. Kap. 3). Als Ausgangspunkt zur Begründung einer Schädigung beim *Schutz* vor Gefahren gilt der so genannte *adverse Effekt*. Zu klären ist jeweils, ob die expositionsassoziierten Veränderungen in ihrer Größenordnung als klinisch bedeutsam bzw. als *advers* eingestuft werden.⁹¹ Durch entsprechende Maßnahmen müssen nachteilige *adverse* Effekte ausgeschlossen werden. Insbesondere bei langfristig einwirkenden, nicht akut toxisch wirkenden Noxen ist aber eine entsprechende Beweisführung oft schwierig, so auch bei den nichtthermischen Effekten nichtionisierender Strahlung. Für die hier zu begründenden Bewertungsmaßstäbe ist die VDI-Definition zur Adversität hilfreich. Sie erlaubt es, eine größere Bandbreite von Beurteilungsgrundlagen zu berücksichtigen (vgl. Abb. 8).



Quelle: Eigene Darstellung nach: VDI 2308 Bl. 1, Abschätzung des gesundheitlichen Risikos im Immissionsschutz, Juni 2009

Abb. 8 VDI-Modell zur Begrifflichkeit der Adversität

Zur *Vorsorge* vor Gefahren (und damit auch zur wirksamen Umweltvorsorge gemäß UVPG) können – wie oben dargestellt – auch wahrscheinliche und mögliche Effekte, wissenschaftlich begründete Verdachtsmomente oder wissenschaftliche Hinweise, die eine lediglich schwache Evidenz besitzen sowie Aussagen wie "möglicherweise krebserregend für Menschen" (2b) (WHO 2007; 2011) bei EMF berücksichtigt werden. Im Sinne der VDI-Definition zur Adversität können diese Effekte auch dahingehend interpretiert werden, dass sie bereits unter dem Gesichtspunkt des Gefahrenschutzes eine Rolle

⁹¹ WHO (1995): Environmental Health Criteria. IPCS, EHC 170 (1995)

spielen sollten. Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen sollten daher auch begründet vermutete Effekte sowie wissenschaftliche Hinweise in Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge vor Gesundheitsgefahren verwendet werden.

Räumliche Einordnung

Nichtionisierende Strahlung tritt sowohl im häuslichen Umfeld (bei Benutzung eines Mobiltelefons, durch Elektrogeräte etc.) als auch im öffentlichen Raum außerhalb von Wohnungen und Häusern auf. Eine Betrachtung des Schutzgutes *Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit* in der UVP bezieht sich zunächst auf die von außen auf Gebäude und Wohnungen einwirkenden Immissionen (ähnlich Luftverunreinigungen oder Lärm). Dabei stehen Räume zum Aufenthalt von Menschen im Vordergrund, also insbesondere der Innenraum, da – im Unterschied zu anderen Immissionen – schützende Barrieren wie z. B. Wände bei magnetischen und elektromagnetischen Feldern durchdrungen werden. Eine Bewertung von einwirkenden EMF unter dem Gesichtspunkt der wirksamen Umwelt- und Gesundheitsvorsorge ist im Rahmen der Umweltprüfung auch deshalb erforderlich, da die 24-Stunden-Dauereinwirkung von hochfrequenten Feldern in Wohnungen bisher ohne (ausreichende) Rechtsgrundlage erfolgt.⁹²

5.4.2.2 Einflussfaktoren und Wirkungsweise

5.4.2.2.1 Grundlagen und Vorbemerkungen

Auf der Expositionsseite existieren unterschiedliche Frequenzen der nichtionisierenden EMF. Zudem müssen auf der Wirkungsseite unterschiedliche Symptome und (potentielle) Gesundheitsstörungen in den Blick genommen werden (vgl. Berg-Beckhoff & Schütz 2013). Aufgrund vielfach inkonsistenter Studienergebnisse zur gesundheitlichen Bedeutung nichtionisierender EMF fordern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, aber auch internationale Empfehlungen weitergehende Studien (vgl. SCENHIR 2009; EHFRAN 2012).

Die natürlich vorkommenden EMF gehören zu den natürlichen Lebensgrundlagen und Umweltbedingungen, die in Deutschland verfassungsgemäß geschützt werden müssen (Art. 20a GG). In geringer Intensität ermöglichen sie erst lebende Systeme, wenn beispielsweise die menschlichen Nervenzellen im Gehirn und Rückenmark Informationen verarbeiten und die Muskeln zu Aktivitäten anregen. Insbesondere in den letzten zwei Jahrzehnten kamen zu den natürlichen Feldern⁹³ künstliche Felder hinzu. Vor allem in bewohnten Gebieten treten künstliche Felder heute großräumig und dauerhaft auf. Im Bereich Hochfrequenz wird in nur wenigen Jahren ein deutlicher Anstieg beobachtet (Urbinello et al. 2013; LfU 2008). Die Feldstärken liegen teilweise mehr als zehntausend- bis millionenfach höher als die natürliche elektromagnetische Strahlung (Bornkessel et al. 2002). Messergebnisse an stärker exponierten Stellen, z. B. in Stuttgart-West, liegen im Bereich von 430 und 543.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Nießen 2011).

Bei den hier in Betracht kommenden Feldquellen unterscheidet man generell in

⁹² Siehe Art. 8 Abs. 1 der Europäischen Menschenrechtskonvention (EMRK), sowie Budzinski (2011)

⁹³ Natürliche elektromagnetische Felder existieren in der Natur fast ausschließlich in Form von Wärmestrahlung, Licht und ionisierender Strahlung, also im Bereich sehr hoher Frequenzen im elektromagnetischen Spektrum. Die bedeutendste natürliche Quelle ist die Sonne.

- Anlagen mit niederfrequenten Wechselfeldern, zum Beispiel solche zur Hochspannungs-Wechselstrom-Übertragung (HWÜ) als 50-Hz-Hochspannungs-Freileitungen sowie Bahnstromleitungen mit 16,7-Hz,
- Anlagen zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) und
- Anlagen, die hochfrequente Felder ausstrahlen (z. B. Anlagen des Mobilfunks).

Bei den beiden erstgenannten Quellen handelt es sich um ungewünschte Abstrahlung, bei der letztgenannten Quelle um eine gewünschte, gezielte Abstrahlung auch in die Aufenthaltsbereiche der Menschen hinein.

Niederfrequente Wechselfelder

Zu den Quellen niederfrequenter Wechselfelder, die mit Netzstrom betrieben werden und von außen auf Aufenthaltsbereiche des Menschen einwirken, zählen insbesondere Hochspannungsfreileitungen und Erdkabel mit 110 – 380 Kilovolt (kV), Trafostationen und Umspannwerke. Die Felder werden unterschieden in elektrische und magnetische Felder:

- Ein elektrisches Feld (Maßeinheit „Volt pro Meter“ (V/m)) beschreibt den Zustand eines Raumes, in dem physikalische Kräfte zwischen elektrischen Ladungen wirken. Grundbelastungen innerhalb von Häusern rangieren zwischen 5 und 50 V/m. Elektrische Felder stehen bisher meist nicht im Fokus der Betrachtung, da sich Orte zum Aufenthalt von Menschen meist in Gebäuden befinden, die i.d.R. eine ausreichende Abschirmung gewährleisten.
- Jeder von Strom durchflossene Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben. Die magnetischen Wechselfelder besitzen die Eigenschaft, Körper zu durchdringen und können im Unterschied zum elektrischen Feld nicht ohne weiteres abgeschirmt werden. Als Indikator zur Beurteilung wird die magnetische Flussdichte mit der Maßeinheit „Tesla“ (T) angegeben. Die Grundbelastungen innerhalb von Wohnungen liegen etwa zwischen 0,02 und 0,2 Mikrottesla (μT) in ländlichen Bereichen, in städtischen Bereichen zwischen 0,1 und 1 μT (Neitzke et al. 2010).

Gleichfelder

Ein natürliches statisches elektrisches Feld weist je nach Jahreszeit und Wetter eine Feldstärke von ca. 130 bis 270 Volt pro Meter (V/m) auf, bei Gewittern können noch wesentlich höhere Feldstärken auftreten. Im Zuge der Umsetzung des Bundesbedarfsplans Netze sollen neue HGÜ- Anlagen zum Einsatz kommen, deren elektrische und magnetische Gleichfelder hinsichtlich der Wirkung auf den Menschen im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung zu beurteilen sind. Es sind bereits Leitungen mit Spannungen von etwa 800 - 1.600 kV in Betrieb. Bei Neuinstallationen wird zukünftig mit noch höheren Spannungen gerechnet (SSK 2013).

Im Unterschied zu HWÜ ändert sich die Polarität am Leiterseil nicht, so dass sich die aufgrund der hohen elektrischen Feldstärke zu erwartenden Mikroentladungen (Koronaentladungen) nicht immer wieder ausgleichen können und ständig erfolgen. Daher kann sich um die Leiter eine größere Raumladungswolke geladener Teilchen ausbilden, die zur Ionisation der Luft führt und chemische Verbindungen wie Ozon und Stickoxide entstehen lässt. Bei HGÜ treten im Vergleich zu HWÜ deutlich höhere elektrische Bodenfeldstärken auf und die elektrischen Felder können sich durch Windverfrachtungen der Ladungswolke über größere Bereiche erstrecken (SSK 2013). Die elektrische Feldstärke kann in seitlicher Entfernung deutlich langsamer abnehmen als bei einer HWÜ und beträgt bei einer 500 kV

HGÜ in 400 m Abstand noch etwa das 200-fache einer HWÜ (Leitgeb 2000). Im schienengebundenen Nahverkehr bestehen üblicherweise geringere Spannungen. Die elektrischen Feldstärken dort liegen im Bereich des natürlichen elektrischen Gleichfelds.

Natürlich vorkommende magnetische Gleichfelder (z. B. das Erdmagnetfeld) sind örtlich und zeitlich variabel und liegen im Mittel in Deutschland bei etwa 45 μT . Einige Spezies verwenden das magnetische Gleichfeld zur Orientierung. Die magnetischen Gleichfelder unter HGÜ-Leitungen hängen von der Stromstärke, der Betriebsart (monopolar oder bipolar), dem Mastbild, der Leiterkonfiguration und dem Bodenabstand der Leiterseile ab. Zukünftig vorgesehene Hybrid-Leitungen (gleichzeitig geführte Gleich- und Wechselspannungssysteme) lassen maximal auftretende magnetische Flussdichten im Variationsbereich des Erdmagnetfelds erwarten (SSK 2013).

Werden HGÜ-Leitungen im Erdboden verlegt, entstehen lediglich magnetische Gleichfelder, aber keine elektrischen Felder außerhalb und keine Koronaentladungen. Die Gleichfelder nehmen im seitlichen Abstand zu Trasse schneller ab als bei Freileitungen.

Wegen noch offener Fragen auch hinsichtlich möglicher Expositionen können derzeit die Probleme durch Gleichfelder hier noch nicht vollständig angesprochen werden.

Hochfrequente Felder

Für die mobile Kommunikation bzw. Datenübertragung werden überwiegend Sendeanlagen verwendet, die dauerhaft hochfrequente Felder ausstrahlen. Daneben gibt es weitere Anlagen für Radar (Flugverkehr, Schiffsverkehr, Wetterbeobachtung, Bundeswehr, Verkehrsüberwachung), Amateurfunk, Behörden- und Betriebsfunk sowie Sendeantennen für Radio und Fernsehen. In Hotels, Bahnhöfen, Messehallen usw. strahlen öffentliche WLAN-Sender.

Elektromagnetische Strahlung ist charakterisiert durch ihre Wellenlänge bzw. durch ihre Frequenz (Anzahl Schwingungen pro Sekunde). Sie breitet sich von der Quelle (Hochfrequenzerzeuger) durch Leitungen oder von Antennen ausgehend in den Raum mit Lichtgeschwindigkeit aus. Mit zunehmender Entfernung wird die Strahlung schwächer. Kurzwellen und modulierte Ultrakurzwellen werden z.B. für die Rundfunkübertragung genutzt, Mikrowellen für die Mobilkommunikation. Die Intensität eines hochfrequenten elektromagnetischen Felds wird entweder über die Stärke des elektrischen Feldanteils in V/m (Feldstärke) oder durch die sog. *Leistungsdichte* in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) bzw. bei geringeren Intensitäten in Mikrowatt pro Quadratmeter ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) angegeben. Feldstärke und Leistungsdichte stehen in einem festen Verhältnis zueinander. Angaben zu den Wirkungen auf den Organismus erfolgen üblicherweise über die spezifische Absorptionsrate (SAR). Sie beschreibt die Energie, die im Hochfrequenzfeld pro Kilogramm Körpergewicht in einer bestimmten Zeit vom Körper aufgenommen und vor allem in Wärme umgewandelt wird. Damit ist dieses Maß für die hier zu betrachtenden möglichen gesundheitlichen Effekte außerhalb der thermischen Wirkungen weniger geeignet.

5.4.2.2.2 Gesundheitliche Effekte niederfrequenter magnetischer Wechselfelder

Im Bereich Niederfrequenz und untere Hochfrequenz (0 bis 30 kHz) können hohe Feldstärken zur Induktion starker Körperströme führen. Diese Wirkungen auf den Organismus sind gut untersucht; mit dem vor Gefahren schützenden Grenzwert der 26. BImSchV in Höhe von 100 μT werden akute Gesundheitsschäden im Sinne des Gefahrenschutzes weitgehend begrenzt.

Zur Konkretisierung der Vorsorge sind - neben dem mit der Novellierung der 26. BImSchV eingeführten Minimierungsgebot nach dem Stand der Technik und dem Überspannungsverbot von Gebäuden bei neuen Trassen – auch wirkungsseitige Betrachtungen unterhalb der Gefahrenschwelle im Niedrigdosisbereich erforderlich. Dabei ist es für die praktische Durchführung einer UVP hilfreich, insbesondere von räumlichen Schutzabständen (beispielsweise für Wohnflächen) zu den genannten Anlagen auszugehen. Solche Abstände können anhand der entfernungsabhängig auftretenden magnetischen Flussdichte zu räumlichen Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge ermittelt werden (Kühling 2011).

Aus der Vielzahl vorliegender Untersuchungen und Studien können folgende zentrale Aussagen herangezogen werden, um den im Sinne der Vorsorge geltenden Gefahrenverdacht oder das Besorgnispotenzial zu belegen:

- Verschiedene Metaanalysen auf Basis der Originaldaten (Ahlbom et al. 2000, Kheifets et al. 2010) und Reviews (Schüz 2011, Schüz & Ahlbom 2008) liefern konsistente Ergebnisse, die eine mögliche Assoziation zwischen Magnetfeldern und kindlichen Leukämien bestätigen (Berg-Beckhoff & Schüz 2013). Erreichen Magnetfeldbelastungen einen Wert von 0,3 - 0,4 Mikrottesla unter Hochspannungstrassen, so bestehen Assoziationen zu einer bestimmten Form der Leukämie (Akute Lymphatische Leukämie – ALL) bei Kindern (Geschwentner & Pölzl 2011: 6). Luukkonen et al. (2014) konnten in einem Zellkulturrexperiment zeigen, dass in einem 50 Hz-Magnetfeld das oxidative/ antioxidative Gleichgewicht der untersuchten Zellen gestört ist und eine genomische Instabilität in der nächsten Zellgeneration festzustellen ist.
- Auch wenn unterschiedliche Fragen hinsichtlich der möglicherweise ergebnisbeeinflussenden Untersuchungsdesigns bestehen (Berg-Beckhoff & Schüz 2013; Schüz 2007), kann im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge hier ein Bewertungsmaßstab ansetzen. Dies folgt auch der bereits seit 2002 bestehenden IARC-Einstufung der niederfrequenten magnetischen Wechselfelder als möglicherweise Krebs erregend (Gruppe 2B) (WHO 2001). Gemäß des SCENIHR (2009) der Europäischen Kommission hat sich die Evidenz für diese Klassifikation seitdem weder nach oben noch nach unten verändert. In der Schweiz wurde bereits ein so genannter Anlagegrenzwert in Höhe von 1 μT (bei voller Anlagenauslastung) zur Verringerung der Magnetfelder in der Umgebung von Hochspannungsleitungen und Transformatorenstationen festgelegt. Er muss an Orten mit empfindlicher Nutzung eingehalten werden (BAFU 2009). Dort werden auch verschiedene Anlässe genannt, aus Gründen der Vorsorge die Exposition gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern zu verringern.
- Infolge berufsbedingter Expositionen wird der Verdacht auf ein erhöhtes Risiko für neurodegenerative Erkrankungen (Alzheimer-Krankheit, Amyotrophische Lateralsklerose (ALS)) sowie andere Formen degenerativer und dementieller Erkrankungen) durch niederfrequente Magnetfelder formuliert (Kheifets et al. 2009). Für Expositionen über 0,2 μT wurden in epidemiologischen Untersuchungen statistisch signifikant erhöhte relative Risiken für eine Erkrankung an ALS beruflich hoch Exponierter, weniger deutlich auch für die Alzheimer-Krankheit bei Wohnortnähe zu Höchstspannungsleitungen (Huss et al. 2009) aufgezeigt. Grundsätzlich spielen bei den neurodegenerativen Erkrankungen neben der Expositionserfassung die exakten Falldefinitionen eine zentrale Rolle.

Niederfrequente Magnetfelder führten an Zellkulturen zu Veränderungen am Erbmateriale, zur vermehrten Produktion von Zell-Stress-Proteinen und zu Beeinträchtigungen bestimmter Zellfunktionen (Schweizerischer Nationalfonds 2011; Mihai et al. 2014). Die Übertragbarkeit der Ergebnisse der in-Vitro-in-vivo-Experimente auf den menschlichen Organismus gilt es ausdrücklich zu prüfen.

Einen allgemeinen Überblick über verschiedene wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse zu (potentiellen) gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Effekten durch niederfrequente Magnetfelder gibt Neitzke (2006). Dabei wird nach Validität der jeweiligen Untersuchungen unterschieden. Auch seine Einschätzungen deuten auf bestimmte Effekte bei magnetischen Flussdichten von deutlich weniger als 1 μT hin.

5.4.2.2.3 Gesundheitliche Effekte von Gleichfeldern

Elektrische Gleichfelder

Bei der Einwirkung von elektrischen Gleichfeldern gibt es Wahrnehmungs-, Belästigungs- und Schmerzschwellen. Die Datenlage zu biologischen Wirkungen wird allerdings als nicht ausreichend betrachtet, um belastbare Werte für gesundheitlich relevante Wirkungsschwellen ableiten zu können.

Indirekte Wirkungen, wie Wahrnehmungen und Belästigungen bei Feldstärken, wie sie im Trassenbereich von HWÜ zu erwarten sind, können auch für HGÜ mit hoher Evidenz nicht ausgeschlossen werden (SSK 2013). Die SSK (2013) empfiehlt daher, die elektrischen Gleichfelder zur Vermeidung gesundheitlicher Beeinträchtigungen oder erheblicher Belästigungen zu begrenzen. Solange keine klaren Aussagen zur Gefährdungssituation durch elektrische Gleichfelder vorliegen, sollte die wirksame Umweltvorsorge im Ansatz dadurch erreicht werden, dass

- gemäß § 4 der 26. BImSchV die Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren,
- sich die möglichen Sicherheitsabstände zur Vorsorge auch bei HGÜ an den Empfehlungen zur HWÜ orientieren, da bisher niederfrequente Anteile auch bei der HGÜ nicht ausgeschlossen werden.

Magnetische Gleichfelder

Bei starken magnetischen Gleichfeldern wird ein Wirkmechanismus postuliert, der die chemischen Reaktionsgleichgewichte und biologische Wirkmechanismen im Organismus beeinflussen kann (SSK 2013). Insbesondere bei schwächeren magnetischen Gleichfeldern sind Einschätzungen zu biologischen Wirkungen noch wenig evident, die Humanstudien sind nicht ausreichend (vgl. SSK 2013). Die durch HGÜ zu erwartende magnetische Gleichfeldbelastung liegt im Variationsbereich des Erdmagnetfeldes. Relevante indirekte Wirkungen auf Herzschrittmacher dürften aufgrund der geringen Stärke magnetischer Gleichfelder unter HGÜ-Freileitungen vernachlässigt werden können.

Ozon, Stickstoffoxide

Die bei hohen elektrischen Feldstärken entstehende Ionisierung der Luft erzeugt Ozon und Stickoxide. Experimentell ermittelte Ozonwerte zeigen Werte unter 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Bodennähe bei Freileitungen. Die bodennahe Schadstoffzusatzbelastung in der Umgebung von HGÜ-Leitungen lässt sich mit der Kenntnis der Produktionsrate pro Streckenlänge errechnen (BfS 2013, Anhang B). Je nach meteorologischen Ausbreitungsbedingungen klingen die Immissionen in einigen 100 m bis zur Hintergrundbelastung ab. Bei parallel verlaufender Verfrachtung kann eine Konzentrationsanreicherung (bei dann

schmalen Einflussstreifen) erreicht werden. Ein Konzentrationszuwachs durch Stickstoffoxide sollte wegen der im Vergleich zu Ozon 10-fach geringeren Quellstärke vernachlässigt werden können (BfS 2013). Auch wenn das BfS (2013) davon ausgeht, dass von HGÜ-Leitungen keine gesundheitsrelevante bodennahe Zusatzbelastung durch Ozon und Stickoxide ausgeht, dürfte erst eine standortbezogene Ermittlung und Analyse der zu erwartenden Vor- und Zusatzbelastung für Ozon eine verlässliche Abschätzung der wirksamen Umweltvorsorge ermöglichen. Hierzu wird auf das Kapitel 5.3.8 verwiesen.

5.4.2.2.4 Gesundheitliche Effekte hochfrequenter Felder

Bisher werden vom Gesetzgeber die direkten oder Wärme-Effekte durch die nichtionisierende Strahlung als gesundheitliche Gefahren anerkannt und geregelt. Zur Vermeidung entsprechender Wirkungen sind verbindliche Grenzwerte in der 26. BImSchV für die Feldstärke frequenzabhängig festgelegt. Sie beruhen maßgeblich auf den ICNIRP-Guidelines (ICNIRP 1998).⁹⁴ Daneben gilt es, die nichtthermischen Wirkungen zu betrachten. Art. 2 der EU-Richtlinie 2013/35/EU zum Schutz der Arbeitnehmer vor elektromagnetischen Feldern zählt die nichtthermischen Wirkungen zu den "direkten biophysikalischen Wirkungen", die die Gesundheit möglicherweise nachteilig beeinflussen können. Im Hinblick auf die bei der UVP zu betrachtende wirksame Umweltvorsorge werden diese bisher rechtlich nicht normierten Effekte berücksichtigt werden müssen:

- Ein tragfähiger Ansatz, die HF-EMF unter dem Blickwinkel der Umweltvorsorge zu betrachten, liegt in der Einstufung dieser Felder als möglicherweise Krebs erregend (Gruppe 2B) (Baan et al. 2011; WHO 2011). Nutzungszeiten von mehr als 20 Jahren konnten inzwischen in Schweden untersucht werden (Hardell et al. (2013) und eine Assoziation zwischen der Nutzung von mobilen Telefonen und bösartigen Hirntumoren zeigen. Ein Hirntumorrisiko durch Handynutzung innerhalb von zehn Jahren konnte nicht valide nachgewiesen werden, allerdings wird auf die Notwendigkeit einer Langzeitbeobachtung verwiesen (Repacholi et al. 2012). Die EU-Richtlinie 2013/35/EU nimmt mögliche Langzeitwirkungen an. Auch das BfS (2013a) stellt als Ergebnis des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms fest, dass die Frage der Langzeitwirkungen über einen Zeithorizont von mehr als zehn Jahren hinaus weiterhin offen ist. Die derzeit offenen Fragen und Erkenntnisse veranlassten die internationale Expertengruppe „BioInitiative Working Group“ (2007) in einer umfangreichen Zusammenstellung Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor EMF zu fordern. Das vierjährige Schweizer Mobilfunkforschungsprogramm (Schweizerischer Nationalfonds 2011) ermittelte in Laborstudien, dass nichtionisierende Strahlung auf biologische Prozesse in menschlichen Fibroblasten wirkt. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse der in-Vitro-in-vivo-Experimente auf den menschlichen Organismus gilt es zu prüfen.
- Der kindliche und jugendliche Organismus reagiert offensichtlich empfindlicher auf die HF-Strahlung. Dies wird auch durch ein Ergebnis des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms gestützt (BfS 2013a). Der besonders empfindlichen Gruppe der Kinder kommt hinsichtlich einer Vorsorgebetrachtung eine besondere Bedeutung zu (UBA et al. 2013; EU 2009). So erließ Frankreich bereits 2010 per Gesetz ein Maßnahmenpaket zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung mit dem besonderen Augenmerk auf Kinder. Den besonderen Schutz der Kinder, die von Anbeginn ihres Lebens nichtionisierender Strahlung ausgesetzt sind, sehen auch das Europäische Parlament (2009) und der Europarat (2011).

⁹⁴ Zum Kenntnisstand bzgl. der gesundheitlichen Auswirkungen von EMF wurde ein umfangreiches Review vom Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks verfasst (SCENIHR 2009)

- Bereits seit langer Zeit werden vielfältige subjektive und objektive gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter Strahlen im Niedrigdosisbereich beobachtet und untersucht. So werden verschiedene Befindlichkeits- bzw. Schlafstörungen etc. (z. B. bei Neitzke 2006) in einen örtlichen und zeitlichen Zusammenhang mit der subjektiven Belastung durch EMF gebracht. Die Österreichische Ärztekammer reagiert darauf mit ihrer Leitlinie (ÖÄK 2012) zur Abklärung und Therapie EMF-bezogener Beschwerden und Krankheiten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass trotz einiger Erklärungsansätze (Desai et al. 2009) kein evidenter kausaler Wirkungsmechanismus für gesundheitliche Effekte und Schädigungen bekannt ist. Bei aller Vorsicht in der Beurteilung rechtfertigen die beschriebenen Effekte allerdings, Maßnahmen im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu ergreifen (Budzinski 2013). Dies ist auch die Sichtweise der schweizerischen Behörden (BUWAL 2009) sowie der zuständigen Bundesoberbehörde in Deutschland, wenn diese feststellt, dass „beim Betrieb der bestehenden sowie bei der Entwicklung neuer drahtloser Kommunikationstechniken weiterhin auf eine vorsorgliche Minimierung der Exposition der Nutzer und der Bevölkerung zu achten“ ist bzw. sicherzustellen ist, dass u.a. Bürgerinnen und Bürger möglichst geringen Intensitäten hochfrequenter elektromagnetischer Felder ausgesetzt sind (BfS 2013b).

Aufgrund der noch unklaren Wirkungen auf biologische Systeme zeigt sich ein deutlicher Forschungsbedarf, damit Schutz und Vorsorge langfristig auf eine abgesicherte Basis gestellt werden und operationalisiert werden können.

5.4.2.3 Indikatoren zur Beschreibung von EMF, Datenquellen, Prognosetechniken

Niederfrequente Wechselfelder (Indikator: magnetische Flussdichte in μT bzw. Abstände zu Wohnbebauung)

Eine Übertragungsleitung besteht aus mehreren Phasenleitern. Meist wird Drehstrom übertragen, d.h. es sind drei Phasen vorhanden und die Felder überlagern einander. Im Umfeld einer Hochspannungsfreileitung sind verschiedene Faktoren hinsichtlich Stärke und Verteilung der elektrischen und magnetischen Felder maßgebend, sodass unter einer 380 Kilovolt-Leitung in einem Meter über dem Erdboden eine magnetische Feldstärke in Höhe von mindestens vier Mikrottesla entstehen kann. Konkrete Daten sind in erster Linie von den Betreibern der jeweiligen Anlagen zu erhalten. Zur Übersicht kann auf einige typische Messwerte zurückgegriffen werden⁹⁵.

Im Unterschied zum elektrischen Feld ändert sich die magnetische Feldstärke mit den tageszeitlichen Schwankungen des Strombedarfs. So kann die Stromstärke im Tagesverlauf um den Faktor 3 schwanken. Zur konkreten Ermittlung einer möglichen Belastung sollten die folgenden Fragen beantwortet werden:

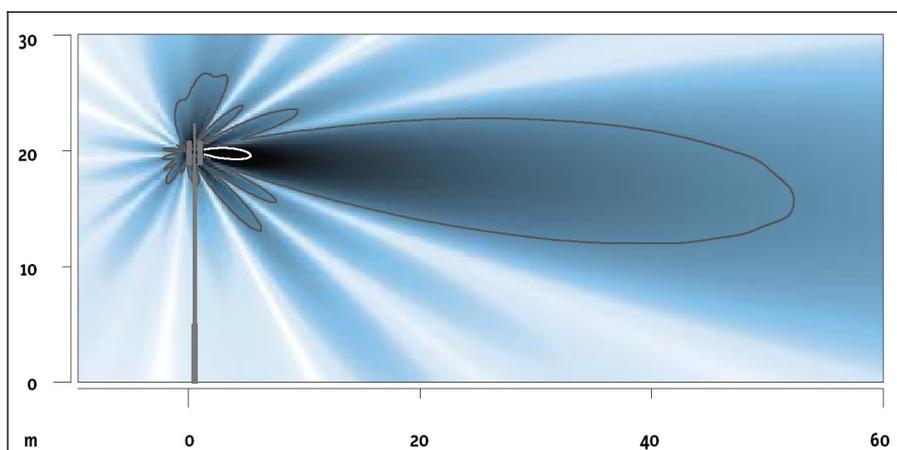
- Wie groß ist die maximal mögliche Stärke der elektrischen und magnetischen Wechselfelder im Abstand von x Metern Entfernung von der Trassenmitte?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der elektrischen und magnetischen Wechselfelder?
- Welche maximalen Stromstärken sind für die Leitungen insgesamt zugelassen?

⁹⁵ Siehe Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LfU) zu Hochspannungsleitungen: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6514>, Zugriff am 19.12.2010.

- Welche technischen Maßnahmen sind vorgesehen, um die Belastung durch magnetische Wechselfelder zu minimieren?⁹⁶

Hochfrequente Felder (Indikator: Leistungsdichte in W/m²)

Zunächst gilt, dass die Intensität einer Immission mit dem Quadrat der Entfernung von der Quelle abnimmt. Darüber hinaus hängt die Intensität von der Strahlungscharakteristik der Antenne ab, d.h. davon, wie die Strahlung im Raum verteilt wird (Bornkessel et al. 2002). Heute werden beim Mobilfunk überwiegend Hochleistungsantennen zur Erfassung großer Räume verwendet, die wegen der vertikalen Ausrichtung der Strahler eine breitgedrückte, leicht schräg nach vorn unten geneigte sog. Hauptkeule (Strahlungszunge) ergeben. In ihr ist die Feldintensität am höchsten. Konstruktionsbedingt gibt es bei diesen Antennen auch sog. Nebenkeulen, die schräg nach unten und oben strahlen (s. Abb. 9). Allerdings variiert die Feldintensität im Umfeld bei fester Höhendifferenz stark, ein stetiger Abfall der Feldintensität mit dem Abstand von der Antenne tritt also nicht auf. Auch unterhalb der Antenne findet sich Strahlung. Die bestimmende Größe für eine Belastung ist also nicht nur der Abstand von der Quelle, sondern auch die Höhenexposition.



Quelle: BUWAL 2005, S. 42

Abb. 9 Strahlungsprinzip in der Umgebung einer Mobilfunkantenne

Durch Bündelung verschiedener Antennen an einem Standort, Reflexionen an und in Gebäuden entstehen unterschiedliche Feldintensitäten bzw. ein komplexer Feldverlauf. Pauschale Einschätzungen zu einer möglichen Exposition für einen bestimmten Aufenthaltsort sind daher schwierig, genauere Daten sind nur über Messungen zu erhalten.

Zuständig für die Bereitstellung entsprechender Daten sind in erster Linie die Betreiber der jeweiligen Anlagen. Eine Übersicht enthält die öffentlich zugängliche Datenbank der Bundesnetzagentur. Sie erfasst alle genehmigungspflichtigen Hochfrequenzanlagen mit einer Standortbescheinigung. Konkrete Anfragen sollten folgende Angaben ergeben:

- horizontale und vertikale Sicherheitsabstände,
- horizontale und vertikale Öffnungswinkel der einzelnen Antennen mit ihren Hauptstrahlrichtungen (u. U. Angaben über weitere Vorbelastungen durch andere Sendeanlagen),

⁹⁶ Hinweis: Durch die geeignete Anordnung der Phasenleiter kann eine erhebliche Reduzierung der magnetischen Flussdichte erreicht werden.

- erwartete Leistungsdichten an kritischen Aufenthaltsorten (z. B. nächstgelegene Wohnbebauung bzw. sonstige sensible Einrichtungen).

Sollte mehr als eine Sendeanlage installiert sein, sind die obigen Angaben für jede Einzelanlage getrennt erforderlich. Zusätzlich muss eine Gesamtbewertung aller Anlagen vorliegen.

Mangels einheitlicher Mess- und Erhebungsvorschriften über Feldstärken und Leistungsdichten für flächenbezogene Erfassungen ergeben die Messprogramme verschiedener Länder und Institutionen Größen, die kaum miteinander vergleichbar sind. So reichen mittlere Werte der Leistungsdichte von etwa 1.000 $\mu\text{W}/\text{qm}$ in der Nähe von Mobilfunkstationen bis in den Bereich von 20.000 $\mu\text{W}/\text{qm}$, Spitzenwerte können deutlich höher liegen.

5.4.2.4 Bewertungsmaßstäbe für niederfrequente magnetische Wechselfelder

Aus dem Spektrum der niederfrequenten Felder kann der Bereich des Haushaltsstroms (50 Hz) und dabei die magnetische Flussdichte der Wechselfelder als wesentlicher Indikator für eine Bewertung der wirksamen Umweltvorsorge herausgestellt werden. Unter dem Begriff der Adversität von Wirkungen (s. Abb. 8) ist eine breit gefächerte fachliche Einstufung für einen Wirkungsschwellenwert als Grundlage eines Standards zur wirksamen Umweltvorsorge möglich. Anhand der rechtlichen Definition einer wirksamen Umweltvorsorge (Besorgnispotenzial) lässt sich so eine Bewertung magnetischer Wechselfelder in der UVP insbesondere bei Stromtrassen/Hochspannungsleitungen vornehmen. Bei Bahnstromanlagen wäre dies frequenzabhängig anzupassen.

Kühling & Müller (2002) sowie Kühling (2011) haben auf dieser Grundlage einen Standard zur wirksamen Umweltvorsorge vor gesundheitlichen Effekten und Risiken in Höhe von 0,01 μT als zu unterschreitende Zusatzbelastung durch das magnetische Wechselfeld konkretisiert. Sie begründen dies mit einem eher niedrig angesetzten Unsicherheitsfaktor von 20 zur genannten Wirkungsschwelle bei 0,2 μT . Dabei ist eingeflossen, dass bei kanzerogenen Wirkungen eigentlich kein Schwellenwert angegeben werden kann. Auch ein Schutz empfindlicher Bevölkerungsgruppen wird mit dem Unsicherheitsfaktor berücksichtigt (für Kinder, Kranke, Schwangere, Ältere). Am Beispiel einer 380 kV-Leitung wird anhand dieses Standards ein erforderlicher Abstand für die dem Aufenthalt von Menschen dienenden Bereiche von 600 m ermittelt (horizontaler Abstand von der Trassenmitte aus gerechnet).

Dieser Abstandsbereich von 600 m kann eine wirksame Umweltvorsorge markieren. Aus der Diskussion um die Tatsache, dass die oft vorzufindende Grundbelastung in Wohngebieten bzw. Häusern aufgrund vorhandener Versorgungsleitungen, Ausstattung mit elektrischen Geräten etc. i. d. R. höher als 0,01 μT liegt und damit möglicherweise in den Bereich biologischer organbezogener Effekte hineinreicht, kann mit diesem Abstandswert auch das Minimierungsgebot der 26. BImSchV zur Verringerung der Magnetfeldbelastung erfüllt werden. Entsprechend kann für Erdkabel mit 110 - 380 kV ein Abstand von 30 bis 150 m empfohlen werden, der ebenfalls einer magnetischen Flussdichte von 0,01 μT entspricht.

In Tabelle 39 werden zum Vergleich einige Bewertungsmaßstäbe für magnetische Wechselfelder aufgeführt.

Tabelle 39 Ausgewählte Standards und resultierende Abstände zum Schutz vor magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und –anwendung

Quelle	Magnet. Flussdichte	Abstand zur Trassenmitte	Geltungsbereich, Verbindlichkeit
26. BImSchV	100 μT		Grenzwert (Gesamtimmission für <i>bestehende</i> Anlagen mit 50 Hz) für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt (Kurzzeitige Überschreitungen bis 100 % in 5 % des Beurteilungszeitraums; kleinräumige Überschreitungen bis 100 % außerhalb von Gebäuden).
26. BImSchV	100 μT		Grenzwert (Gesamtimmission für <i>neue</i> Anlagen mit 50 Hz) für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt
26. BImSchV	100 μT		Vorsorge bei wesentlichen Änderungen von Niederfrequenzanlagen in der Nähe von sensiblen Nutzungen (z. B. (Wohnungen, Schulen, Kindergärten): Keine Überschreitungen erlaubt
26. BImSchV	300 μT		Grenzwert (Anlagen Bahnstrom 16,7 Hz)
LAI 2012 ⁹⁷	0,1 μT	(470 m) ⁹⁹	Vorsorge gemäß zivilisatorischer Hintergrundbelastung
Abstandserlass NRW ⁹⁸ (in einigen Bundesländern gelten abweichende Werte)	(10 μT) ⁹⁹ (8 μT) ⁹⁹ (3 μT) ⁹⁹	40 m 20 m 10 m 5 m	50 Hz, 380 kV 50 Hz, 220 kV 50 Hz, 110 kV 16,7 Hz, 110 kV
ENLAG ¹⁰⁰	(0,15 μT) ⁹⁹ (0,2 μT) ⁹⁹	400 m 200 m	Bei Unterschreitung des Abstands zu Wohngebäuden im B-Plan sollen Erdkabel verwendet werden. Bei Unterschreitung des Abstands zu Wohngebäuden im Außenbereich sollen Erdkabel verwendet werden
Planungsziel Landesentwicklungsplan NRW, Entwurf 2013	(0,15 μT) ⁹⁹ (0,2 μT) ⁹⁹	400 m 200 m	Abstand zu Wohngebäuden und Gebäuden vergleichbarer Sensibilität (Geltungsbereich B-Plan oder unbeplanter Innenbereich) für neu zu errichtende Trassen ab 220 kV. Abstand zu Wohngebäuden (Außenbereich § 35 BauGB) für neu zu errichtende Trassen ab 220 kV.

⁹⁷ Ergebnisprotokoll zu TOP 23 der 78. Umweltministerkonferenz am 22. Juni 2012 in Schleswig (http://www.umweltministerkonferenz.de/documents/Endgueltiges_Protokoll_UMK_Schleswig1.pdf)

⁹⁸ Die genannten Abstände sollen dazu dienen, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse im Sinne des § 1 Abs. 5 Nr. 1 BauGB zu gewährleisten. Die Bemessung der Abstände basiert auf dem von der SSK in ihren Empfehlungen zum Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung vom 16./17. Februar 1995 genannten Ermessungsspielraum für die magnetische Flussdichte von 10 μT zur Berücksichtigung des Vorsorgegesichtspunktes und auf den Erläuterungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu § 4 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV).

⁹⁹ Die grau in Klammern angegebenen Werte der magnetischen Flussdichte und der Abstände sind überschlägige, modellhafte Schätzungen (angenommen sind ungünstige Verhältnisse und eine Auslegung auf 380 kV, sofern keine andere Nennspannung angegeben ist).

¹⁰⁰ Energieleitungsausbaugesetz vom 21.8.2009 (BGBl. I S. 2870), geänd. durch Artikel 5 d. G. vom 7.3.2011 (BGBl. I S. 338).

Quelle	Magnet. Flussdichte	Abstand zur Trassenmitte	Geltungsbereich, Verbindlichkeit
Schweiz ¹⁰¹	1 μ T		Anlagegrenzwert zur Übertragung (Frei- und Kabelleitungen), Fahrleitungen (Schienebahnen mit Wechselstrom), Anlagen zur Transformation. Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips, Langzeitwirkungen, biologische Wirkungen im Dosisbereich unterhalb der Immissionsgrenzwerte.
Bremen	0,3 μ T	(180 m) ⁹⁹	Planungsempfehlung

5.4.2.5 Bewertungsmaßstäbe für hochfrequente Felder

Zusätzliche, anthropogen erzeugte hochfrequente EMF können möglicherweise zu Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit und der Umwelt auch im nichtthermischen Wirkungsbereich führen. Dem trägt Art. 4 Abs. 5 der Richtlinie 2013/35/EU Rechnung. Insbesondere die aus dem Mobilfunk-Forschungsprogramm noch lückenhaften Erkenntnisse hinsichtlich Langzeitbeobachtungen und ausreichendem Schutz der Kinder (BfS 2013a) sowie die Einstufung der hochfrequenten Felder als „möglicherweise Krebs erregend“ (WHO 2011) erfordern im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen eine angemessene und objektive Bewertung. Die vielfältigen, z. T. auch subjektiv beklagten Belastungen durch betroffene Bürgerinnen und Bürger über gesundheitlichen Auswirkungen deuten ebenfalls auf ein Besorgnispotenzial hin, welches nicht außer Acht bleiben darf. Insgesamt weisen die vielfältigen wissenschaftlichen Hinweise, Studien etc. – auch wenn sie zum Teil widersprüchliche Erkenntnisse liefern – auf eine notwendige Konkretisierung der wirksamen Umweltvorsorge hin.

Folgt man als Ausgangspunkt für eine Bewertung im Rahmen der UVP den in Kapitel 3 genannten Zielen des Umweltschutzes, so legen die objektivierbaren bisherigen Erkenntnisse und noch offene Fragen nahe, den Bereich der natürlich auftretenden Feldstärken nicht zu verlassen. Dies kann einerseits auch aus dem Verfassungsgrundsatz zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen abgeleitet werden und folgt andererseits auch dem „hohen Umweltschutzniveau“, wie es europa- und nationalrechtlich gefordert ist. Auch die vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS 2013b) geforderte Sicherstellung möglichst geringer Intensitäten zur Vorsorge bei HF-EMF weist in diese Richtung. Als Konzept für möglichst niedrige Feldintensitäten bietet sich das ALARA-Prinzip an („As Low As Reasonably Achievable“, so gering, wie dies mit vernünftigen Mitteln machbar ist). Auch unter dem Gesichtspunkt der zum Teil stetig steigenden Feldintensitäten verschiedener hochfrequenter Strahlungsquellen erhält ein generelles Minimierungsgebot seine Bedeutung im vorsorgenden Gesundheitsschutz.

Die Benennung einer konkreteren Feldintensität als Bewertungsmaßstab erfordert allerdings eine Festlegung von Mess- und Beurteilungsverfahren, die auch empfindlichen Personengruppen gerecht werden. Bekannt ist, dass aufgrund der unterschiedlichen biologischen Wirkungen zwischen dauerhaft gleichförmigen Einwirkungen und temporären Belastungsänderungen (Pulsung) unterschieden werden muss. Auch die Definition von kurzzeitigen bzw. Maximalwerten und Mittelwerten zum Vergleich mit Wirkungen ist erforderlich. Darüber hinaus sind zukünftig noch weitere Vorgaben zu kritischen Signalformen und Frequenzbereichen zu entwickeln.

Als Größenordnung für einen Immissionswert zur wirksamen Umweltvorsorge kann zumindest von einem Wert in Höhe von 100 μ W/m² (0,2 V/m) ausgegangen werden, wie er in der Empfehlung für die

¹⁰¹ Schweizerische Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NISV) vom 23. Dezember 1999, SR 814.710; sowie BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) 1999: Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), Erläuternder Bericht.

Europäische Kommission zur Begrenzung der Langzeitbelastung (Europäisches Parlament 2001: 2) angesetzt wird.

Wilfried Kühling (Stand: 2014)

5.4.3 Schallimmissionen

5.4.3.1 Einflussfaktoren und Wirkungsweise

Zunächst muss zwischen den physikalisch messbaren Eigenschaften von Schallereignissen bzw. *Geräuschen* einerseits und der spezifischen, von Betroffenen bewerteten *Wahrnehmung* der Geräusche (als Störung und/oder Belästigung) andererseits unterschieden werden. Zwei Geräusche, die sich physikalisch (z. B. in der Schalleistung) nur wenig unterscheiden, werden subjektiv oft sehr verschieden im Hinblick darauf bewertet, ob ein Geräusch erwünscht oder unerwünscht ist. Daher kann ein großer Unterschied zwischen gewohnten (oft erwünschten) *natürlichen* Geräuschen (z. B. Blätterrauschen, Gebirgsbach) und Geräuschen *aus technischen Quellen* bestehen. Unerwünschter Schall wird als *Lärm* bezeichnet.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Schäden durch Lärm betreffen zum einen das Gehör, das durch kurzzeitige hohe Schallspitzen oder Dauerschall bleibende Schäden davontragen kann. Selbst häufigere Geräuscheinwirkung kann bereits bei Lautstärken, die noch als "stimmungsfördernd" gelten, zu Hörverlusten oder dauernden Ohrgeräuschen (Tinnitus) führen. Schall bzw. Lärm wirken auch auf den gesamten Organismus, indem körperliche Stressreaktionen ausgelöst werden. Dies kann auch schon bei niedrigeren, nicht-gehörschädigenden Schallpegeln geschehen, wie sie zum Beispiel beim Verkehrslärm vorkommen.

Durch die Aktivierung des autonomen Nervensystems und des hormonellen Systems verändern sich Blutdruck, Herzfrequenz und andere Kreislauffaktoren. Der Körper schüttet vermehrt Stresshormone aus, die ihrerseits in Stoffwechselforgänge des Körpers eingreifen. Die Kreislauf- und Stoffwechselregulierung wird weitgehend unbewusst über das autonome Nervensystem vermittelt. Die autonomen Reaktionen treten deshalb auch im Schlaf und bei Personen auf, die meinen, sich an Lärm gewöhnt zu haben. Zu den möglichen Langzeitfolgen chronischer Lärmbelastung gehören neben den Gehörschäden auch Änderungen bei biologischen Risikofaktoren (zum Beispiel Blutfette, Blutzucker, Gerinnungsfaktoren) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie arteriosklerotische Veränderungen „Arterienverkalkung“, Bluthochdruck und bestimmte Herzkrankheiten einschließlich Herzinfarkt (z. B. Babisch 2011, Bonacker et al. 2008). Darüber hinaus stellen aber auch die chronische Belästigung sowie lärminduzierte Schlafstörungen aufgrund ihrer tiefgreifenden Einflussnahme auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit betroffener Bevölkerungsgruppen bereits wesentliche gesundheitsrelevante Lärmwirkungen dar (vgl. Claßen 2013).

Das bestehende gesetzliche Regelungssystem für den hier betrachteten Außenlärm (insbesondere für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr) ist in mehrfacher Hinsicht unzureichend, um für einen ausreichenden Schutz vor Lärm zu sorgen und zum Schutz der Ruhe oder auch einer ausreichenden Vorsorge beizutragen. Erstens gibt es praktisch keinen Rechtsanspruch auf Schutz vor gesundheitsgefährdendem Lärm an bestehenden Verkehrswegen. Zweitens werden die besonders wirksamen Maßnahmen an der Quelle der Lärmmentstehung nur unzureichend verfolgt. Drittens erlaubt das geltende Recht generell ein *Auffüllen* bisher noch ruhiger Orte und Zeiten, bis auch dort die Richt- bzw. Grenzwerte erreicht sind. Viertens können die bestehenden Grenzwerte dann nicht ausreichend vor Schäden schützen, wenn sie nicht die Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung, sondern eher politische

Kompromisse widerspiegeln. Eine Betrachtung und Beurteilung der Wirkungen gemäß den Anforderungen des UVP-Gesetzes im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge ist daher erforderlich.

5.4.3.2 Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken

dB(A) als Indikator für verschiedene Beurteilungsorte und -zeiten

Die physikalisch messbare Schallleistung wird üblicherweise bei der Lärmmessung als Messgröße in dB(A) angegeben. Dadurch entstehen oft Fehleinschätzungen, die die tatsächliche Lärmsituation nicht angemessen widerspiegeln. Dies gilt auch für den auf einen definierten Zeitraum bezogenen *Mittelungspegel*, der in vielen Fällen als alleinige Beurteilungsgrundlage versagt. Die wesentlichen Problempunkte sind nachfolgend kurz angerissen.

- Der A-bewertete Schalldruckpegel – gemessen in dB(A) – soll die von der Frequenz abhängige Empfindlichkeit des Gehörs (Lautstärkeempfindung) nachbilden, wodurch tiefe und hohe Frequenzen abgeschwächt werden. Um die Lautheit und die belastigende Wirkung eines Schallerignisses angemessener beurteilen zu können, sollten künftig Messverfahren angewendet werden, die Maßzahlen für die Lautheit (z. B. in Sone), die Rauigkeit, die Schärfe, die Häufigkeit/den Wiederholungscharakter und den tonalen Charakter eines Schallereignisses liefern (Zwicker & Fastl 1999).
- Die Darstellung der Schallleistung erfolgt heute auf einer logarithmischen Skala (ein Schritt von 10 dB(A) bedeutet also eine Verzehnfachung der Schallleistung). Grenzwerte werden im Allgemeinen nur für Mittelungspegel (insbesondere den sog. äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq}) über einen Zeitraum von z. B. 8 oder 16 Stunden festgesetzt. Kurzzeitige, hohe Einzelpegel fallen bei der Mittelung aufgrund der logarithmischen Skalierung jedoch kaum ins Gewicht (s. Abb. 10). Hohe Einzelpegel wirken so bei den meisten Menschen lästiger als ein gleichförmigeres Geräusch, selbst wenn dieses eine erhebliche Lautstärke aufweist. Hinzu kommt, dass diese Form der Lärmbewertung ein *Auffüllen* bisher noch ruhiger Orte und Zeiten zulässt. Die logarithmische Basis der Mittelung führt in Verbindung mit Richt- bzw. Grenzwerten regelmäßig zu einer Erhöhung vorhandener Lärmniveaus bis an die Grenzwerte heran. Ruhezeiten und ruhige Orte werden dadurch seltener.

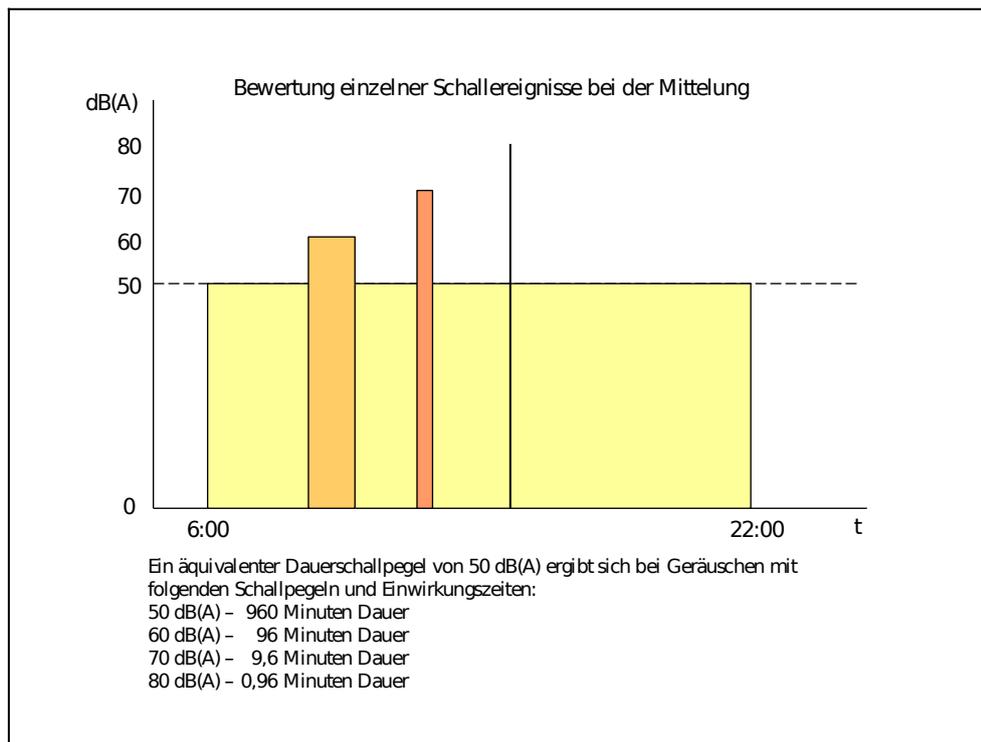


Abb. 10 Bewertung einzelner Schallereignisse bei der Mittelung

Die schematische Mittelung über lange Zeiten ist daher um Grenzen für kurzzeitig tolerable Schallereignisse zu ergänzen. Insbesondere für den Nachtlärm sollte die lauteste Stunde als Beurteilungszeitraum zählen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der Mensch - je nach ausgeübter Tätigkeit - auf Lärm unterschiedlich empfindlich reagiert (relative Toleranz z. B. während handwerklichen Arbeiten oder sportlichen Aktivitäten; relativ hohe Sensibilität während kreativer wissenschaftlicher Tätigkeit oder beim Schlaf). In diesem Zusammenhang sind auch die Nutzungskategorien nach der Baunutzungsverordnung (BaunVO) zu betrachten. Die dort gestufte Lärmempfindlichkeit (*reine Wohngebiete* sind stärker geschützt als *allgemeine Wohngebiete*, diese wiederum sind stärker geschützt als *Mischgebiete*) ist aus Gründen des Gesundheitsschutzes nicht immer nachvollziehbar, wenn die Nachtruhe beispielsweise nach TA Lärm im reinen Wohngebiet mit 35 dB(A), im Mischgebiet dagegen lediglich mit 45 dB(A) geschützt werden soll. Zum Schutz der Gesundheit (hier nimmt die Nachtruhe einen hohen Stellenwert ein) wird ein Mindestmaß an Ruhe für alle Gebiete erforderlich, in denen Menschen wohnen, unabhängig von der jeweiligen Nutzungsart eines Gebiets.

Die Lästigkeit von Geräuschen folgt - entgegen der allgemeinen Erwartung - nicht stetig der Intensität der Lautstärke. Sie hängt wesentlich auch von der sog. Stördynamik ab, d. h. dem Pegelabstand des jeweiligen Störgeräuschs vom aktuellen Grundgeräusch (akustischer Background). Auch schwächere Schallereignisse können ab etwa 10 dB Abstand durchaus als sehr lästig empfunden werden. Vor allem bei der Begrenzung von Anlagengeräuschen wird dem nicht ausreichend Rechnung getragen. Dagegen ist die Mittelwertbildung tags/nachts beim Straßenverkehr als weniger problematisch anzusehen, da häufig ein relativ gleichmäßiger Geräuschpegel vorliegt. Beim Schienenverkehr sollte der Bonus ggf. herausgerechnet werden. Die Aussagefähigkeit des L_{den} erscheint im Hinblick auf gesundheitliche Wirkungen wegen eines 24-h-Mittels kaum gegeben. Bei gewerblich-industriellen Anlagen ist ggf. die Berücksichtigung von Spitzenpegeln zu prüfen.

Begrenzung von Gesamtlärm

Das derzeitige Regelungssystem zum Schutz vor Lärm setzt ausschließlich isoliert an den jeweiligen Quellen an, d. h. Lärm wird für die verschiedenen Verursachergruppen jeweils separat beurteilt und begrenzt. Es findet also i.d.R. keine Summation und Beurteilung des beim Empfänger insgesamt einwirkenden Lärms aufgrund mehrerer, gleichzeitig einwirkender Geräusche statt.

Die verschiedenen Rechtsvorschriften zum Lärmschutz (z. B. TA Lärm (Gewerbelärm), 16. BImSchV (Straßen- und Schienenlärm), 18. BImSchV (Freizeitlärm)) stehen damit in Widerspruch zur Zweckbestimmung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und zur Schutzpflicht des Staates. Die jeweiligen Verordnungen sehen vor, dass der Schutzanspruch vor schädlichen Umwelteinwirkungen allein auf die Immissionswirkungen der jeweiligen Lärmart begrenzt wird und ein Überschreiten der Schädlichkeitsgrenze durch mehrere Verursacher infolge der Summierung unterschiedlicher Lärmarten (z. B. Straßen- und Schienenlärm) praktisch geduldet wird. Das BImSchG soll allerdings sicherstellen, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können. Daraus folgt, dass sich ein Immissionswert für schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche auf die Summe der beim Betroffenen einwirkenden Geräusche beziehen sollte. Dem ist der Länderausschuss für Immissionsschutz in der *Musterverwaltungsvorschrift zur Ermittlung, Beurteilung und Verminderung von Geräuschimmissionen* bereits 1995 gefolgt.

Allein durch die rechnerische Addition der zulässigen Teilgefahren wie Lärm durch Straßenverkehr 59 dB(A), Schienenverkehr 59 dB(A), gewerblich-industrielle Anlagen 55 dB(A) und Freizeitanlagen 55 dB(A) ergibt sich eine Gesamtlärmeinwirkung von 63,4 dB(A). Bereits 62 dB(A) müssen gegenüber 59 dB(A) als erheblicher Lärmanstieg gewertet werden. Es kann sich so eine Gesamtwirkung ergeben, die die jeweils definierte Grenze der Gesundheitsgefahr eindeutig überschreitet. Hinzu kommen noch weitere verstärkende Faktoren, ein Beispiel sind unterschiedliche Frequenzspektren. Gerade in kritischen Belastungssituationen durch Lärm kann es daher wichtig sein, die Gesamtlärmeinwirkung zu ermitteln (z. B. gemäß VDI 3722 oder DIN 18005).

Datenquellen und deren Verwendung

Die nähere Betrachtung von Lärm verlangt nach einer Unterscheidungen der Lärmquellen:

- Baulärm,
- Industrie- und Gewerbelärm,
- Luftverkehrslärm,
- Nachbarschaftslärm,
- Schienenverkehrslärm,
- Sport- und Freizeitlärm und
- Straßenverkehrslärm.

Die rechtlich unterschiedlich geregelten Lärmquellen erfordern auch hinsichtlich der verwendeten Datengrundlagen eine jeweils getrennte Betrachtung.¹⁰²

In einer konkret bestehenden Lärmsituation wird es oft sinnvoll sein, neben einer orientierenden Berechnung konkrete Messungen durchzuführen. Damit lassen sich auch spezielle Besonderheiten zur

¹⁰² Vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/gesetze.html>, Zugriff am 22.12.2010.

treffenden Bewertung erfassen (z. B. impulshaltiger, tieffrequenter oder tonhaltiger Lärm). Häufig kommt es darauf an, verschiedene Lärmeinwirkungen hinsichtlich ihrer Überlagerung zu prüfen.

Im langjährig verwendeten deutschen Regelwerk ist meist die Unterscheidung in Taglärm (6–22 Uhr) und Nachtlärm (22–6 Uhr) eingeführt, die sich nur zum Teil mit den neueren Anforderungen der EU-Richtlinie zum Umgebungslärm deckt.

Umgebungslärm nach EU-Richtlinie

Am 18. Juli 2002 trat die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und die Bekämpfung von Umgebungslärm“ (EU 2002) in Kraft. Neben der Vorsorge und der Minderung des Umgebungslärms ist die Erhaltung bisher ruhiger Gebiete gemäß Art. 1 von Bedeutung.

Die Umgebungslärmrichtlinie führt einen Lärmindex L_{den} ein, der – im Gegensatz zur deutschen Zweiteilung Tag/Nacht – nun eine *Dreiteilung* in Tag/Abend/Nacht vorsieht. Zwar werden die Abendstunden nun explizit in die Bewertung eingefügt, aber am unzureichenden Mittelungspegel wird insgesamt festgehalten. Durch die nun insgesamt längere Mittelungszeit (Tag/Abend/Nacht) wird ein erhöhter Tagespegel bei ruhiger Nacht ebenso nivelliert wie ein erhöhter Nachtpegel bei einem ruhigen Tageswert. Für die Betroffenen kann diese „Verrechnung“ Nachteile bringen. Die detaillierten Ergebnisse sowie die grafische Darstellung der umfangreichen kartierten Lärmbelastung sind über die Internetportale des UBA, der Bundesländer bzw. des Eisenbahn-Bundesamt verfügbar.¹⁰³

5.4.3.3 Bewertungsmaßstäbe

Zur Beschreibung und Beurteilung von Immissionssituationen wird häufig auf den oben bereits dargestellten *Mittelungspegel* zurückgegriffen, der über einen definierten Bezugszeitraum aus den frequenz- und zeitbewerteten Einzelpegeln durch energetische Mittelung gebildet wird. Um die Beurteilung unterschiedlicher Situationen zu erleichtern, kann der Mittelungspegel durch zusätzliche Korrekturfaktoren, wie etwa Zuschläge für Ton- oder Impulshaltigkeit, ergänzt werden. In diesen Fällen spricht man von sogenannten *Beurteilungspegeln*, die das Ziel verfolgen, wirkungsrelevante Geräuscheinheiten besser abzubilden.

Der bisher praktizierte Lärmschutz folgt dem Ziel „Schutz vor *schädlichen* Umwelteinwirkungen durch Lärm“ als Gefahrengrenze (gesundheitliche Schäden bzw. Gefahren oder auch erhebliche Belästigungen im Sinne des § 3 BImSchG). Ein Schutz vor unerwünschten Lärmwirkungen im Sinne der Vorsorge ist damit nicht gewährleistet. Gleiches gilt für die gesundheitlich notwendige Ruhe. Zwar gibt es bereits seit langer Zeit recht anspruchsvolle Orientierungswerte der DIN 18005 für einen angemessenen Schutz vor Außenlärm in der städtebaulichen Planung, die unter Wirkungsgesichtspunkten aufgestellt wurden. Bei umweltprüfungspflichtigen Vorhaben bleiben diese nicht verbindlichen Werte regelmäßig unberücksichtigt.

Zur direkten Handhabung und Bewertung können nachfolgend Beurteilungsmaßstäbe in dB(A) definiert werden. Sie stellen einen Mindestanspruch auf Schutz vor Lärm dar. Folgende Konkretisierungen sollten dabei geleistet werden:

- Zur Gewährleistung des hohen Schutzniveaus, wie es z. B. auch mit dem Prüfmaßstab der „wirksamen Umweltvorsorge“ und analog den „menschenwürdigen Umweltbedingungen“ und dementsprechend gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen (z. B. gemäß § 1 Abs. 5 BauGB)

¹⁰³ Vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/ulr.html>, Zugriff am 22.12.2010.

bezeichnet werden kann, sind Qualitätsziele und konkrete Standards in verdichteten Räumen erforderlich. Als Beurteilungsmaßstab sollten die langzeitige Lärmeinwirkung (Mittelungspegel tags/nachts) und Schallpegelanstiege gleichgewichtig eingehalten werden. Es sollten Außenlärmpegeln eingehalten werden (analog zu den WHO-Guidelines, vgl. Tabelle 40), die:

- den nächtlichen, erholsamen Schlaf auch bei einem zur Lüftung geöffnetem Fenster ermöglichen (< 30 dB(A) Mittelungspegel; Anstiegsgeschwindigkeit < 10 dB/s; Spitzenpegel < 45 dB(A) am Ohr des Schlafenden; Beurteilungsstunde ist die lauteste Nachtstunde). Dies entspricht etwa dem Orientierungswert (nachts) der DIN 18005 für WR (Reines Wohngebiet: 40 dB(A), Straßenverkehrslärm),
 - bei Tage die Kommunikation im Wohn-Außen- und Innenbereich nicht stören (< 45 dB(A) Mittelungspegel außen),
 - die Konzentrationsfähigkeit bei entsprechenden Arbeiten erlauben (Mittelungspegel in Schulen etc. innen < 35 dB(A)/ Anstiegsgeschwindigkeit < 20 dB/s).
 - Im Bereich der freien Landschaft sind zum Schutz der Erholungsfunktion des Menschen Qualitätsziele und konkrete Standards für technisch-anthropogene Lärmeinwirkungen erforderlich, die die Aufenthalts- und Erlebnisqualität der freien Landschaft und der Natur nicht wesentlich beeinträchtigen (etwa < 40 dB(A)).
- Beim Auftreten neuer Geräuschquellen dürfen sich die vorhandenen bedeutsamen Ruhezeitan-teile nicht verringern.

In den *Community Noise Guidelines* der WHO (1999) wurden mittlere Immissionspegel von 45 dB(A) außerhalb der Wohnungen und 30 dB(A) innerhalb als Zielwerte zur Vermeidung von Schlafstörungen genannt, die nicht überschritten werden sollten. Das *European Centre for Environment and Health, Bonn Office* der WHO hat im Auftrag der Europäischen Kommission durch berufene Experten den aktuellen Wissensstand zum Thema Lärm und Schlafstörungen zusammentragen lassen und neue Qualitätsziele für nächtliche Geräuschbelastungen abgeleitet. Diese *Night Noise Guidelines for Europe* lösen teilweise die alten *Community Noise Guidelines* ab und stehen als offizielles (*approved*) Dokument der WHO (2009) auf deren Website zur Verfügung. Tabelle 40 zeigt die Werte in einer Übersicht.

Der hier genannte Schallpegel ($L_{\text{night, outside}}$) ist der mittlere Schalldruckpegel über den Nachtzeitraum (üblicherweise von 22 bis 6 Uhr), der gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie als Jahresmittelwert in 4 m Höhe vor den Wohngebäuden bestimmt wird.

5.4.3.4 Weitere Hinweise

Die dargestellten Bewertungsmaßstäbe machen deutlich, dass das bestehende gesetzliche Regelungssystem für den hier betrachteten Außenlärm (insbesondere für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr) keinen ausreichenden Schutz vor Lärm bietet und nicht zum Schutz der Ruhe beiträgt. Wie dargelegt, gibt es im deutschen Umweltrecht einen Bestandsschutz für Verkehrsanlagen, von denen gesundheitsschädliche Immissionen ausgehen. Die lediglich für wesentliche Änderungen oder den Ausbau an Straßen und Schienenwegen geltenden Regeln führen zu einer signifikanten Ungleichbehandlung gegenüber den Lärmbetroffenen an bestehenden Trassen. Es sollte daher für Betroffene einen generellen *Rechtsanspruch auf Lärmsanierung* geben.

Tabelle 40 Wirkungen durch Nachtlärm

Average night noise level over a year $L_{\text{night, outside}}$	Health effects observed in the population
Up to 30 dB	Although individual sensitivities and circumstances may differ, it appears that up to this level no substantial biological effects are observed. $L_{\text{night, outside}}$ of 30 dB is equivalent to the no observed effect level (NOEL) for night noise.
30 to 40 dB	A number of effects on sleep are observed from this range: body movements, awakening, self-reported sleep disturbance, arousals. The intensity of the effect depends on the nature of the source and the number of events. Vulnerable groups (for example children, the chronically ill and the elderly) are more susceptible. However, even in the worst cases the effects seem modest. $L_{\text{night, outside}}$ of 40 dB is equivalent to the lowest observed adverse effect level (LOAEL) for night noise.
40 to 55 dB	Adverse health effects are observed among the exposed population. Many people have to adapt their lives to cope with the noise at night. Vulnerable groups are more severely affected.
Above 55 dB	The situation is considered increasingly dangerous for public health. Adverse health effects occur frequently, a sizeable proportion of the population is highly annoyed and sleep-disturbed. There is evidence that the risk of cardiovascular disease increases.

Quelle: WHO 2009

Claudia Hornberg (Stand: 2014)

5.4.4 Infraschall und tieffrequenter Schall

5.4.4.1 Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen

Definition und Wahrnehmung

Auf der internationalen Konferenz *Infrasound* in Paris (1973) wurde der untere Bereich von Infraschall mit 0,1 Hertz (Hz) bestimmt. In der Norm ISO 7196 (1995) ist der Infraschallbereich auf 0,2 bis 200 Hz als internationaler Standard festgelegt und mit einer eigenen Frequenzbewertung „G“ versehen (Becker & Schust 1996), womit der tieffrequente Hörschallbereich mit erfasst ist. Diese Definition hat sich jedoch in Literatur und Forschungspraxis nicht etabliert, da Infraschall in der Regel durch das Merkmal der *Nicht-Hörbarkeit* vom *hörbaren* tieffrequenten Schall getrennt betrachtet wird. Diese klare sprachliche Trennung lässt sich inhaltlich nicht aufrechterhalten: Infraschall wird durchaus wahrgenommen, lediglich eingeschränkt durch eine fehlende *Tonwahrnehmung* (RKI 2007). Für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz wird daher empfohlen, auf eine Trennung in *hörbaren* und *nicht hörbaren* Schall zu verzichten, sondern einen einheitlichen Frequenzbereich für tieffrequenten Schall zu etablieren, der aufgrund seiner Wirkungsbesonderheiten ≤ 200 Hz liegen sollte.

Qualität und Art der menschlichen Wahrnehmung verändern sich bereits unterhalb von 100 Hz: Töne werden deutlich schlechter, unterhalb 50 Hz (Przybilla 2003) bzw. 20 Hz (Babisch 2002, Møller & Pedersen 2004) bzw. 18 - 16 Hz (Leventhal 2003) gar nicht mehr wahrgenommen. Der Übergang vom Hören zum Fühlen ist in diesen niederfrequenten Bereichen fließend. Geräuschmissionen werden als Ohrendruck, Vibrationen oder Unsicherheitsgefühl und häufig nicht mehr als Lärm beschrieben (Przybilla 2003). Eine solche Wahrnehmung tritt ein, sobald der Schalldruckpegel die individuelle Hör-

schwelle erreicht (Schust 1997). Generell gilt, je tiefer die Frequenz, desto höher muss der Schalldruckpegel (subjektiv: Lautstärke; gemessen in Dezibel (dB)) sein, damit der Mensch eine hör- oder fühlbare Wahrnehmung erfährt (RKI 2007). Nach diesem Prinzip steigt der Schalldruckpegel an, bis bei einer Frequenz von etwa 1,5 Hz (Babisch 2002) bzw. 0,5 Hz (Berglund et al. 1996) die Hör- und Gefühlsschwelle zusammentreffen und damit die absolute Wahrnehmungsgrenze erreicht ist (bei 4 Hz liegt die Schwelle bei etwa 105 dB (Feldmann & Jakob 2006)). Durch die fehlende bzw. eingeschränkte Tonwahrnehmung gibt es kein Lautstärke- oder Lärmempfinden im eigentlichen Sinne mehr, wodurch die Mess- und Beurteilungsverfahren, wie sie im normalen Hörbereich üblich sind, nicht mehr angewendet werden können (Babisch 2002). Infraschall wird demnach in Form einer indirekten Art und Weise des Hörens wahrgenommen (z. B. relevante Nerven werden durch Veränderung biologischer Strukturen angesprochen und nicht durch den Lärm selbst, vgl. Berglund et al. 1996).

Bei gefühlten Schallimmissionen können im Gegensatz zum tonal hörbaren Lärm bereits ab der „Hörschwelle“ extraaurale Wirkungen festgestellt werden (Schust 1997). Infraschall bzw. tieffrequenter Schall haben eine stärkere Störwirkung als Schallpegel des tonalen Hörbereiches (Babisch 2002). Es gibt keine distinkte Hörgrenze, unterhalb derer keine Hörwahrnehmung mehr erfolgt, sondern vielmehr einen nicht eindeutig abgrenzbaren Frequenzübergang, in dem lediglich die Tonwahrnehmung, nicht aber andere sensorische Wahrnehmungstypen verschwinden. Infraschall wird als unterster Schallbereich des tieffrequenten Schallbereichs angesehen, der sich durch eine eingeschränkte bzw. keine Tonwahrnehmung auszeichnet. Er bedarf aufgrund seiner Wahrnehmungsbesonderheiten und der derzeitigen Erfassungsschwierigkeiten einer besonderen Berücksichtigung des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes. Maschke et al. (2006) empfehlen, die Werte für tieffrequente Luftschallimmissionen unter die niedrigste individuelle Wahrnehmungsschwelle zu legen. Für Leventhal (2003) ist der Bereich zwischen 10 - 100 Hz zentral.

Emittenten und Messverfahren

Infraschall unterscheidet sich vom tonal wahrnehmbaren Hörschall durch seine deutlich größeren Wellenlängen (vgl. Tabelle 41), die in der gleichen Größenordnung wie die Abmessungen der Umgebungsstruktur liegen (z. B. Häuser, Räume und Brücken, vgl. Becker & Schust 1996). Im Bereich um 25 - 150 Hz haben Wellenlängen die gleichen Dimensionen wie Räume (Leventhal 2003).

Tabelle 41 Frequenz und Wellenlängen von tieffrequentem Schall

Frequenz	1 Hz	10 Hz	25 Hz	50 Hz	100 Hz	150 Hz	200 Hz
Wellenlänge	340 m	34 m	13,6 m	6,8 m	3,4 m	2,27 m	1,7 m

Quelle: Leventhal 2003

Aufgrund der Schallwellengröße zeigen herkömmliche Absorptions- und Dämmungsmaßnahmen bzw. Lärmschutzwände kaum Wirkung. So können sich die Wellen weitestgehend ungehindert ausbreiten, während ihrer Ausbreitung vielfache Veränderungen erfahren und ohne wesentliche Abschwächung übertragen werden (Becker & Schust 1996; Feldmann & Jakob 2006).

Infraschallwellen können durch natürliche (Wasserfälle, Meeresbrandung, Windströmungen, Luftturbulenzen, Vulkanausbrüche, Erdbeben) und technische Quellen (maschinenbetriebene Nutzgeräte, Bauwerke, Verkehrsmittel, Innenraumquellen, Sprengungen und Geschütze) entstehen (RKI-Kommission 2007). Tieffrequenter Schall tritt als Bestandteil von breitbandigen Geräuschen der technischen Um-

welt (z. B. Verkehr) immer als Geräuschanteil in Wohnungen auf, höhere Schallbereiche werden durch Dämpfungs- und Dämmungseinflüsse herausgefiltert (Feldmann & Jakob 2006).

Vor dem Hintergrund des erklärten politischen Vorhabens, den Energiebedarf in Deutschland vermehrt durch erneuerbare Energien zu decken, gewinnen Windenergieanlagen (WEA) zunehmend an Bedeutung. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien in der Stromversorgung bei 30% liegen und danach kontinuierlich weiter erhöht werden. Mit 7,4% hat Windenergie nach Energiegewinn aus Biomasse den größten Anteil. Ihr gilt derzeit die größte Aufmerksamkeit im Ausbau regenerativer Energien.

Windenergieanlagen erzeugen Geräusche, was bei der Suche nach geeigneten Standorten für die Windenergienutzung sowie im Zuge der Anlagengenehmigung im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt wird. Allerdings ist der Ausbau der Windkraft in Deutschland nicht unumstritten und es werden zunehmend Stimmen von Bewohnerinnen und Bewohnern laut, die sich gegen den Bau weiterer Windenergieanlagen in ihrem Wohnumfeld wehren. Die Bedenken beziehen sich sowohl auf ökologische Aspekte (z. B. Auswirkungen auf das Landschaftsbild und auf die Tierwelt) als auch auf mögliche gesundheitliche Folgen aufgrund akustischer Emissionen und tieffrequenter Schallbelastungen. Die Zahl der geäußerten Beschwerden durch tieffrequente Geräuschbelästigungen ist in den letzten Jahren stetig gestiegen (Feldmann & Jakob, 2006; Maschke et al. 2006).

Moderne Windkraftanlantentypen, deren Flügel auf der dem Wind zugewandten Seite angeordnet sind, erzeugen weniger Infraschall als ältere Anlagen, deren Flügel hinter dem Turm vorbeistreichen und regelmäßig in dessen Windschatten geraten (LfU Bayern 2013). Ein kritisches Review aller publizierten Messungen von Infraschall an Windkraftanlagen von Jakobsen (2005) weist darauf hin, dass die Infraschallemission vom Rotorblätterttyp abhängig ist. Die Infraschallbelastung von *Upwind*-Rotoren ist zu vernachlässigen, wohingegen die von *Downwind*-Rotoren 10-30 dB höhere Infraschallpegel erzeugen können und daher eine Grenzwertüberschreitung in unmittelbarer Umgebung möglich ist. Bei weiterer Entfernung wird beiden Rotorentypen eine Grenzwertüberschreitung abgesprochen (LfU Bayern 2013). Zu berücksichtigen ist, insbesondere im Zuge von sog. Repowering-Prozessen, also dem Ersatz älterer durch neue leistungsstarke Anlagen, die Gesamthöhe einer Anlage, die im Einzelfall je nach Windhöflichkeit höher oder geringer ausfallen kann. Stand der Technik sind jedoch mittlerweile Anlagen mit einer Nabenhöhe von 135 m und einem Rotordurchmesser von 125 m, was einer Gesamthöhe von etwa 200 m entspricht.¹⁰⁴

Die Beurteilung von möglichen Gesundheitsbeeinträchtigungen hängt insbesondere von der korrekten Erfassung des Schalldruckpegels ab. Daher sind die bisherige Praxis und die Vielfalt der Messverfahren, von denen keines den gesamten tieffrequenten Schallbereich erfasst, wenig zufriedenstellend. Auch liegen nur wenige Messungen im tieffrequenten Schallbereich und insbesondere im Infraschallbereich im Verhältnis zu den Messungen im normalen Hörbereich vor. Die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen sind, je nach Messtechnik aufgrund möglicher Pseudoschallentstehung, zumindest zu hinterfragen. Insgesamt besteht Forschungsbedarf, um zu einer realistischen Einschätzung der tatsächlichen gesundheitlichen Belastung durch tieffrequenten Schallbereich im Allgemeinen und Infraschall im Besonderen zu kommen (RKI – Kommission Umweltmedizin 2007).

Einschätzung der gesundheitlichen Wirkung von Infraschall

Potenziell sind alle Menschen Infraschall ausgesetzt, da ubiquitär natürliche oder technische Emittenten vorhanden sind (Leventhal 2003). Die gesundheitlichen Wirkungen am Menschen können aural

¹⁰⁴ Vgl. <http://www.wind-energie.de>, Zugriff am 2.1.2014. Danach sind zwischen 1990 und 2010 die Jahreserträge einer Windenergieanlage von 400 MWh auf ca. 20.000 MWh gestiegen.

und extraaural sein (Schust 1997, Babisch 2002). Gesicherte Erkenntnisse über ausschließlich durch Infraschall verursachte Gehörschäden liegen nicht vor – es sei denn, der unbewertete Schalldruckpegel wird für eine bestimmte Frequenz überschritten und es treten direkte Schäden am Trommelfell oder Mittelohr auf (Babisch 2002). Es gibt jedoch Hinweise, dass Langzeitexpositionen gegenüber tieffrequentem Schall mit sehr hohem Schalldruck Hörverluste verursachen können (Leventhal 2003). Als am besten gesicherte spezielle Infraschallwirkung gilt eine zunehmende Müdigkeit sowie eine Abnahme der Atemfrequenz nach mehrstündiger Exposition gegenüber gerade noch hörbarem Infraschall. Die Effekte wurden mit zunehmender Frequenz geringer, wobei die subjektiv empfundene Lautstärke bei konstantem Pegel zunahm. Die sympathische Aktivierung nahm mit zunehmender Lautstärke zu (Babisch 2002, RKI – Kommission Umweltmedizin 2007).

Maschke et al. (2006) analysierten die Literatur im Hinblick auf die Auswirkungen von nächtlicher tieffrequenter Schallbelastung auf Schlaf. Sie bestätigt für tieffrequente Geräusche an oder über der Wahrnehmungsgrenze eine schlafstörende Wirkung sowie eine erhöhte morgendliche Müdigkeit. Den Autoren zufolge kann zudem von einer Störung der nächtlichen Cortisolrhythmik ausgegangen werden, die als Indikator für chronischen Stress angesehen werden kann. Zu beachten sind zudem mögliche Resonanzwirkungen auf den menschlichen Körper, wobei je nach Frequenz dieser als Ganzes oder einzelne Organe in Schwingung gebracht werden können (Magid et al. 1960). Maschke et al. (2006) verweisen zudem explizit auf den Zusammenhang zwischen tieffrequentem Schall und Vibrationen. Sie gehen davon aus, dass sich adverse Wirkungen auf den Schlaf bei einer Kombinationswirkung von tieffrequentem Schall und mechanischen Schwingungen verstärken (RKI – Kommission Umweltmedizin 2007).

Die gesundheitliche Wirkungsabschätzung von Infraschall nimmt eine Sonderstellung ein, da der nicht tonal hörbare Schallbereich grundsätzlich schwieriger zu erfassen und zu bestimmen ist (Berglund et al. 1996): Infraschall kann über verschiedene Sinne wahrgenommen werden und damit auch subjektive Belästigungsgefühle (im Sinne von *annoyance*) verursachen, die wiederum in komplexer Weise zu den biologischen und psychischen Effekten des Signals beitragen können (Berglund et al. 1996). Belästigung scheint der primäre Effekt von Infraschall auf Menschen zu sein (Leventhal 2003). Persson-Waye & Rylander (2001) fanden in diesem Zusammenhang Hinweise, dass medizinische und psychosoziale Symptome (lärmspezifische Belästigungsgefühle, Konzentrations-, Schlaf- und Ruhestörungen), die durch tieffrequenten Schall bzw. Lärm hervorgerufen wurden, zusätzlich durch ein subjektiv unspezifisches Belästigungsgefühl verstärkt werden. Belästigung durch tieffrequenten Schall, obwohl die tonale Hörschwelle weit unterschritten ist, wird als ernstzunehmendes Problem eingeschätzt (z. B. Leventhal 2003, 2004; Feldmann & Pitten 2004; Maschke et al. 2006), das bisher vielfach von Behörden unterschätzt und nicht mit adäquaten Methoden erhoben wird (Leventhal 2004).

Einschätzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber Infraschall

Die schwache Literaturlage macht deutlich, dass aktuelle Studien zur Aufklärung eindeutiger Ursachen-Wirkungsbeziehungen für adverse Effekte durch Infraschall notwendig sind.

Neben Windenergieanlagen werden Kraftfahrzeuge, Flugzeuge und Eisenbahnen als wichtigste Lärmquellen für Infraschall angesehen, wohingegen Schiffsärm, Gewerbe- und Baulärm, Sport- und Freizeitlärm sowie Nachbarschaftslärm für die Gesamtbevölkerung eine geringere Bedeutung zugeordnet wird (Wichmann et al. 2001). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die meisten Schallpegelmessungen mit dem A-Bewertungsfilter (dB(A)) durchgeführt werden, der die Belastung bei tieffrequenten Geräuschmissionen unterschätzt. Insofern ist derzeit anhand der nur begrenzt verfügbaren Erkenntnisse nicht ausreichend abzuschätzen, welche Personengruppen durch Infraschall besonders betroffen und

welche gesundheitsbeeinträchtigenden Wirkungen zu erwarten sind (RKI – Kommission Umweltmedizin 2007). Leventhal (2004) schätzt, dass ungefähr 2,5% einer Bevölkerung um mindestens 12 dB sensitiver sind als der Durchschnitt. Dies entspricht ca. 1 Million Menschen im Alter von 50-59 Jahren in den EU-Ländern, die Zielgruppe, die die meisten Beschwerden formuliert (Leventhal 2004).

Gegenwärtiger Brennpunkt überdurchschnittlicher Belastungen ist vor allem die Diskussion um Emissionen von WEA, die teilweise sehr nah an Wohnbereichen aufgestellt sind. Um die Debatte zu objektivieren, wurden verstärkt Messungen und Beurteilungen seitens der Bundesländer (z. B. LUA NRW 2002, Engelen, Wenzel (2014), der Windenergieverbände (z. B. Klug 2002, BWEA 2005) und Umweltschutzverbände vorgenommen (z. B. BUND NRW 2004).

Der Einschätzung von Windkraftanlagen als grundsätzlich unproblematisch sollte insofern mit vorsichtiger Skepsis begegnet werden, da erstens vor dem Hintergrund des unterschiedlichen Einsatzes von Schallpegelbewertungsfiltern, zweitens der Verbesserungswürdigkeit der Messung von Infraschall sowie drittens der nicht unerheblichen Variabilität der Wahrnehmungsschwelle im tieffrequenten Bereich durchaus Unsicherheiten vorhanden sind. Eine weitere Optimierung der Datengrundlage ist daher dringend erforderlich.

Zusammenfassende Bewertung des aktuellen Kenntnisstandes

Als vorläufige Arbeitsdefinition wurde von der RKI-Kommission (RKI 2007) ein Schutzbereich von ≤ 200 Hz für tieffrequenten Schall vorgeschlagen, der den Infraschallbereich mit umfasst. Die besondere Qualität von Infraschall bedarf dabei verstärkter Aufmerksamkeit, da bisher nur wenige gesicherte Erkenntnisse, nicht zuletzt wegen einer noch nicht optimalen Erfassungsmethodik, über das Auftreten und die Wirkung von Infraschall vorliegen. Inwieweit für Infraschall ein eigener Schutzbereich zu etablieren ist, ist erst auf Basis einer deutlich besseren Datenlage zu entscheiden.

Nach Auffassung wissenschaftlicher Experten gibt es zusammenfassend ausreichend Grund zur Annahme eines nicht unerheblichen, aber gleichwohl unterschätzten Beeinflussungspotenzials von tieffrequentem Schall auf die Gesundheit.

Folgender Handlungsbedarf ist festzustellen (RKI 2007):

- Optimierung und fachgerechter Einsatz der verfügbaren Messmethoden,
- Durchführung qualitativ belastbarer epidemiologischer Untersuchungen zur Quantifizierung möglicher Wirkungsschwellen (insbesondere durch Langzeitexposition) sowie zur breiten Identifizierung von betroffenen Bevölkerungsgruppen,
- Prüfung der Notwendigkeit eines für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz eigenen frequenzbezogenen Infraschallschutzbereiches (oder Beibehaltung eines einheitlich tieffrequenten Schallbereiches von ≤ 200 Hz),
- Untersuchungen zum Auftreten von Infraschall und seinen Wirkungsmechanismen.

5.4.4.2 Bewertung der Auswirkungen

Verfahrensrechtliche Anforderungen bei der Genehmigung von Windenergieanlagen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz

Windenergieanlagen bedürfen in aller Regel einer Genehmigung, da sie Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Für jede Windenergieanlage mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 m ist ein Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (4. BImSchV, Nr. 1.6 Spalte 2) erforderlich. Während für Windparks mit 20 Windenergieanlagen und mehr ein *förmliches* Zulassungsverfahren nach § 10 BImSchG mit integriertem Erörterungstermin und Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen ist, wird für Windparks mit weniger als 20 Anlagen ein *vereinfachtes Verfahren* nach § 19 BImSchG notwendig. Hier kann in der Regel auf die Öffentlichkeitsbeteiligung verzichtet werden, sofern dies nach Art und Dauer der erzeugten schädlichen Umwelteinwirkungen mit dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vereinbar ist. Kommt eine sogenannte *Vorprüfung des Einzelfalles* gemäß § 3b Abs. 2 UVPG zum Schluss, dass erhebliche Umweltauswirkungen zu erwarten sind, ist ein Zulassungsverfahren gemäß § 10 BImSchG auch für Windparks mit 3 bis 19 Windenergieanlagen erforderlich.

Für die aufgrund des technischen Fortschritts nur noch selten gebauten Windenergieanlagen mit einer Höhe von bis zu 50 Metern (Kleinwindanlagen) ist ein Baugenehmigungsverfahren durchzuführen, soweit sie nicht verfahrensfrei gestellt sind. Auch bei diesen Anlagen sind die immissionsrechtlichen Anforderungen zu beachten.

Der Zweck des BImSchG gemäß § 1 ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, aber auch Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Im Genehmigungsverfahren ist zu prüfen, ob Bau und Betrieb der beantragten Windenergieanlagen mit den öffentlichen Belangen und den Belangen der betroffenen Bürger vereinbar ist. Dabei werden die rechtlich verbindlichen Regelungen des Immissionsschutzes geprüft (z. B. Lärm und Infraschall, Schattenwurf). Die für die Erteilung der Genehmigung zuständige Behörde holt die Stellungnahmen sämtlicher Behörden ein, deren Aufgabenbereiche durch das Vorhaben berührt werden (z. B. Naturschutz, Gesundheitsschutz). Diese Stellungnahmen sind beim Genehmigungsbescheid zu berücksichtigen. Voraussetzung für einen positiven Bescheid ist, dass durch die Errichtung und den Betrieb der Windenergieanlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können und keine anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften (Vorgaben des Bauplanungsrechts, §§ 29 BauGB) entgegenstehen. Nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB ist die Errichtung von WEA im Außenbereich zulässig, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen und eine ausreichende Erschließung gesichert ist. Welche öffentlichen Belange der Errichtung einer Windenergieanlage entgegenstehen können, ergibt sich aus § 35 Abs. 3 BauGB.

Anwendbarkeit der TA Lärm

Die TA Lärm ist als allgemeine Verwaltungsvorschrift auf Windenergieanlagen anzuwenden. Sie konkretisiert die unbestimmten Rechtsbegriffe der gesetzlich festgelegten Grundpflichten (§§ 5, 22 BImSchG) in Bezug auf Geräusche und ist für Verwaltungsbehörden unmittelbar verbindlich. Das BVerwG hat mit Urteil vom 29.08.2007 (NVWZ 2008, S. 76) entschieden, dass ihr eine im gerichtlichen Verfahren zu beachtende Bindungswirkung zukommt. Das bedeutet, dass die Vorschriften der TA Lärm wie ein Gesetz anzuwenden sind, bis gesicherte Erkenntnisfortschritte in Wissenschaft und Technik vorliegen, die bei ihrem Erlass noch nicht berücksichtigt werden konnten.

Zu den Immissionen, die von einer Windenergieanlage ausgehen, gehören vor allem Geräuscheinwirkungen (§ 3 Abs. 2 BImSchG), einschließlich der vom Menschen nicht hörbare Infraschall. Anders als für den „normalen“ Schall im hörbaren Frequenzbereich sind in der TA Lärm für Infraschall keine normativ vorgegebenen Grenz- oder Richtwerte bestimmt; für tieffrequente Geräusche sind lediglich eigene Mess- und Beurteilungsverfahren vorgesehen. Aus den sich aus der TA Lärm ergebenden zulässigen Schallpegeln, die den hörbaren Schall betreffen, lässt sich - obwohl keine Mindestabstände angegeben sind - ermitteln, welcher Abstand zur Wohnbebauung eingehalten werden muss, damit der nach der TA Lärm zulässige Immissionswert eingehalten werden kann.

Durch Windenergieanlagen erzeugter Infraschall ist mindestens dann als schädliche Umwelteinwirkung im immissionsschutzrechtlichen Sinne einzustufen, wenn die Anhaltswerte des Beiblattes zur DIN 45680 (1997, 2013) überschritten sind. Bei den üblichen Abständen von Windenergieanlagen zur Wohnbebauung wird die vorgenannte Schwelle in der Regel nicht erreicht. Bei der Beurteilung der Geräuschimmissionen ist zu differenzieren, ob eine Anlage bereits in Betrieb und der Schall messtechnisch zu erfassen ist oder ob es um eine prognostische Ermittlung des zu erwartenden Schalls und damit im Sinne des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes ggf. um die Formulierung von Nebenbestimmungen zur vorbeugenden Eindämmung der Geräuschimmissionen geht (LUBW 2013).

In der DIN 45680 von September 2013 wird die Messung und Bewertung tieffrequenter Geräusche neu geregelt. Die DIN 45680 untersucht die Terzbänder mit einer Mittenfrequenz zwischen 8 Hz und 125 Hz (bisher reichte der Frequenzbereich von 10 Hz bis 80 Hz). Maßgeblicher Messort ist der am stärksten betroffene Raum, indem sich Personen regelmäßig aufhalten. Dabei ist an mehreren Messpunkten zu messen, bis die höchste Belastung ermittelt wird (in der Raummitte ergeben sich normalerweise zu niedrige Werte; eine Messung im Außenbereich führt gemäß DIN-Vorschrift zu falschen Ergebnissen).

In der Rechtsprechung und in der Praxis der Verwaltungsbehörden wird die generelle Eignung der Regelungen der TA Lärm für die Beurteilung der von Windenergieanlagen verursachten Geräuschimmissionen nicht in Frage gestellt (LUBW 2013).

Umweltprüfung in der Bauleitplanung und gemäß Vorschriften des UVP-Gesetzes

Unabhängig von der immissionsschutzrechtlichen Zulässigkeit ist die Prüfung der Umweltauswirkungen von Windparks oder ein entsprechendes Repowering auch auf Ebene der Bauleitplanung durchzuführen. Für Windenergieanlagen im Außenbereich gilt gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB eine sogenannte Privilegierung, allerdings darf eine Beeinträchtigung öffentlicher Belange im Sinne des § 35 Abs. 3 BauGB nicht vorliegen. Dies wird in der Regel in einem entsprechenden Umweltbericht zum Bauleitplan untersucht.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist integraler Bestandteil von Zulassungsverfahren, wie sie das dargestellte Verfahren gemäß BImSchG darstellt. Gemäß Anlage 1 Nr. 1.6 UVPG ist analog der Regelungen der 4. BImSchV eine Umweltverträglichkeitsprüfung für Windparks mit 20 Windenergieanlagen und mehr mit einer Gesamthöhe größer 50 m verpflichtend vorgesehen. Für Windparks mit 6 - 19 Anlagen ist eine *allgemeine* Vorprüfung des Einzelfalls durchzuführen, während für 3 - 6 Anlagen eine *standortbezogene* Vorprüfung des Einzelfalles zu leisten ist. Kommt die Vorprüfung (häufig auch als *Screening* bezeichnet) aufgrund überschlüssiger Einschätzung durch die zuständige Behörde zum Ergebnis, dass erhebliche Umweltauswirkungen zu erwarten sind, ist eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung mit integrierter Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen.

Fachliches Kernstück der Umweltverträglichkeitsprüfung stellen die Antragsunterlagen dar, häufig auch als *Umweltverträglichkeitsstudie* oder *Umweltverträglichkeitsuntersuchung* bezeichnet. Die zen-

tralen Aspekte neben Geräuschimmissionen und Schattenwurf sind die Anlagenauswirkungen auf das Landschaftsbild sowie auf Tiere, insbesondere Brut- und Gastvögel sowie Fledermäuse.

Es gibt derzeit keine gesetzlichen Vorgaben dazu, welche Mindestabstände beim Bau von Windenergieanlagen einzuhalten sind. Bestes Mittel, um Immissionen durch Windenergieanlagen zu vermeiden, ist es, einen ausreichenden Abstand zur Wohnbebauung festzusetzen. Starre Abstandsregelungen zur Beurteilung von Vorhaben sind ungeeignet, da sie in der Regel spezifische Eigenschaften der Anlage (Anzahl, Lautheit, bereits bestehende Vorbelastungen) nicht berücksichtigen. Für Planungstätigkeiten (unter besonderer Berücksichtigung von Vorsorgeabständen) und Genehmigungsverfahren (unter besonderer Berücksichtigung von Immissionsrichtwerten) sind Einzelfallbetrachtungen auf Basis bestehender Abstandsregelungen daher sinnvoll und notwendig.

Empfehlungen zu entsprechenden Abständen liegen allerdings häufiger auf Ebene der Regionalplanung vor, deren Festsetzungen in Form von Vorrang- und Vorsorgegebieten wiederum in die Flächennutzungsplanung als Grundlage der Bebauungsplanung einfließen. In Abhängigkeit von Bundesland und Art der Bebauung (Innen-/Außenbereich) schwanken die empfohlenen Abstände zwischen 300 und 1.000 m.¹⁰⁵

Dagmar Hildebrandt (Stand: 2014)

5.4.5 Erschütterungen

5.4.5.1 Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen

Schall- und Lichtreize sind für den Menschen zur Orientierung und Kommunikation in weiten Grenzen notwendig und erwünscht. Von außen auf den Menschen wirkende Erschütterungen sind für ihn dagegen entwicklungsgeschichtlich ungewohnt, zumindest außergewöhnlich. In vielen Fällen sind sie mit potentiellen Gefahren verbunden, wie z. B. beim Schaukeln eines Bootes oder beim Beben der Erde (LfU 2011).

Die Grundeinstellung des Menschen zu Erschütterungseinwirkungen ist andersartig als bei Geräuschen. Fremderzeugte Schwingungen sind grundsätzlich unerwünscht und werden im Wohnbereich von vielen Menschen bereits dann als erheblich störend empfunden, wenn sie über längere Zeit wahrnehmbar sind.

Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden können erhebliche Belästigungen hervorrufen. Sie ergeben sich aus der negativen Bewertung von Erschütterungseinwirkungen und deren Folgeerscheinungen (z. B. sichtbare Bewegungen oder hörbares Klappern von Gegenständen). Zur Belästigung tragen auch die mit Erschütterungen verbundenen Beeinträchtigungen bestimmungsgemäßer Nutzungen von Gebäuden und Gebäudeteilen bei. Die Erheblichkeit hängt nicht nur vom Ausmaß der Erschütterungsbelastung, sondern auch von anderen Faktoren ab, die die Zumutbarkeit für den betroffenen Menschen bestimmen (LAI 2000).

Es handelt sich dabei um folgende Faktoren (DIN 4150-2 1999):

- Größe (Stärke) der auftretenden Erschütterungen;
- Frequenz;
- Einwirkungsdauer;

¹⁰⁵ Vgl. Tabelle 12, S. 82.

- Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens und der Auffälligkeit (Überraschungseffekt);
- Art und Betriebsweise der Erschütterungsquelle.

Von den individuellen Eigenschaften und den situativen Bedingungen sind unter anderem von Bedeutung (DIN 4150-2 1999):

- der Gesundheitszustand (physisch, psychisch);
- die Tätigkeit während der Erschütterungsbelastung;
- der Grad der Gewöhnung;
- die Einstellung zum Erschütterungserzeuger;
- die Erwartungshaltung in Bezug auf ungestörtes Wohnen, die unter Umständen von der Art des Wohngebietes (Wohnumfeld) abhängig ist;
- auftretende Sekundäreffekte (sichtbare Schwingungsbewegungen von Lampen, Bildern, Pflanzen; hörbares Klappern von Türen, Fenstern usw.; Vibrieren von Gläsern, Geschirr, Töpfen; Wandern von Gläsern, Geschirr in Schränken oder auf Regalen).

Erschütterungsreize werden vom Menschen grundsätzlich anders verarbeitet als z. B. Schall- oder Lichteinwirkungen, für deren Empfang und Verarbeitung der Mensch spezielle Sinnesorgane besitzt. Sie werden von verschiedenen, über den ganzen Körper verteilten unspezifischen Rezeptoren aufgenommen und weitergeleitet (DIN 4150-2 1999).

Tabelle 42 zeigt in einer Zusammenstellung Normen, die sachverständige Angaben zur Messung und Beurteilung der Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und Menschen in Gebäuden enthalten.

Tabelle 42 DIN Normen für Erschütterungen

Norm	Inhalt
DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen
DIN 4150 -3:1999-02	Einwirkungen auf bauliche Anlagen
DIN 4150 -2:1999-06	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
DIN 45669	Messung von Schwingungsimmissionen
DIN 45669-1:1995-06	Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung
DIN 45669-2:1995-06	Messverfahren

Objektivierbare Kenngrößen für Erschütterungen sind nach DIN 4150-2 (1999):

- Stärke der Schwingungseinwirkung, beschrieben als die *bewertete Schwingstärke* $KB_F(t)$,
- Einwirkungsdauer, Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens,
- Umgebungssituation/Ortsüblichkeit (Wohnung, Verkehrsmittel, Arbeitsplatz).

Die Erfahrung zeigt, dass in der Umgebungssituation *Wohnen* schon gerade wahrnehmbare Erschütterungen, da hier ungewohnt und unüblich, als erhebliche Belästigung gewertet werden, sofern diese täglich über längere Zeit auftreten. Daher ist in Wohnungen die Vermeidung fühlbarer Erschütterungen

anzustreben. Für andere Situationen, wie z. B. beim vorübergehenden Aufenthalt in einem Verkehrsmittel, werden dagegen wesentlich größere Erschütterungseinwirkungen durchaus als noch akzeptabel oder sogar komfortabel empfunden.

5.4.5.2 Bewertung der Auswirkungen

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen in Wohnungen, die durch Anlagen in einem benachbarten Betrieb hervorgerufen werden, sind die Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes heranzuziehen. Die Anhaltswerte der DIN 4150-2 (1999) markieren die Schwelle zwischen schädlichen und nicht schädlichen Umwelteinwirkungen. Diese Markierung stellt keine scharfe Grenze dar. Sie ist aber eine geeignete Grundlage für eine Immissionsbeurteilung, die auch die besonderen Umstände des Einzelfalls berücksichtigt. Tabelle 43 enthält Immissionswerte in Abhängigkeit von Gebietsart (gemäß Festsetzung in Bebauungsplänen) und Tageszeit der Einwirkungen.

Tabelle 43 Immissionswerte (IW) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2

Einwirkungsort	tags			nachts		
	IW _u	IW _o	IW _r	IW _u	IW _o	IW _r
Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	0,07
Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3,0	0,07	0,10	0,20	0,05
Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken.	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05
Beurteilungsgrößen nach DIN 4150-2	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}

Die Beurteilung der Immissionen erfolgt in Anlehnung an Abschnitt 6.2 der DIN 4150-2 auf folgende Weise:

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Immissionswert IW_u, dann ist die Anforderung eingehalten.

- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Immissionswert IW_o , dann ist die Anforderung nicht eingehalten.
- Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen ist die Anforderung eingehalten, wenn KB_{Fmax} kleiner als IW_o ist.
- Für häufigere Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als IW_u aber kleiner oder gleich IW_o ist, ist in besonderen Fällen ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich.

Bei Einhaltung der Werte ist zu erwarten, dass auch die Sekundäreffekte in der Regel nicht zu einer erheblichen Belästigung führen. Treten in Einzelfällen erhebliche Sekundäreffekte auf und lassen sich diese nicht auf einfache Weise abstellen (z. B. Resonanzen), so erfordern sie Untersuchungen im Einzelfall. Für die Beurteilung des von schwingenden Raumbegrenzungsflächen abgestrahlten sekundären Luftschalls sind die maßgebenden akustischen Regelwerke (insbesondere die TA Lärm sowie bei tieffrequenten Geräuschimmissionen die DIN 45680: 1997-03) heranzuziehen (LAI 2000).

Dagmar Hildebrandt (Stand: 2014)

5.4.6 Licht

5.4.6.1 Beschreibung und Ermittlung gesundheitsrelevanter Auswirkungen

Licht stellt eine wesentliche Lebensgrundlage für Mensch und Natur dar. Hierbei bestimmt das natürliche Licht der Sonne in seinem zeitlichen Wechsel die Rhythmen des Lebens auf der Erde. Nachts ermöglicht die vielfältige künstliche Beleuchtung dem Menschen ein angenehmes und sicheres Leben. Künstliche Beleuchtung ist in der Regel (zumindest vom Betreiber) erwünscht. Durch die starke Verbreitung künstlicher Lichtquellen, einschließlich von „Himmelsstrahlern“, stellt es aber auch einen zunehmenden Umweltfaktor dar, der nicht unerheblich die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse ändert (LANUV 2012).

Lichtimmissionen gehören nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit herbeizuführen. Die *Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen* (Licht-Leitlinie), die der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) herausgegeben hat, beschreiben eine Vorgehensweise für die Ermittlung von Lichtimmissionen durch künstliche Lichtquellen und ihre Beurteilung hinsichtlich „erheblicher Belästigung“ im Sinne des BImSchG.

Bei der Ermittlung von Lichtimmissionen sind photometrische Kenngrößen maßgeblich, denen die von der Wellenlänge des Lichtes abhängige Helligkeitsempfindung des menschlichen Auges zugrunde liegt. Sie werden also nicht wie physikalische Kenngrößen nach Energieinhalt oder Leistung bestimmt. Grundsätzlich sind die photometrischen Größen am Immissionsort in den Dunkelstunden zu messen. Die Messwerte sollen nicht durch Schnee, Regen oder Nebel beeinflusst werden. Die Lichtemissionen der zu beurteilenden Beleuchtungsanlagen sollen kennzeichnend für den regulären Betrieb sein.

Wenn von schädlichen Lichtimmissionen oder Lichtverschmutzung gesprochen wird, unterscheidet man im Wesentlichen zwei Wirkungsbereiche: die *Raumaufhellung* und die *Blendung*.

Künstliche *Raumaufhellung* durch Fremdlicht aus der Nachbarschaft kann dazu führen, dass bestimmte Wohnbereiche nur eingeschränkt genutzt werden können. Die Raumaufhellung wird durch die mittlere Beleuchtungsstärke E in Fensterebene beschrieben (Sächsische Staatskanzlei 2012). Zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die mittlere Vertikal-Beleuchtungsstärke E_V , angegeben in Lux [lx], am Immissionsort zu messen, die durch die zu untersuchende Anlage hervorgerufen wird.

Blendung ist eine Störung der visuellen Wahrnehmung, verursacht durch eine sehr helle Lichtquelle im Gesichtsfeld. Man unterscheidet zwischen *physiologischer* und *psychologischer* Blendung. Bei der *physiologischen Blendung* wird das Sehvermögen durch Streulicht innerhalb des Auges reduziert. Dieser Aspekt spielt jedoch bei Immissionsituationen im Wohnbereich meist keine Rolle. Hier wird vorrangig die *psychologische Blendung* betrachtet, die als unangenehm oder ablenkend empfunden wird, auch wenn sie nicht zu einer Minderung des Sehvermögens führt. Die Belästigung entsteht durch eine ständige ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zu einer hellen Lichtquelle. Der große Unterschied zwischen der Leuchtdichte der Lichtquelle und der Leuchtdichte der Umgebung führt ständig zu einer neuen Adaptation des Auges (Anpassung des Auges an die Lichtintensität). Für die Störwirkung durch Blendung ist die Leuchtdichte L der Lichtquelle maßgebend (Sächsische Staatskanzlei 2012).

Zur Beurteilung der Blendung sind am Immissionsort zu messen:

- die Leuchtdichte L_s der zu beurteilenden Lichtquelle angegeben in Candela je m^2 [cd/m^2], gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel,
- die Umgebungsleuchtdichte L_u in [cd/m^2] im Winkelbereich $\pm 10^\circ$ um die Lichtquelle und
- der Raumwinkel Ω_s in Steradian [sr] der vom Immissionsort aus sichtbaren lichtabstrahlenden Leuchtenabmessungen (scheinbare Leuchtengröße).

5.4.6.2 Bewertung der Auswirkungen

Durch den LAI (2000) werden Beurteilungsschemata und Immissionswerte für die Bewertung der Lichtimmissionen hinsichtlich erheblicher Belästigung im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes genannt. Grundsätzlich sollen die gemessenen Kenngrößen die Bewertungsmaßstäbe nicht überschreiten. Die Anforderungen gelten für zeitlich konstantes, weißes Licht, das in der Regel mindestens zweimal in der Woche länger als eine Stunde eingeschaltet ist. Bei geringerer Einschaltdauer oder -häufigkeit können im Einzelfall auch höhere Immissionswerte festgelegt werden.

Wechselt die Lichtabstrahlung der Lichtquelle in weniger als 5 Minuten wesentlich, handelt es sich um Wechsellicht. Dann ist die zeitlich maximal gemessene Beleuchtungsstärke E_S bzw. Leuchtdichte L_S mit dem jeweiligen Immissionsrichtwert zu vergleichen. Bei schnellen Hell-Dunkel-Übergängen, blitzlichtartigen Vorgängen und schnellen Folgefrequenzen sind die gemessenen maximalen Kenngrößen mit einem Faktor von 2 bis 5 zu multiplizieren.

Blendung

Der psychologische Eindruck der Blendung hängt nicht nur von der Leuchtdichte der Lichtquelle am Immissionsort ab. Der Eindruck wird mit größer werdendem Raumwinkel der sichtbaren Lichtquelle gesteigert und auf der anderen Seite mit zunehmender Helligkeit der unmittelbaren Umgebung im Sichtfeld um die Lichtquelle (Umgebungsleuchtdichte) gemildert.

Als Immissionsrichtwert wird eine maximal tolerable mittlere Leuchtdichte L_{MAX} einer Leuchte definiert, die erst für jeden untersuchten Standort mit jeweiligen Werten für Raumwinkel und Umgebungsleuchtdichte berechnet werden muss. Erst dieser berechnete Wert L_{MAX} kann mit dem gemessenen Leuchtdichtewert verglichen werden. Aufgrund der Ungenauigkeiten wird durch den LAI (2000) emp-

fohlen, erst Überschreitungen des Immissionswertes um mindestens 40% als Anlass für behördliche Anordnungen zu nehmen.

Tabelle 44 Proportionalitätsfaktoren k zur Festlegung der maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte während der Dunkelstunden

Gebietsart bzw. Prägung des Immissionsortes n. BauNVO	Proportionalitätsfaktor k		
	6:00 bis 20:00 Uhr	20:00 bis 22:00 Uhr	22:00 und 6:00 Uhr
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	32	32	32
Kleinsiedlungsgebiete (§2) reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Erholungsgebiete (§10)	96	64	32
Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	160	160	32
Kerngebiete (§ 7) Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	--	--	160

Raumaufhellung

Zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die mittlere Vertikal-Beleuchtungsstärke E_s maßgeblich. Die durch die zu beurteilende Beleuchtungsanlage auf der Terrasse bzw. am Fenster hervorgerufene mittlere Vertikal-Beleuchtungsstärke soll die in der folgenden Tabelle genannten Immissionswerte E_v nicht überschreiten. Aufgrund der Ungenauigkeiten wird durch den LAI (2000) auch hier empfohlen, erst Überschreitungen des Immissionswertes um mindestens 10% als Anlass für behördliche Anordnungen zu nehmen.

Tabelle 45 Immissions(grenz)werte für die Vertikal-Beleuchtungsstärke E_v in [lx] während der Dunkelstunden

Gebietsart bzw. Prägung des Immissionsortes nach BauNVO	max. Vertikal-Beleuchtungsstärke E_v	
	6:00 und 22:00 Uhr	22:00 und 6:00 Uhr
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	1 lx	1 lx
Kleinsiedlungsgebiete (§2) reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Erholungsgebiete (§10)	3 lx	1 lx
Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	5 lx	1 lx
Kerngebiete (§ 7) Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15 lx	5 lx

Dirk Heller (Stand: 2014)

5.5 Biologische Determinanten

5.5.1 Einflussfaktoren und Wirkungsweise

Mikroorganismen kommen überall in der Umwelt vor und üben viele nützliche Funktionen aus. Ein Teil der Mikroorganismen sind allerdings (potenzielle) Krankheitserreger. Dies trifft auf einige hundert Bakterienarten zu. Neben Bakterien sind insbesondere (Schimmel-)Pilze und Viren zu nennen. Es sind derzeit ca. 6.000 unterschiedliche Bakterien- und etwa 120.000 Pilzarten bekannt, welche eine sehr unterschiedliche Morphologie besitzen. Bakterien sind ca. 0,2 µm bis 4 µm groß und sehr anpassungsfähig gegenüber ihrer Umwelt. Pilze besitzen eine Größe von 2 bis 100 µm.

Gemäß DIN EN 13098 sind Bioaerosole luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft. Nach Definition des VDI (z. B. Richtlinien *VDI 4251 Blatt 1*, *VDI 4252 Blatt 2* und *VDI 4253 Blatt 2*) versteht man unter Bioaerosolen *"...alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) anhaften bzw. diese beinhalten oder bilden."*

Bioaerosole werden in erheblichem Umfang natürlicherweise gebildet, z. B. durch verrottendes Laub und Schimmelpilzwachstum in Feuchtbereichen, und kommen daher immer in der Umgebung des Menschen vor.

Allerdings können Bioaerosole auch aus einer Reihe von industriellen und gewerblichen Anlagen emittiert und in die Umgebung abgegeben werden. Von besonderer Bedeutung hierbei sind Tierhaltungsanlagen (z. B. Schweinemast, Masthähnchenhaltung und Legehennenhaltung) sowie Abfallbehandlungsanlagen (z. B. Kompostierungsanlagen). Vorliegende Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass Bioaerosole aus Tierhaltungsanlagen mehrere hundert Meter weit verfrachtet werden können. Untersuchungen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW ergaben Reichweiten von 350 m bezogen auf Mastschweine und 500 m bei Legehennen (Heller & Köllner 2007). Nach Mücke und Lemmen (2008) haben die vergleichsweise wenigen Bioaerosolmessungen im Bereich von Tierhaltungs- und Bioabfallvergärungsanlagen Reichweiten bis 400 Meter ergeben. Dies bedeutet, dass bis in mehrere hundert Meter Entfernung von der Tierhaltungsanlage gegenüber dem natürlichen Hintergrund erhöhte Konzentrationen an Bioaerosolen auftreten können. Weitere Untersuchungen zeigen, dass bestimmte Bioaerosole im Umfeld von emittierenden Anlagen in erhöhten Konzentrationen vorliegen (LFU 2015, LfULG 2016).

Es ist zudem bekannt, dass Bioaerosole grundsätzlich geeignet sind gesundheitsbeeinträchtigende Effekte hervorzurufen. Im Rahmen der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung und Überwachung von bioaerosolemittierenden Anlagen sowie aufgrund von Anwohnerbeschwerden werden immer häufiger die möglichen gesundheitlichen Wirkungen auf im Umfeld lebende Personen diskutiert. Im Mittelpunkt stehen hierbei vor allem Fragen nach den allergenen, toxischen und infektiösen Risiken bei Inhalation der Bioaerosole. Aktuell werden insbesondere die möglichen Auswirkungen durch antibiotikaresistente Bakterien wie MRSA (Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*) intensiv thematisiert.

5.5.2 Gesundheitliche Wirkungen

5.5.2.1 Bioaerosole allgemein

Bioaerosole sind grundsätzlich geeignet gesundheitsschädliche Effekte hervorzurufen. Zusammengefasst lassen sich die möglichen Erkrankungen unter die Obergriffe Infektionen, Allergien und toxische Wirkungen einordnen. Einen Überblick über die verschiedenen Krankheitsbilder gibt Abbildung 11. Eine ausführliche Darstellung der gesundheitlichen Risiken durch Bioaerosole wurde von Mücke und Lemmen (2008) vorgenommen.

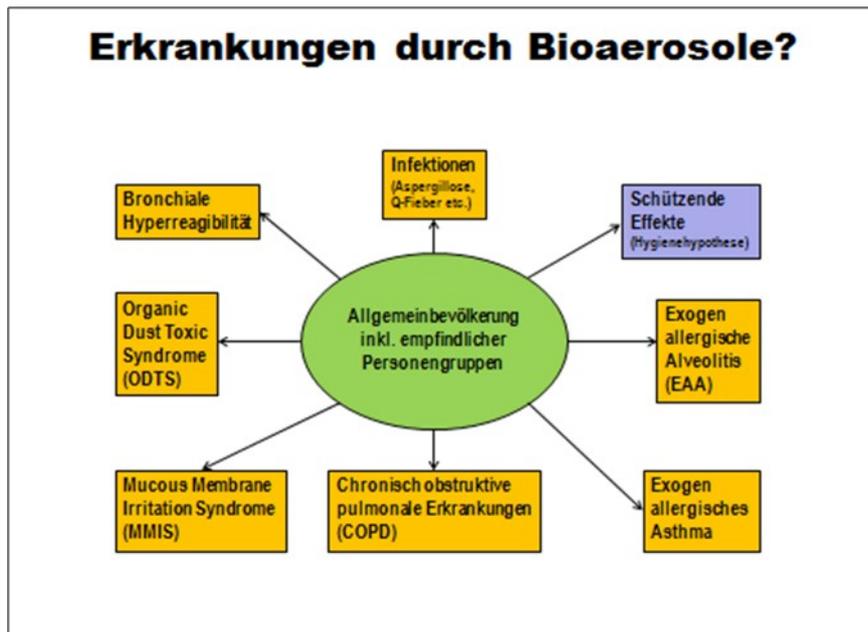


Abb. 11 Mögliche Erkrankungen durch Bioaerosole © LANUV NRW

Speziell zu den gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung im Umfeld von bioaerosolemitierenden Betrieben wie Tierhaltungs- und Kompostierungsanlagen liegen nur wenige Informationen vor. Erkenntnisse liefern im Wesentlichen die Ergebnisse aus umweltepidemiologischen Untersuchungen. Dies ist für den Bereich der Tierhaltung u. a. die Niedersächsische Lungenstudie (NiLS) (Radon 2004), das AABEL-Projekt (Hoopmann et al. 2004) und eine Studie aus den Niederlanden (Heederik und Ijzermans 2011) sowie für den Bereich der Abfallbehandlungsanlagen eine in Hessen durchgeführte Untersuchung (HMUEJFG 1999).

Nach den Ergebnissen der Niedersächsischen Lungenstudie ist für junge Erwachsene eine Nachbarschaftsexposition gegenüber einer sehr hohen Anzahl von Betrieben der Veredelungswirtschaft (mehr als zwölf Ställe in einem Umkreis von 500 m) mit einer Einschränkung der Lungenfunktion assoziiert. Nach den Autoren könnten diese Lungenfunktionseinschränkung sowie das vermehrte Auftreten von giemenden Atemgeräuschen erste Hinweise auf eine chronisch-obstruktive Lungenerkrankung in diesem jungen Kollektiv sein. Die Häufigkeit allergischer Erkrankungen dagegen lag für das untersuchte Gesamtkollektiv unter der Häufigkeit in der städtischen Bevölkerung. Die in der NiLS-Studie festgestellten Befunde geben laut Autoren Hinweise darauf, dass möglicherweise bei einer sehr hohen Dichte an Betrieben der Veredelungswirtschaft die Schwelle zu adversen Effekten für die anwohnende Be-

völkerung überschritten wird. Dieser erstmalige Befund von Lungenfunktionseinschränkungen erfordere nach den Autoren aber eine weitere wissenschaftliche Überprüfung (Radon 2004).

Im sogenannten AABEL-Projekt (Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region) wurde untersucht, ob in der Nachbarschaft von Tierställen bei Kindern vermehrt Atemwegserkrankungen und Atopien¹⁰⁶ auftreten. Die Studie zeigt insgesamt betrachtet eher geringe gesundheitliche Effekte im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber Bioaerosolen aus Ställen. So konnten bei normal empfindlichen Kindern keine Hinweise auf eine Risikoerhöhung für die betrachteten Zielerkrankungen gefunden werden. Bei familiär prädisponierten Kindern war allerdings für asthmatische Symptome eine leichte, aber statistisch signifikant erhöhte Häufigkeit mit steigender Exposition zu erkennen. Andererseits konnte ein negativer Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Bioaerosolen aus Ställen und der Wahrscheinlichkeit einer Sensibilisierung gegenüber Inhalationsallergenen aufgezeigt werden. Diese Tendenzen müssen nach Einschätzung der Autoren allerdings noch weiter bestätigt werden und können allein auf Grundlage einer Querschnittsstudie wie dem AABEL-Projekt keinesfalls kausal interpretiert werden (Hoopmann et al. 2004).

Aus den Niederlanden liegt eine aktuelle Studie vor, in welcher nach den Autoren sowohl schützende als auch schädigende Wirkungen im Zusammenhang mit Tierhaltungsanlagen festgestellt werden konnten (Heederik und Ijzermans 2011). Die Nähe von Wohnort zur Tierhaltungsanlage sowie die Exposition gegenüber PM₁₀ aus Tierhaltungsanlagen war invers verknüpft mit Asthma, chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen, Infektionen des oberen Respirationstraktes und Heuschnupfen. Für dieselben Expositionsparameter ließ sich ferner eine positive Verknüpfung mit dem möglichen Auftreten von Q-Fieber feststellen. Zudem war die Anwesenheit von Ziegen und Schafen in einem Umkreis von einem km um den Wohnort assoziiert mit Q-Fieber bei Erwachsenen. Ferner zeigt die Studie ein höheres Infektionsrisiko für Menschen mit chronischen Erkrankungen der Atemwege.

Smit et al. (2014) stellten für die Gebiete Noord-Brabant und Limburg in den Niederlanden fest, dass die Exposition gegenüber Luftschadstoffen aus Tierhaltungsanlagen invers verknüpft ist mit der Atemwegsmorbidität der AnwohnerInnen. Es zeigte sich im Detail eine geringere Häufigkeit von Asthma, allergischer Rhinitis und COPD nach erhöhter Exposition. Dieser Sachverhalt ließ sich sowohl bei erhöhter Exposition gegenüber Feinstaub (PM₁₀) als auch für die Nähe zu Ställen und für die Anwesenheit von Schweine, Ziegen und Schafen beobachten. Eine Ausnahme stellte die Nerzhaltung dar. Für diese Tierart ließ sich eine positive Assoziation zwischen Asthma und allergischer Rhinitis, d. h. eine Zunahme der gesundheitsschädlichen Effekte mit steigender Exposition, feststellen (Smit et al. 2014).

Ferner liegen verschiedene Studien aus den USA vor (Keller et al. 2000, Merchant et al. 2005, Mirabelli et al. 2006, Schinasi et al. 2011, Sigurdarson und Kline 2006, Thu et al. 1997, Wing und Wolf 2000). In diesen wurde aber oftmals keine oder nur eine grobe Expositionsabschätzung vorgenommen. Zudem wurde oft nur eine geringe Anzahl von ProbandInnen untersucht. Von daher besitzen die Ergebnisse dieser Studien nur eine eingeschränkte Aussagekraft. In diesen Studien wurde bei Anwohnern im Umfeld von Tierställen eine erhöhte Häufigkeit von verschiedenen gesundheitlichen Effekten (u. a. Diarrhoe und Atemwegssymptome wie z. B. giemende Atemräsche, ärztlich diagnostiziertes Asthma) festgestellt. Allerdings ließ sich auch eine geringere Häufigkeit von Atopien und Allergien ermitteln. Exemplarisch seien die Ergebnisse der Studie von Schinasi et al. (2011) aufgeführt. In dieser konnte gezeigt werden, dass Luftschadstoffe, die in der Nähe eines Schweinestalls gemessen wurden, mit akuten körperlichen Symptomen verknüpft sind. So führte eine Erhöhung der Endotoxin-Kon-

¹⁰⁶ Atopie bezeichnet eine individuelle und/oder familiär bedingte Tendenz, sich zu sensibilisieren und schon auf geringe Dosen von Allergenen, meist Proteine, IgE-Antikörper zu produzieren. Als Konsequenz können solche Individuen dadurch typische Symptome wie z. B. Asthma entwickeln (Mücke & Lemmen 2008).

zentration zu einer erhöhten Häufigkeit von Symptomen wie Halsschmerzen, Übelkeit und Engegefühl in der Brust.

O'Connor et al. (2010) führten ein systematisches Literaturreview durch um zu eruieren, ob eine Verknüpfung zwischen Tierhaltungsanlagen und der Gesundheit von Personen, welche in der Nähe solcher Anlagen leben, besteht. Im Ergebnis stellten die Autoren fest, dass es wenig überzeugende Hinweise für eine starke Assoziation zwischen klinisch festgestellten Erkrankungen und der Nähe vom Wohnort zu Tierhaltungsanlagen gibt. Es ließen sich allerdings Hinweise für einen Anstieg von selbstberichteten Erkrankungen bei Personen mit Asthma bzw. entsprechender Familienanamnese feststellen, die allerdings nicht konsistent waren. Der festgestellte Anstieg der Häufigkeit von adversen Wirkungen lag bei ca. 10 %. Konsistente Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen der Exposition (gegenüber Tierhaltungsanlagen) und der Häufigkeit von Erkrankungen konnten die Autoren nicht feststellen.

In einer 1997 in Hessen durchgeführten Studie wurden Immissionskonzentrationen von Bioaerosolen (Gesamtbakterien, Schimmelpilze, thermophile Actinomyceten, Endotoxine und MVOC) in der Umgebung von drei Bioabfallkompostierungsanlagen gemessen und zeitgleich die Belästigung der Anwohner und ihre gesundheitlichen Beschwerden und Symptome über Fragebogen ermittelt (HMUEJFG 1999). Verglichen mit einer nicht exponierten Kontrollgruppe gaben die Anwohner einer Anlage vermehrt Beschwerden des Atemtrakts und der Schleimhäute an. Anamnestische Angaben über Allergien und Infektionen waren nicht erhöht. Signifikante Zusammenhänge zwischen der höchsten Exposition (Entfernung 150 m bis 200 m) und gesundheitlichen Parametern wurden für Bronchitis, nächtliches Husten, Kurzatmigkeit in Ruhe, Husten morgens oder tagsüber, Kurzatmigkeit bei Belastung, schmerzende Augen, übermäßige Müdigkeit und Frösteln gefunden (Herr et al. 2003). Die Atemwegsbeschwerden der Anwohner können nach den Autoren als MMIS (mucous membrane irritation syndrome) klassifiziert werden.

Mit dem Auftreten von Bioaerosolen ist (z. B. in der Landwirtschaft oder bei der Kompostierung) häufig auch das Auftreten von belästigenden Gerüchen verbunden (Herr et al. 2009, Schiffmann 1998). Probanden, die in der in Hessen durchgeführten Studie lediglich durch Gerüche belästigt, aber nicht gegenüber Bioaerosolen exponiert waren, wiesen dagegen keine höheren irritativ bedingten Atemwegsbeschwerden auf, sondern eine höhere Häufigkeit von Augen- und Allgemeinbeschwerden (Herr et al. 2003). Eine Folgestudie zeigte für die ursprünglich exponierte Gruppe auch nach Beendigung der Exposition (Mikroorganismen und Gerüche) eine erhöhte Beschwerdehäufigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe, welche zu keiner Zeit exponiert war. Der Mittelwert des Gesamtbeschwerdeindex war im Vergleichskollektiv niedriger als bei den ehemals Exponierten. Die Prävalenz von Einzelbeschwerden zeigte ein unterschiedliches Verteilungsmuster zwischen den ehemals Belasteten und der Vergleichsgruppe (Herr et al. 2004).

Diese umweltmedizinischen Studien zeigen, dass grundsätzlich gleichartige gesundheitliche Wirkungen, wie sie durch Bioaerosole am Arbeitsplatz auftreten, auch bei Umweltkonzentrationen im Einflussbereich von Anlagen vorkommen können. Insgesamt ergeben sich aus den vorliegenden Erkenntnissen Hinweise für einen Zusammenhang zwischen einem erhöhten Erkrankungsrisiko von Anwohnern und (verschiedenen) Bioaerosolen sowie deren Konzentrationen. Diese reichen aber nicht aus, um einen *kausalen* Zusammenhang belegen und eine Expositions-Wirkungs-Beziehung herstellen zu können.

5.5.2.2 Methicillin-resistente Staphylococcus aureus (MRSA)

MRSA sind Bakterien, die beim Menschen unter anderem Wundinfektionen und Entzündungen der Atemwege hervorrufen können und gegen sogenannte Beta-Laktam-Antibiotika (Penicilline und Cephalosporine) resistent sind. Diese Antibiotika wirken bei der Behandlung einer Infektion mit MRSA nicht mehr, d. h. sie können den Infektionsverursacher nicht abtöten. In der Vergangenheit trat das Bakterium vor allem in Krankenhäusern auf, wo es von Mensch zu Mensch übertragen wird. In den vergangenen Jahren wurden vermehrt Fälle registriert, in denen sich Menschen außerhalb von Krankenhäusern infiziert haben (BfR 2014).

In Bezug auf die Besiedlung und Infektionen durch MRSA wird grundsätzlich unterschieden zwischen MRSA in Krankenhäusern (engl. hospital acquired MRSA, ha-MRSA), MRSA außerhalb von Krankenhäusern (engl. community acquired MRSA, ca-MRSA) und MRSA bei Nutztieren und Lebensmitteln (engl. livestock-associated MRSA, la-MRSA). Die möglichen gesundheitlichen Wirkungen durch mit der Nutztierhaltung assoziierte MRSA (la-MRSA) werden derzeit intensiv diskutiert. Dies insbesondere deshalb, da bei landwirtschaftlichen Nutztieren vermehrt MRSA festgestellt wurden (Idelevich et al. 2016). In der Öffentlichkeit wird daher die Frage gestellt, inwieweit Tiere die Quelle für Kolonisation oder Infektionen durch solche multiresistente Erreger beim Menschen sein können, z. B. durch direkten Tierkontakt, Lebensmittel tierischen Ursprungs, Abluft aus Tierställen oder Gülle (Idelevich et al. 2016).

Die Mehrzahl (> 90 %) der bei Nutztieren und im Lebensmittel nachgewiesenen MRSA (= la-MRSA) gehört der klonalen Linie CC398 an. Seltener werden die Linien CC9, CC5 und CC97 nachgewiesen (Idelevich et al. 2016).

MRSA-CC398 und andere la-MRSA machen in Deutschland etwa 2 bis 5 % der MRSA, die von Menschen isoliert werden, aus. In Gebieten mit hoher Nutztierhaltungsdichte (Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen) machen MRSA-CC398 allerdings heute bis zu 30 % der in Krankenhäusern ermittelten nasalen MRSA-Besiedlungen aus (Idelevich et al. 2016).

Aus einer solchen Besiedlung kann eine Infektion erfolgen. MRSA-CC398 repräsentieren etwa 2 % aller MRSA, die bei menschlichen MRSA-Infektionen in Deutschland bei Krankenhaus-Patienten gefunden werden (MedVet-Staph. 2016). In Regionen mit hoher Nutztierhaltungsdichte ist dieser Anteil dagegen höher. Dort sind MRSA-CC398 für ca. 10 % der MRSA-Infektionen beim Menschen verantwortlich (Idelevich et al. 2016). Im Detail machen la-MRSA bis zu 14 % der MRSA, die bei Menschen mit tiefen Atemwegsinfektionen gefunden wurden aus, sowie 11 % bei tiefen Wundinfektionen und 8 % bei Blutstrominfektionen (MedVet-Staph. 2016).

Auch im Vergleich zu früher erweisen sich MRSA-CC398 zunehmend als ein wichtiger Erreger von Krankenhausinfektionen. So stieg in einer Region mit einer hohen Dichte an Schweinemastanlagen der Anteil von allen aus oberflächlichen Wundinfektionen detektierten la-MRSA von 2008 bis 2011 von 7 % auf 10 % (Köck et al. 2013).

Auch bei Landwirten (Schweinehalter) wurde ein hohes Vorkommen von mit der Tierhaltung verknüpfter MRSA festgestellt. Bei 77 bis 86 % der beruflich exponierten Landwirte, die in MRSA-positiven Anlagen tätig sind, liegt eine nasale Besiedlung mit MRSA-CC398 vor (Cuny und Witte 2016). So konnte in der Studie von Cuny et al. (2009) beispielsweise bei 86 % aller untersuchten Landwirte eine Besiedlung mit MRSA-CC398 festgestellt werden, wohingegen Familienmitglieder mit Kontakt zu Landwirten nur zu 4,3 % eine entsprechende Besiedlung aufwiesen. Demnach lässt sich für diese Personengruppe ein deutlich geringeres Vorkommen von MRSA-CC398 erkennen als für Landwirte selbst (Cuny et al. 2009). Allerdings liegt der Anteil von mit MRSA-CC398 besiedelten Familienmitgliedern höher als

der in der Allgemeinbevölkerung. Für eine Region in Niedersachsen mit einer hohen Nutztierhaltungsdichte wurde MRSA-CC398 bei 1 % aller untersuchten Personen ohne berufsbedingten Nutztierkontakt, jedoch mit Wohnsitz in Nachbarschaft zu Mastanlagen, nachgewiesen (Bisdorff et al. 2012).

Nach Cuny et al. (2009a) erfolgte eine Verbreitung innerhalb der Bevölkerung im ländlichen Raum bislang offenbar selten, wie eine Untersuchung an Schülern einer Zentralschule sowie Bewohnern zweier Alten- und Pflegeheime zeigten (Cuny et al. 2009a).

Eine Weiterverbreitung von MRSA-CC398 findet laut Idelevich (2016) in der Allgemeinbevölkerung aber durchaus statt. Zu einer belegten Veränderung in der Gesamtprävalenz von MRSA in der Bevölkerung habe dies bislang aber nicht geführt. Es kam jedoch zu einer geografischen Ausbreitung von la-MRSA auch außerhalb von Gebieten mit hoher Nutztierhaltung (Schweine). Wichtig sei aber festzuhalten, dass die Mehrzahl der MRSA-Infektionen beim Menschen derzeit durch krankenhausessoziierte MRSA hervorgerufen werden.

Diese o. g. Erkenntnisse zum Vorkommen von la-MRSA geben Anlass für eine erhöhte Aufmerksamkeit im Hinblick auf eine mögliche Belastung der Allgemeinbevölkerung. Eine Übertragung von la-MRSA über die Luft und eine anschließende nasale Kolonisation mit dauerhafter Besiedlung der AnwohnerInnen erscheinen prinzipiell möglich, dürften nach derzeitigem Kenntnisstand aber nur vergleichsweise selten auftreten. Derzeit gibt es keinen Nachweis, dass (Ab-)Luft aus Tierhaltungsanlagen zu einer Häufung von Besiedlungen und Infektionen von Menschen durch Antibiotika-resistente Bakterien in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen führt. Bislang wird der direkte Kontakt als der bedeutsame Expositionspfad angesehen (MKULNV NRW 2015).

Konkrete Anhaltspunkte, dass Wohnen in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen in Bezug auf antibiotikaresistente Bakterien ein höheres Gesundheitsrisiko für die Allgemeinbevölkerung birgt als an anderen Wohnorten, liegen derzeit nicht vor (MKULNV NRW 2014, 2015).

Ob die Ausbringung von Dünger aus Tierhaltungsanlagen und die hierin enthaltenen (antibiotika-resistenten) Mikroorganismen zu einem erhöhten gesundheitlichen Risiko der im Umfeld lebenden Personen führen, ist derzeit unklar. Casey et al. (2013) konnten in einer Fall-Kontroll-Studie in Pennsylvania (2005 bis 2010) eine Assoziation zwischen einer erhöhten Häufigkeit von ha-MRSA- u. ca-MRSA-Infektionen sowie Haut- und Weichgewebsinfektionen und einer geringen Entfernung von Wohnort zu Getreidefeldern, die mit Schweinegülle gedüngt wurden, feststellen. Je geringer die Entfernung, desto häufiger traten die genannten Effekte auf. Ferner zeigte sich für ca-MRSA eine erhöhte Häufigkeit der o. g. Infektionen bei Personen, die in Bereichen mit erhöhter Viehdichte wohnen bzw. die einer erhöhten Anzahl von Schweinemastbetrieben ausgesetzt sind. Die Exposition gegenüber der ausgebrachten Schweinegülle ist laut Autoren ursächlich für 10 % der ca-MRSA- und Haut- und Weichgewebsinfektionen. Der in Deutschland hauptsächlich mit der Tierhaltung assoziierte klonale Komplex la-MRSA CC398 wurde in dieser US-amerikanischen Studie allerdings nicht nachgewiesen.

Nach Jahne et al. (2015) ist die Ausbringung von Dünger aus der Milchwirtschaft mit einem erhöhten Risiko für gastrointestinale Infektionen verbunden. Während das Risiko bei der Aufbringung am Feldrand 1:2700 betrug, nahm dieses mit zunehmender Entfernung ab und betrug in 100 Metern 1:13.000 und in 1000 Metern 1:200.000.

Derzeit gibt es keinen gesicherten Nachweis, dass die Ausbringung von Wirtschaftsdünger aus Tierhaltungsanlagen zu unmittelbaren gesundheitlichen Auswirkungen für den Menschen durch Antibiotika-resistente Bakterien in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen führt (MKULNV NRW 2015).

5.5.2.3 ESBL-bildende Enterobakterien

Hinsichtlich der Frage, inwieweit die Nutztierhaltung eine Quelle für Kolonisation und Infektionen durch multiresistente Erreger beim Menschen sein kann, werden neben den MRSA zunehmend die ESBL-bildenden Enterobakterien (ESBL-E) thematisiert. ESBL steht für „Extended-Spektrum Beta-Laktamase“ und bezeichnet Enzyme, die ein breites Spektrum von Beta-Laktam-Antibiotika verändern und damit unwirksam machen. Bakterien, die diese Enzyme produzieren, werden dadurch unempfindlich (resistent) gegenüber wichtigen Wirkstoffen wie Aminopenicillinen und Cephalosporinen (BfR 2015).

Die intestinale Kolonisation mit ESBL-E betrifft in Deutschland 3,5 bis 6,8 % der Menschen in der Allgemeinbevölkerung, bei Patienten in Einrichtungen des Gesundheitswesens ist diese Prävalenz höher. Es gibt einen deutlichen Zuwachs von ESBL-E-Kolonisationen in der Allgemeinbevölkerung und bei klinischen Isolaten (Idelevich et al. 2016).

Eine Infektion kann über kontaminierte Lebensmittel sowie nach direktem Kontakt zwischen Mitarbeitern im tierhaltenden Betrieb und Nutztier erfolgen. Auch eine Übertragung von Mensch zu Mensch ist möglich. Dies tritt vor allem in Krankenhäusern und anderen Einrichtungen des Gesundheitswesens auf. Welchen Anteil die verschiedenen Infektionswege an den Erkrankungsfällen des Menschen haben, wird derzeit erforscht. Die Übertragungswege sind komplex (BfR 2015). Derzeit wird davon ausgegangen, dass sich ESBL-tragende Mikroorganismen wie andere Erreger von Magen-Darm-Infektionen verhalten, so dass insbesondere die orale Aufnahme der entscheidende Aufnahmeweg ist (BfR 2011).

ESBL-bildende Enterobakterien haben zunehmend eine bedeutende Rolle als Erreger sogenannter nosokomialer, also im Krankenhaus erworbener Infektionen eingenommen. Die meisten Bakterien, die ESBL bilden, sind harmlose Darmbewohner („Kommensale“), die keine Erkrankungen verursachen. Es gibt aber auch solche, die beim Menschen Erkrankungen verursachen können, z. B. Salmonellen, Klebsiellen oder enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC). Einige dieser Bakterien führen insbesondere bei Risikogruppen wie Kleinkindern, Schwangeren, älteren Menschen und Menschen mit geschwächter Immunabwehr zu Erkrankungen. Müssen Erkrankungen antibiotisch behandelt werden, kann ein Behandlungserfolg aufgrund der Resistenz der Erreger erschwert werden (BfR 2015).

Hinweise, wonach ESBL-bildende Bakterien aus Tierhaltungsanlagen bei im Umfeld lebenden Personen zu einer erhöhten Häufigkeit von Besiedlungen oder Infektionen geführt haben, liegen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vor.

Die zoonotische Komponente bei ESBL-E-Besiedlungen und –Infektionen des Menschen lässt sich derzeit aufgrund unzureichenden Grundwissens nicht zuverlässig quantifizieren (Idelevich et al. 2016).

5.5.2.4 Endotoxine

Unter Endotoxinen versteht man abgestorbene Zellwandbestandteile gramnegativer Bakterien (Lipopolysaccharid-Gerüst und andere Komponenten der bakteriellen Zellwand wie Proteine). Endotoxin-Konzentrationen werden in Endotoxin Units (EU) pro m³ Luft gemessen. Hierbei entsprechen nach DIN EN 13098 (2001) 10 EU in der Regel 1 ng/m³.

Die beim Umgang mit besiedelten Materialien (z. B. in der Landwirtschaft) entstehenden Bioaerosole können Endotoxine enthalten. Diese Endotoxine sind geeignet, verschiedene gesundheitsschädliche Wirkungen hervorzurufen. Dies sowohl bei Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern als auch bei Per-

sonen, welche in der Umgebung von emittierenden Betrieben wohnen. Insbesondere Untersuchungen an Arbeitsplätzen u. a. in der Landwirtschaft konnten entsprechende Effekte aufzeigen.

Kurzfristige Endotoxin-Inhalationen können Husten, Beeinträchtigungen der Lungenfunktion, Fieber und grippeähnliche Symptome verursachen. Als Krankheitsbild ist vor allem die Toxische Pneumonitis, auch als Inhalationsfieber oder ODTS (Organic Dust Toxic Syndrome) bezeichnet, zu nennen. Hierbei handelt es sich um eine ca. 6 Stunden nach Exposition gegenüber endotoxinhaltigen Stäuben einsetzende akute Wirkung, welche aber innerhalb von 24 Stunden wieder abklingt. Langandauernde Belastungen können u. a. zur chronischen Bronchitis führen. Seit wenigen Jahren gibt es Hinweise aus epidemiologischen Studien, wonach eine geringe Endotoxin-Exposition im frühen Kindesalter schützende Wirkungen z. B. auf die Entwicklung von Atopien und Asthma haben kann (Douwes 2002).

Anhand von Ergebnissen von Tierversuchen und epidemiologischen Studien konnten für Endotoxine Dosis-Wirkungs-Beziehungen herausgearbeitet werden. Demnach lassen sich für akute und chronische pulmonale gesundheitsschädliche Effekte Schwellenwerte (NOEL = No Observed-Effect-Level) im Bereich von 80 bis 1800 EU/m³ angeben (BAuA 2005). Anerkannte Grenz- oder Richtwerte für Endotoxine gibt es in Deutschland aber nicht, weder für den Arbeitsplatz noch für die Allgemeinbevölkerung.

Der Gesundheitsrat der Niederlande sieht Bedarf für einen Beurteilungswert zur Bewertung der möglichen Wirkungen von Endotoxinen in der Außenluft auf die im Umfeld von Tierhaltungsanlagen lebende Bevölkerung. Bei der Ableitung eines solchen Wertes ging dieser vom für Arbeitsplätze empfohlenen Wert von 90 EU/m³ aus, welcher sich auf Kurz- und Langzeiteinwirkungen durch Endotoxine bezieht. Zur Berücksichtigung der Intraspeziesvariabilität (Übertragung ArbeitnehmerInnen auf Allgemeinbevölkerung) wird ein Anpassungsfaktor von 3 angesetzt. Damit würde sich laut Gesundheitsrat der Niederlande ein gesundheitsbasierter Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung von 30 EU/m³ ergeben (Health Council of the Netherlands 2012). Allerdings liegt bislang für Endotoxine in der Außenluft kein standardisiertes Messverfahren vor. Nach VDI 4250 Blatt 3 (Stand 2014) können für Messparameter, für die bisher keine standardisierten Messverfahren vorliegen, keine Beurteilungswerte angegeben werden.

5.5.3 Indikatoren zur Beschreibung, Datenquellen, Prognosetechniken

Bei der messtechnischen Erfassung ist zwischen kultivierbaren und nicht kultivierbaren Mikroorganismen, d. h. lebens- und vermehrungsfähigen sowie abgestorbenen Bestandteilen, zu unterscheiden. Im Rahmen von Messungen von Emissionen bzw. Immissionen von luftgetragenen kultivierungsfähigen Mikroorganismen werden insbesondere die folgenden Parameter nach *VDI 4253 Blatt 2* und *VDI 4253 Blatt 3* bestimmt: Pilze: Gesamtpilzzahl (25 ± 2) °C, thermotolerante Schimmelpilze (37 ± 2) °C und Nachweis der Einzelspezies *Aspergillus fumigatus* (45 ± 2) °C, Bakterien: Gesamtbakterienzahl (36 ± 2) °C und (22 ± 2) °C sowie Enterobakterien, Enterokokken, Staphylokokken und thermophile Actinomyceten. Ermittelte Konzentrationen werden in *koloniebildende Einheiten* (KBE) pro m³ Luft angegeben.

Als Stellvertreter für Substanzen, welche nach dem Zelltod von Mikroorganismen freigesetzt werden und umweltmedizinisch für den Menschen relevant sein können, werden häufig Endotoxine bestimmt.

Bei der Bestimmung der Gesamtzellzahl werden die kultivierbaren und die nicht kultivierbaren Mikroorganismen bestimmt und in Zellen pro m³ angegeben. Eine Unterscheidung zwischen lebenden und

abgestorbenen Mikroorganismen ist hierbei nicht möglich. Eine Differenzierung der Gattungen und Arten ist nur eingeschränkt möglich (VDI 4253 Blatt 4).

Mittlerweile liegt eine ganze Reihe von VDI-Richtlinien zur Probenahme und Analytik sowie zur messtechnischen Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Bioaerosolen vor. Hier sei auf die Internetseite des VDI verwiesen (VDI 2016).¹⁰⁷ Mithilfe der Richtlinienreihen VDI 4251 bis VDI 4257 und weiterer technischer Regeln wurde erreicht, Messinstrumente und Messverfahren zur Erfassung von Mikroorganismen in der Luft soweit zu standardisieren, dass reproduzierbare und vergleichbare Messergebnisse bei der Konzentrationsbestimmung möglich sind.

Im Entwurf der Richtlinie VDI 4250 Blatt 3 E „Anlagenbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter und Beurteilungswerte“ (2014) findet sich eine Tabelle, in welcher für verschiedene Anlagenarten die entsprechenden Bioaerosol-Messparameter aufgelistet sind. Hierbei wird unterschieden zwischen Leitparametern und speziellen Messparametern. Für den Bereich der Tierhaltung werden die Leitparameter intestinale Enterokokken, Staphylokokken, *Staphylococcus aureus* und *Enterobacteriaceen* genannt, für Kompostierungsanlagen thermotolerante Pilze, *Aspergillus fumigatus* und *Aspergillus* spp. Leitparameter sind Bestandteile von Bioaerosolen, die für die Emissionen aus einer Anlage charakteristisch sind und mit derzeit zur Verfügung stehenden Probenahme- und Analysemethoden nachweisbar sind. Es sind für zu beurteilende Anlagen, sofern dies nach VDI 4250 Blatt 1 (2014) erforderlich ist, mindestens die Immissionskonzentrationen (Zusatz, Vor- und Gesamtbelastung) der jeweils aufgeführten Leitparameter zu ermitteln. In Abhängigkeit von der Fragestellung ist gegebenenfalls die Immissionsbelastung für zusätzliche Parameter (spezielle Messparameter) zu erfassen.

5.5.4 Bewertungsmaßstäbe

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Bioaerosole aus gewerblichen und industriellen Betrieben grundsätzlich geeignet sind, nachteilig auf die Gesundheit einer im Umfeld einer Anlage lebenden Person einzuwirken. Ungeachtet der Schwierigkeiten bei der Quantifizierung des gesundheitlichen Risikos durch Bioaerosole ist eine Begrenzung der Bioaerosol-Belastung von Menschen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen geboten.

Für Bioaerosole existieren keine Wirkschwellenwerte, welche auf Basis von Erkenntnissen aus toxikologischen und umweltepidemiologischen Untersuchungen abgeleitet wurden. Die Etablierung der hierfür erforderlichen Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen Bioaerosolen und gesundheitlichen Wirkungen war bislang nicht möglich. Dies wurde auch durch das Projekt GABi (Gesundheitsbasierte Ableitungswerte Bioaerosole) bestätigt. Hier wurde auch der Frage nachgegangen, ob für Bioaerosole eine Ableitung von gesundheitsbezogenen Beurteilungswerten möglich ist (Herr et al. 2014). Beim hierzu durchgeführten Literaturreview wurden 1565 einschlägige Literaturstellen gefunden, davon wurden 20 Studien selektiert. Für diese erfolgte eine Überprüfung hinsichtlich Datenqualität und Eignung zur Ableitung von Beurteilungswerten. Im Ergebnis wurde von den Autoren festgestellt, dass keine der bisher veröffentlichten Humanstudien geeignete Dosis-Wirkungs-Beziehungen enthält und insgesamt die Kriterien zur Ableitung gesundheitsbezogener Beurteilungswerte nicht erfüllt werden.

Die vorliegenden wissenschaftlichen Beiträge zur Bewertungsproblematik im Bereich der Bioaerosole schlagen daher oftmals eine Orientierung an der jeweiligen Hintergrundkonzentration vor (Eikmann et al. 2006).

¹⁰⁷ [Http://www.vdi.de/bioaerosole](http://www.vdi.de/bioaerosole).

Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) als allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz enthält keinen Immissionswert für Bioaerosole (TA Luft 2002). Es wurden aber mittlerweile verschiedene Regelungen zur gesundheitlichen Bewertung von Bioaerosol-Immissionen erarbeitet. Dies sind insbesondere die Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 „Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) sowie der „Leitfaden Bioaerosole“ der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). Diese Regelungen beziehen sich auf unterschiedliche Schutzniveaus. Während bei der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 die umweltmedizinische Vorsorge angesprochen wird, steht beim LAI-Leitfaden bei der Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes im Vordergrund. Auch haben mehrere Bundesländer mittlerweile Erlasse veröffentlicht, in welchen die Bioaerosol-Thematik geregelt ist. Diese Regelungen werden nachfolgend beschrieben und es wird eine Einordnung vorgenommen, inwieweit diese für eine Bewertung im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge dienlich sein können.

5.5.4.1 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

Einen Immissionswert für Bioaerosole, anhand dessen überprüft werden kann, ob der Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit sichergestellt ist, enthält die TA Luft nicht. Eine Prüfung, ob durch Bioaerosole aus einer Anlage nach BImSchG schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden, ist daher nach Nr. 4.8 TA Luft („Prüfung, soweit Immissionswerte nicht festgelegt sind, und in Sonderfällen“) vorzunehmen. Eine Sonderfallprüfung ist dann erforderlich, wenn hierzu hinreichende Anhaltspunkte vorliegen. Wie konkret bei der Anhalts- und Sonderfallprüfung vorgegangen werden kann, ist im LAI-Leitfaden Bioaerosole beschrieben.

Derzeit findet eine Anpassung der TA Luft statt. Der Entwurf dieser überarbeiteten TA Luft enthält im Anhang 10 konkrete Regelungen für Bioaerosole. Diese orientieren sich an den Regelungen des LAI-Leitfadens zur Anhaltspunkte- und Sonderfallprüfung (Bund-Länder-AG TA Luft 2015). Vorausgesetzt, die Ausführungen in der derzeitigen Entwurfsfassung werden in die novellierte TA Luft übernommen, würden konkrete Regelungen zur Ermittlung der Immissionsbelastung und zur gesundheitlichen Bewertung von Bioaerosolen zur Verfügung stehen. Auch wären definierte Bewertungsmaßstäbe vorhanden um zu beantworten, ob der Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit sichergestellt ist. Wann genau mit der Einführung der novellierten TA Luft zu rechnen ist, ist derzeit aber noch unklar.

Diese möglichen zukünftigen Regelungen in der TA Luft mit Bezug auf den LAI-Leitfaden beziehen sich auf das Schutzniveau „Sicherstellung des Schutzes vor Gefahren für die menschliche Gesundheit“. Sie stellen keine Bewertungsmaßstäbe für eine wirksame Umweltvorsorge im Sinne des UVPG dar, so wie es die AG „Menschliche Gesundheit“ der UVP-Gesellschaft versteht. Diese sollten daher nach Auffassung der UVP-Gesellschaft im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen nicht herangezogen werden.

5.5.4.2 LAI-Leitfaden Bioaerosole

Mit dem Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) („Leitfaden Bioaerosole“) liegt eine standardisierte Methode zur Bewertung der möglichen Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Bioaerosole im Rahmen von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren vor (LAI 2014). Dieser dient zur Prü-

fung, ob von einer Anlage schädliche Umwelteinwirkungen durch Bioaerosole ausgehen und wann eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft vorzunehmen ist. Bei Überschreitung der LAI-Orientierungswerte ist eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft erforderlich. Für z. B. den Bereich Tierhaltung wurden Orientierungswerte für die Parameter *Staphylococcus aureus*, Staphylokokken, Enterokokken und Enterobacteriaceen von jeweils 240 KBE/m³ festgesetzt. Ferner beschreibt der Leitfaden, wie eine solche Einzelfallprüfung durchzuführen ist. Demnach ist es als sehr kritisch zu werten, wenn ein Orientierungswert um den Faktor 2 bis 3, jedoch maximal ein Wert von 103 KBE/m³, überschritten wird. Schädliche Umwelteinwirkungen können dann laut LAI nicht mehr mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die im LAI-Leitfaden genannten Beurteilungswerte (Orientierungswert mal Faktor 2 bis 3, jedoch maximal ein Wert von 103 KBE/m³) beziehen sich auf das Schutzniveau „Sicherstellung des Schutzes vor Gefahren für die menschliche Gesundheit“ bzw. den Schutz vor „schädlichen Umwelteinwirkungen“.

Ferner sei erwähnt, dass das LAI-Fachgespräch Wirkungsfragen (FGW) von der LAI mit Beschluss vom 26./27.6.2014 beauftragt wurde einen Erfahrungsbericht zum LAI-Leitfaden zu erstellen. Hierzu hat das LAI-FGW einen Fragebogen (Teil 1 und 2) entwickelt und diesen an die Bundesländer gesandt. Teil 1 bezieht sich auf die Einführung des Leitfadens in den Bundesländern, da von vielen Bundesländern Regelungen zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosolen aufgestellt wurden. So haben z.B. Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein vergleichbare Erlasse veröffentlicht (MKULNV NRW 2013, MKULNV NRW 2015, LAI 2016). Teil 2 des Fragebogens bezieht sich auf die bisherigen Anwendungsbereiche. Anhand der Rückmeldungen aus den Bundesländern hierzu wurde im Januar 2016 ein erster (vorläufiger) Erfahrungsbericht erstellt.

Insgesamt geht aus dem vorläufigen Erfahrungsbericht zum LAI-Leitfaden hervor, dass großer Bedarf für eine Regelung zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen besteht. Der LAI-Leitfaden wird ferner als grundsätzlich geeignet angesehen. Es wird aber auch eine Überarbeitung dieses Papiere in bestimmten Punkten als erforderlich erachtet. Welche Anmerkungen aus den Bundesländern konkret umgesetzt werden, entscheidet die LAI voraussichtlich in einem Sonderfachgespräch Bioaerosole (Tesseraux 2016, LAI 2016).

Die im LAI-Leitfaden genannten Beurteilungswerte stellen nach Auffassung der UVP-Gesellschaft keine Bewertungsmaßstäbe im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge im Sinne des UVPG dar. Eine Anwendung der Bewertungsmaßstäbe des LAI-Leitfadens im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. -untersuchungen wird daher von der UVP-Gesellschaft nicht angeraten. Es sollte stattdessen auf die Bewertungsmaßstäbe der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 zurückgegriffen werden, da diese unter Vorsorgegesichtspunkten abgeleitet wurden und somit dem Schutzniveau „wirksame Umweltvorsorge“ entsprechen.

5.5.4.3 Richtlinie VDI 4250 Blatt 1

Nach Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) „Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen“ ist eine gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Immissionskonzentration umweltmedizinisch unerwünscht und sollte aus Vorsorgegründen verringert bzw. vermieden werden.

Dieser Bewertungsansatz stellt eine umweltmedizinische Beurteilung von Bioaerosol-Immissionen im Sinne der Vorsorge und keine immissionsschutzrechtliche Beurteilung dar. Einen Bezug zum Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit weist dieser nicht auf.

Eine gegenüber der Hintergrundkonzentration erhöhte Immissionskonzentration ist nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) als eine zusätzliche Exposition zu werten. Diese dürfte nach allgemeinem Kenntniss-

tand, ins-besondere für empfindliche Personengruppen, mit einem zusätzlichen Gesundheitsrisiko verbunden sein. Eine exakte Quantifizierung dieses zusätzlichen Risikos kann derzeit zwar nicht vorgenommen werden. Ohne eine Begrenzung der Exposition ließe man aber jedwedes zusätzliche Risiko und damit u. U. auch ein hohes zusätzliches Risiko zu, was insbesondere unter Vorsorgeaspekten als nicht hin-nehmbar zu erachten ist. Unter Vorsorgegesichtspunkten kann eine Risikominimierung bereits dann vorgenommen werden, wenn Risiken noch nicht abschließend quantifizierbar und kausale Verursachungszusammenhänge nicht hinreichend bekannt sind.

Eine gegenüber der Hintergrundkonzentration erhöhte Immissionskonzentration ist somit als umweltmedizinisch unerwünscht zu bezeichnen, ohne dass damit eine Aussage zu einem konkreten quantitativen Gesundheitsrisiko verbunden ist. Eine Verringerung bzw. Vermeidung erhöhter Bioaerosol-Konzentrationen dient der Vorsorge vor vermeidbaren Belastungen.

In der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) werden drei verschiedene Bewertungskriterien genannt: Hintergrundwert, Aufmerksamkeitswert und Bestimmungsgrenze.

Der Hintergrundwert wird messtechnisch ermittelt für Parameter, für die kein Aufmerksamkeitswert vorliegt und für welche die Bestimmungsgrenze nicht zur Bewertung verwendet werden kann. Dies betrifft insbesondere sogenannte Summenparameter wie Gesamtbakterienzahl und Gesamtpilzzahl. Zur sachgerechten Ermittlung des Hintergrundwertes sind die Bestimmungen insbesondere der Richtlinie VDI 4251 Blatt 1 (2007-02) zu beachten.

Der Hintergrundwert ist nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) das grundlegende Bewertungskriterium für die umweltmedizinische Bewertung. Die Hintergrundkonzentration ist nach VDI die Außenluftkonzentration eines Bioaerosol-Parameters, welche ohne Einfluss der zu betrachtenden Anlage und ohne Einfluss von anderen, benachbarten industriellen/gewerblichen Anlagen vorhanden ist. Sie stellt demnach die natürliche Hintergrundkonzentration dar und ist nicht zu verwechseln mit der Vorbelastung.

Der Aufmerksamkeitswert stellt einen „allgemeinen“ Hintergrundwert dar, welcher aus Literaturwerten abgeleitet wurde. Er gilt für Leitparameter, deren Hintergrundkonzentration jahreszeitlich kaum variiert und hinreichend durch repräsentative Daten belegt ist. In der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) ist ein Aufmerksamkeitswert für die Schimmelpilzgattung *Aspergillus* spp. von 1×10^2 KBE/m³ enthalten.

Für Leitparameter, die im natürlichen Hintergrund mit den standardisierten Verfahren (VDI 4253 Blatt 2, 2004-06 und Blatt 3, 2008-08) nicht nachweisbar sind, kann die Bestimmungsgrenze als Bewertungskriterium herangezogen werden. Dies gilt nach VDI 4250 Blatt 1 für die Spezies *Aspergillus fumigatus* (5×10^1 KBE/m³) und *Staphylococcus aureus* (8×10^1 KBE/m³).

In der Richtlinie VDI 4250 Blatt 3 (2016-08) werden für weitere anlagenbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter grundlegende Beurteilungswerte (Aufmerksamkeitswert, Bestimmungsgrenze) genannt. Für die Gattung *Penicillium* spp. findet sich ein Aufmerksamkeitswert von 3×10^2 KBE/m³. Die Bestimmungsgrenze von 5×10^1 KBE/m³ kann für Pilzspezies (z. B. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*) und für Pilzgattungen (z. B. *Paecilomyces* spp.) zur Bewertung herangezogen werden. Für Bakterien-spezies (z. B. *Staphylococcus aureus*) und Bakteriengattungen (z. B. Staphylokokken, Streptokokken, Enterokokken) lässt sich die Bestimmungsgrenze von 8×10^1 KBE/m³ verwenden.

Der Bewertungsansatz nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) kann somit im Sinne einer wirksamen Umweltvorsorge, wie sie von der Arbeitsgruppe Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft im Sinne des UVPG verstanden wird, verwendet werden. Die UVP-Gesellschaft empfiehlt daher, die Bewertungsmaßstäbe nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) und VDI 4250 Blatt 3 E (2014-11) im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. -untersuchungen heranzuziehen.

5.5.4.4 Fazit

Auf Basis der oben genannten Bewertungsgrundlagen kann eine gesundheitliche Beurteilung von Bioaerosol-Immissionen vorgenommen werden. Nach Auffassung der UVP-Gesellschaft sollte im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. -untersuchungen auf die Bewertungsmaßstäbe der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 zurückgegriffen werden, da diese unter Vorsorgegesichtspunkten abgeleitet wurden und somit dem Schutzniveau „wirksame Umweltvorsorge“ entsprechen. Die Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 mit den unter Vorsorgeaspekten abgeleiteten Bewertungskriterien wird bzw. wurde in der jüngsten Vergangenheit allerdings auch in UVP-pflichtigen Genehmigungsverfahren kaum angewendet. In der Praxis wird bei Genehmigungsverfahren nach BImSchG mit Umweltverträglichkeitsprüfung der LAI-Leitfaden Bioaerosole anstatt der Richtlinie VDI 4250 Blatt 1 herangezogen. Dies deshalb, da der LAI-Leitfaden konkret für die Anwendung im Genehmigungsverfahren nach BImSchG erarbeitet wurde und bei diesen nach entsprechenden Vorgaben durch den Gesetzgeber bzw. durch die Umweltverwaltungen auf das Schutzniveau „Gefahrenabwehr“ abzielen ist. Die Auffassung, wonach bei der gesundheitlichen Bewertung im Rahmen von UVP-pflichtigen Genehmigungsverfahren nach BImSchG auf das Schutzniveau „wirksame Umweltvorsorge“ abgezielt werden sollte, hat sich in der Praxis nicht durchgesetzt. Hier ist weitere Überzeugungsarbeit erforderlich.

5.5.5 Weitere Hinweise

5.5.5.1 Erforderlichkeit einer umweltmedizinischen Prüfung

Eine umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen ist nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) dann erforderlich, wenn eine Exposition des Menschen zu erwarten ist. Dies ist dann gegeben, wenn sich im Einwirkungsbereich der Anlage Personen nicht nur vorübergehend aufhalten. Voraussetzung für eine Prüfung auf mögliche gesundheitliche Wirkungen durch Bioaerosole ist ferner das Vorliegen von entsprechenden Hinweisen. Anhand einer summarischen Betrachtung aller vorliegenden Hinweise kann entschieden werden, ob Bedarf für eine umweltmedizinische Bewertung besteht. Nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) können sich einzelne Hinweise z. B. ergeben aus:

- Abstand zwischen Wohnort bzw. Aufenthaltsort und Anlage (z. B. <500 m zu Geflügelhaltungsanlagen, <350 m zu Schweinmastbetrieben),
- ungünstige Ausbreitungsbedingungen,
- weitere emittierende Anlagen in der Nähe,
- empfindliche Nutzungen (z. B. Krankenhäuser),
- gehäufte Beschwerden von Anwohnern über gesundheitliche Beeinträchtigungen.

5.5.5.2 Vorgehensweise bei der umweltmedizinischen Prüfung

Liegt in der Summe ein Hinweis auf die Erforderlichkeit einer Prüfung vor, sind Zusatz-, Vor- und Gesamtbelastung zu ermitteln und letztere mit dem Bewertungskriterium zu vergleichen. Falls zur Bewertung der Hintergrundwert nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) benötigt wird, ist dieser ebenfalls zu bestimmen.

Von einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch eine bioaerosolemittierende Anlage ist nicht auszugehen, wenn deren Gesamtbelastung kleiner oder gleich dem Bewertungskriterium ist. Wird das Bewertungskriterium durch die Gesamtbelastung überschritten, ist dies als umweltmedizinisch unerwünscht einzustufen. In diesem Fall sind Maßnahmen zur Emissionsminderung vorzunehmen. Bei geplanten Anlagen kann auch eine Vergrößerung der Entfernung zwischen Anlage und Wohnort vorgenommen werden mit dem Ziel immissionsseitig Bewertungskriterien einzuhalten (VDI 4250 Blatt 1, 2014-08).

Zur umweltmedizinischen Bewertung sind vor allem sogenannte Leitparameter wie Staphylokokken nach VDI 4250 Blatt 3 (2016-08) heranzuziehen. Dies sind emissions- und gesundheitsrelevante Bioaerosole, welche meist natürlicherweise im Hintergrund nicht oder nur in sehr niedrigen Konzentrationen vorkommen. Sogenannte Summenparameter wie Gesamtbakterienzahl und Gesamtpilzzahl sind nach VDI 4250 Blatt 3 (2016-08) für eine umweltmedizinische Bewertung als nachrangig zu bezeichnen, können aber als allgemeine Hygieneparameter angesehen werden und sollten zur Plausibilitätsprüfung der ermittelten Bakterien- und Pilz-Gehalte mitbestimmt werden. Für Mikroorganismen ohne Aufmerksamkeitswert sowie ohne Bestimmungsgrenze als Bewertungskriterium soll für die Gesamtbakterienzahl und/oder Gesamtpilzzahl der Hintergrundwert messtechnisch ermittelt und zur Bewertung herangezogen werden. Weitere Details zur Anwendung der umweltmedizinischen Prüfung finden sich in VDI 4250 Blatt 1 (2014-08). Hier ist auch ein entsprechendes Prüfschema enthalten.

5.5.5.3 Ermittlung der Immissionsbelastung

Die empfohlenen und oben beschriebenen umweltmedizinischen Bewertungsmaßstäbe nach VDI 4250 Blatt 1 (2014-08) sind mit der Immissionsbelastung durch Bioaerosole zu vergleichen. Es ist daher eine gesicherte Ermittlung der Immissionsbelastung, d. h. der sogenannten Immissionskenngrößen (Zusatz-, Vor- und Gesamtbelastung), erforderlich. Hinsichtlich einer fachgerechten Ermittlung der Immissionskonzentrationen kann sich an den Vorgaben des VDI orientiert werden. So werden die Rahmenbedingungen für die Ermittlung der Zusatzbelastung per Ausbreitungsrechnung in der Richtlinie VDI 4251 Blatt 3 (2015-08) („Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen“) beschrieben. Die Grundlagen zur Planung und Durchführung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen lassen sich der Richtlinie VDI 4251 Blatt 1 (2007-02) entnehmen. Die Vorgehensweise bei der Bestimmung von Hintergrundkonzentrationen kann nach VDI 4251 Blatt 2 (2015-08) („Ermittlung gebietstypischer Hintergrundkonzentrationen“) ermittelt werden. Zur Ermittlung der Vorbelastung kann nach VDI 4251 Blatt 4 (2017-01) („Ermittlung der Vorbelastung“) vorgegangen werden.

Ferner wird im bereits erwähnten Leitfaden Bioaerosole der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) die Vorgehensweise zur Ermittlung von Bioaerosolbelastungen (Zusatz-, Vor- und Gesamtbelastung) im Rahmen von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren beschrieben (LAI 2014).

Wilfried Kühling (Stand: 2014)

5.6 Mehrfachbelastungen

5.6.1 Problembeschreibung und Einordnung

Der Begriff *Mehrfachbelastungen* wird häufig verwendet, um die Kumulation von Belastungen zu beschreiben. Er umfasst die Ansammlung von belastend wirkenden Einwirkungen, die ggf. zu einer über

die Relevanz der Einzelwirkungen hinausgehenden Gesamtbelastung führen können. Das Zusammenwirken aller Einzelbelastungen zu einer Gesamtbelastung wird dabei als Einwirkungskomplex verstanden.

Stand der Diskussion

Die umweltmedizinischen Wirkungsuntersuchungen konzentrierten sich bisher hauptsächlich auf die Identifizierung der stoff- bzw. noxenspezifischen Ursachen. Inzwischen zeigen aber verschiedene Untersuchungen bereits eine deutliche Tendenz zur Kumulation verschiedener Umweltbelastungen. Es ist daher die Frage zu stellen, inwieweit sich Belastungsfaktoren *addieren* lassen. Entsprechende Rechtsvorschriften zur Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen könnten hierauf aufbauen. Bisher mangelte es hierzu weitgehend an wissenschaftlich haltbaren und quantifizierenden Aussagen.

Untersuchungen zu Kombinationswirkungen von Umweltnoxen werden seit geraumer Zeit durchgeführt. Im *State of the Art Report* (Kortenkamp et al. 2009) wird anhand der Ergebnisse einer großen Anzahl wissenschaftlicher Studien belegt, dass stoffliche Gemische Kombinationseffekte bei aquatischen und terrestrischen Organismen in der Weise hervorrufen, dass Stoffmischungen toxischer als die jeweiligen Einzelstoffe sind.

Bislang gehen lediglich 4 von 21 untersuchten EU-Regelungen auf stoffliche Mischungen ein: das o.a. Gefährdungspotenzial von Mischungen wird also durch die alleinige Bewertung der Einzelstoffe unterschätzt. Die eingeschränkte und rechtlich unbefriedigende Betrachtung und Begrenzung auf einzelne Schadkomponenten führt inzwischen in der EU zu entsprechenden Diskussionen¹⁰⁸. Diese Auseinandersetzung ist auch vor dem Hintergrund zu betrachten, dass die Umweltpolitik der Union auf *ein hohes Schutzniveau* abzielt und auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung beruht.

Schwierigkeiten bei der Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen

Die Berücksichtigung einer mehrfachen Belastung durch Umweltnoxen chemischer, physikalischer und psychosozialer Art als Einwirkungskomplex ist insbesondere aus medizinischer Sicht schwierig. Die große Variationsbreite der persönlichen Gegebenheiten (wie physischer und psychischer Gesundheitszustand, Vorschädigung etc.) und deren Relevanz für die Reaktion eines Organismus auf zusätzliche Einwirkungen lässt sich nur schwer bestimmen und validieren.

Ein weiterer Grund liegt in der Aufgabe des Gesetzgebers, Bandbreiten von Erkenntnissen oder unklare Einordnungen von Wirkungen justiziabel zu machen. In der Regel sind mit rechtlichen Normen Aussagen verbunden, die Maßnahmen ausschließen oder zulassen und damit klare Vollzugsregeln beinhalten. Auch für die Erlangung von Rechtssicherheit ist meist ein quantifizierbarer und messtechnisch überprüfbarer Wert erforderlich. Es werden also meist eindimensionale, auf mögliche Sanktionen hin ausgerichtete Zahlenwerte verlangt. Gerade durch die vielfältige, nicht immer quantifizierbare Art des Zusammenwirkens verschiedener Umweltnoxen besteht hier ein großes Problem in der Handhabung.

Ein weiteres Problem verursacht der in Forschung, Risikobewertung und Gesetzgebung zu Grunde liegende wissenschaftliche Anspruch, eine kausale (valide nachgewiesene) Beziehung zwischen der Wirkung einer Noxe und einer einzelnen Ursache herzustellen.

Bei der Untersuchung von Mehrfachbelastungen ist zu unterscheiden

¹⁰⁸ In einer Mitteilung der Kommission an den Rat v. 31.5.2012 über Kombinationswirkungen von Chemikalien und Chemische Mischungen werden erste Vorschläge unterbreitet, wie diese zukünftig besser berücksichtigt werden können (EU 2012)

- das Zusammenwirken bzw. die Kombinationswirkung der jeweiligen physikalischen oder chemischen Komponenten untereinander und
- das Zusammenwirken bzw. die Überlagerung der verschiedenen Einflussfaktoren wie Lärm, Strahlung, Schadstoffe etc.

Im Folgenden werden hierbei insbesondere die Wirkungen außerhalb geschlossener Räume betrachtet.¹⁰⁹

5.6.2 Kombinationswirkungen von Umweltnoxen

Durch die Eingrenzung auf den Begriff *Umweltnoxen* soll den von außen auf den Menschen einwirkenden Faktoren Rechnung getragen werden.¹¹⁰

Kombinationswirkungen von Schadstoffen

Bei den verschiedenartigen Wirkungen unterscheidet man:

- *Synergistische Wirkungen* (mehr als additiv): sie können auf verschiedene Weise entstehen.
- *Antagonistische Wirkungen* (weniger als additiv): wie bei synergistischen Wirkungen können auch antagonistische Wirkungen auf chemische oder biologische Weise entstehen.
- *Additive Wirkungen*: im Gegensatz zu antagonistisch und synergistisch wirkenden Stoffen besitzen additiv wirkende Chemikalien A und B denselben Wirkort in der Zelle und dieselbe Wirkweise. Die Wirkungsadditivität lässt sich jedoch nicht durch rein rechnerische Addition der Effekte von Substanz A und B ermitteln.

Um die Relevanz des Themas zu veranschaulichen, soll ein Beispiel skizziert werden:

Witte (2011) beschreibt Untersuchungen zu synergistischen Kombinationswirkungen durch Gemische aus 4 bis 8 Komponenten unspezifisch wirksamer Chemikalien in untoxischen Konzentrationen der Einzelsubstanzen. Die Toxizität wurde anhand der Wachstumshemmung menschlicher Zellen (Fibroblasten) bestimmt. Das Ergebnis:

- alle Mischungen waren trotz nicht toxischer Konzentrationen der einzelnen Komponenten insgesamt toxisch.
- Je höher die Anzahl der Stoffe im Gemisch war, desto toxischer wirkte das Gemisch.
- Bei Berechnung der Kombinationseffekte wirkten alle Gemische synergistisch. Dies steht im Widerspruch zur allgemeinen Annahme einer additiven Wirkung von unspezifisch wirksamen Substanzen.

Betrachtet man diese Erkenntnisse in einem größeren Zusammenhang, so ergibt sich zweierlei (Kühling 2012):

- Das bisherige Vorgehen zur Regulierung gesundheitsschädlicher Umwelteinwirkungen aufgrund von Einzelstoff-Betrachtungen (Ermittlung von Grenzwerten aufgrund von nachweisbaren Kausalbeziehungen) ist unzureichend und bedarf einer stärkeren Berücksichtigung von Kombinationswirkungen bei mehreren Schadstoffen, wie es auch die EU-Kommission inzwischen als notwendig erachtet. Darüber hinaus sollte die staatliche Fürsorgepflicht weiterentwickelt und kon-

¹⁰⁹ Im Außenbereich im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (welches wesentliche Noxen in Bezug auf die menschliche Gesundheit und weitere Umwelt-Schutzgüter regelt) stehen die in den Kapiteln 5.3.8 (Luftverunreinigungen), 5.4.3 (Schallimmissionen) und (ionisierende Strahlung) beschriebenen Noxen im Vordergrund.

¹¹⁰ Hinzu kommen prinzipiell auch die gesundheitlich relevanten psychosozialen Belastungen.

cretisiert werden, um die Möglichkeit von Kombinationswirkungen und Mehrfachbelastungen berücksichtigen zu können.

- Solange belegbare Faktorgrößen einer Mehrfachbelastung nicht bekannt sind und eine adäquate Standardsetzung erschwert ist, sind die Möglichkeiten der international und national eingeführten Vorsorge zur Begrenzung von Belastungen auszuschöpfen. Insbesondere der Abwägungsvorgang von Gesundheits- und Umweltbelangen in Ermessensentscheidungen wie beispielsweise in Planfeststellungsverfahren und in der gesamträumlichen Planung bietet aufgrund der bisherigen Erkenntnisse genügend Spielraum, um Mehrfachbelastungen angemessen berücksichtigen zu können.

Methoden zur Abschätzung der Toxizität von Mischungen

Es existieren bereits Methoden, die das Risiko von Mischungen beschreiben (Kortenkamp et al. 2009, S. 159ff). Sie basieren meist auf dem dort vorgestellten Modell der Konzentrationsadditivität.¹¹¹ So können für eine Bewertung der Mischung beispielsweise die Verhältnisse aus der wahrscheinlichen Umweltkonzentration und einer als sicher erachteten Referenzkonzentration addiert werden. Einige Umweltbehörden und Forschungsinstitute haben bereits praktische Erfahrungen mit der Bewertung von Mischungen gesammelt (Kortenkamp et al. 2009, S. 14).

Für die qualitative und quantitative Modellierung von Wechselwirkungen von Chemikalien mit physikalischen Faktoren müssen jedoch noch entsprechende Konzepte entwickelt werden. Inzwischen vorliegende Untersuchungen zu Kombinationswirkungen und Mehrfachbelastungen zeigen, dass die erforderliche Weiterentwicklung anwendbarer Schutznormen für Mensch und Umwelt ansteht. Diesen Erkenntnissen will auch die EU-Kommission Rechnung tragen (EU 2012). Dort kommen die wissenschaftlichen Ausschüsse zu folgenden Empfehlungen:

- In Fällen, in denen Informationen vorliegen, dass die Wirkungsweise von Noxen ähnlich ist, sollte der Ansatz einer Dosis-/Konzentrationsaddition gewählt werden. Auch im Fall von unbekanntem Wirkungsweisen sollte der Ansatz einer Dosis-/Konzentrationsaddition standardmäßig vorgezogen werden, um ein angemessenes Schutzniveau im Sinne einer konservativen Bewertung zu gewährleisten.
- Bei Umweltauswirkungen sollte die Exposition gegenüber Mischungen unterschiedlich wirkender Stoffe in geringen, aber potenziell relevanten Konzentrationen als möglicherweise bedenklich angesehen werden, selbst wenn alle Wirkstoffe unterhalb ihrer abgeschätzten Nicht-Effekt-Konzentration liegen.

Der regelmäßig geforderte Nachweis einer Ursache-Wirkungs-Beziehung bei einer einzelnen Noxe als Voraussetzung einer validen Grenzwertfindung ist daher zu hinterfragen, wenn z. B. signifikante Nachweise in wissenschaftlichen Untersuchungen auf notwendige Festlegungen hinweisen.¹¹²

Kombinationswirkungen durch Lärm

Wie in Kapitel 5.4.3 näher ausgeführt, setzt das derzeitige Regelungssystem zum Lärmschutz ausschließlich isoliert an den jeweiligen Quellen an, Lärm wird für die verschiedenen Verursachergruppen

¹¹¹ Concentration Addition (CA).

¹¹² Beispiel: Bei einem statistisch signifikant erhöhten Risiko für Leukämie im Kindesalter durch magnetische Wechselfelder unter Hochspannungsleitungen unterbleibt eine entsprechende Grenzwertsetzung, weil möglicherweise mehrere Faktoren in noch unverständlicher Weise zusammenwirken (Geschwentner & Pözl 2011; Kühling 2012)

in der Regel jeweils separat beurteilt. Eine Summation und Beurteilung der beim Empfänger insgesamt einwirkenden Schallimmissionen aufgrund mehrerer, gleichzeitig einwirkender Geräuschquellen findet selten statt. Auch Impulse der *strategischen Lärmkarte*¹¹³ zu einer Gesamtbewertung der verschiedenen Quellen sind nur in Einzelfällen feststellbar. Die auf betroffene Bewohner eines Wohngebietes tatsächlich einwirkenden Schallimmissionen können also beispielsweise in einem dichten Nutzungsgefüge wie einer besiedelten Tallage wesentlich höher sein, als die jeweils für verschiedene Lärm-Teilgefahren zulässigen Schallimmissionen.

Als ein erster und einfacher Schritt können zur Beurteilung von Gesamtlärm die errechneten oder ermittelten Schallpegel verschiedener Schallquellen addiert werden (vgl. TÜV 2000).

Kombinationswirkungen durch elektromagnetische Felder

In verdichteten Stadtbereichen mit hoher Bevölkerungsdichte finden zunehmende Einwirkungen durch elektromagnetische Felder statt. Hierbei handelt es sich um Quellen wie Sendernetze zur lokalen (WLAN) und regionalen (Mobilfunk) Kommunikation, regionale und lokale Hausstromversorgungsleitungen etc. Die sich überlagernden Effekte der Felder führen ggf. zu nicht natürlichen Stimulationen auf den menschlichen Organismus (vgl. Kap.).

5.6.3 Aggregation und Vergleich verschiedener Umwelttoxene als Einwirkungskomplex

Mit übergreifenden, gesamthaften Bewertungsansätzen wurde bereits verschiedentlich versucht, dem Sachverhalt „Mehrfachbelastungen“ Rechnung zu tragen. Eine Übersicht über verschiedene Methoden bieten beispielsweise Fürst & Scholles (2008).

Grundsätzlich erfordert die Verschiedenartigkeit von Wirkungen durch unterschiedliche Belastungen eine Überführung der einzelnen Messgrößen und Bewertungsmaßstäbe (Dezibel, Schadstoffkonzentrationen, magnetische Flusssdichte etc.) in eine neue, einheitliche Skalierung. Hier bieten sich verschiedene Methoden an, die nachfolgend kurz skizziert werden.

Belastungsindizes

Durch die Bildung von Indizes können Ausprägungen mehrerer Belastungsfaktoren auf eine dimensionslose Skala übertragen werden. Voraussetzung ist, dass jeweils ein Bezug zu einer einheitlichen Bewertungsskala besteht. Dies ist zum Beispiel gegeben, wenn Messungen zu verschiedenen Noxen in Bezug zu Schwellenwerten mit gesundheitlicher Wirkung gesetzt werden.

Zur Beschreibung der Luftbelastung durch mehrere Luftschadstoffe kann beispielsweise ein Luftgüte- oder Luftbelastungsindex berechnet werden. Der Belastungsindex stellt eine Beziehung zwischen dem Messwert je Schadstoff und dem dazugehörigen Grenz- oder Richtwert her und wird für alle ausgewählten Luftschadstoffe durchgeführt. Am Ende steht ein Wert, der die Summe aus den Verhältniszahlen der einzelnen Luftschadstoffe (z. B. Jahresbelastung oder Kurzzeitbelastung) zu dem jeweils angesetzten Grenz- oder Richtwert darstellt.

¹¹³ Ein wichtiger Bestandteil der EU-Umgebungslärmrichtlinie ist die Identifikation der Belastung der Bevölkerung durch Umgebungslärm. Dabei werden nach einheitlichen Methoden Lärmschwerpunkte durch eine umfassende, strategische Lärmkartierung ermittelt. Auf Basis dieser Karten werden unter Mitwirkung der Öffentlichkeit Lärmaktionspläne aufgestellt.

Als grundsätzlicher Kritikpunkt ist neben der generellen Problematik der Grenz-/Richtwerte die fehlende Abbildung synergistischer und anderer additiver Wirkungen zu nennen. Die Intensität einer Gesamtbelastung im Hinblick auf gesundheitliche Wirkungen wird daher nur näherungsweise sichtbar.

Wertträgerskalierungen

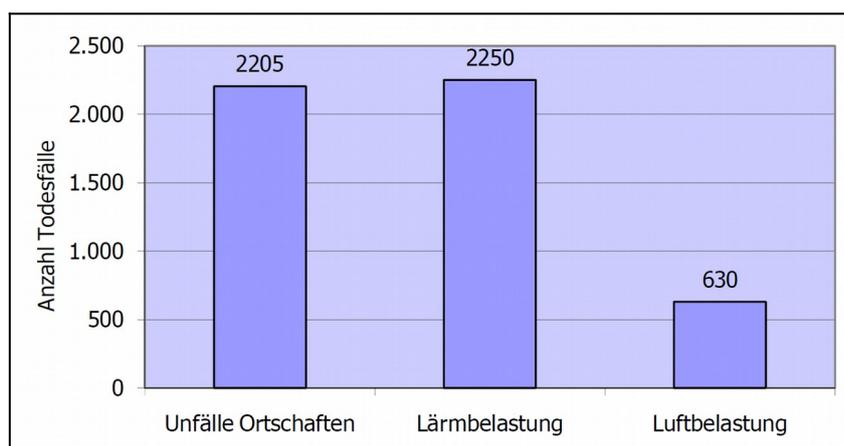
Die Überführung in eine neue, einheitliche Skalierung bietet eine weitere Möglichkeit, unterschiedliche Belastungswirkungen zueinander in Beziehung zu setzen. Häufig wird eine ordinale Skalierung verwendet, die mit Belastungsklassen arbeitet (z. B. nicht belastet – gering belastet – mäßig belastet – stark belastet – sehr stark belastet). Auch lassen sich mit der logischen Verknüpfung und der Präferenzmatrix aus der ökologischen Risikoanalyse sehr spezifische Wirkungsmuster wie Wechselwirkungen berücksichtigen bzw. abbilden. Beispiele für die Darstellung von Wertträgerskalierungen bietet z. B. Hartlik (1998).

Quantifizierung kanzerogener Luftverunreinigungen

Eine Möglichkeit zur Quantifizierung kanzerogener Luftverunreinigungen - zumindest für vergleichende Betrachtungen - liegt in der Verwendung von sog. *unit risk-Schätzungen*. Ein *unit risk* gibt die Risikoeinheit an, welches Krebsrisiko durch lebenslange Exposition gegenüber 1 µg/m³ eines krebserzeugenden Luftschadstoffes entsteht. Ist für einen Luftschadstoff ein unit risk angegeben, so lässt sich prinzipiell ein Konzentrationsmaß bestimmen, mit der je nach verwendeter Risikozahl die dann theoretisch-statistisch zu erwartende Anzahl von Krebsfällen pro betrachtetes Bevölkerungskollektiv quantifiziert werden kann.

Normierung anhand kollektiver Mortalitätsrisiken

Werden Belastungswirkungen allein auf den Menschen bezogen, kann anhand von kollektiven Mortalitätsrisiken eine Normierung erfolgen (siehe Abb. 11). So wird im Vergleich sichtbar, wo möglicherweise prioritäre Maßnahmen zur Begrenzung ansetzen können.



Annahmen: 12,5% Bevölkerungsanteil >65 dB(A) bzw. 47,5% in Ballungszentren

Quelle: Eigene Darstellung nach Neus et al. (1993).

Abb. 11 Normierung der kollektiven Mortalitätsrisiken im Nahbereich Straßenverkehr bzw. Ballungszentren.

Insgesamt zeigen sich erhebliche fachliche Schwierigkeiten bei der Zusammenfassung unterschiedlicher Wirkungskomplexe. Das Problem einer adäquaten wissenschaftlichen Begründung von Wirkungen auch im Hinblick auf die Wirkungsverstärkung bei unterschiedlich einwirkenden Noxen ist allerdings nicht prinzipiell neu. Im Rahmen von gesellschaftlichen Vereinbarungen lassen sich von jeher auch bei unvollständiger Information und unzureichendem Wissen adäquate Einschätzungen gewinnen, die Lösungen und Wege eröffnen. Dieses soll abschließend umrissen werden.

5.6.4 Möglichkeiten zum Umgang mit Mehrfachbelastungen

Mangels fachlich abgesicherter Grenzwertkonzepte und insbesondere mangels valider Aussagen zu Kombinationswirkungen und Mehrfachbelastungen verbleibt als tragfähiger Umgang mit den oben beschriebenen Erkenntnissen die gesellschaftliche Vereinbarung zum Umgang mit Risiken.

Aufgrund der vielfältig berührten Belange und der komplexen Herangehensweise sind Gestaltungsaufgaben angesprochen, die sinnvollerweise durch Instrumente der räumlichen Planung geregelt werden können. Als zentraler Ansatz in der räumlichen Planung zur Lösung dieser komplexen Aufgabe ist die Abwägung der Belange eingeübt.

Dieser Ansatz zur Konfliktlösung erhält sein besonderes Gewicht durch den inzwischen rechtlich normierten Maßstab zur Erreichung einer angestrebten Umweltqualität insgesamt. So verfolgt die Umweltpolitik der Europäischen Union gemäß Artikel 191 Abs. 1 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV)¹¹⁴ die Ziele *Erhaltung und Schutz der Umwelt sowie Verbesserung ihrer Qualität bzw. Schutz der menschlichen Gesundheit*. Gemäß Abs. 2 zielt die Europäische Umweltpolitik auf ein hohes Schutzniveau ab und beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung.

Dieser Anspruch eines hohen Schutzniveaus ist am Beispiel von Luftschadstoffen in deutsche Normen überführt:

- § 50 Satz 2 BImSchG schreibt vor, dass bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen in Gebieten, in denen die in Rechtsverordnungen festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden, bei der Abwägung der betroffenen Belange die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität als Belang zu berücksichtigen ist.
- Analog dazu bestimmt § 26 der 39. BImSchV, dass sich die zuständigen Behörden darum bemühen, die bestmögliche Luftqualität unterhalb der genannten Werte, die mit einer nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen ist, aufrechtzuerhalten und berücksichtigen dies bei allen relevanten Planungen.
- Ebenso klar äußert sich § 1 Abs. 6 Ziffer 7 Buchst. h BauGB, wonach die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität in Gebieten, in denen die durch Rechtsverordnung zur Erfüllung von bindenden Beschlüssen der Europäischen Gemeinschaften festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden, als Belang zu berücksichtigen ist.

Damit sind bei Ermessensentscheidungen und in der räumlichen Planung Anforderungen gestellt, die im Rahmen des Abwägungsgrundsatzes eine *Berücksichtigung* und damit in der Folge eine nachprüf- bare Auseinandersetzung dahingehend erfahren müssen, ob die *bestmögliche Qualität* erreicht wird. Darüber hinaus kann eine bestmögliche Qualität auch im Sinne der EU als Verbesserungsgebot interpretiert werden.

¹¹⁴ Ehemaliger Artikel 174 des Vertrages zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft (EGV).

Dieser Abwägungsspielraum deutlich unterhalb bestehender verbindlicher Mindeststandards wird auch sichtbar in der rechtlichen Interpretation des planerischen Vorsorgebereichs. Maßnahmen zur Qualitätssicherung bzw. zur Belastungsverringerung lassen sich also bereits deutlich unterhalb festgelegter Normen und Standards sowohl fachlich (siehe oben Kombinationswirkungen und Mehrfachbelastungen) als auch rechtlich begründen. Der hiermit konkretisierbare Qualitätsanspruch kann aus Gründen der Gleichbehandlung auf Noxen auch außerhalb des Bereichs von Luftschadstoffbelastungen übertragen werden.

Der Anspruch eines hohen Schutzniveaus unterhalb verbindlicher Grenzen zur Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen kann im Rahmen der Abwägung bei Planungsprozessen erreicht werden. Wenn also Quantifizierungen bei Mehrfachbelastungen heute noch schwer in eine rechtliche Kategorie zulässiger Grenzen eingebaut werden können, so sind die Wirkungsverstärkungen durch Mehrfachbelastung über die Abwägung bei Ermessensentscheidungen bereits jetzt grundsätzlich berücksichtigungsfähig.

6. Planungsprozesse und Verwaltungsverfahren

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

6.1 Einführung

Eine verbesserte Berücksichtigung gesundheitsbezogener Belange im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge hängt von ihrer effizienten und möglichst frühzeitigen Integration in bestehende Planungs- und Zulassungsverfahren ab. In Abhängigkeit von der jeweiligen Betrachtungsebene sind die Gesundheitsbelange in diese Prozesse einzubringen und im Zuge der Abschichtung bis auf die örtliche Ebene der Bauleitplanung bzw. der Ebene der gesundheitsbezogenen Stellungnahmen im Rahmen von Zulassungsverfahren zu konkretisieren.

In den folgenden Abschnitten werden daher entsprechende Prozesse und Verfahren vorgestellt, in denen sich Gesundheitsbelange etablieren müssen, um eine nachhaltige Berücksichtigung der Belange und eine vorausschauende Gesundheitsplanung zu ermöglichen.

Die Einbringung gesundheitsbezogener Belange in diese Planungsprozesse und Verfahren kann an verschiedenen Stellen anknüpfen:

- *frühzeitig* als Bestandteil der Antragsunterlagen, beispielsweise wenn im Vorfeld bei der Besprechung der beizubringenden Unterlagen die zuständige Behörde die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als erheblich einschätzt und entsprechende Auswirkungsuntersuchungen auf das Schutzgut Menschen bzw. menschliche Gesundheit festlegt,
- *im Verfahren* bei der Beteiligung berührter Behörden, wie es die Gesundheitsbehörden in der Regel im Rahmen von Umweltprüfungen sein dürften,¹¹⁵ in dem eine Stellungnahme zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Vorhabens bzw. zu den entsprechenden Bestandteilen der Antragsunterlagen des Vorhabenträgers von der zuständigen Behörde angefordert wird,
- als eigenes *Sachverständigengutachten*, wenn dies für die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen notwendig erscheint.¹¹⁶

Sabine Baumgart

6.2 Raumordnung und Regionalplanung

Gesundheit bzw. Gesundheitsvorsorge ist ein klassisches Thema in der Raumplanung, da es sowohl in der Raumordnung als auch der Bauleitplanung zu den explizit zu berücksichtigenden Grundsätzen der Raumordnung bzw. städtebaulichen Belangen gehört. Mangelnde Hygiene und ausbrechende Epidemien in den stark wachsenden Zentren waren ein wesentlicher Grund für die Schaffung städtebaurechtlicher Regelungen, die über die reine Vorgabe von Fluchtlinien hinaus auch Art und Maß der baulichen Nutzung in der Fläche betrafen.

Dies ist im Raumordnungsgesetz und im Baugesetzbuch verankert. Dort heißt es für die überörtliche Planung in § 2 Abs. 3 ROG:

¹¹⁵ Die Gesundheitsbehörden werden z. B. explizit bei der Behördenbeteiligung nach § 14h UVPG im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung erwähnt.

¹¹⁶ Z. B. nach § 13 9. BImSchV.

„Die Versorgung mit Dienstleistungen und Infrastrukturen der Daseinsvorsorge, insbesondere die Erreichbarkeit von Einrichtungen und Angeboten der Grundversorgung für alle Bevölkerungsgruppen, ist zur Sicherung von Chancengerechtigkeit in den Teilräumen in angemessener Weise zu gewährleisten. [...] Dem Schutz kritischer Infrastrukturen ist Rechnung zu tragen.“

Auf der örtlichen Ebene gilt § 1 Abs. 1 Nr. 1 BauGB:

„(6) Bei der Aufstellung der Bauleitpläne sind insbesondere zu berücksichtigen: die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung.“

Die Koordinationsfunktion von Raumplanung, die bei dem Thema Gesundheit, wo eine Vielzahl staatlicher und privatwirtschaftlicher Akteure mit ihrem raumrelevanten Handeln aufeinander abzustimmen ist, sollte hier genutzt werden.

Auf der überörtlichen Ebene sind die Raumordnungspläne von großer Bedeutung, da sie als zusammenfassende, überörtliche und fachübergreifende Pläne raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen entwickeln, ordnen und sichern sollen. Dabei sind zum einen die unterschiedlichen Anforderungen an den Raum aufeinander abzustimmen und die auf der jeweiligen Planungsebene auftretenden Konflikte auszugleichen. Zum anderen hat die Raum- und Regionalplanung Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raums zu treffen und dabei der Leitvorstellung einer *nachhaltigen Raumentwicklung* zu folgen (vgl. § 1 ROG). Sie setzt für die örtliche Planung einen Rahmen, hat aber mit dem sog. *Gegenstromprinzip* auch die örtlichen Interessenslagen in einem formell geregelten Abwägungsprozess zu berücksichtigen. Während die in dem Regionalplan enthaltenen Grundsätze in der weiteren Abwägung zu berücksichtigen sind, sind verbindliche Vorgaben in Form von räumlich und sachlich bestimmten oder bestimmbar Zielen in der örtlichen Planung zu beachten (vgl. § 1 Abs. 4 BauGB).

Die Raumordnungspläne enthalten Festlegungen zur Raumstruktur, insbesondere zu der anzustrebenden Siedlungs- und Freiraumstruktur, sowie zu den zu sichernden Standorten und Trassen für Infrastrukturvorhaben (vgl. § 8 ROG). Das Verfahren zur Aufstellung bzw. Änderung umfasst die Durchführung einer Umweltprüfung, in der die voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen des Raumordnungsplans auf die Schutzgüter im Zuge der Erstellung eines Umweltberichts geprüft werden. Dazu gehören an erster Stelle das Schutzgut Mensch, einschließlich der menschlichen Gesundheit, aber auch Tiere, Pflanzen, die biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Sach- und Kulturgüter sowie die Wechselwirkung (vgl. § 9 ROG).

Bei der Aufstellung der Raumordnungspläne werden gem. § 10 ROG die in ihren Belangen berührten öffentlichen Stellen und die Öffentlichkeit beteiligt, in dem sie über die Pläne unterrichtet werden und ihnen Gelegenheit zur Stellungnahme eingeräumt wird. In dem sich anschließenden Abwägungsprozess können die Belange der menschlichen Gesundheit bereits auf regionaler Ebene eingebracht und auf nachteilige Auswirkungen der Planung hingewiesen werden. Notwendig ist eine der regionalen Planungsebene angemessene Differenzierung nach Art und Charakter des Instruments in Bezug auf seine Aussagebreite und -tiefe und seines tatsächlichen Einsatzes – sei es der formelle Regionalplan, ein sektorales oder integrierendes Entwicklungskonzept oder das vorhabenbezogene Planfeststellungsverfahren einer Bundesstraße.

Um die Raumverträglichkeit raumbedeutsamer Planungen und Maßnahmen zu prüfen, werden Raumordnungsverfahren (ROV) durchgeführt. Die dafür erforderlichen Unterlagen einschließlich einer in der Regel durchzuführenden raumordnerische Umweltverträglichkeitsprüfung mit Prüfung von Standort- und Trassenalternativen werden vom Träger der Planung vorgelegt (vgl. § 15 ROG). Für welche Planungen und Maßnahmen dieses Verfahren durchzuführen ist, wird auf Landesebene geregelt.

Für die Untersuchung der Auswirkungen auf das Schutzgut menschliche Gesundheit auf dieser Planungsebene sind demnach zwei Ansatzpunkte zu verfolgen:

- Das Einbringen gesundheitlicher Belange kann einerseits auf Ebene der Aufstellung von Raumordnungsplänen über die Betrachtung potenzieller Auswirkungen auf die Gesundheit z. B. infolge der Festlegung von Vorrang- oder Vorsorgegebieten zur Rohstoffgewinnung, für (erneuerbare) Energie oder für Siedlungsentwicklung erfolgen. Dies geschieht in der Regel im Rahmen der *Strategischen Umweltprüfung (SUP)*.¹¹⁷
- Gesundheitliche Belange können andererseits im Rahmen von Raumordnungsverfahren mit integrierter Umweltprüfung betrachtet werden, in denen die schutzgutbezogenen Auswirkungen raumbedeutsamer Vorhaben zu berücksichtigen und in die Abwägung einzustellen sind. Hier stellen die im Wirkungskreis berührten Gesundheitsbehörden mit ihren Stellungnahmen einen wichtigen Faktor dar.

Ergänzend zum ersten Spiegelpunkt wäre auch vorstellbar, die etablierten raumordnerischen Sachkategorien¹¹⁸ um eine Kategorie *Gesundheitsförderungsrelevante Vorranggebiete/-standorte* zu ergänzen. Dies käme einem Fachplan Gesundheit (vgl. Kap. 7.5) auf Regionalebene gleich.¹¹⁹

Klaus von Zahn (Stand: 2014)

6.3 Planungen auf örtlicher Ebene

Die Bauleitplanung wird unterschieden in die das gesamte Gemeindegebiet umfassende Flächennutzungsplanung (vorbereitender Bauleitplan in kleinerem Maßstab) und die detailliertere Bebauungsplanung für einzelne Baugebiete, auch „verbindliche Bauleitplanung“ genannt (verbindlicher Bauleitplan in größerem Maßstab).

Beide Arten der Bauleitplanung werden in formalisierten Verfahren durchgeführt, die die Beteiligung der Behörden, der sogenannten *Träger öffentlicher Belange* und der Öffentlichkeit vorsehen. Sowohl in der frühzeitigen Behördenbeteiligung (§ 4 Abs. 1 BauGB) als auch in der Behördenbeteiligung (§ 4 Abs. 2 BauGB) werden den Fachdienststellen städtebauliche Planungen im Entwurf zugestellt und um Stellungnahme gebeten. Es können dabei alle Belange, die durch eine städtebauliche Planung betroffen werden, vorgebracht werden. Dabei hat sich jede Fachbehörde auf die eigenen inhaltlichen wie räumlichen Zuständigkeiten zu beschränken (vgl. § 4 Abs. 2 Satz 3 BauGB). Hier liegt die relevanteste Abgrenzungsproblematik für Gesundheitsbehörden insbesondere in den Themenbereichen, die durch die Umwelt- und Grünflächenämter bearbeitet werden.

Im Zuge der Beteiligung betroffener Behörden an der Bauleitplanung ist die Möglichkeit für Gesundheitsbehörden, gesundheitliche Aspekte einzubringen, am effizientesten. Alle Stellungnahmen und mündlich vorgebrachten Anregungen müssen von den Planungsämtern in der weiteren Bearbeitung berücksichtigt und abgewogen werden. Dabei sind die in Kapitel 3.4 (s. S. 32) erläuterten grundsätzlichen Anforderungen an die Gesundheitsrelevanz einer Planung zu beachten. Es gilt der Grundsatz,

¹¹⁷ Die SUP ist gemäß Anlage 3 UVPG für Raumordnungspläne nach § 8 ROG, also landesweite Raumordnungspläne, Regionalpläne und regionale Flächennutzungspläne“, sowie Pläne nach § 17 ROG, die den Gesamttraum betreffen, nach den Vorschriften der §§ 14a ff. UVPG durchzuführen. Die SUP ergänzt die projektbezogene Ebene der Umweltfolgenabschätzung der UVP auf Programm- und Ebene.

¹¹⁸ Z. B. flächige Vorrang-/Vorsorgeflächen für Land-, Forst-, Wasser-, Abfall- und Wasserwirtschaft, Rohstoffgewinnung, Energie, Natur und Landschaft sowie Erholung bzw. punkt- oder linienförmige Vorrangstandorte/-trassen für Infrastruktur, Siedlungsflächen, Abfallbehandlungsanlagen etc.

¹¹⁹ So z. B. das Vorhaben "Masterplan Umwelt und Gesundheit NRW" in diese Richtung. In diesem Masterplan werden Themen wie Lärm, gesunde Ernährung oder nachhaltige Mobilität auf Landesebene angesprochen. Damit soll der Masterplan die Vorarbeiten aus dem Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit NRW (APUG) fortführen und als integriertes Gesamtkonzept den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in NRW stärken. Der erste Entwurf des Masterplans soll Ende 2014 vorliegen (siehe <http://www.dialoggestalter.de/projekte/masterplan-umwelt-und-gesundheit-nrw.html>).

dass die Wahrscheinlichkeit einer Realisierung von Anregungen bzw. Forderungen umso größer ist, je überzeugender sie begründet sind. Von großer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang aus Regelwerken und Fachplanungen resultierende Grenz-, Richt- und Orientierungswerte.

In der abschließenden öffentlichen Auslegung können weiterhin Anregungen vorgebracht werden. Dieser Verfahrensschritt ist aber in erster Linie als Bürgerbeteiligung zu verstehen. Fachbehörden sollten ihre Belange zu diesem Zeitpunkt bereits eingebracht haben.

Vor dem Hintergrund der demographischen, sozio-ökonomischen und technologischen Veränderungen und angesichts der Tatsache, dass vor allem im Bestand Veränderungen erfolgen, stellen sich neue Planungsanforderungen. Bei bestandsorientierten Konzepten und Plänen orientieren sich städtebauliche Sanierungsmaßnahmen (vgl. § 136 ff BauGB) auf die *Behebung städtebaulicher Missstände*, die dann vorliegen, *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 nicht entspricht.*¹²⁰

Bei der Beurteilung sind insbesondere zu berücksichtigen (vgl. § 136 Abs. 3 BauGB)

„die Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder die Sicherheit der in dem Gebiet wohnenden und arbeitenden Menschen in Bezug auf die Belichtung, Besonnung und Belüftung der Wohnungen und Arbeitsstätten, ... die Einwirkungen, die von Grundstücken, Betrieben, Einrichtungen oder Verkehrsanlagen ausgehen, insbesondere durch Lärm, Verunreinigungen und Erschütterungen, ... die Funktionsfähigkeit des Gebiets in Bezug auf z. B. ... , die infrastrukturelle Erschließung des Gebiets, seine Ausstattung mit Grünflächen, Spiel- und Sportplätzen und mit Anlagen des Gemeinbedarfs, insbesondere unter Berücksichtigung der sozialen und kulturellen Aufgaben dieses Gebiets im Verflechtungsbereich. ... Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen dienen dem Wohl der Allgemeinheit und sollen die bauliche Struktur in allen Teilen des Bundesgebiets nach den sozialen, hygienischen, wirtschaftlichen und kulturellen Erfordernissen entwickeln, ...“

Auch städtebauliche Entwicklungsmaßnahmen zielen auf den Bestand und seine Neustrukturierung ab, wenn es *das Wohl der Allgemeinheit die Durchführung der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme erfordert, insbesondere zur Deckung eines erhöhten Bedarfs an Wohn- und Arbeitsstätten, zur Errichtung von Gemeinbedarfs- und Folgeeinrichtungen oder zur Wiedernutzung brachliegender Flächen* (§ 165 BauGB). Dabei übernimmt die Gemeinde die Rolle des Grundeigentümers, indem sie die erforderlichen Flächen ankauft, beplant, neu ordnet und voll erschlossen an Bauwillige veräußert.

Demgegenüber zielt der Stadtbau auf die Mitwirkung privater Akteure über Stadtbauverträge¹²¹ ab, dies auf der Grundlage städtebaulicher Entwicklungskonzepte zu realisieren. Sie beinhalten Maßnahmen, die (vgl. § 171a Abs. 3 BauGB)

„insbesondere dazu beitragen, dass erstens die Siedlungsstruktur den Erfordernissen der Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaft sowie den allgemeinen Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung angepasst wird, zweitens die Wohn- und Arbeitsverhältnisse sowie die Umwelt verbessert werden, drittens innerstädtische Bereiche gestärkt werden, viertens nicht mehr bedarfsgerechte bauliche Anlagen einer neuen Nutzung zugeführt werden, fünftens einer anderen Nutzung nicht zuführbare bauliche Anlagen zurückgebaut werden, sechstens brachliegende oder freigelegte Flächen einer nachhaltigen, insbesondere dem Klimaschutz und der Klimaanpassung dienenden oder einer mit diesen verträglichen Zwischennutzung zugeführt werden, innerstädtische Altbaubestände nachhaltig erhalten werden.“

Diese bestandsorientierten Planverfahren bieten gute Möglichkeiten zur aktiven Beteiligung der Bevölkerung zur Diskussion und Partizipation zum Thema Gesundheit.

¹²⁰ § 136 Abs. 2 Nr. 1 BauGB.

¹²¹ Vgl. § 171 BauGB.

Fachpläne

Formelle und informelle Fachpläne werden in der Regel von den verschiedenen Fachbehörden aufgestellt und betreffen einzelne planerische Belange. Es gibt eine ausgesprochen große Vielfalt insbesondere an kommunalen Fachplänen, von denen die meisten gesundheitsrelevante Aspekte aufweisen. Als Beispiele angeführt seien Grünordnungspläne, Stadtklimaanalysen, Verkehrsentwicklungsplanungen, Lärmaktionsplanung/Lärminderungspläne, Luftreinhaltepläne oder auch Stadtentwicklungskonzepte.

Die Beteiligung der Gesundheitsbehörden bei der Erarbeitung solcher Fachpläne ist uneinheitlich und stark von den jeweiligen kommunalen Zusammenarbeitsstrukturen und Gesamtkonstellationen abhängig. Eine aktive Mitarbeit bei der Erstellung solcher Fachpläne ist empfehlenswert, da sie über Jahre, oftmals sogar über Jahrzehnte hinweg die Rahmenbedingungen für die Entwicklung der jeweils thematisierten Bereiche vorgeben. Sie sind unter anderem bei der Aufstellung von Bauleitplänen zu berücksichtigen (§ 1 Abs. 6 Nr. 7e, g und Nr. 11 BauGB) und wirken nicht zuletzt auf diesem Wege auf Planungsprozesse ein.

Dirk Heller (Stand: 2014)

6.4 Anlagenplanung und Genehmigungsverfahren

Die im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (Industrieanlagen, Abfallbehandlungsanlagen, Massentierhaltungen etc.) durchzuführenden Umweltverträglichkeitsprüfungen stellen den überwiegenden Anteil der insgesamt in Deutschland durchgeführten Prüfungen dieser Art dar. Das Genehmigungsverfahren für industrielle und gewerbliche Anlagen ist in § 10 BImSchG geregelt. Konkrete Vorschriften zum Verfahrensablauf werden detailliert in der 9. BImSchV beschrieben.

Bei der Neuerrichtung einer Anlage ist eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach § 4 BImSchG erforderlich, wenn die Anlage im Anhang der 4. BImSchV aufgeführt ist. Wird eine bestehende Anlage, die immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig ist, verändert, kommen grundsätzlich drei Möglichkeiten in Betracht: Es ist die Erteilung einer Änderungsgenehmigung nach § 16 BImSchG erforderlich oder die Anlagenänderung ist nach § 15 BImSchG anzuzeigen oder die Änderung erfordert kein immissionsschutzrechtliches Verfahren.¹²²

Die Art des durchzuführenden Verfahrens richtet sich gemäß § 2 der 4. BImSchV nach der Einstufung der Anlage im Anhang der 4. BImSchV und einer möglichen UVP-Pflicht:

- Spalte 1: *Förmliches Genehmigungsverfahren* mit öffentlicher Bekanntmachung des Vorhabens sowie der Auslegung des Antrags und der Unterlagen (§ 10 BImSchG),
- Spalte 2: *Vereinfachtes Genehmigungsverfahren* ohne Öffentlichkeitsbeteiligung (§ 19 BImSchG).

Bei Genehmigungsverfahren kommt die Konzentrationswirkung nach § 13 BImSchG zum Tragen, d. h. andere anlagenbezogene behördliche Entscheidungen (z. B. Baugenehmigung, Dampfkesselerlaubnis; nicht dagegen: wasserrechtliche Erlaubnisse oder Einleitungsgenehmigungen) werden in einem einzigen Genehmigungsbescheid zusammengefasst. Im Unterschied zum Genehmigungsverfahren enthält die Anzeige keine Konzentrationswirkung. Sofern andere behördliche Entscheidungen erfor-

¹²² Vgl. MUNLV NRW 2008.

derlich sind (z. B. eine Baugenehmigung), müssen diese separat beantragt werden. Im immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren übernimmt die Genehmigungsbehörde die Einbindung der zu beteiligenden Behörden, die an das Verfahren fachliche Anforderungen stellen (vgl. MUNLV NRW 2008).

Der Ablauf des *förmlichen* Genehmigungsverfahrens gestaltet sich nach § 10 Abs. 2 bis 4, 6 bis 9 BImSchG und den detaillierten Vorschriften der 9. BImSchV wie folgt (vgl. MULNV 2008):

1. Bekanntmachung

Die Bekanntmachung des Vorhabens erfolgt nach erfolgreicher Vollständigkeitsprüfung der Antragsunterlagen im amtlichen Veröffentlichungsblatt der Genehmigungsbehörde und zumindest einer örtlichen Tageszeitung am Standort der Anlage bzw. im Internet.

4. Auslegung der Antragsunterlagen

Die Antragsunterlagen sowie sonstige entscheidungserhebliche Berichte und Empfehlungen, die der Behörde im Zeitpunkt der Bekanntmachung vorliegen, sind - mit Ausnahme der Unterlagen, die Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse enthalten - frühestens eine Woche nach der Bekanntmachung bei der Genehmigungsbehörde und in der Regel bei der Stadt-/Gemeindeverwaltung einen Monat für die Öffentlichkeit zur Einsicht auszulegen.

5. Einwendungen

Bis 2 Wochen nach Ablauf der Auslegungsfrist können gegen das Vorhaben Einwendungen erhoben werden.

6. Erörterungstermin

Rechtzeitig erhobene Einwendungen, die nicht auf besonderen privatrechtlichen Titeln beruhen, können, wenn die zuständige Behörde dies für erforderlich hält, nach Ablauf der Einwendungsfrist mit der Antragstellerin, den einwendenden Personen und beteiligten Behörden in einem öffentlichen Erörterungstermin erörtert werden. Zweck des Termins ist es, die Einwendungen, soweit diese für die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen von Bedeutung sind, zu besprechen und den einwendenden Personen Gelegenheit zu geben, ihre Einwendungen zu erläutern. Über den Verlauf und die Ergebnisse des Erörterungstermins ist von der Genehmigungsbehörde eine Niederschrift zu fertigen. Der Antragstellerin ist eine Abschrift der Niederschrift zu übersenden, auf Antrag auch den einwendenden Personen.

7. Zustellung des Genehmigungsbescheides

Nach Abschluss des Verfahrens ist der Genehmigungsbescheid öffentlich bekannt zu machen und der Antragstellerin sowie den einwendenden Personen zuzustellen.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist für ein Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich. Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) unterscheidet zwischen Vorhaben, bei denen die Durchführung einer UVP aufgrund ihrer Größe und Eigenart obligatorisch ist (Spalte 1 der Anlage 1 UVPG) und Vorhaben, bei denen einzelfallbezogen das Erfordernis einer UVP von der zuständigen Behörde festzustellen ist (Spalte 2 der Anlage 1 UVPG). Bei der Einzelfallprüfung, auch als *Screening* bezeichnet, wird zwischen einer *allgemeinen* und einer *standortbezogenen Vorprüfung des Einzelfalls* unterschieden.

Mit der Umweltverträglichkeitsprüfung sollen bei bestimmten Vorhaben die Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens ermittelt, beschrieben, bewertet und bei der Zulassungsentscheidung berücksichtigt werden.

UVP-pflichtige Vorhaben müssen stets öffentlich bekannt gemacht werden. Sollte bei Vorhaben, die lediglich einer allgemeinen oder standortbezogenen Vorprüfung bedürfen, die Vorprüfung ergeben, dass eine UVP nicht erforderlich ist, genügt es, wenn dies der Öffentlichkeit bekannt gegeben wird. Führt die Vorprüfung des Einzelfalles zur Durchführung einer UVP, muss dies im förmlichen Verfahren, also unter Beteiligung der Öffentlichkeit erfolgen (§ 2 Abs. 1c 4. BImSchV) (MUNLV NRW 2008).

Die UVP ist als unselbstständiger Teil in das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren integriert. Vorschriften über die UVP formulieren keine zusätzlichen Umweltqualitätsziele oder Grenzwerte. Die materiellen Anforderungen an ein Vorhaben werden allein durch fachgesetzliche Vorschriften bestimmt.¹²³ Die UVP muss sich insoweit an den gesetzlichen Umweltauflagen und dem damit im Zusammenhang stehenden Beurteilungsspielraum der Genehmigungsbehörde orientieren (MUNLV NRW 2008). Zudem stellt bei Genehmigungsverfahren nach BImSchG die Zulassungsentscheidung nach überwiegender Rechtsauffassung eine *gebundene Entscheidung* bzw. *Kontrollerrlaubnis* dar. Kontrollerrlaubnisse sind Zulassungsentscheidungen, auf deren Erteilung der Antragsteller einen grundrechtlichen Anspruch hat, wenn die gesetzlichen Zulassungsvoraussetzungen vorliegen. Zu den oben genannten Aspekten bestehen allerdings auch andere Auffassungen. Hiernach genüge die bloße Beschränkung auf die fachgesetzlichen Vorschriften hinsichtlich des Untersuchungsumfanges, bei der Bewertung und der Zulassungsentscheidung nicht den Anforderungen, welche sich aus den Vorgaben der EU zur UVP ergeben, sowie denjenigen, welche an eine gute fachliche UVP-Praxis gestellt werden (vgl. Bechmann 2003).

In Anlagenzulassungsverfahren und der dort verfahrensrechtlich notwendigen Umweltverträglichkeitsprüfung sind die Erkenntnisse über mögliche Umweltauswirkungen zu verwerten, die in bereits zuvor durchgeführten Umweltverträglichkeitsprüfungen, etwa in Raumordnungsverfahren oder in Strategischen Umweltprüfungen von Plänen/Programmen, gewonnen wurden. Dieser Prozess, der auch als *Abschichtung* bezeichnet wird, ist in § 17 Abs. 3 UVPG geregelt. Umgekehrt ermöglicht die Abschichtung es, dass im Rahmen eines Verfahrens zur Aufstellung eines Plans/Programms, dem Zulassungsverfahren folgen, nicht bereits sämtliche Auswirkungen des Plans und seiner Bestandteile in allen ihren Details, die auf dieser Ebene ohnehin in der Regel noch nicht vorliegen dürften, ermittelt und bewertet werden müssen (Sellner, Reidt und Ohms 2006).

Ferner ist zu erwähnen, dass bei UVP-pflichtigen Genehmigungsverfahren nach BImSchG nach allgemeiner Rechtsauffassung keine Verpflichtung besteht, eine Alternativenprüfung durchzuführen. Auch hat die Behörde dies bei einer Prüfung im Rahmen der Entscheidungsfindung nicht zu kontrollieren. Bei Anlagenzulassungsverfahren muss daher nicht thematisiert werden, an welchem Standort die Anlage errichtet und betrieben werden soll.

¹²³ Z. B. die Anhänge der Abwasserverordnung, die TA Luft oder die TA Lärm.

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

6.5 Planfeststellungsverfahren

Planfeststellungsverfahren sind für zahlreiche umweltrelevante Projekte vorgeschrieben. Gegenstand eines Planfeststellungsverfahrens sind konkrete raumbezogene Vorhaben wie z. B. der Bau einer Autobahn, einer Bundeswasserstraße, eines Flughafens, eines Eisenbahnprojektes, Maßnahmen zur Gewässerumgestaltung oder der Bau von Stromenergieleitungen. Dabei handelt es sich in der Regel um einen umfassenden Planungsauftrag, in dem zahlreiche unterschiedliche Belange geprüft und in einer Planungsentscheidung mit- und gegeneinander abgewogen werden.

Planfeststellungsverfahren besitzen einen einheitlichen Ablauf, in den die Prüfung der Umweltverträglichkeit und damit auch die Prüfung gesundheitsrelevanter Belange integriert ist. Der Standardablauf ist durch das Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) vorgegeben. Die Paragraphen 72 bis 78 VwVfG enthalten die zentralen Regelungen. Den Ablauf verdeutlicht Abb. 12.

Der Vorhabenträger stellt zu Beginn die Antragsunterlagen zusammen, deren Inhalte durch die entsprechenden Fachgesetze vorgegeben sind. Zu diesem Zweck wird in der Regel frühzeitig ein Besprechungstermin, häufig auch als Antragskonferenz bezeichnet, mit den Verfahrensbeteiligten über Inhalt, Umfang und Methoden der beizubringenden Unterlagen durchgeführt.

Die zuständige Behörde (Planfeststellungsbehörde) entscheidet nach Durchführung dieses Termins über den Anforderungskatalog an die beizubringenden Unterlagen. Dabei werden die in ihrem sachlichen oder räumlichen Wirkungsbereich betroffenen Behörden, die vom Vorhaben betroffenen Träger öffentlicher Belange (in der Regel einschließlich der anerkannten Umweltverbände) sowie die sonstigen vom Vorhaben betroffenen Personen beteiligt.

Nach Erstellung der Antragsunterlagen prüft die Planfeststellungsbehörde die Vollständigkeit und Plausibilität der Unterlagen und stellt gegebenenfalls Nachforderungen. Nach Feststellung der Vollständigkeit werden die Antragsunterlagen in den Gemeinden öffentlich ausgelegt, in denen Umweltauswirkungen zu erwarten sind. Auf Basis der für mindestens einen Monat ausgelegten Unterlagen können schriftlich oder mündlich (zur Niederschrift) vorgetragene Einwendungen bis zu zwei Wochen nach Ende der Auslegung zum Vorhaben erfolgen. Bei besonders konflikträchtigen Großvorhaben sind häufig mehrere tausend Einwendungen (bei atomrechtlichen Verfahren zum Teil auch teilweise über 100.000) zu verarbeiten. Alle Einwendungen müssen dabei auf ihren Gehalt an Sachargumenten untersucht werden.

Anschließend erfolgt die Durchführung eines Erörterungstermins, in dem die Anhörungsbehörde die erhobenen Einwendungen und die Stellungnahmen der betroffenen Behörden mit den Verfahrensbeteiligten bespricht.¹²⁴ Bei Vorhaben mit überschaubaren Auswirkungen kann dieser Termin in wenigen Stunden abgewickelt werden, bei Großprojekten kann es sich um eine Kette von themenbezogenen Terminen handeln, die sich insgesamt über Monate hinziehen können. Der Erörterungstermin sollte möglichst innerhalb von drei Monaten abgeschlossen werden.

¹²⁴ Dieser Termin kann aber in bestimmten Verfahren aufgrund spezieller Vorschriften entfallen (die Behörde entscheidet hierüber nach ihrem Ermessen). Ob dieses Ermessen auch in UVP-Verfahren besteht, ist umstritten.

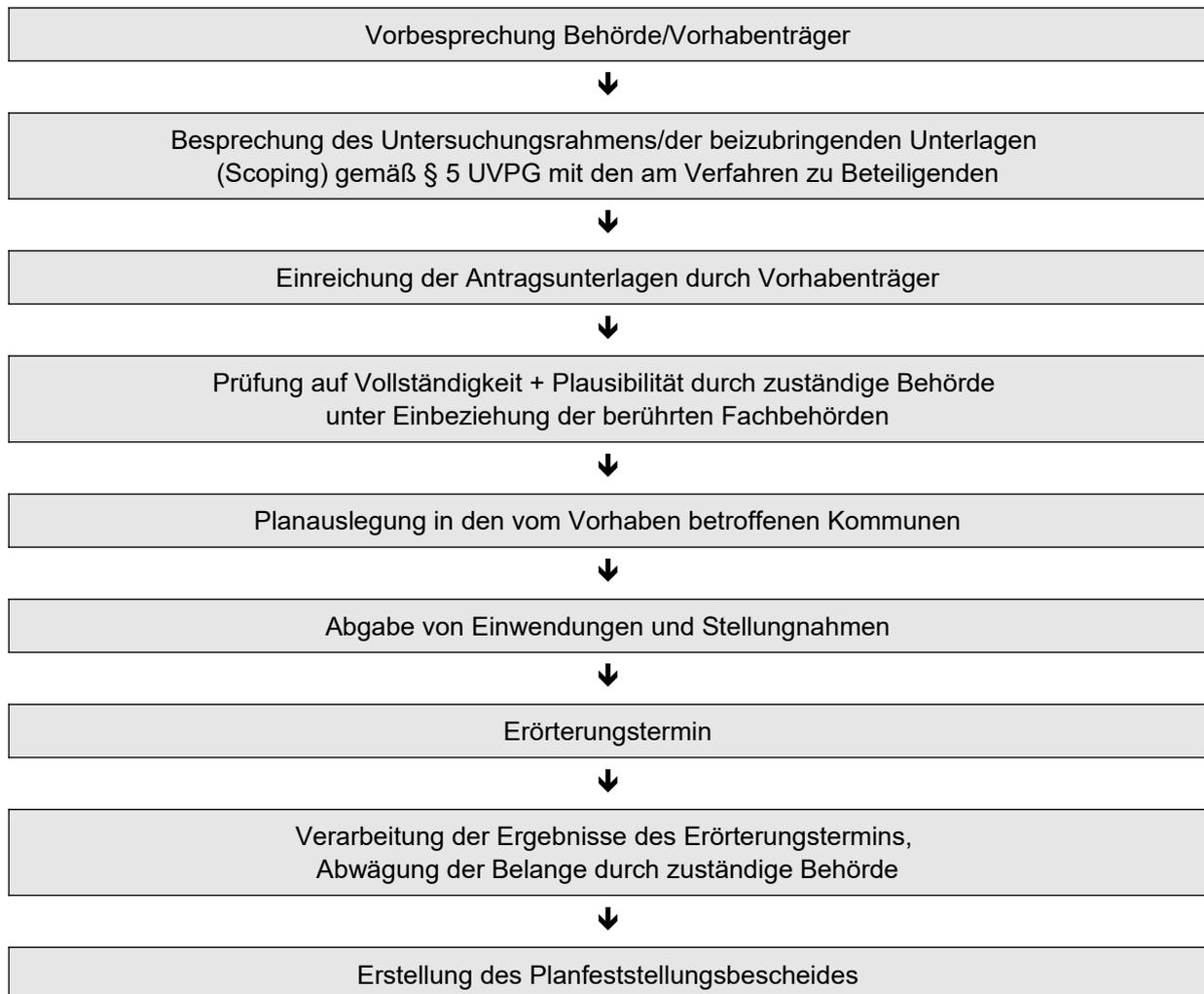


Abb. 12 Ablaufschema Planfeststellungsverfahren

Im abschließenden Planfeststellungsbeschluss entscheidet die zuständige Behörde über die Einwendungen, über die keine Einigung im Erörterungstermin erzielt werden konnte. Die Planfeststellungsbehörde hat dem Träger des Vorhabens gegebenenfalls Auflagen oder Vorkehrungen für die Errichtung oder den Unterhalt von Anlagen vorzugeben, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Soweit im Verfahren eine Alternativenprüfung durchgeführt wurde, wird die über alle Belange hinweg günstigste Variante planfestgestellt. Allerdings erfolgt die Alternativenprüfung häufig auch bereits auf der Ebene der Raumordnung oder Linienfindung, wo es um *großräumige* anderweitige Lösungsmöglichkeiten geht, so dass im Planfeststellungsverfahren in der Regel nur noch über Details in der Streckenführung oder in Bezug auf den Standort von Anlagen entschieden wird.

Der wesentliche Unterschied zum Genehmigungsverfahren nach BImSchG liegt im behördlichen Ermessen und der planerischen Gestaltungsfreiheit bei der Abwägungsentscheidung

Der wesentliche Unterschied zum Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz liegt im behördlichen Ermessen und der planerischen Gestaltungsfreiheit bei der Abwägungsentscheidung.

7. Instrumente der Folgenabschätzung zum Schutzgut menschliche Gesundheit

Ilse Albrecht (Stand: 2014)

7.1 Umweltverträglichkeitsuntersuchung

Die Verfahrensschritte der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und der Strategischen Umweltprüfung (SUP) sind im § 5 bis § 14 sowie § 14e bis § 14n UVPG geregelt (vgl. Kap.4.2). In der Anlage 1 zum UVPG sind diejenigen Vorhaben aufgeführt, die erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben können und für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist, soweit für Vorhaben der Kategorie "A" und "S" als Ergebnis einer Vorprüfung des Einzelfalls erhebliche Umweltauswirkungen zu erwarten sind. Der Anwendungsbereich für die Strategische Umweltprüfung erstreckt sich auf Pläne und Programme gemäß Anlage 3 zum UVPG. Untersuchungsgegenstand der UVP sind, abgesehen von weiteren Schutzgütern nach § 2 Abs. 1 UVPG, *Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit*. Eine weitere Konkretisierung wird nicht vorgenommen.

Gemäß UVP-Gesetz umfasst die Untersuchung der Umweltauswirkungen mindestens folgende Bestandteile, die regelmäßig in Form von Antragsunterlagen gemäß § 6 Abs. 3 und 4 UVPG, häufig auch als *Umweltverträglichkeitsuntersuchung* oder als *Umweltverträglichkeitsstudie* bezeichnet, vom Vorhabenträger beizubringen sind:

- Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile im Einwirkungsbereich des Vorhabens ... sowie Angaben zur Bevölkerung in diesem Bereich. In der Unterlage nach § 6 UVPG beinhaltet die Beschreibung der Umwelt sowie Angaben zur Bevölkerung in der Regel das
 - Wohnumfeld (Flächennutzungen, empfindliche Bevölkerungsgruppen),
 - Erholung (Erholungsfunktion der Landschaft, Erholungsgebiete, Erholungseinrichtungen).

Bewertungskriterien sind üblicherweise die Empfindlichkeit und die Vorbelastung. Das Ausmaß der Empfindlichkeit wird bestimmt durch die Erholungseignung des Raumes sowie durch die Art der Nutzung. Für die Beurteilung der Vorbelastung sind u.a. Lärm, klimatische- und lufthygienische Situation relevant.

Der Einwirkungsbereich des Vorhabens bestimmt die Größe des Untersuchungsgebietes für das Schutzgut Mensch. Eine pauschale Festlegung ist nicht möglich, die Abgrenzung muss im Einzelfall anhand der Reichweite der jeweiligen Wirkfaktoren erfolgen.

- Beschreibung des Vorhabens.
- Beschreibung von Art und Umfang der zu erwartenden Emissionen, der Abfälle, des Anfalls von Abwasser, der Nutzung und Gestaltung von Wasser, Boden, Natur und Landschaft sowie Angaben zu sonstigen Folgen des Vorhabens, die zu erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen führen können (dies sind die sogenannten Wirkfaktoren). Vor allem die Emissionen stehen in unmittelbarer Beziehung zum Schutzgut Mensch/menschliche Gesundheit.
- Beschreibung der zu erwartenden erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen des Vorhabens (unter Berücksichtigung der Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung).

In der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV) wird im Hinblick auf das Schutzgut Mensch formuliert: „Auswirkungen auf die Umwelt sind Veränderungen der menschlichen Gesundheit“.

Im Rahmen der Wirkungsprognose sind zu berücksichtigen:¹²⁵

- Einzelursachen, Ursachenketten oder das Zusammenwirken mehrerer Ursachen,
- Errichtung und bestimmungsgemäßer Betrieb eines Vorhabens, ggf. auch Folgen von Betriebsstörungen oder von Stör- oder Unfällen,
- kurz-, mittel- und langfristige Wirkungen,
- ständige und vorübergehende Wirkungen,
- aufhebbar (reversibel) oder nicht aufhebbar (irreversibel) Wirkungen
- positiv oder negative Wirkungen.

Die zu erwartenden Emissionen (z. B. Schall, Erschütterungen, Luftschadstoffe) haben direkten Bezug zum Schutzgut Mensch bzw. der menschlichen Gesundheit. Darüber hinaus sind Wechselwirkungen beachtlich, d. h. nachteilige Umweltauswirkungen auf Boden, Wasser, Klima, Luft, Natur und Landschaft können als Folgewirkungen nachteilige Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch/menschliche Gesundheit haben.

Die Bewertung der Auswirkungen soll nach UVPVwV anhand der einschlägigen Fachgesetze (gesetzliche Umweltauflagen) auf den entscheidungserheblichen Sachverhalt erfolgen. Beachtlich ist, dass die Bewertung der Umweltauswirkungen nach § 12 UVPG Grundlage für die Entscheidung über die Zulässigkeit des Vorhabens *im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge* ist. Der Vorsorgeaspekt ist also bei der Bewertung der Umweltauswirkungen ebenfalls beachtlich. Nach einschlägigen Erfahrungen werden die gesetzlichen Umweltauflagen häufig mit Maßstäben zur Umweltvorsorge gleichgesetzt. Hier sollte kritisch hinterfragt werden, welche gesetzlichen Umweltauflagen tatsächlich insbesondere im Hinblick auf die menschliche Gesundheit der Umweltvorsorge genügen. Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung können ebenfalls der Umweltvorsorge dienen.

Die Beschreibung der Umwelt im Hinblick auf das Schutzgut Mensch/menschliche Gesundheit erfolgt in der Regel auf Basis vorhandener Unterlagen und Untersuchungen (z. B. Auswertung topographischer Karten, Flächennutzungspläne, Luftreinhaltepläne). Bei einigen Vorhaben werden Vorbelastungsmessungen gefordert. Für die Ermittlung der Auswirkungen kann in der Regel auf Fachgutachten wie etwa Immissionsgutachten zurückgegriffen werden.

¹²⁵ Vgl. Nr. 0.3 UVPVwV.

7.2 Quantitative Risikoabschätzung

Monika Machtolf, Dirk Heller (Stand: 2014)

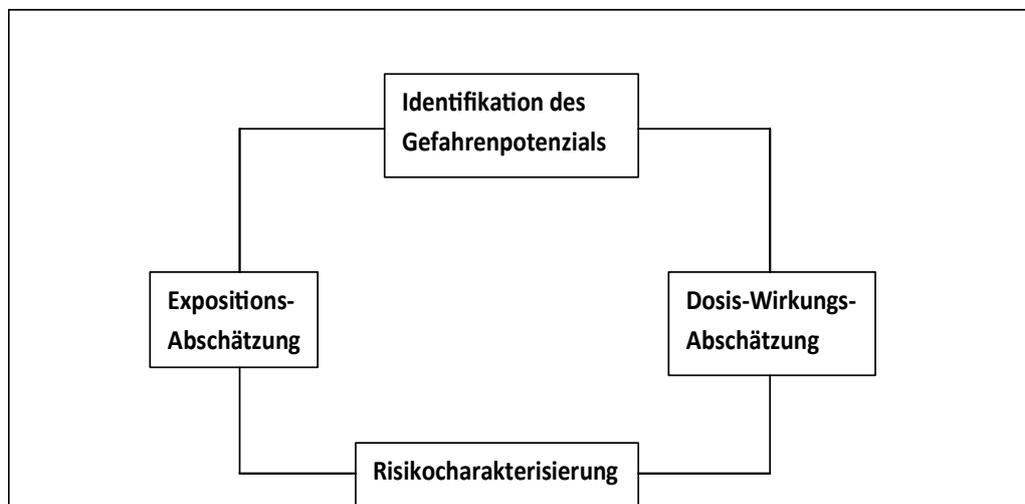
7.2.1 Einführung

Quantitative Risikoabschätzung (QRA) ist als Oberbegriff für alle Verfahren zu verstehen, die auf naturwissenschaftlich-technischer Grundlage und unter Einbeziehung von Konventionen darauf abzielen, bestehende oder anzunehmende gesundheitliche Risiken in Abhängigkeit von der Exposition quantitativ zu beschreiben.¹²⁶ Erst aus der zusammenfassenden Betrachtung der Ergebnisse von Expositions- und Toxizitätsabschätzung¹²⁷ lässt sich für eine bestimmte Situation das Risiko einer möglichen Beeinträchtigung oder Schädigung der Gesundheit charakterisieren.

Ziel der quantitativen Risikoabschätzung ist eine strukturierte und vergleichbare Erfassung von Gesundheitsrisiken. Durch eine transparente und überprüfbare Vorgehensweise soll die quantitative Risikoabschätzung als qualifizierte Entscheidungshilfe zur Abwägung von gesundheitlichen Risiken dienen.

Die *Risikoanalyse* besteht aus den folgenden Teilschritten (vgl. Abb. 13):

- Identifizierung des Gefährdungspotenzials,
- Dosis-Wirkungs-Abschätzung,
- Expositionsabschätzung,
- Risikocharakterisierung.



Quelle: Kappos & Gelbke 2005 nach NRC 1983

Abb. 13 Risikoanalyse-Modell der US-amerikanischen Akademie der Wissenschaften

¹²⁶ Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinal-Beamten, -Beamten der Länder (AGLMB 1995).

¹²⁷ In der wissenschaftlichen Diskussion wird der Begriff "Abschätzung" zunehmend durch den Begriff "Schätzung" abgelöst, um einer sprachlichen Abwertung entgegenzuwirken. Im nachfolgenden Text werden jedoch die bislang üblichen und eingeführten Bezeichnungen beibehalten.

Das Ergebnis der quantitativen Risikoabschätzung mündet in die Risikobewertung, die die Schnittstelle zwischen Risikoabschätzung und Risikomanagement darstellt (Wilhelm & Wichmann 2005). Bei der Risikobewertung kommen Bewertungsmaßstäbe unterschiedlichster Art und Herkunft zur Anwendung. Risikomanagement bezeichnet die Abwägung politischer Handlungsalternativen auf der Basis der Risikoanalyse, der technischen Möglichkeiten und sozialer, wirtschaftlicher und politischer Gesichtspunkte (Kappos & Gelbke 2005).

Die Risikoabschätzung in Bezug auf Noxen lässt sich wie folgt beschreiben:

- Bei der „*Identifizierung des Gefährdungspotenzials*“ geht es darum festzustellen, ob und in wie weit eine Noxe in Zusammenhang mit bestimmten gesundheitlichen Wirkungen steht. Informationen hierzu können aus gezielten Expositionsexperimenten wie z. B. Tierversuchen, aus epidemiologischen Untersuchungen, aber auch aus Struktur-Wirkungs-Überlegungen entnommen werden.
- Im Teilschritt „*Dosis-Wirkungs-Abschätzung*“ ist die Beziehung zwischen der Expositionsdosis und dadurch bedingter Wirkungen auf den Menschen anhand der vorliegenden experimentell-toxikologischen und/oder epidemiologischen Daten quantitativ zu analysieren.
- Im dritten Schritt „*Expositionsabschätzung*“ ist der Teil der Bevölkerung, der real und potenziell gegenüber der Noxe exponiert ist, zu charakterisieren und die Belastung zu bestimmen. Die möglichen Pfade, über die die Exposition stattfindet, sowie Höhe und Dauer der durch die Exposition bedingten Dosis bzw. Konzentration sind quantitativ abzuschätzen. Die Expositionsabschätzung kann auf Modellierungen oder Messungen beruhen.
- Im letzten Schritt werden als „*Risikocharakterisierung*“ die Informationen aus den ersten drei Schritten zu einer integrierten qualitativen und quantitativen Betrachtung zusammengefasst. Ergebnis dieses Schrittes und damit der gesamten Risikoanalyse ist die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der die infrage stehende Noxe gesundheitliche Beeinträchtigungen bei der betroffenen Bevölkerung auslöst. Die Risikocharakterisierung hat die Möglichkeiten und Grenzen der Risikoabschätzung darzulegen (Kappos & Gelbke 2005).

Im Anschluss an die Risikoanalyse erfolgt die Risikobewertung mit Hilfe von Bewertungsmaßstäben wie Grenzwerten, Zielwerten oder anhand von zulässigen Risiken, wie es bei der Krebsrisikobewertung der Fall ist. In der Risikokommission der Bundesregierung wurde in den Jahren 2002/2003 basierend auf einer amerikanischen Grundlage ein Modell zur Risikoregulierung entwickelt, das in Abb. 14 dargestellt ist.

Monika Machtolf (Stand: 2014)

7.2.2 Anforderungen an die Identifizierung des Gefahrenpotenzials

Um die räumliche Situation hinsichtlich möglicher gesundheitsbestimmender Faktoren beschreiben zu können, sind zunächst detaillierte Überlegungen erforderlich, welche Zusatzbelastungen durch ein geplantes Vorhaben zu erwarten sind und durch welche Indikatoren diese zu beschreiben sind. Durch die Zusammenschau der zu ermittelnden Vorbelastung hinsichtlich der ausgewählten Indikatoren sowie der prognostizierten Zusatzbelastung lässt sich dann schließlich eine zu erwartende Gesamtbelastung abschätzen.

- Beschreibung des Gefahrenpotenzials

Zur Beurteilung humantoxikologischer Wirkungen einer Noxe ist es erforderlich, deren Gefährdungspotenzial zu charakterisieren. Dazu sind Informationen über deren chemischen und physikalischen Eigenschaften sowie deren Wirkcharakter auch im Hinblick auf verschiedene Zeitfenster (akut, subchronisch, chronisch) erforderlich. Der heutzutage immer noch gebräuchlichste Ansatz stellt die Auswertung von Tierstudien oder humantoxikologischen Daten aus dem Arbeitsschutz bzw. epidemiologischen Untersuchungen oder der Untersuchung von Unfällen dar. Dabei wird die höchste Dosis ohne Auslösung eines Effektes als *no observed adverse effect level* (NOAEL), die niedrigste getestete Dosis, die einen Effekt auslöste, mit *lowest observed adverse effect level* (LOAEL) bezeichnet. Lässt sich kein bzw. kein belastbarer NOAEL angeben, wird mit Hilfe eines Sicherheitsfaktors vom NOAEL auf den LOAEL umgerechnet.

Dirk Heller (Stand: 2014)

7.2.3 Anforderungen an Dosis-Wirkungsabschätzungen

Zur Beurteilung humantoxischer Wirkungen von chemischen Noxen werden für die verschiedenen Aufnahmepfade (oral, inhalativ, dermal) zulässige Aufnahmemengen (z. B. ADI, TDI) bzw. tolerierbare resorbierte Dosen (TRD) sowie entsprechend zulässige Konzentrationen abgeleitet. Diesen wirkungsbezogen abgeleiteten Beurteilungswerten liegt in aller Regel als Ausgangspunkt der N(O)AEL zugrunde, d. h. diejenige Konzentration oder Dosis, bei der keine adversen Effekte mehr beobachtet wurden.

Ein Ansatz für die Ermittlung eines Ausgangswertes („point of departure“) zur Ableitung von Beurteilungswerten, welcher immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist das *Benchmark-Dosis-Konzept* oder *Benchmarkverfahren*. Das Benchmarkverfahren ist eine statistikgestützte Analyse vorliegender Wirkungsdaten in einem untersuchten Kollektiv, um die Dosis (oder Exposition) abzuschätzen, bei der in diesem Kollektiv eine vorgegebene zusätzlich zum Hintergrund auftretende (adverse) Wirkung auftritt. Die vorgegebene zusätzliche Wirkung oder Inzidenz wird als „benchmark response“ (BMR) bezeichnet. Die ermittelte Dosis wird als „benchmark dose“ (BMD) definiert. Es ist die Schätzung, die mit der höchsten Wahrscheinlichkeit („maximum likelihood“) zu dem festgelegten BMR gehört. Die untere Grenze des Konfidenzintervalls der BMD („benchmark dose lower bound“) wird mit dem Kürzel BMDL gekennzeichnet (Kalberlah und Hassauer 2003).

Ausgehend von der dokumentierten Effektdosis bzw. -konzentration als Ausgangspunkt können im Einzelnen folgende Sicherheitsfaktoren zum Ansatz gebracht werden, um einen Beurteilungswert abzuleiten (vgl. Eikmann et al. 1999):

- Faktor zur Extrapolation bzgl. der Expositionsdauer (z. B. subchronisch auf chronisch),
- Faktor zur Extrapolation von einem beobachteten LOAEL auf einen geschätzten N(O)AEL,
- Faktor zur Berücksichtigung der Interspeziesvariabilität bei der Verwendung von tierexperimentellen Daten,
- Faktor zur Berücksichtigung der innerartlichen Variabilität beim Menschen (Schutz empfindlicher Personengruppen).

In der Vergangenheit wurde oftmals ein Standardwert (Default-Wert) für die einzelnen Faktoren von 10 herangezogen. Zudem wurden diese Standardwerte zuweilen sehr schematisch angewendet. Mittlerweile besteht grundsätzlich Konsens darüber, dass Sicherheitsfaktoren nicht starr zu verwenden sind,

sondern durch bessere Schätzungen ersetzt werden sollten. Diese Meinung vertritt auch die ECHA in ihren Publikationen zur Risikobewertung von chemischen Stoffen (ECHA 2010). Zum Beispiel können detaillierte Informationen zu toxikokinetischen und/oder toxikodynamischen Unterschieden zwischen Versuchstier und Mensch dazu verwendet werden, den entsprechenden Sicherheitsfaktor exakter zu bestimmen und anzupassen (Eikmann et al. 1999). Mittlerweile haben diese differenzierten Betrachtungen auch Einzug in verschiedene offizielle Regelwerke zur Ableitung von Beurteilungswerten gehalten (ECHA 2010, BAuA 2008, VDI 2009).

Krebserzeugende bzw. krebserzeugende Stoffe werden von verschiedenen Institutionen hinsichtlich ihres kanzerogenen Potenzials klassifiziert. Die Einstufung für einen bestimmten Stoff kann hierbei unterschiedlich sein. Diese Klassifizierungen enthalten allerdings keine Aussagen zur kanzerogenen Potenz. Für eine Vielzahl von krebserzeugenden bzw. krebserzeugenden Stoffen kann zudem keine Wirkungsschwelle angegeben werden, unter welcher nicht mehr mit Effekten zu rechnen ist. Für die Quantifizierung des Krebsrisikos wird daher häufig das sogenannte unit risk herangezogen. Unter unit risk versteht man das geschätzte zusätzliche Risiko, dass eine Erkrankung durch Krebs eintritt, wenn eine dauernde inhalative Exposition gegenüber dem Gefahrstoff über Lebenszeit (70 Jahre) in Höhe von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ besteht. Bei oraler Exposition wird das Risiko für eine Aufnahme von $1 \mu\text{g}$ des Gefahrstoffs pro Liter Wasser oder pro kg Lebensmittel angegeben. Das auf die Körperdosis bezogene Risiko wird als *slope factor* bezeichnet und hat die Einheit $(\text{mg}/\text{kg KG} \times \text{d})^{-1}$ (Eikmann et al. 1999).

Ausführliche Stoffbeschreibungen sowie die Ableitung der TRD-Werte bzw. Krebsrisikoabschätzungen finden sich u. a. in der Loseblattsammlung von Eikmann et al. (1999). Darüber hinaus liegen aktuell für insgesamt 141 Stoffe in Deutschland mehr oder minder abgestimmte humantoxikologische Bewertungsmaßstäbe vor (vgl. Fundstellenliste des Umweltbundesamtes,¹²⁸ die entweder in Eikmann et al. (1999) dokumentiert oder aber beim Umweltbundesamt nachzufragen sind. Darüber hinaus halten weitere Einrichtungen solche Maßstäbe vor, z. B. das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) oder die WHO.

Monika Machtoff (Stand: 2014)

7.2.4 Anforderungen an Expositionsabschätzungen

Expositionsbetrachtungen dienen zur Abschätzung, welcher Schadstoffmenge der Mensch auf Grund seines Aufenthalts bzw. seines Verhaltens ausgesetzt ist (vgl. z. B. DIN ISO 15800, 2004). Zur Betrachtung verschiedener Expositionsbedingungen werden in der Regel sogenannte *Expositionsszenarien* entworfen, die beschreiben, welche Bevölkerungsgruppen mit welchen Noxen bzw. gesundheitsbestimmenden Faktoren wo, wie lange, wie oft und in welcher Form in Kontakt kommen.

Detaillierte Expositionsszenarien wurden beispielsweise im Rahmen der Prüfwerteableitung zur Umsetzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes entwickelt und beschrieben (vgl. UBA 1999), die die Nutzung von Flächen als Kinderspielfläche, Wohngebietsfläche, Haus- und Kleingarten, Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegrundstücke differenzieren lässt. Dabei werden je nach Schadstoff die verschiedenen Aufnahmepfade (oral, inhalativ, dermal) und Wirkendpunkte (toxisch und kanzerogen) parallel sowie verschiedene Wirkungspfade ggf. integrativ betrachtet.

Als allgemeine Formel zur Ermittlung der Schadstoffzufuhr über ein Umweltmedium kann angenommen werden:

¹²⁸ [Http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/altlast/web1/deutsch/pruefwerte_uba.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/altlast/web1/deutsch/pruefwerte_uba.pdf)

$$\text{Schadstoffzufuhr } X \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{kg KG} \cdot \text{Tag}} \right] = M \cdot \frac{n \cdot t_{\text{exp}}}{\text{KG} \cdot t_m} \cdot C(X)$$

M [g/Tag]	=Aufnahmemenge des Zufuhrmediums pro Tag
n [Tage/Jahr]	=Expositionshäufigkeit pro Jahr
t _{exp} [Jahre]	=Expositionszeitraum
t _m	=Gesamtzeit, über die die Exposition zu mitteln ist
KG [kg]	=Körpergewicht
C(X) [mg/kg]	=Konzentration des Stoffes X im Zufuhrmedium

Ausführliche Überlegungen zur Formulierung von Szenarien sowie der Quantifizierung von Expositionspfaden finden sich auch im UMS-Modell zur Beurteilung von Altlasten (Hempfling et al. 1997).

Abb. 15 gibt einen Überblick über die standardisierte Vorgehensweise zur Expositionsabschätzung¹²⁹ von Noxen aus Umweltmedien.

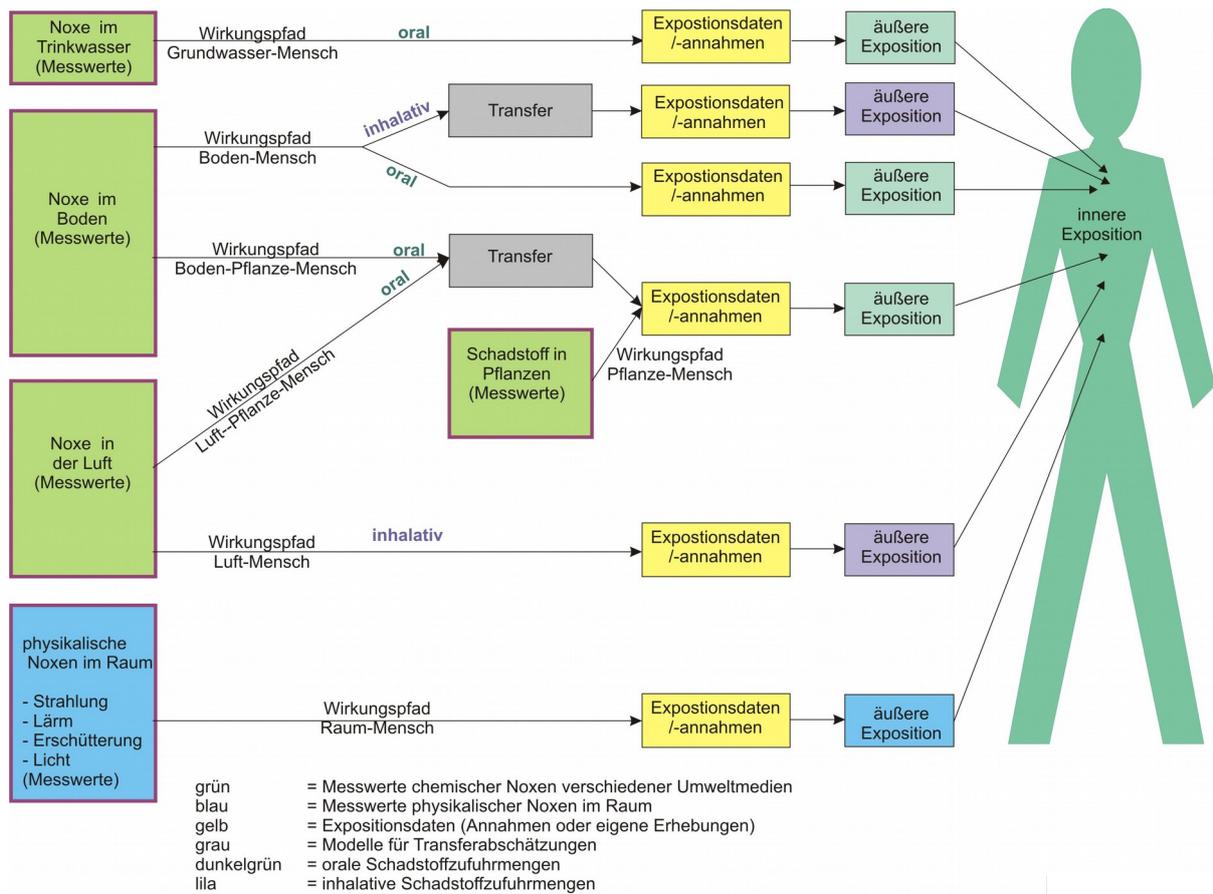
Neben Angaben zu Schadstoffkonzentration in verschiedenen Zufuhrmedien stellen anthropometrische Daten wie Alter, Gewicht oder Lebensalter zur Charakterisierung der Nutzergruppen die Grundlage für eine Quantifizierung der Expositionsbedingungen dar. Gleichzeitig sind aber auch Annahmen zur Charakterisierung des Verhaltens, wie beispielsweise zu Expositionshäufigkeit und -dauer, zum Zeitbudget, Verzehrs- und Freizeitverhalten, Arbeitsplatz, etc. erforderlich. Grundlagen und umfassende Hintergrundinformationen bietet dazu der Bericht *Standards zur Expositionsabschätzung der ad hoc Länderarbeitsgruppe Risikoabschätzung und -bewertung in der Umwelthygiene* (AGLMB 1995).

Darüber hinaus erfolgte mit dem Forschungsprojekt *Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung* (Xprob) eine Aktualisierung und Fortschreibung der Datengrundlage, die für verteilungsbasierte Expositionsmodellierungen herangezogen werden kann (vgl. Mekel et al. 2007a-d). Die aktuellsten bevölkerungsbezogenen Expositionsfaktoren können der frei verfügbaren Datenbank RefXP entnommen werden (www.uba.de/xprob).

Die *Nationale Verzehrsstudie II* (BMELV & MRI 2008) liefert umfangreiche Daten zu den Verzehrsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung. Differenziert nach Alter und Geschlecht können Verzehrsmengen für verschiedene Lebensmittelgruppen recherchiert werden. Informationen zum Anbau- und Verzehrverhalten von Kleingärtnern sind in der Nordrhein-Westfälischen Verzehrsstudie (IFUA 2001) dokumentiert und sind ebenfalls in RefXP aufgenommen.

Bei der Festlegung von Konventionen (beispielsweise zum Aufenthalt im Freien oder Verzehr bestimmter Gemüsearten etc.) können je nach angestrebtem Schutzniveau durchschnittliche oder ungünstige Annahmen ausgewählt werden. Werden in der Zusammenschau der getroffenen Expositionsannahmen durchgängig ungünstige Annahmen oder gar extrem ungünstige (*worst case*) Betrachtungen gewählt, kann insgesamt eine Risikoüberschätzung resultieren, während bei unsicherer Datenlage und durchschnittlichen Annahmen eine Risikounterschätzung nicht auszuschließen ist. Deshalb sind hier sorgfältige Abwägungen oder auch Einzelfallprüfungen erforderlich, die ggf. auch Methoden probabilistischer Expositionsschätzung einschließen.

¹²⁹ In wissenschaftlichen Betrachtungen wird zunehmend der Begriff *Abschätzung* durch den weniger abwertenden Begriff *Schätzung* ersetzt.



Quelle: Machtolf, eigene Darstellung

Abb. 15 Schema zur Vorgehensweise von Expositionsabschätzungen für Noxen aus Umweltmedien

Darüber hinaus liegen von verschiedenen Institutionen Modelle zur Expositionsabschätzung für die verschiedensten Expositionspfade vor. So wurde von der EU das EDV-Programm EUSES (European Union System for the Evaluation of Substances) entwickelt. Es ist das offizielle Entscheidungsunterstützungssystem zur Risikoabschätzung von Chemikalien auf europäischer Ebene (vgl. Trapp et al. 1999) und basiert auf den Vorgaben der EU Technical Guidance Documents for Risk Assessment (vgl. Europäische Union 2003).

Vom Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) werden in dem Bewertungsmodell CSOIL (vgl. Rikken et al. 2001, van den Berg 1994, Otte et al. 2001) ebenfalls eine Vielzahl von Expositionsbetrachtungen quantifiziert.

Die U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) hat bereits 1989 (vgl. U.S. EPA 1989) umfangreiche modellhafte Expositionsannahmen abgeleitet und in den letzten Jahren fortlaufend aktualisiert und fortgeschrieben (vgl. z. B. U.S. EPA 1996; U.S. EPA 2002; U.S. EPA 2004). Das EDV-Programm RISC4, das auf den Annahmen und Modellen der U.S. EPA basiert, wurde im Auftrag von British Petroleum entwickelt und fortgeschrieben und kann zur Darstellung verschiedener Aufnahme-pfade herangezogen werden (Lynn 2001).

Monika Machtoff (Stand: 2014)

7.2.5 Anforderungen an die Risikocharakterisierung

Im Ergebnis der vorausgegangenen Schritte der Risikoabschätzung werden in der Regel Gesamt-Körperdosen betrachtet, die sich entweder auf die äußere Zufuhr einer Noxe oder -nach Kontakt bzw. Aufnahme in den Organismus - auf die innere Exposition beziehen.

Zur Bestimmung der Gesamt-Körperdosen sind zunächst aufnahmepfadspezifisch (oral, inhalativ, dermal) die jeweiligen wirkungspfadspezifischen Zufuhrmenge für die Noxe zu ermitteln. Damit ergibt sich für die relevanten Parameter und Aufnahmepfade jeweils eine Körperdosis, die nur dann, wenn systemische Wirkungen auf dasselbe Zielorgan die Beurteilungsgrundlage bilden, zu einer Gesamt-Körperdosis addiert werden können.

Im Abgleich zwischen dem Ergebnis der standortspezifischen Expositionsabschätzung und möglicher humantoxikologisch begründeter Beurteilungsmaßstäbe (s. o.) wie TRD-Werte oder unit risk-Schätzungen lässt sich das vorhandene oder zu prognostizierende Risiko gesundheitlicher Gefährdungen charakterisieren.

Bei der Abschätzung von entsprechenden Bewertungsmaßstäben sind sinnvollerweise Risikogruppen bzw. empfindliche Personengruppen zu berücksichtigen. Von einer Risikogruppe im engeren Sinne wird bei einem Personenkreis gesprochen, bei dem sich das höhere gesundheitliche Risiko anhand eines von der Exposition gegenüber der betrachteten Noxe unabhängigen Merkmals, wie Raucherstatus, Schwangerschaft, bestimmte Vorerkrankungen, vorhersagen lässt. So haben Kinder ein im Verhältnis zum Körpergewicht höheres Atemminutenvolumen als Erwachsene und können auch toxikodynamisch besonders gefährdet sein.

Bei der Interpretation der Ergebnisse von Expositionsabschätzungen sind stets die Unsicherheiten, die ggf. aus der Annahme von Konventionen, etc. resultieren, zu berücksichtigen und adäquat zu würdigen. Auch ist es Aufgabe der Risikocharakterisierung, das gewählte Schutzniveau klar zu benennen, denn mit Hilfe der Wahl von Sicherheits- oder Unsicherheitsfaktoren kann eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadenseintritts um Größenordnungen variieren. So können beispielsweise im Sinne des vorsorgenden Gesundheitsschutzes eher ungünstige Annahmen und Konventionen zur Expositionsabschätzung ausgewählt werden, während im Sinne der Gefahrenabwehr der Gedanke des wahrscheinlichen Gefahreintritts eher durchschnittliche Expositionsannahmen bzw. höhere innere Expositionen zulassen kann.

Claudia Hornberg (Stand: 2014)

7.3 Human-Biomonitoring

7.3.1 Grundlagen des Human-Biomonitoring

Human-Biomonitoring (HBM) ist ein Werkzeug der gesundheitsbezogenen Umweltbeobachtung. Mittels HBM werden menschliche Körperflüssigkeiten und -gewebe in einem möglichst repräsentativen Teil der Bevölkerung untersucht, um ihren Gehalt an Stoffen zu bestimmen (UBA 2013). Auf diese Weise wird die innere Exposition gegenüber diesen Stoffen bestimmt, die sich aus den unterschiedlichen Expositionswegen (dermal, inhalativ, oral) gemeinsam ergibt. Die Stoffbelastung kann bei Überschreitung einer Wirkungsschwelle zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Zur Bewertung lei-

tet die *Kommission Human-Biomonitoring* (HBM-Kommission) Referenzwerte und toxikologisch begründete Beurteilungswerte für die innere Exposition, die sogenannten Human-Biomonitoring-Werte ab (Kommission HBM 1996a, b).

Referenz-Werte bilden also die inneren Expositionen ab, die aus verschiedenen Aufnahmepfaden resultiert. Sie können abgeleitet werden, wenn die gemessenen Stoffkonzentrationen repräsentativ für einen relevanten Bevölkerungsanteil sind und beschreiben als statistisch definierte Werte die Belastung der Allgemeinbevölkerung. Die HBM-Kommission legt als Referenzwert das innerhalb des 95%-Konfidenzintervall gerundete 95. Perzentil der Messwerte einer Stoffkonzentration in dem entsprechenden Körpermedium einer Referenzpopulation fest. Referenzwerte können für besonders belastete bzw. für bezüglich bestimmter Belastungen bereinigte Teilgruppen angegeben werden, wenn dies anhand der Datenlage möglich und sinnvoll ist (Kommission HBM 1996b).

Referenzwerte allein lassen keinesfalls Aussagen über die gesundheitliche Relevanz einer Stoffbelastung zu. Für die Abschätzung der gesundheitlichen Relevanz eines Stoffes ist regelhaft eine toxikologische Risikobewertung erforderlich, die die Grundlage für die Begründung von Human-Biomonitoring-Werten (HBM-I und II) darstellt. Die Ableitung stützt sich üblicherweise auf Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Konzentration eines Stoffes (oder seiner Metaboliten) in menschlichen Körperflüssigkeiten und dem Auftreten adverser Wirkungen nachweisen.

HBM-Werte und entsprechende Handlungsempfehlungen werden für verschiedene Bevölkerungsgruppen und eine lebenslange Belastung, aber auch für besondere vulnerable Personengruppen bzw. bestimmte Lebensphasen (z. B. Kinder, Frauen im gebärfähigen Alter, alte Menschen) abgeleitet.

HBM-I- oder II-Werte können *nicht* abgeleitet werden, wenn für Stoffe aufgrund des zugrundeliegenden Wirkmechanismus (insbesondere genotoxische Kanzerogene) oder anderer Daten (z. B. Verlauf der Dosis-Wirkungsbeziehung) keine gesundheitlich *sichere* Expositionshöhe begründet werden kann.

Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der Bewertung durch die HBM-Kommission nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist und somit kein Handlungsbedarf gegeben ist. Eine Überschreitung des HBM-I-Wertes sollte Anlass sein, den Befund durch weitere Messungen zu kontrollieren. Bei Befundbestätigung sollte der Ursache für die Erhöhung nachgegangen werden und gegebenenfalls verantwortliche Belastungsquellen, soweit unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit sinnvoll, gemindert oder reduziert werden (Kommission HBM 1996a, b).

Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei deren Überschreitung eine für die Betroffenen als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist. Bei Überschreitung des HBM-II-Wertes ist eine umweltmedizinische Betreuung und Beratung der Betroffenen zu veranlassen und, soweit möglich, sind umgehend Maßnahmen zur Minderung der Belastung zu ergreifen. Der HBM-I-Wert ist daher als Prüf- oder Kontrollwert anzusehen, während der HBM-II-Wert einen Interventions- oder Maßnahmenwert darstellt (Kommission HBM 1996a, b).

Der Bereich zwischen HBM-I-Wert und HBM-II-Wert ist damit der Prüfbereich oder Kontrollbereich, in dem eine erhöhte Aufmerksamkeit angezeigt ist, da gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht mit ausreichender Sicherheit auszuschließen sind (Schulz et al. 2011). Der jeweils vorliegende Wert ist im Hinblick darauf zu prüfen, ob es sich um eine reproduzierbare dauerhafte Erhöhung oder lediglich um einen Zufallsbefund handelt. Für den Bereich zwischen HBM-I-Wert und HBM-II-Wert existieren aus wissenschaftlich anerkannten Studien keine sicheren Belege – weder für eine sichere gesundheitliche Unbedenklichkeit, noch für eine Gesundheitsgefährdung. Aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes sind Schritte zur Beseitigung der in Frage kommenden Quellen jedoch zu erwägen. Dabei sind die finanzielle Vertretbarkeit (Kosten-Nutzen- Abwägungen), wie auch mögliche, durch die

Maßnahmen bedingte andere Risiken zu beachten. Eine unbedingte Notwendigkeit für unverzügliche Maßnahmen ist nicht gegeben. Eine Expositionsreduktion ist aber unter Berücksichtigung des vorsorgenden Gesundheitsschutzes grundsätzlich erwünscht (Kommission HBM 1996a, b).

Bei Messwerten oberhalb des HBM-II-Wertes sind gesundheitliche Beeinträchtigungen zwar grundsätzlich möglich, müssen jedoch nicht unbedingte Folge sein. Betroffenen sollte deshalb eine umweltmedizinische Betreuung und Beratung, gegebenenfalls auch eine längerfristige Beobachtung mit Überprüfung des Messwertes angeboten werden. Die weitere Belastung sollte durch Beseitigung von spezifischen Expositionsquellen, soweit diese erkennbar sind, umgehend vermindert werden. Der Bereich oberhalb vom HBM-II-Wert ist als Interventionsbereich zu betrachten.

Bei Unterschreitung des HBM-I-Wertes und gleichzeitiger Überschreitung des aktuellen Referenzwerts liegt eine Exposition vor, die die Hintergrundbelastung überschreitet. Bei Exposition gegenüber einem toxischen Stoff sollte unter umwelthygienischen, präventivmedizinischen Aspekten geprüft werden, ob die Exposition mit vertretbarem Aufwand vermindert werden kann, d. h., ob auffällige Quellen vorhanden und vermeidbar sind oder ob eine andere Erklärung für den *unüblich hohen* Wert gefunden werden kann (Kommission HBM 2009).

7.3.2 Kommission Human-Biomonitoring

Damit die Schadstoffbelastungen von Menschen einheitlich bewertet werden können, hat die HBM-Kommission Kriterien für die Erarbeitung von Orientierungswerten (Referenz- und HBM-Werte) aufgestellt. Auf der Basis dieser Grundsatzüberlegungen erstellt die HBM-Kommission Monografien zu einzelnen Stoffen und leitet Referenz- und HBM-Werte ab, soweit das vorhandene Datenmaterial ausreichend ist. Diese Stoffmonografien enthalten im Wesentlichen folgende Inhalte: Vorkommen, Verwendung und Verbreitung der Substanz in der Umwelt, Aufnahmepfade, Verstoffwechslung und Ausscheidung beim Menschen sowie Hinweise auf Einflussfaktoren, die innere Belastung von Menschen und deren gesundheitliche Bedeutung (UBA 2013).

Seit 1996 hat die HBM-Kommission des Umweltbundesamtes ca. 60 Stellungnahmen publiziert, für fast 50 Stoffe wurden Referenzwerte abgeleitet und für 8 Stoffe HBM-Werte veröffentlicht (Kommission HBM 2012).

Julia Nowacki, Thomas Claßen (Stand: 2014)

7.4 Health Impact Assessment

Das *Health Impact Assessment* (HIA) stellt ein spezifisches Verfahren mit dem Ziel dar, den Entscheidungsprozess von Politikvorhaben, Planungsverfahren, Programmen oder Projekten (PPPP) im Sinne der Sicherung und Verbesserung der Gesundheit einer betroffenen Bevölkerung zu beeinflussen. Hierzu werden die Auswirkungen von PPPPs auf die Gesundheit betroffener Bevölkerungsgruppen mittels unterschiedlicher quantitativer sowie qualitativer Analysen bewertet. HIA hat den Anspruch, immer die bestverfügbare Evidenz zu identifizieren und zu nutzen. (Vohra 2007, Nowacki & Meikel 2012).

Das HIA hat sich aus drei unterschiedlichen Fragestellungen zu ihrer aktuellen Form entwickelt:

- Umwelt und Gesundheitsfragestellungen,

- Berücksichtigung von sozialen Gesundheitsdeterminanten sowie
- Berücksichtigung gesundheitlicher Chancengleichheit.

Die Notwendigkeit zur Betrachtung von gesundheitlichen Folgewirkungen von umweltrelevanten Projekten wurde mit dem *National Environmental Policy Act* (NEPA) 1969 in den USA zum ersten Mal gesetzlich geregelt. Seitdem hat die Berücksichtigung von Gesundheit in Umweltfolgenabschätzungen wie der Umweltverträglichkeitsprüfung und der Strategischen Umweltprüfung Einzug gehalten. Allerdings handelt es sich zumeist um ein sehr enges Verständnis von Gesundheit, so dass der Schwerpunkt häufig auf bio-physikalischen Umweltaspekten und der Betrachtung von Grenzwerten liegt (Nowacki et al. 2010, Harris-Roxas & Harris 2011). Dieses enge Verständnis wird durch die Berücksichtigung sozialer Gesundheitsdeterminanten, der zweiten konzeptionellen HIA Säule, erweitert. Im Mittelpunkt stehen hier meist die Betrachtungen von Politikvorhaben und Programmen, ihr Einfluss auf das erweiterte Spektrum der Gesundheitsdeterminanten (z. B. dargestellt im Modell von Dahlgren und Whitehead (1991), weiterentwickelt von Barton und Grant 2006, vgl. Abb. 6, S. 68) und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit. HIA dient hier als ein intersektorales Instrument, durch das Gesundheitsdeterminanten in Sektoren außerhalb des Gesundheitssektors begutachtet werden können wie z. B. im Leitbild *Health in All Policies* der Europäischen Kommission dargestellt (Stahl et al. 2006, Harris-Roxas et al. 2012). Die dritte Säule von HIA bildet die Betrachtung von PPPPs im Hinblick auf schon vorhandene, vermeidbare gesundheitliche Ungleichheiten in der betroffenen Bevölkerung bzw. inwieweit diese noch verstärkt würden oder auch vermindert werden könnten. Als Instrument wurden hier das sogenannte *Equity-focused HIA* entwickelt, das die Betrachtung von vermeidbaren gesundheitlichen Ungleichheiten von Anfang an einbezieht (Mahoney et al. 2004).

Seit der ersten Diskussion über die Notwendigkeit der Beurteilung der Auswirkungen auf die Gesundheit im Rahmen großer Entwicklungsprojekte (Morris & Novak 1976) sind HIAs mittlerweile international etabliert und werden auf verschiedenen Planungs- und Politikebenen - von lokalen, regionalen, nationalen bis hin zur internationalen Ebene – sowie auf freiwilliger Basis oder gestützt durch gesetzliche Regulierungen durchgeführt. Auch wenn die meisten HIAs auf freiwilliger Basis durchgeführt werden (Harris-Roxas et al. 2012, Winkler et al. 2013),¹³⁰ haben einige Länder Gesetze und Rechtsvorschriften auf nationaler Ebene entwickelt, die entweder spezifische HIA-Vorschriften festlegen oder diese in die bestehenden Umweltprüfverfahren integrieren.¹³¹ Auch internationale Organisationen wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die regionalen Entwicklungsbanken (z. B. die Asian Development Bank), die Europäische Union oder internationale Verbände wie der International Council on Minerals and Metals (ICMM) und die International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) unterstützen den Einsatz von HIAs. Darüber hinaus finden die Performance Standards der International Finance Cooperation (IFC als Teil der Weltbank) mit einem speziellen Standard für Gemeinde-Gesundheit im Entwicklungsbereich allgemeine Anerkennung. Sie kommen insbesondere in der Folgenabschätzungen von großen IFC-finanzierten Entwicklungsprojekte zum Einsatz und haben somit durchaus einen Einfluss auf große Entwicklungsprojekte in sogenannten Entwicklungsländern (Vohra 2007, Winkler et al. 2013).

Nach dem Göteborg Konsens-Papier des European Centre for Health Policy des WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Office for Europe & European Centre for Health Policy 1999) ist ein HIA „eine Kombination von Verfahren, Methoden und Werkzeugen, durch welche eine Strategie, ein Programm oder ein Projekt sich hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Auswirkungen und deren Ver-

¹³⁰ Z. B. in den meisten europäischen Ländern wie England, Finnland, Deutschland, Niederlande, Schweden, sowie in China und den USA.

¹³¹ Z. B. in Brasilien, der Demokratische Volksrepublik Laos, Litauen, der Republik Korea, Slowenien, Thailand und Vietnam, oder auf regionaler Ebene wie z. B. in Australien, Kanada, Neuseeland und Spanien.

teilung in der Bevölkerung beurteilen lassen.“ In einer Erweiterung wird diese Definition um einen aktionsbezogenen Fokus ergänzt: HIA identifizieren mögliche Maßnahmen, um diese gesundheitlichen Auswirkungen zu managen (Quigley et al. 2006). Zur Schätzung dieser Auswirkungen werden die erweiterten Gesundheitsdeterminanten (vgl. Kap. 5.1) herangezogen und bewertet.

Das HIA zeichnet sich durch folgende Eigenschaften als Brückenbauer zwischen den Planungs- und Gesundheitsverfahren und ihren Akteuren aus:

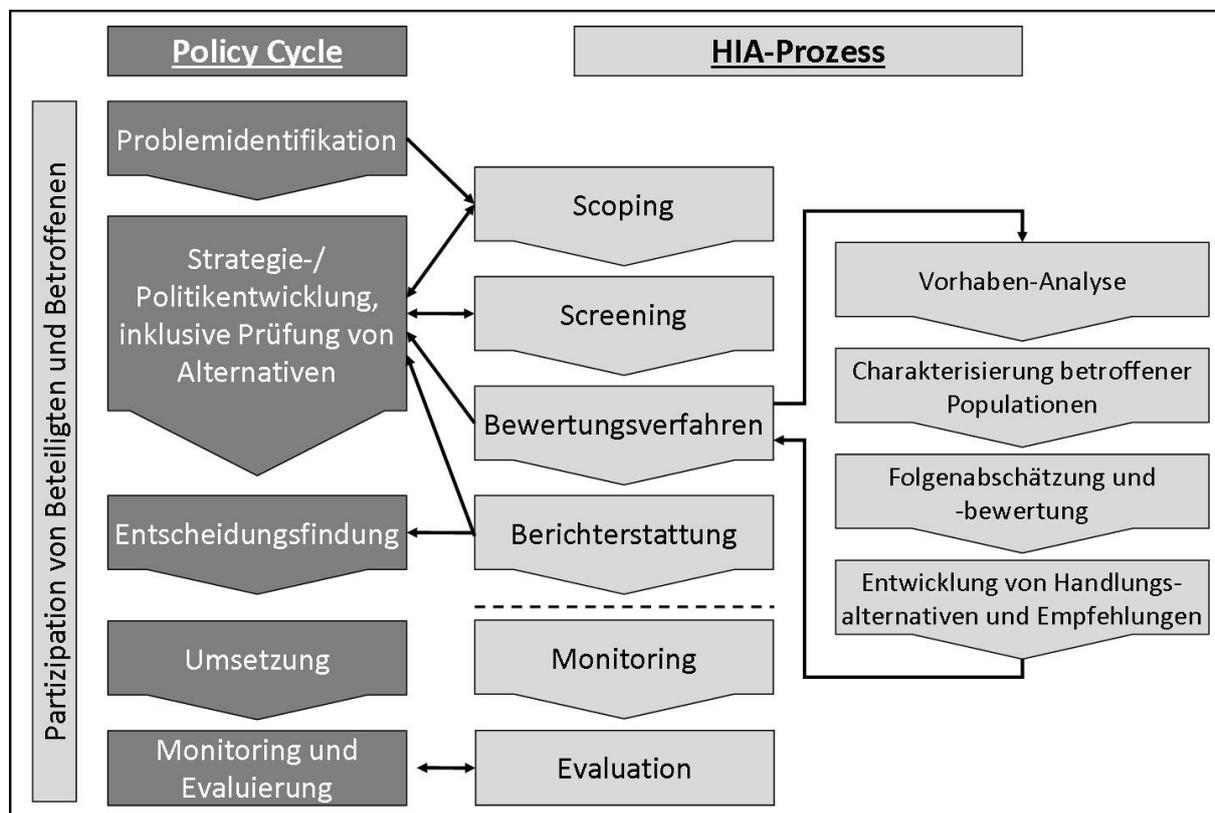
- arbeitsteiliges Vorgehen, da es fast immer erforderlich ist, mehrere Expertisebereiche zu verbinden (Spezialisten für betroffene Lebensbereiche, z. B. „Policymakers“, Planer, Ingenieure, Ökonomen sowie Gesundheitswissenschaftler/innen, Epidemiologen, Risikoabschätzern, Umwelt- und Gesundheits-Experten),
- gute Praxis von Partizipation durch die Beteiligung von Stakeholdern mit (Geschäfts-)Interesse an der Policy, dem Plan, Programm oder Projekt, und Menschen, die von der Policy, dem Plan, Programm, oder Projekt betroffen sein können,
- HIA-Verfahren und -Methoden, die ebenso wie die oben beschriebenen Planungsverfahren einen klaren Ablauf besitzen, der je nach Vorhaben verkürzt (Rapid HIA) oder erweitert (Full HIA) werden kann (vgl. Forsyth et al. 2010).

Der Ablauf eines HIAs wird in Abb. 16 modellhaft in Zusammenhang mit einem so genannten *Policy-Cycle* dargestellt. Wie aus den Eigenschaften des HIA und des Ablaufs ersichtlich, bieten sich hier zahlreiche Chancen, die kommunale Planungs- und Vollzugsebene ebenso wie den Gesundheitssektor und die lokale Bevölkerung in einen Prozess der gesundheitsförderlichen kommunalen Gesamtentwicklung zu integrieren. So setzt ein HIA im Idealfall bei der Problemidentifikation mit dem sogenannten *Screening* ein, informiert die Strategie-/Politikentwicklung durch verschiedene Bewertungsverfahren, unterstützt die Entscheidungsfindung sowie letztendlich die Umsetzung sowie Monitoring und Evaluierung.

Der Ablauf des HIA kann dabei in sechs Phasen unterteilt werden (Nowacki & Meikel 2012):

- 1 **Screening:** eine erste Analyse und Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung durch das geplante Vorhaben und Feststellung, ob ein HIA notwendig ist.
- 2 **Scoping:** Festlegung des weiteren Vorgehens, nach Möglichkeit Etablierung eines HIA-Beirats aus Vertretern des Vorhabens, der betroffenen Bevölkerung, Benennung der HIA-Experten zur Durchführung des HIA inklusive Arbeitsvereinbarung sowie Festlegung, welche Auswirkungen besonders zu betrachten sind, welche Methoden und Verfahren eingesetzt werden etc.
- 3 **Bewertungsverfahren:** Sie bilden den Kern eines HIA. Ziel ist es immer, die bestverfügbare Evidenz zu nutzen; dabei sind die einzelnen Teilschritte jedoch abhängig von den zur Verfügung stehenden Ressourcen und den verfügbaren Daten. Kennzeichnend ist hierbei die Methodenvielfalt, da zumeist eher quantitative epidemiologische, toxikologische aber auch sozialwissenschaftliche qualitative Verfahren zum Einsatz kommen. Auf Basis der verschiedenen Analysen werden anschließend Handlungsalternativen und -empfehlungen formuliert sowie nach Möglichkeit Indikatoren für das spätere Monitoring beschrieben. Besondere Berücksichtigung bei der Analyse sollten vulnerable Gruppen finden.
- 4 **Berichterstattung:** Endprodukt des Verfahrens mit einer Beschreibung des Vorgehens, der Ergebnisse, Empfehlungen und mögliche Handlungsalternativen.

- 5 **Monitoring:** kontinuierlicher Soll-Ist-Vergleich zur Überwachung des Vorhabens generell sowie der Maßnahmen, welche aufgrund der Empfehlungen umgesetzt werden.
- 6 **Evaluation:** einerseits eine interne Prozessevaluation des HIAs, ob dieses seine Aufgabe erfüllt hat, sowie Ergebnisevaluation, welchen Einfluss das HIA auf den Entscheidungsprozess hatte; zudem nach Möglichkeit eine Bewertung und Überprüfung der vorhergesagten Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung.



Quelle: Nowacki & Mekel 2012, S. 286, in Anlehnung an Fehr (2010, S. 146) und Thérivel (2010, S. 16)

Abb. 16 Verknüpfung von HIA-Prozess und Policy-Cycle

Während des gesamten Verfahrens sollte die betroffene Bevölkerung möglichst in das HIA eingebunden werden, auch um die Akzeptanz des Verfahrens und seiner Empfehlungen zu unterstützen. Die Durchführung des HIA ist in Deutschland nicht geregelt oder gar verbindlich. Die fallbezogene HIA-Durchführung bzw. die Beteiligung von Gesundheitsexperten wäre im Zuge der Erstellung von Umweltberichten oder Umweltverträglichkeitsstudien im Rahmen von Strategischen Umweltprüfungen oder Umweltverträglichkeitsprüfungen allerdings problemlos integrierbar. Die Beteiligung von Gesundheitsexperten wird sogar von dem internationalen Abkommen des Protokolls zur Strategischen Umweltprüfung im Rahmen der Espoo Konvention, dem sogenannten SEA Kiew Protocol, verlangt.¹³² Schutzgutbezogene Fachgutachten sind in komplexen Planungs- und Zulassungsverfahren ohnehin die Regel und regelmäßig in die Abschätzung der Umweltfolgen zu integrieren. Die verfahrensbezogenen HIA-Elemente wie Einbeziehung von Trägern öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit sind ohnehin Standard, an die sich das HIA ohne weiteres anbinden ließe. Auch die Bezeichnungen bzw. Elemente innerhalb des HIA-Verfahrensablaufes wie Screening, Scoping, Bewertungsverfahren oder Monitoring stellen Dinge dar, die im Standardablauf von Umweltprüfungen in vergleichbarer Weise existieren.

¹³² Von Deutschland 2007 ratifiziert und 2010 in Kraft getreten.

tieren. Bei komplexen, umweltprüfungspflichtigen Vorhaben und Programmen mit zu erwartenden erheblichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sollte daher von der verfahrensführenden Behörde im Rahmen des Scopings der Einsatz des HIA erwogen werden und Gesundheitsexperten nach Möglichkeit von Anfang an in das Verfahren eingebunden werden.

Rudolf Welteke, Martin Enderle (Stand: 2014)

7.5 Fachplan Gesundheit

Um Wahrnehmung und Präsenz des Themas Gesundheit im intersektoralen Dialog zu stärken und die Arbeit des Gesundheitssektors im Konzert kommunaler Akteure zu unterstützen, sind in Nordrhein-Westfalen Entwicklungsarbeiten zum Aufbau lokaler *Fachpläne Gesundheit* angelaufen.

Die planerische Komponente – Gesundheitsbelange der Bevölkerung stärken

Der planerische Ansatz für einen Fachplan Gesundheit verknüpft eine kartografische Darstellung gesundheitsrelevanter räumlicher Elemente und Strukturen mit einer fachbezogenen lokalen Entwicklungsperspektive aus Sicht des Gesundheitssektors. Dabei wird empfohlen, zunächst Basiskarten aufzubauen, die relevante Einrichtungen für vulnerable Gruppen¹³³ im Gebiet der jeweiligen Kommune dokumentieren sowie Flächen mit erhöhtem Bedarf an Gesundheitsförderung ausweisen. Weitere Karten beschreiben die spezifischen lokalen Strukturen hinsichtlich der „Situation Gesundheit“: Potenziale; Gefährdungen und Risiken; Versorgungsstrukturen und -analysen. Über den Zwischenschritt der räumlichen Verortung fachlicher und sektoraler Gesundheitsziele (Leitmodell Gesundheit) lassen sich einerseits maßnahmenorientierte Interaktionen ableiten sowie andererseits Fachbeiträge zu Planungs- und Genehmigungsverfahren erstellen. Abb. 17 zeigt Elemente und Verfahrensablauf zur Erstellung solcher Fachplänen.

Lokale Gesundheitsbehörden, die einen Fachplan Gesundheit erarbeiten, dürften eine bessere Position bei der Vertretung von Gesundheitsbelangen ihrer Bevölkerung in Planungs- und Entwicklungsverfahren erreichen können. Aus Fachgesprächen mit kommunalen Vertretern und aus Praxiserfahrungen im Rahmen einer ersten Pilotphase mit drei nordrhein-westfälischen Kommunen (2010)¹³⁴ hat sich konkretisiert, dass der Aufbau einer systematischen Fachplanung Gesundheit mit Entwicklungsaufwand vor Ort verbunden sein wird. In Zeiten knapper kommunaler Haushaltsmittel lässt sich eine auch nur halbwegs umfassende lokale Fachplanung Gesundheit voraussichtlich am ehesten als Synergieleistung im Bündel mit der Bearbeitung weiterer Entwicklungsbedarfe im Gesundheitssektor aufbauen. Drei dieser von einer Fachplanung Gesundheit profitierenden Komponenten werden nachfolgend skizziert.

¹³³ *Vulnerable Gruppen* sind Bevölkerungsgruppen, die im gesundheitsbezogenen Sinne als „verletzlich“, vulnerabel angesehen werden. Konkret geht es in diesem Zusammenhang um Kinder und Jugendliche, ältere Menschen, Kranke und Behinderte, Schwangere, zum Teil sind auch sozial Benachteiligte gemeint, die aufgrund ihrer speziellen Situation im Vergleich zum Bevölkerungsmittel in verstärktem Ausmaß gesundheitlichen Risiken und Unfallgefahren ausgesetzt sind. Vergleiche hierzu: Stamm H. et al. (2003); Streich, W. (2006); Bencic, W. (2009); Fässler, S. et al. (2011).

¹³⁴ Dokumentiert in Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit NRW (2011).

Die gesundheitspolitische Komponente – Handlungsansatz Kommunalen Gesundheitskonferenzen stärken

Als vorbildlich werden immer wieder die mit dem ÖGD-Gesetz NRW 1997 gestarteten Kommunalen Gesundheitskonferenzen gesehen. Vielerorts gelingt es über diese Konferenzen, Impulse der örtlichen Gesundheitsbehörden durch ein kontinuierlich arbeitendes, fachkompetentes und kommunalpolitisch präsenten Akteurskonsortium auf eine breitere Basis zu stellen. Über eine Fachplanung Gesundheit können sich künftig schwerpunktmäßig zwei Zielrichtungen sachgerechter verfolgen lassen. Einerseits lassen sich größere Teile des Aktivitätsspektrums einer Kommunalen Gesundheitskonferenz als wesentliche Elemente einer Fachplanung Gesundheit darstellen und damit auch für den angestrebten intersektoralen Dialog aufbereiten. Andererseits kann ein Fachplan Gesundheit, der in seinen Einzelkomponenten durch eine Kommunale Gesundheitskonferenz fachlich diskutiert und offiziell beschlossen wird, mit einer erweiterten Legitimation und Bedeutung in die kommunalpolitische Debatte und in sektorübergreifende kommunale Entwicklungsszenarien eingebracht werden.

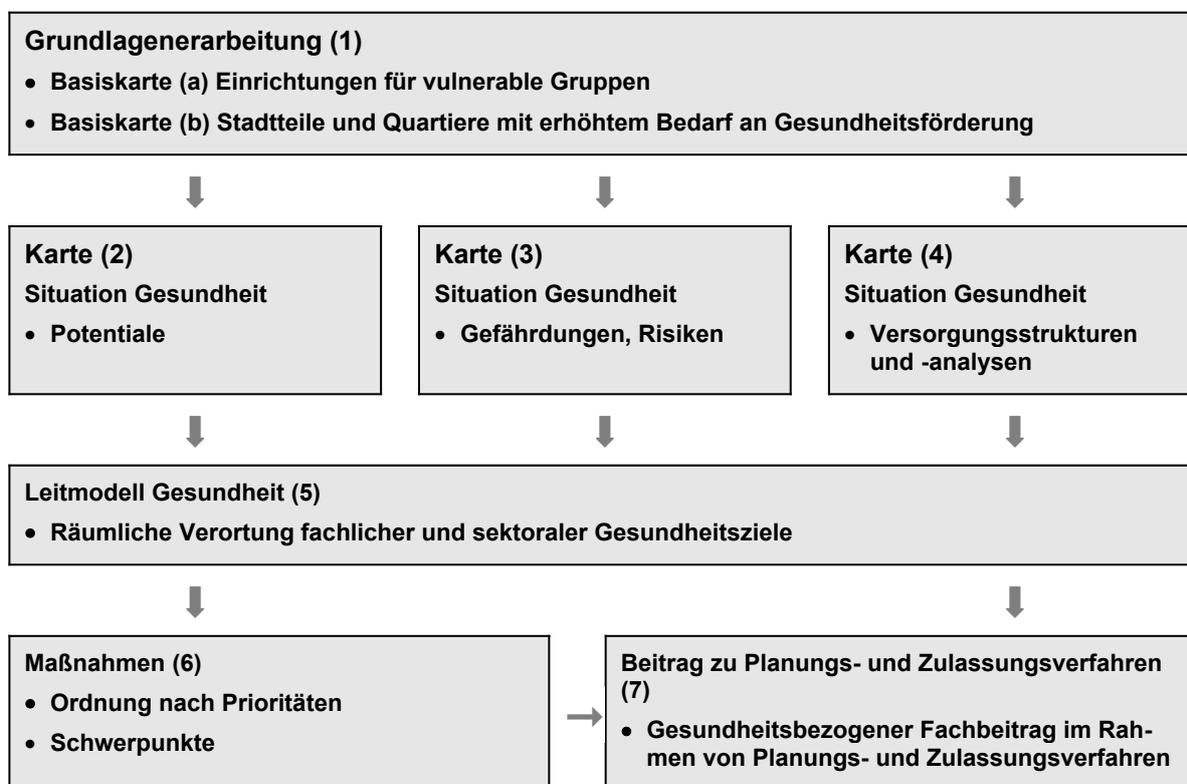


Abb. 17 Ablaufschema zur Erstellung eines Fachplans Gesundheit

Die behördliche Entwicklungskomponente – Darstellung der Arbeit der lokalen Gesundheitsbehörde optimieren

Ein lokaler Fachplan Gesundheit wird in der Regel das Leistungsspektrum und die Vorhaben einer unteren Gesundheitsbehörde (uGB) abbilden. In diesem Sinne bietet es sich an, den Entwicklungsaufwand einer *Fachplanung Gesundheit* auch für eine konsistente Außendarstellung der behördlichen Arbeit zu nutzen. Vielerorts bestehen bereits aussagekräftige (Internet-) Darstellungen der Arbeitsberei-

che der kommunalen Gesundheitsbehörde. Häufig sind diese Präsentationen intern bereits mit konkreten Zielen und Maßnahmen hinterlegt, die einem modernen Behördenmanagement entsprechen. Aus diesen Beständen lassen sich im günstigen Fall bereits größere Teile einer kommunalen Fachplanung Gesundheit ableiten. Ein Fachplan Gesundheit gibt damit große Teile des Leistungsspektrums einer uGB wieder. Damit entsteht ein attraktives Präsentationsmedium für die behördliche Arbeit im Gesundheitssektor mit der Chance zur Optimierung der Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerinformation.

Die berichterstellerische Komponente – Gesundheitsberichterstattung in ihrer Grundsubstanz und Maßnahmenorientierung unterstützen

Kommunale Gesundheitsberichterstattung ist seit den 1990er Jahren in vielen Bundesländern zum Rückgrat einer lokalen und quartiersbezogenen Gesundheitsförderung geworden. Allerdings sind die Forderungen nach einem verstärkt handlungsorientierten Ansatz einer solchen Berichterstattung heute immer noch aktuell, obwohl sich einiges positiv verändert hat. Ein Grundproblem bleibt der Bedarf an möglichst kleinräumig zu erhebenden Gesundheitsdaten. Hier bietet der Fachplanansatz zusätzliche Impulse, da absehbar ist, dass der Aufbau einer lokalen Fachplanung Gesundheit Kooperationsansätze insbesondere zwischen dem Gesundheitssektor und den Bereichen Soziales und Umwelt einer Kommune stimulieren wird.

Wie die erste Pilotphase des NRW-Projektes gezeigt hat, bietet der Fachplanansatz die Chance, Defizite bezüglich Datenerhebung und Kartografie im Gesundheitssektor auszugleichen und eine Annäherung an Standards anderer kommunaler Sektoren einzuleiten. Andererseits eröffnen sich über einen Fachplan Gesundheit zusätzliche Möglichkeiten, bestehende Stärken der lokalen Gesundheitsberichterstattung einer besseren Wahrnehmung und Wirkung im intersektoralen Dialog zuzuführen. Ein lokaler Fachplan Gesundheit sollte auch eine zielgerichtete Ressourcenallokation für künftige kommunale Datenerhebungen ermöglichen. Da ein Fachplan Gesundheit schwerpunktmäßig auf Maßnahmen abzielt (im Sinne einer *Interventionskarte*), dürfte er wesentlich zu einer verstärkten Handlungsorientierung kommunaler Gesundheitsberichterstattung beitragen.

Sachstand und Ausblick

Erste Erfahrungen aus der Pilotphase 2010 haben verdeutlicht, dass lokale Fachpläne Gesundheit gut daran tun, zunächst auf lokalen Stärken der Kommunen aufbauen. Dabei können Stärken und Schwerpunktthemen der lokalen Gesundheitsberichterstattung genutzt werden (Beispiel Bielefeld), vorhandene Projektbeteiligungen an Entwicklungsprogrammen integriert werden (Beispiel Solingen) oder Stärken der kommunalen Infrastruktur etwa im Bereich der Geoinformationssysteme (Beispiel Unna) konstruktiv zur Anwendung kommen. Die Verwirklichung der Konzeptidee wird voraussichtlich ihren Weg nehmen über die praxisnahe Entwicklung von Einzelelementen, deren Verknüpfung mit infrastrukturellen Komponenten und die Verankerung der Entwicklungsidee in den Gedanken von Entscheidungsträgern im Gesundheitssektor, in kooperierenden Behörden und Sektoren sowie auch in der Gesamtkommune.

Anfang 2012 handelt es sich bei lokalen Fachplänen Gesundheit um Prototypen. Dennoch hat sich der entstandene Impuls für eine Fachplanung Gesundheit als Entwicklungskonzept in zahlreichen Fachgesprächen bereits konsolidiert. Inzwischen liegen - zwecks praxisbezogener Konkretisierung und Veranschaulichung des Konzepts – zwei fiktionale Prototypen lokaler Fachpläne vor.¹³⁵

¹³⁵ Landeszentrum Gesundheit NRW 2012.

Im Jahr 2013 startete das Landeszentrum Gesundheit eine einjährige Fachplan-Erprobungsphase. In diesem Projekt werden an zwei Beispielen - Städtereion Aachen und Kreis Unna – Grundlagen für eine Fachplanerstellung einschließlich GIS-Technik erarbeitet und einzelne Fachplanelemente mit einer größeren Bearbeitungstiefe erstellt.¹³⁶

Überörtlichen politischen und fachlichen Akteuren, Institutionen und Fachgesellschaften wie etwa der UVP-Gesellschaft könnten auf dem weiteren Entwicklungsweg zu lokalen Fachplänen Gesundheit wesentliche Förderungsfunktionen zukommen.

Aranka Podhora, Johanna Ferretti (Stand: 2014)

7.6 Impact Assessment und Nachhaltigkeitsprüfung

Im Jahr 2002 führte die Europäische Kommission eine Politikfolgenabschätzung, das sog. *Impact Assessment*, für alle relevanten Politikvorhaben ein (bspw. für Richtlinien, Verordnungen, Weißbücher, Aktionspläne). Der Aktionsplan zur besseren Regierungsführung (Aktionsplan für bessere Rechtssetzung KOM(2002)278) und die Europäische Nachhaltigkeitsstrategie bilden dabei den Bezugsrahmen¹³⁷. Deutschland folgte dem Beispiel der EU auf freiwilliger Basis und unterzieht seit 2009 Gesetzesentwürfe einer Nachhaltigkeitsprüfung. Diese ist ein Modul der bereits im Jahr 2000 eingeführten Gesetzesfolgenabschätzung. Sowohl in der Europäischen Kommission als auch in Deutschland werden mittels dieser beiden Prüfansätze die Auswirkungen auf eine nachhaltige Entwicklung ex ante und integrativ betrachtet. Wirkungen werden in Hinblick auf Ökonomisches, Soziales und Umwelt für heutige und künftige Generationen analysiert (Bundesministerium des Inneren, o.J., KOM(276) 2002, European Commission 2009). Die Leitlinien zum Impact Assessment der Europäischen Kommission geben die folgenden sechs Schritte vor (European Commission 2009):

1. Planung des Impact Assessments durch die zuständige Generaldirektion
2. Einrichtung einer Impact Assessment-Lenkungsgruppe sowie Durchführung von Stakeholder-Konsultationen
3. Durchführung der Impact Assessment-Analyse und Erstellen des Impact Assessment-Berichts
4. Übermittlung des Berichts an den Impact Assessment-Ausschuss
5. Dienststellenübergreifende Konsultationen und Veröffentlichung
6. Verwendung des Impact Assessment im Gesetzgebungsprozess

Zudem definieren die Leitlinien insgesamt 35 Wirkungsbereiche: jeweils 11 für Ökonomie und soziale Aspekte und 13 für Umwelt. Für alle Wirkungsbereiche präzisieren die Leitlinien Fragestellungen und Prüfaspekte, die im Rahmen der Folgenabschätzung relevant werden könnten. Das Thema Gesundheit ist darin direkt und indirekt aufgenommen (vgl. Tabelle 46).

¹³⁶ Kurzinformationen für das Projekt im LK Unna unter http://www.hartlik.de/index.php?option=com_content&view=article&id=176:begleitung-zur-erprobungsphase-fachplan-gesundheit&catid=91&Itemid=560&lang=de

¹³⁷ http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/background/background_en.htm (abgerufen 27.08.2016)

Tabelle 46 Gesundheitsrelevante Themen des Impact Assessment (European Commission 2009)

Gesundheitsrelevanter Wirkungsbereich	Auswahl der Fragestellungen für den gesundheitsrelevanten Wirkungsbereich (gesundheitsrelevante Fragen unterstrichen)
Standards and rights related to job quality	<ul style="list-style-type: none"> • Does the option impact on job quality? • Does the option affect the access of workers or job-seekers to vocational or continuous training? • <u>Will it affect workers' health, safety and dignity?</u> • Does the option directly or indirectly affect workers' existing rights and obligations, in particular as regards information and consultation within their undertaking and protection against dismissal? • Does it affect the protection of young people at work? • Does it directly or indirectly affect employers' existing rights and obligations? • Does it bring about minimum employment standards across the EU? • Does the option facilitate or restrict restructuring, adaptation to change and the use of technological innovations in the workplace?
Public health and safety	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Does the option affect the health and safety of individuals/populations, including life expectancy, mortality and morbidity, through impacts on the socio-economic environment (working environment, income, education, occupation, nutrition)?</u> • <u>Does the option increase or decrease the likelihood of health risks due to substances harmful to the natural environment?</u> • <u>Does it affect health due to changes in the amount of noise, air, water, or soil quality?</u> • <u>Will it affect health due to changes energy use and/or waste disposal?</u> • <u>Does the option affect lifestyle-related determinants of health such as diet, physical activity, or use of tobacco, alcohol, or drugs?</u> • <u>Are there specific effects on particular risk groups (determined by age, gender, disability, social group, mobility, region, etc.)?</u>
Access to and effects on social protection, health and educational systems	<ul style="list-style-type: none"> • Does the option have an impact on services in terms of quality/access for all? • <u>Does it have an effect on the education and mobility of workers (health, education, etc.)?</u> • Does the option affect the access of individuals to public/private education or vocational and continuing training? • Does it affect the cross-border provision of services, referrals across borders and co-operation in border regions? • <u>Does the option affect the financing / organisation / access to social, health and care services?</u> • Does it affect universities and academic freedom / self-governance?
Air quality	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Does the option have an effect on emissions of acidifying, eutrophying, photochemical or harmful air pollutants that might affect human health, damage crops or buildings or lead to deterioration in the environment (soil or rivers etc.)?</u>

Für die deutsche Gesetzesfolgenabschätzung wurde eine Arbeitshilfe vom Bundesministerium des Inneren entwickelt. Auf die Nachhaltigkeitsprüfung wird darin folgendermaßen Bezug genommen: Im Rahmen der Alternativenprüfung soll „Nachhaltigkeit im Sinne der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung“ betrachtet werden (Bundesministerium des Inneren, 2009). Dabei ist „darzustellen, ob die Wirkungen des Vorhabens einer nachhaltigen Entwicklung entsprechen, insbesondere welche langfristigen Wirkungen das Vorhaben hat“ (Die Bundesregierung 2009: § 44 Abs. 1). Den inhaltlichen Maßstab für die Prüfung dieser Wirkungen auf die nachhaltige Entwicklung bildet der Fortschrittsbericht zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Bundesministerium des Inneren, 2009). Die Nachhaltigkeitsstrategie (Entwurf 30.05.2016) enthält dabei allgemeine, übergeordnete Managementregeln sowie korrelierende Nachhaltigkeitsindikatoren. Diese basieren auf den Sustainable Development Goals der UN. So betont die sog. Agenda 2030 der Bundesregierung unter dem Punkt „Menschen: Wir sind entschlossen, Armut und Hunger in allen ihren Formen und Dimensionen ein Ende zu setzen und sicherzustellen, dass alle Menschen ihr Potenzial in Würde und Gleichheit und in einer gesunden Umwelt voll entfalten können“ (Bundesregierung 2016, 9). Die Managementregeln (4 bzw. 8) der Nachhaltigkeitsstrategie fordern dabei, dass „Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit [...] zu vermeiden [sind]“ und die Landwirtschaft neben u.a. Wettbewerbsfähigkeit und Umweltverträglichkeit "insbesondere [den] gesundheitliche(n) Verbraucherschutz“ berücksichtigen sollte. Das Thema Gesundheit wurde konkret dem UN-Ziel 3 „Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern“ zugeordnet (Die Bundesregierung 2016), wie in Tabelle 39 (S. 150) dargestellt.

Für die deutsche Gesundheitspolitik liegt der Schwerpunkt dabei auf der Prävention, d.h. auf Maßnahmen, die Krankheiten vermeiden oder das Risiko einer Erkrankung verringern können. Bei der internationalen Umsetzung bezieht sich die Bundesregierung u.a. auf ihr Konzept "Globale Gesundheitspolitik gestalten - Gemeinsam handeln - Verantwortung wahrnehmen". Als internationales Element wird beispielsweise auf die Verbindung von Umweltschutz und Gesundheit und deren volkswirtschaftlicher Relevanz verwiesen (Die Bundesregierung 2016). Darüber hinaus bestehen verschiedene Querverbindungen zu anderen internationalen Zielsetzungen bzw. deren nationaler Entsprechung, bspw. zur Integration gesundheitsrelevanter Aspekte in das Sozialsystem, das Menschenrecht auf (gesunde) Nahrung / gesünderes Ernährungsverhalten (Die Bundesregierung 2016). Weitere Informationen dazu bietet der korrespondierende Indikatorenbericht, der der Erfolgskontrolle der Nachhaltigkeitsstrategie dient (Statistisches Bundesamt 2014).

Die folgenden Schritte der Nachhaltigkeitsprüfung werden empfohlen (Entwurf zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2016 der Bundesregierung):

1. „Kursorische Prüfung des Entwurfs in einem frühen Stadium daraufhin, ob sich hieraus Auswirkungen auf die Managementregeln, Indikatoren und Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie ergeben.
2. Sofern relevante Auswirkungen identifiziert wurden: vertiefte Prüfung dieser Bereiche unter besonderer Berücksichtigung einer Langfristperspektive.
3. Zusammenfassende Darstellung des Prüfergebnisses in der Gesetzes- /Verordnungsbegründung.“

Da diese jedoch individuell ausgestaltet werden, bilden sie keine übergeordnete Empfehlung zu Gesundheitsaspekten in Prüfverfahren, sondern können eher punktuell herangezogen werden.

Zusammenfassend ist das Thema Gesundheit im europäischen Impact Assessment vergleichsweise umfangreich verankert: einerseits durch das seit 2002 etablierte Verfahren einschließlich Methodik zum Impact Assessment, andererseits durch die detaillierten Fragestellungen zu gesundheitsrelevanten Aspekten in den Leitlinien. Zudem kräftigte erst kürzlich ein Arbeitsdokument der Kommission das Impact Assessment-Verfahren und dabei auch die im Verfahren verankerten Gesundheitsaspekte (European Commission 2015).

Im Gegensatz dazu steht die deutsche Nachhaltigkeitsprüfung in ihrer Entwicklung seit 2009 noch stärker am Anfang. Bislang existiert ein eher wenig detaillierter institutioneller und methodischer Rahmen. Die Durchführung einer Nachhaltigkeitsprüfung ist bislang nicht verbindlich geregelt (OECD 2011), so dass noch deutlicher Entwicklungsspielraum auch im Hinblick auf die Bewertung gesundheitlicher Themen in der Folgenabschätzung besteht. Dafür legte der Parlamentarische Beirat für nachhaltige Entwicklung bereits erste Vorschläge zur Optimierung des Verfahrens vor (2011), die sich jedoch nicht auf die Berücksichtigung einzelner Aspekte wie bspw. Gesundheit beziehen. Derzeit wird das Thema Nachhaltigkeitsprüfung durch eine eigene Berichtersteller-Gruppe gefördert (Die Bundesregierung 2016: 231). In der Arbeitshilfe und den darin verfügbaren Arbeitsblättern zur Gesetzesfolgenabschätzung sind Vorgaben für die Standardisierung enthalten, welche sich jedoch nur in sehr geringem Umfang dem Verfahren und den tatsächlichen Inhalten der Nachhaltigkeitsprüfung widmen (vgl. auch Bundesministerium des Inneren 2009). Gleichzeitig bilden die Indikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie einen wohl eher engen Rahmen für die mögliche Vielfalt von Gesetzen potenziell ausgehenden Wirkungen als die relativ klar umrissenen Fragestellungen der europäischen Leitlinien. Jedoch wurden im Rahmen von deutschen Gesetzesfolgenabschätzungen vor der Einführung einer Nachhaltigkeitsprüfung einige quantitative Risikoanalysen zu Rechtsvorschriften aus dem Gesundheitsbereich durchgeführt (Prognos 2008: 17). Das Umweltbundesamt hat weiterhin einen Leitfaden insbesondere für die Nutzen-Abwägungen von umweltbezogenen Maßnahmen in der Gesetzesfolgenabschätzung veröffentlicht, zu denen auch gesundheitsrelevante Argumente zählen (vgl. Umweltbundesamt 2015). Zudem ist die jetzt noch stärkere Integration des Themas Gesundheit in den Entwurf zur Fortschreibung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie als zentralem Referenzrahmen für die Nachhaltigkeitsprüfung ein wichtiger Schritt. In diesem Entwurf hat die Bundesregierung die Bedeutung der Nachhaltigkeitsprüfung für die bessere Rechtssetzung bekräftigt. Es bleibt daher weiter abzuwarten, welche künftigen Entwicklungen sich beim politischen Rahmen und der Umsetzung des Instruments im Allgemeinen – und ggf. damit auch dem Aspekt Gesundheit in der Politik- und Gesetzesfolgenabschätzung – ergeben.

Andrea Rüdiger (Stand: 2014)

7.7 Klimaanalysen und Vulnerabilitätsabschätzungen

Sowohl in der Bauleitplanung als auch in weiteren umweltbezogenen Verfahren sind die Belange Klima und Luft zu berücksichtigen. Die Aufarbeitung und Kenntnisse der bodennahen Klimaverhältnisse und die Prognose der aufgrund von Planungen und Eingriffen möglicherweise zu erwartenden lokalen Klimaänderungen ist ein zentrales Erfordernis der Umwelt- und Daseinsvorsorge (vgl. VDI 3785; 2001: 2). Die Human-Biometeorologie stellt Verfahren bereit, um Auswirkungen des Mikro- und Mesoklimas auf den Menschen zu bewerten (vgl. Mayer & Matzarakis 1999). Hinweise zur planungsgerechten und

methodisch abgesicherten Erhebung, Auswertung und Darstellung der notwendigen Klimadaten liefert die VDI Richtlinie 3787, Blatt 2 *Methodik zu bodengebundenen Stadt- und Standortklimamessungen mit mobilen Messsystemen*. Vor allem die Analyse und Bewertung der thermischen und lufthygienischen Komponenten haben in der Planung große Bedeutung erlangt, weil sie mit Mitteln der Planung beeinflussbar sind. Auf Basis der Ermittlung klima- und immissionsökologischer Messgrößen mit meso- und mikro-skaligen numerischen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen werden lokale Klimaanalysen erstellt. Hierzu werden die Parameter Lufttemperatur, Niederschlag, Wind (Windrichtung, Windgeschwindigkeit), Luftfeuchte und Strahlung in hoher zeitlicher Auflösung erfasst. Bei der Auswahl von Messstationen ist darauf zu achten, dass unterschiedliche Stadtstrukturen zu erfassen sind. Die stationären kontinuierlichen Messungen werden oft durch Messfahrten ergänzt, in der Regel mit Profilmessfahrzeugen des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Ein wichtiges Element innerhalb gesamtstädtischer Klimauntersuchung ist die Erstellung einer Klimaanalyse-Karte, die die lokalklimatischen Gegebenheiten als flächenhafte Übersicht darstellt. Ergänzende zentrale Arbeits- und Informationsgrundlagen sind u.a.:

- Topographische Karten,
- Stadtkarten,
- Flächennutzungsplan,
- Luftbildpläne,
- Temperaturmessfahrten,
- Thermalbefliegung,
- meteorologische und lufthygienische Messungen,
- Verkehrsuntersuchung,
- Befragungen.

Um die komplexen Wechselwirkungen des Klimasystems zu verstehen und für die Zukunft vorhersagen zu können (Klimaprognose), werden städtische Klimamodelle als ein Ensemble von Klimaprojektionsrechnungen regionaler Klimamodelle eingesetzt (z. B. MUKLIMO_3 des DWD).

Es bleibt festzuhalten, dass die Bestandsaufnahme der stadtklimatischen Gegebenheiten (Klimaanalyse-Karte) durch eine Vielzahl zu berücksichtigender Einzelinformationen bestimmt wird. Auch die Umsetzung in bewertende Planungsaussagen erweist sich als eine sehr komplexe Aufgabe. Gemäß VDI-Richtlinie 3787 Blatt 9 (Stand 2004) wird als geeignetes Instrument eine Karte mit Hinweisen für die Planung empfohlen. Sie enthält eine integrierende Bewertung der in den Klimaanalyse-Karten dargestellten Sachverhalte im Hinblick auf planungsrelevante Belange.

Art, Ausmaß und räumliche Ausprägung von Klimaveränderung und Klimawandelfolgen hängen stark von der sogenannten *Vulnerabilität*, d. h. von der Verletzlichkeit bzw. Verwundbarkeit einer Stadt, eines Umweltschutzgutes oder eines Nutzungsbereichs (z. B. der Land- und Forstwirtschaft, Erholungsgebiete) gegenüber Klimaänderungen ab. Um Bedarf, Art, Umfang und Dringlichkeit notwendiger Anpassungsaktivitäten einschätzen und geeignete Maßnahmen planen zu können, ist ausreichendes Wissen zur spezifischen städtischen Vulnerabilität notwendig.

Die Wirkungen vor allem des Klimas und der Lufthygiene und ihres Zusammenspiels auf den Menschen und seine Gesundheit sind höchst komplex und werden im Rahmen von Vulnerabilitätseinschätzungen meist zusammengefasst in:

- Zunahme der thermischen Belastung,
- steigende Gefährdung durch Extremwetterereignisse,
- steigende Gefahr von vektorbasierten Krankheiten und Gefährdung und
- weitere, klimabedingte Gesundheitsrisiken (bspw. Krankheiten, die durch Wasser oder Nahrung übertragen werden).¹³⁸

Die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit können *direkter* (erhöhte Mortalität während Hitzeperioden oder bei Extremwetterereignissen) oder *indirekter* Art (Verbreitung von Krankheitserregern, Gefährdung der Nahrungsproduktion oder der Frischwasserversorgung) sein. Da es jedoch zusätzlich nicht-thermische Ursachen für Mortalitätsanstiege gibt und auch weniger starke Hitzebelastung bereits mit einer Übersterblichkeit einhergeht, ist die Beurteilung der Sensitivität immer nur eine erste Einschätzung. Eine weitere Unsicherheitsquelle bei der Abschätzung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Gesundheit ist - neben der Unsicherheit der Klimamodelle – die zukünftige Sensitivität der Bevölkerung für thermische Belastungen. Diese hängt sowohl vom Grad der Anpassung als auch von verschiedenen Bevölkerungscharakteristika ab. Beeinflussend wirken auch sozioökonomische Faktoren. Damit erlangen demographische, sozioökonomische, aber auch gesamtgesellschaftliche Bedingungen nicht nur für die Entwicklung einer Stadt und seiner Stadtgesellschaft, sondern vor allem auch für die menschliche Gesundheit im Kontext der Klimaveränderung eine besondere Bedeutung.

¹³⁸ Vgl. weitere Erläuterungen auf <http://www.stadtklimatse.de>

Joachim Hartlik (Stand: 2014)

8. Ausblick

Die vorliegenden Leitlinien sollen eine Grundlage für die Diskussion um Mindestanforderungen und Entwicklungspotenziale zur inhaltlichen Berücksichtigung der menschlichen Gesundheit in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren bieten.

Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit lassen sich ebenso wenig wie Sozialverträglichkeit abstrakt bestimmen, sondern sollten im jeweils konkreten örtlichen Bezug auf die Gemeinde oder den Stadtteil herausgearbeitet werden. Das Schutzgut *menschliche Gesundheit* ist daher auf den verschiedenen Planungs- und Projektzulassungsebenen stets fall- und maßstabsbezogen zu definieren.

Der nächste Schritt zur Förderung und effizienten Integration gesundheitsbezogener Belange besteht vor allem darin, *praxisbezogene Leitfäden* zu erarbeiten, die die Planungs- und Zulassungspraxis als Ansatzpunkt nehmen, um eine gute fachliche Praxis der Berücksichtigung von Gesundheitsbelangen zu entwickeln.

Aufbauend auf den grundsätzlichen Beiträgen der vorliegenden *Leitlinien* sollen in diesen speziellen Leitfäden Mindestanforderungen an die Bearbeitung des Schutzgutes *menschliche Gesundheit* zusammengestellt werden, die nicht unterschritten werden sollten. Neben der generellen Anpassung an das entsprechende Planungs-/Zulassungsverfahren ist auch eine projekt- und ortsspezifische Anpassung notwendig, die das Schutzniveau und die anzuwendenden Bewertungsmaßstäbe unter Berücksichtigung der räumlichen und lokalen Besonderheiten und in Bezug auf den Charakter des konkreten Planes bzw. Projektes festlegt.

Die Leitfäden sind

- einheitlich strukturiert und enthalten Mindestanforderungen, die nicht zu unterschreiten sind, und darüber hinaus gehende Empfehlungen im Sinne einer *guten fachlichen Praxis* im Hinblick auf die Berücksichtigung des Schutzgutes *menschliche Gesundheit*,
- den jeweiligen Anforderungen und Rahmenbedingungen angepasst,
- praxisbezogen analog der jeweiligen Struktur des Planungs- oder Zulassungsverfahrens im Sinne eines Workflows integrierbar,
- ggf. mit Arbeitshilfen wie Checklisten, Übersichten zu Bewertungsmaßstäben und anzuwendender Analyse- und Prognosetechniken verknüpft.

Für folgende Planungs- und Zulassungsverfahren sind Leitfäden in der Bearbeitung oder im Rahmen der weiteren Aktivitäten der AG vorgesehen:

(1) Umweltprüfungen in der Regionalplanung und in Raumordnungsverfahren

Umweltprüfungen auf dieser vorgelagerten Ebene, auf der es in der Regel noch keine bindenden, rechtlich verpflichtenden Entscheidungen gibt, können das Schutzgut *menschliche Gesundheit* nur entsprechend des Betrachtungsmaßstabes (i.d.R. 1:25.000) berücksichtigen. Hier geht es um *raumbedeutsame* Auswirkungen einer Planung oder eines Vorhabens. Aufgrund der Größe des Betrachtungsgebietes (nicht selten mehrere hundert Quadratkilometer und mehr) kann auf lokale Auswirkungen hier nicht Bezug genommen werden.

Beispiele hierfür sind Raumordnungsprogramme der Bundesländer, Regionale Raumordnungsprogramme für Landkreise, Raumordnungsverfahren für große Infrastrukturprojekte wie Autobahnen/Bundesstraßen, Schienenwege, Bundeswasserstraßen, Flughäfen oder Energieerzeugungsprojekte. Den Infrastrukturprojekten ist gemeinsam, dass sie auf einer nächsten Konkretisierungsstufe im Zuge der sogenannten planerischen Abschichtung erneut geprüft werden. Dabei werden dann auch die lokalen Auswirkungen berücksichtigt. Allerdings wird auf dieser Ebene i.d.R. dann nur noch die Alternative untersucht, die im raumordnerischen Alternativenvergleich als raum- und umweltverträglich festgestellt wurde. Dies wird auch als *faktische Bindungswirkung* des ROV für nachfolgende Verfahren bezeichnet. Rechtsverbindlich für Dritte ist das Ergebnis des ROV nicht, wohl aber für die Behörden auf der nächsten Planungsstufe, die mit der Projektzulassung abschließt. Ferner müssen die Ergebnisse eines ROV auch im Rahmen der Bauleitplanung Berücksichtigung finden.

Analog zum Betrachtungsraum und -gegenstand kann hier nur auf relativ hoch aggregierte Daten, die großflächig zur Verfügung stehen, zurückgegriffen werden.

(2) Umweltprüfungen in der Bauleitplanung (Flächennutzungsplan und Bebauungsplan)

Bei Flächennutzungsplänen und den daraus zu entwickelnden Bebauungsplänen sind - unabhängig von der Durchführung einer Umweltprüfung im Sinne des UVP-Gesetzes – nach den Vorschriften des BauGB stets Umwelt- und Gesundheitsbelange zu berücksichtigen. Zum Teil sind diese klar bezeichnet wie etwa *gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse*“ und *umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt*.

Demzufolge stehen hier die konkreten, lokalen Auswirkungen auf die Bevölkerung im Mittelpunkt der Betrachtung. Der Bezug zur übergeordneten regionalplanerischen Ebene ist dabei zu beachten. Insbesondere Aktivitäten im Hinblick auf Monitoring- und Überwachungspflichten, die im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung für bestimmte Pläne und Programme aufgestellt wurden, sind hier zu erwähnen.

(3) Umweltprüfungen in vorhabenbezogenen Zulassungsverfahren gemäß Anlage 1 UVPG

Hierzu zählen z. B. gebundene Zulassungsentscheidungen und Kontrollerlaubnisse, die auf Grundlage der 9. BImSchV genehmigt werden, und große Infrastrukturprojekte wie Autobahnen, Schienenwege, Bundeswasserstraßen oder Flughäfen, die im Rahmen von Planfeststellungsverfahren zugelassen werden.

Während bei den BImSch-Verfahren eine relativ eingeschränkte Berücksichtigungspflicht von Umweltbelangen besteht, die eng an die gesetzlich definierten umweltbezogenen Zulässigkeitsvoraussetzungen geknüpft ist und damit wenig Spielraum für ‚weiche‘ und gesetzlich nicht verankerte Schutzziele bietet, gestaltet sich dies bei den Planfeststellungsverfahren anders. Hier ist ein umfassendes Prüfprogramm mit einer Vielzahl zu berücksichtigender Belange zu bewältigen. Die verfahrensführende Behörde verfügt hier daher über ein umfassendes planerisches Ermessen, bei dem Sie Umwelt- und Gesundheitsbelange in umfangreicherer Art und Weise berücksichtigen kann.

Da es sich bei diesen Verfahren um abschließende Zulassungen handelt, die alle fachrechtlichen Teilzulassungen im Rahmen einer Konzentrationswirkung beinhalten, geht die Detaillierungsebene bis hinunter auf den lokalen, örtlichen Bezug.

9. Glossar

- Antragsunterlagen** Gemäß § 6 UVPG vom Träger des Vorhabens beizubringenden Unterlagen über die Umweltauswirkungen des Vorhabens. Mindestanforderungen bzgl. der Unterlagen enthalten die Absätze 3 und 4 des § 6. Die Antragsunterlagen umfassen in der Regel die technische Projektplanung (Konkretisierungsgrad dem Stand der Planung entsprechend), die Untersuchung der Umweltauswirkungen (meist in Form einer *Umweltverträglichkeitsstudie* oder einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung) sowie ggf. ergänzende Fachgutachten (Immissionsgutachten, hydrogeologische Fachgutachten, Biotopkartierungen, gesundheitsrelevante Fachbeiträge wie HIA).
- Auswirkungen auf die Umwelt** Im Sinne des § 2 (1) UVPG sind dies alle unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen des Vorhabens auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, Kultur- und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.
Siehe auch *Erheblichkeit*
- Auswirkungsprognose** Arbeitsschritt der *Umweltverträglichkeitsstudie*, bei dem eine möglichst konkrete Abschätzung erfolgt, welche Umweltauswirkungen durch das geplante Vorhaben voraussichtlich zu erwarten sind. Dabei kann es sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Auswirkung um quantifizierende Aussagen auf der Grundlage von Ausbreitungsberechnungen (Luftschadstoff- oder Schallimmissionen) oder qualitative Abschätzungen in Form von Analogieschlüsseln oder Szenarien (verbale Beschreibung von Barrierewirkungen auf bestimmte Tierarten) handeln.
- Bewertung, fachliche** Die fachliche Beurteilung der *Umweltauswirkungen* stellt einen Bewertungsvorschlag dar, der im Rahmen der *Umweltverträglichkeitsstudie* vom Gutachter vorgenommen wird. Dieser Vorschlag kann von der zuständigen Behörde, die für die Bewertung der Umweltauswirkungen gemäß § 12 UVP-Gesetz verantwortlich ist, nach Prüfung übernommen oder aber durch eine eigenständige Bewertung ersetzt werden. Eine fachliche Beurteilung oder Bewertung erfolgt zur besseren Nachvollziehbarkeit auf der Grundlage von Bewertungsskalen.
- Erheblichkeit** Die Einstufung der Erheblichkeit von Umweltauswirkungen in der *Umweltverträglichkeitsstudie* orientiert sich an dem Begriff der Entscheidungserheblichkeit im Sinne des § 6 UVPG. Danach müssen Umweltauswirkungen eine gewisse Schwere oder Intensität aufweisen, um im Verfahren berücksichtigungsfähig zu sein. Die Einschätzung der Erheblichkeit orientiert sich an den umweltbezogenen fachrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen. Zum Teil sind diese relativ klar definiert (z. B. Bundesimmissionschutzrecht), zum Teil aber auch als unbestimmte, auslegungsbedürftige Rechtsbegriffe ausgestaltet (z. B. Bundesnaturschutzrecht).
Siehe auch *Auswirkungen auf die Umwelt*

Gesundheit

Gesundheit bezeichnet den „Zustand des Wohlbefindens einer Person, der dann gegeben ist, wenn diese Person sich psychisch und sozial im Einklang mit den Möglichkeiten und Zielvorstellungen und den jeweils gegebenen äußeren Lebensbedingungen befindet. Gesundheit ist nach diesem Verständnis ein durchaus nicht selbstverständliches Gleichgewichtsstadium von Risiko- und Schutzfaktoren, das zu jedem lebensgeschichtlichen Zeitpunkt immer erneut in Frage gestellt ist. Gelingt das Gleichgewicht, dann kann dem Leben Freude und Sinn abgewonnen werden, es eine produktive Entfaltung der eigenen Kompetenzen und Leistungspotenziale möglich, und es steigt die Bereitschaft, sich gesellschaftlich zu integrieren und zu engagieren.“ (Hurrelmann 2010: 146)

Hurrelmann, Klaus (2010): Gesundheitssoziologie. Eine Einführung in sozialwissenschaftliche Theorien von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. 7. Auflage. Weinheim, München: Juventa Verlag.

Humanökologie

„Die Humanökologie ist eine neuartige wissenschaftliche Disziplin, deren Forschungsgegenstand die Wirkungszusammenhänge und Interaktionen zwischen Gesellschaft, Mensch und Umwelt sind. Ihr Kern ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise, die physische, kulturelle, wirtschaftliche und politische Aspekte einbezieht. Der Begriff Humanökologie stammt ursprünglich von den soziologischen Arbeiten der Chicago-Schule um 1920 und verbreitet sich seitdem als Forschungsperspektive in den Natur-, Sozial- und Planungswissenschaften sowie in der Medizin“ (siehe DG-Humanökologie 2014). Die Humanökologie befindet sich demnach interdisziplinär an der Schnittstelle unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen und stellt ein umfassendes Konzept der Mensch-Umwelt-Beziehung dar.

Deutsche Gesellschaft für Humanökologie e.V.: www.dg-humanoeekologie.de/, Zugriff am 20.03.2014.

Naturschutz

Der generalistischen, transdisziplinären und anthropozentrierten Definition von Erdmann & Bork (2004) zufolge ist „Naturschutz [...] ein gesamtträumliches intermediäres gesellschaftliches Anliegen, das die Gesamtheit aller Ideen, Konzepte, Strategien, Instrumente und Maßnahmen umschließt, die dem Schutz, der Pflege, der Entwicklung und der Wiederherstellung von Natur und Landschaft dienen – einschließlich ihrer abiotischen und biotischen Bestandteile sowie zum Wohl der Menschen“ (Erdmann & Bork 2004: 109). Diese Definition betrachtet Naturschutz als ein gesellschaftspolitisches Handlungsfeld (vgl. Heiland 2000) und geht damit über die bisherigen Definitionen weit hinaus.

Erdmann, K.-H. & Bork, H.-R. (2004): Geographie und Naturschutz - politisches Handlungsfeld mit räumlichen Implikationen. Standort 2004 (3): 108-112.

Heiland, Stefan (2000): Sozialwissenschaftliche Dimensionen des Naturschutzes: Zur Bedeutung individueller und gesellschaftlicher Prozesse für die Naturschutzpraxis. - Natur und Landschaft 75 (6): 242-249.

Noxe

Noxen sind Stoffe sowie Faktoren aus der Umwelt, welche Organismen oder Körperorgane bzw. deren Funktionen beeinträchtigen können.

Projektwirkungen

Siehe *Wirkfaktoren*

Salutogenese

Die salutogene Sichtweise geht auf den Medizinsoziologen Aaron Antonovsky (1923-1994) zurück und wurde in den 1970er Jahren entwickelt. Im Fokus der Salutogenese stehen, im Unterschied zur Pathogenese, die Ursachen und Bedingungen zur Herstellung und Erhaltung von Gesundheit. Das salutogenetische Konzept als Basis für Gesundheitsförderung betrachtet die Stärkung der individuellen und gesellschaftlichen Ressourcen für Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität als zentrale Voraussetzung, um Gesundheitsrisiken zu reduzieren und potenzielle Krankheiten möglichst zu verhindern (Antonovsky 1997).

Schutzgüter, UVP

Umwelt bedeutet gemäß UVPG: Menschen einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kultur- und Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den genannten Schutzgütern.

Scoping

Gemäß § 5 UVP-Gesetz unterrichtet die Behörde den Vorhabenträger nach dessen Ersuchen oder falls sie es für erforderlich hält zu Beginn des Verfahrens unter Hinzuziehung der zu beteiligenden Behörden sowie ggf. Sachverständigen und Dritten über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen. Dies geschieht in der Regel in Form eines *Unterrichtungsschreibens*.

Auch im HIA-Verfahrensablauf existiert dieser Arbeitsschritt, der zur Festlegung des weiteren Vorgehens, zur Etablierung eines HIA-Beirates, zur Bestimmung der einzusetzenden Methoden etc. dient.

Sozialraum

Der Begriff Sozialraum hat seinen Ursprung in der Stadtsoziologie und in der Pädagogik. Definiert ist ein Sozialraum durch eine bestimmte geographische Ausdehnung. Ein Sozialraum kann folglich eine ganze Stadt, zwei angrenzende Bezirke, eine Wohnsiedlung, ein Straßenzug oder Hochhaus umfassen. Zudem kann ein bestimmter Sozialraum auf dem Land (ein Dorf, ein Weiler) oder in der Großstadt gelegen sein. Auf der Verwaltungsebene wird der Sozialraumbegriff entsprechend verwendet, um ein nach Verwaltungskriterien festgelegtes Gebiet (z.B. Bezirk, Verkehrszelle) zu beschreiben. Der Sozialraumbegriff erschöpft sich jedoch nicht allein in einer geografischen Komponente. Der Sozialraumbegriff meint darüber hinaus einen gesellschaftlichen Raum im Sinne eines Lebensraumes, der durch das Handeln der Menschen konstituiert und aus einer spezifischen Perspektive heraus wahrgenommen und bewertet wird. Aus einer subjektiven Perspektive kann z.B. ein und derselbe Sozialraum von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen mit unterschiedlichen Zielen aufgesucht werden, was u.U. zu Nutzungskonkurrenzen führt.

Das Sozialraum-Konzept ermöglicht es, die geografisch-räumliche Umgebung mit sozialen Handlungsweisen zu verbinden und kommt neben der Sozialen Arbeit seit Jahren verstärkt in Planung und Stadtentwicklung zum Einsatz (z.B. im Programm „Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – die Soziale Stadt“).

Kessl, Fabian/Reutlinger, Christian/Maurer, Susanne/Frey, Oliver (Hrsg.) (2005): Handbuch Sozialraum. VS Verlag: Wiesbaden.

Umwelt (enge Definition) Der Begriff Umwelt wird häufig eng gefasst, oftmals sogar *synonym mit Natur* verwendet und bleibt damit auf die so genannte *natürliche Umwelt* des Menschen und dessen physikalischen, chemischen und biologisch-organismischen Wechselbeziehungen mit ebendieser beschränkt. Hierbei wird die *natürliche Umwelt* gemeinhin als der Raum zwischen der oberen Erdkruste und der oberen Atmosphäre verstanden, in dem physikalisch-stoffliche Wechselwirkungen zwischen den Umweltkompartimenten (Wasser, Luft, Boden etc.) und den Lebewesen bestehen. Auch der Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland (1994) definierte Umwelt eng als „die Gesamtheit aller Prozesse und Räume, in denen sich die Wechselwirkung zwischen Natur und Zivilisation abspielt.“

Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (1994): Stellungnahme zur Umweltforschung in Deutschland. Bd. 1. Köln.

Umwelt (weite Definition) Die humanökologisch begründete Umweltdefinition fasst Umwelt als Wechselbeziehung verschiedener Lebensumwelten des Menschen. Dies sind die soziale, die kulturelle, die technische (baulich-technisch gestaltete) und die natürliche Umwelt (vgl. Graumann & Kruse 2003). Meyer & Sauter (1999: 3-4) zufolge bezeichnet der Begriff Umwelt „grundsätzlich alles, was ein Objekt (z.B. den Menschen) umgibt. Menschen erfahren ihre Umwelt als eine Mischung von physikalischen, chemischen, biologischen, sozialen, kulturellen und ökonomischen Bedingungen, unter denen sie leben.“ Damit werden die *sozial-ökologischen Lebensverhältnisse* (Arbeit, Wohnen, Wohnumfeld, Ernährung, Bildung etc.) explizit integriert.

Graumann, C. F. & Kruse, L. (2003): Räumliche Umwelt. Die Perspektive der humanökologisch orientierten Umweltpsychologie. In: Meusbürger, P. & Schwan, T. (Hrsg.): Humanökologie: Ansätze zur Überwindung der Natur-Kultur-Dichotomie. Bd. 135. Stuttgart: 239-256.

Meyer, R. & Sauter, A. (1999): TA-Projekt „Umwelt und Gesundheit“ – Endbericht. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. TAB-Arbeitsbericht Nr. 63. Berlin.

Umweltauswirkungen Siehe *Auswirkungen auf die Umwelt*

Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) Unselbständiger Bestandteil von verwaltungsbehördlichen Verfahren, die der Entscheidung über die Zulässigkeit von Vorhaben dienen. Die UVP umfasst die frühzeitige Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen nach einheitlichen Grundsätzen im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge. Ablauf und Inhalte werden durch das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) geregelt, das die Mindestanforderungen vorgibt.

Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) Die UVS ist das fachliche Kernstück des UVP-Verfahrens. Sie beinhaltet die Beschreibung des Vorhabens einschließlich der betrachteten Alternativen, den aktuellen Zustand der Schutzgüter inkl. möglicher Vorbelastungen sowie die Prognose und fachliche Bewertung der schutzgutbezogenen Folgen und wird in der Regel von einem Gutachter im Auftrag des Vorhabenträgers erstellt. Die Mindestinhalte der UVS orientieren sich an § 6 UVP-Gesetzes. Dort wird nicht wie in der Praxis üblich von der UVS, sondern von den *Antragsunterlagen* gesprochen. Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe von untergesetzlichen vorhabenbezogenen Leitfäden, die die Anforderungen der guten fachlichen Praxis konkretisieren (Straßenplanungen, Bahnvorhaben, Wasserstraßen etc.). Häufig wird die UVS

ergänzt durch verschiedene Fachgutachten, deren zentrale Ergebnisse in die UVS einfließen. Die allgemein verständliche nichttechnische Zusammenfassung im Sinne des § 6 Abs. 3 Satz 2 sowie Abs. 4 Satz 2 UVPG stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten UVS-Ergebnisse dar und muss für die vom Vorhaben betroffenen nachvollziehbar und verständlich sein.

Unit risk

Unter "unit risk" versteht man das geschätzte zusätzliche Risiko, dass eine Erkrankung durch Krebs eintritt, wenn eine dauernde inhalative Exposition gegenüber dem Gefahrstoff über Lebenszeit (70 Jahre) in Höhe von 1 µg/m³ besteht.

Variantenvergleich

Ein Variantenvergleich im Rahmen einer Umweltprüfung ist notwendig, um eine Rangfolge im Hinblick auf die aus Umweltsicht zu bevorzugende Planungsvariante ermitteln zu können. In einem ersten Schritt wird zunächst auswirkungsbezogen die aus Umweltsicht günstigste Variante ermittelt. Für jedes Schutzgut wird anschließend angegeben, welche Variante die umweltschonendste darstellt. Im nächsten Schritt wird mit Hilfe von nachvollziehbaren Aggregationsregeln schutzgutübergreifend ermittelt, welche Variante die insgesamt geringsten →*Umweltauswirkungen* mit sich bringt und die Vorzugsvariante darstellt.

Vulnerabilität

„Vulnerabilität“ im Sinne erhöhter Erkrankungs-, Behinderungs- und Sterbewahrscheinlichkeiten findet sich besonders häufig dort, wo die Zugehörigkeit zu einer Gruppe, deren volle Teilhabe an der Gesellschaft prekär oder beschädigt ist (z.B. Arbeitslose, alte Menschen), mit engen oder armen materiellen Verhältnissen zusammentrifft" (s. Sachverständigenrat zur Begutachtung des Gesundheitswesens, Gutachten 2007, S. 84).

Vulnerabilität bestimmter Personengruppen bedeutet im gesundheitsbezogenen Kontext, dass für diese Gruppen ein erhöhtes Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko anzunehmen ist. Dass Menschen eine höhere Vulnerabilität z. B. für gesundheitliche Belastungen aufweisen, kann diverse, sich wechselseitig überlagernde bzw. potenzierende Ursachen haben. In der Literatur werden zur Spezifizierung vulnerabler Gruppen in der Regel folgende Faktoren genannt:

- Geschlecht in Verbindung mit bestimmten Lebensphasen wie z.B. Schwangerschaft
- Ethnischer Hintergrund bzw. Zugehörigkeit zu einer ethnischen Minderheit
- Niedriger sozialer Status/sozioökonomische Mangellagen im Zusammenhang mit den Lebensbedingungen/-verhältnissen
- Lebensalter, d.h. in den verschiedenen Lebensphasen (Kindheit, sehr hohes Lebensalter) kann die Vulnerabilität in unterschiedlicher Weise erhöht sein
- Soziale Marginalisierung (z.B. Obdachlose)
- Eingeschränkte körperliche und/oder kognitive Fähigkeiten (einhergehend z.B. mit Defiziten im Informationsverhalten, in der individuellen Gesundheitsvorsorge etc.)

Wechselwirkungen

Wechselwirkungen im Sinne des UVPG sind alle Wirkungsbeziehungen

im ökosystemaren Wirkungsgefüge der Umwelt (energetisch, stofflich, informatorisch) zwischen den einzelnen Schutzgütern. Die Berücksichtigung von Wechselwirkungen soll eine Problemverlagerung von einem Schutzgut auf ein anderes vermeiden helfen.

Wirkfaktoren

Wirkfaktoren im Sinne des UVP-Gesetzes gehen von einem Vorhaben aus und können zu Veränderungen und Folgen für die umweltbezogenen *Schutzgüter* führen. Wirkfaktoren können vom Vorhaben temporär (z. B. während der Bauphase oder während der Stilllegung) oder dauerhaft (während des Betriebs bzw. durch die Anlage selbst) hervorgerufen werden. Bei den Wirkfaktoren kann es sich um Emissionen von Schadstoffen, Strahlung, Schall, Erschütterungen, Wärme, Licht etc. aber auch um strukturelle Bodenveränderungen (z. B. Verdichtung, Versiegelung) oder visuelle Störungen des Landschaftsbildes handeln. Auch die Veränderung sozialräumlicher Strukturen mit Folgen für das menschliche Wohlbefinden zählen hierzu.

Wohlbefinden

Wohlbefinden stellt eine zentrale Kategorie in Gesundheitsdefinitionen dar, da Gesundheit, gesundheitliche Belastungen und Wohlbefinden eng miteinander verbunden sind. In der Literatur finden sich zum Teil sehr heterogene Konzepte des Wohlbefindens, die u.a. eine Aufgliederung in subjektives und objektives Wohlbefinden vornehmen.

Maßgeblich beeinflusst wird das objektive Wohlbefinden durch die konkreten materiellen und sozialen Lebensbedingungen. Diese umfassen Bereiche wie Gesundheit, Bildung, Arbeitsplatz, soziale Beziehungen, Umwelt, Sicherheit, Wohnbedingungen, Freizeit etc. Das subjektive Wohlbefinden hingegen bezieht sich auf Aspekte wie Wohlfühlen und Freude. Es umfasst eine physische (z.B. körperliche Beschwerdefreiheit) und psychische (z. B. Optimismus, Freude) sowie eine affektive und bewertende Komponente. Es ist charakterisiert durch die momentane, situationspezifische Befindlichkeit sowie durch das habituelle Wohlbefinden, das auf emotionale Erfahrungen zurückgeht und sich in einer relativ stabilen Eigenschaft ausdrückt. Das subjektive Wohlbefinden basiert auf einer individuellen Bewertung des eigenen Lebens und drückt sich in der allgemeinen Lebenszufriedenheit aus. Zur Messung von Wohlbefinden steht ein breites Spektrum verschiedener standardisierter Instrumente zur Verfügung. Sie beziehen sich auf unterschiedliche quantitative und qualitative Messgrößen (z. B. Zufriedenheit eines Menschen mit einem bestimmten Lebensbereich wie der Umweltqualität) und verbinden z.B. Informationen über das Wohlbefinden mit morbiditätsbezogenen Informationen zur mentalen und physischen Gesundheit.

Abele, A./ Becker, P. (1994): Wohlbefinden: Theorie - Empirie – Diagnostik. Weinheim: Juventa-Verlag.

Diener, Ed; Suh, Eunkook; Oishi, Shigehiro (1997): Recent Findings on Subjective Well-Being. In: Indian Journal of Clinical Psychology, 24(1): 25-41.

10. Quellenverzeichnis

- Abraham, A., Sommerhalder, K., Bolliger-Salzmänn, H., Abel, T. (2007): *Landschaft und Gesundheit: Das Potenzial einer Verbindung zweier Konzepte*. Bern.
- AGLMB (Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinal-Beamten, -Beamten der Länder) (1995): *Standards zur Expositionsabschätzung, Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene (Behörde für Arbeit Gesundheit und Soziales, Hrsg.)*, Hamburg.
- AGS (Ausschuss für Gefahrstoffe) (2008): *Bekanntmachung 910, Risikowerte und Expositions-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen*, Ausgabe Juni 2008, zuletzt geändert und ergänzt: *GMBI 2012, S. 717 [Nr. 40] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen*.
- Ahlbom, A. & Day, N.; Feychting, M.; Roman, E.; Skinner, J.; Dockerty, J.; Linet, M.; McBride, M.; Michaelis, J.; Olsen, J.H.; Tynes, T.; Verkasalo, P.K. (2000): *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia*. *Br J Cancer* 83(5): 692-8.
- Albers, G., Wékel J. (2008): *Stadtplanung. Eine illustrierte Einführung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Altgeld, T. (2011): *Gesundheitliche Chancengleichheit*. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Hrsg.): *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention. Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden in der Gesundheitsförderung*. 5. Aufl., Verlag für Gesundheitsförderung, Werbach-Gamburg.
- Antonovsky, A. (1987, 1988²): *Unraveling the mystery of health. How people manage stress and stay well*. Jossey-Bass, San Francisco.
- ARGE BAU (2001): *Mustererlass zur Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren; Entwurf Stand 10. September 2001; Projektgruppe "Altlasten im Bauplanungsrecht"*.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2011): *Minimal Risk Level*.
- Baan, R., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., Ghissarssi, F.E., Bouvard, V., Benbrahim-Talla, L., Guha, N., Islami, F., Galichet, L., Straif, K. on behalf of the WHO IARC Monograph Working Group (2011) *Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields*. *Lancet Oncology* 12: 624-626.
- Babisch, W. (2002): *Physikalische Einflussfaktoren Teil 1: Lärm*. In: Beyer A, Eis D (Hrsg.): *Praktische Umweltmedizin, Band 2: Klinik, Methoden, Arbeitshilfen*. Springer; 2002.
- Babisch, W. (2011): *Quantifizierung des Einflusses von Lärm auf Lebensqualität und Gesundheit*. In: *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst*, 01/2011, S. 28-36.
- Baden-Württemberg, Wirtschaftsministerium in Zusammenarbeit mit dem Amt für Umweltschutz Stuttgart (2008): *Städtebauliche Klimafibel*.
- Baden-Württemberg (o.J.): *Nachhaltigkeitscheck - Einführung und Übersicht über die Regelungen*. http://www.nachhaltigkeitsstrategie.de/fileadmin/Downloads/informieren/Landesverwaltung/N__Check.pdf
- BAFU (Bundesamt für Umwelt Schweiz) (2009): *Niederfrequente Magnetfelder und Krebs. Bewertung von wissenschaftlichen Studien im Niedrigdosisbereich*. www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01511/index.html?lang=de (Zugriff am 13.07.2011).
- Bär, G., Böhme, C., Reimann, B. (2010): *Mehr Gesundheit im Quartier – Prävention und Gesundheitsförderung in der Stadtteilentwicklung*. Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin (=Reihe Edition Difu - Stadt Forschung Praxis, Bd. 9).
- Barton, H., Grant, M. (2006): *A health map for the local human habitat*. In: *The Journal for the Royal Society for the Promotion of Health*, 126(6): 252-253.
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) (2008): *Risikowerte und Expositions-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen, Bekanntmachung zu Gefahrstoffen, Bekanntmachung 910, Ausgabe Juni 2008*.
- BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) (2015): *Endotoxinpapier, Bericht „Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine.“*, 17.6.2015.
- Bechmann, A. (2003): *Das Praxis-Defizit der Umweltverträglichkeitsprüfung, Die Umweltverträglichkeitsprüfung in Deutschland – Band 1, S. 61-63*, Verlag Edition Zukunft, Barsinghausen.
- Becker, P.; Schust, M. (1996): *Gesundheitsgefährdung durch Infraschall – Bestandsaufnahme*. Broschüre der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.

- Beckmann, M. (1995): § 12. In: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). S. 285-320. Hrsg.: W. Hoppe. Köln, Berlin, Bonn, München: Carl Heymanns.
- Berg-Beckhoff, G.; Schüz J (2013): Nicht-ionisierende elektromagnetische Felder – Epidemiologie. In: Wichmann, H.E., Schlipkötter H.-W., Fülgraff, G. (2013): Handbuch der Umweltmedizin, 51. Erg.Lfg.12/13.
- Bergdolt, K. (1999): Leib und Seele. Eine Kulturgeschichte des gesunden Lebens. Verlag C.H.Beck, München.
- Bergdolt, K. (2011): Was ist Gesundheit? In: K. Bergdolt, I. F. Herrmann (Hg.): Was ist Gesundheit? Antworten aus Jahrhunderten. Impulse – Villa Vigoni im Gespräch, Band 3. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, p.17-25.
- Berglund, B.; Hassmén, P., Soames Job, R.F. (1996): Sources and effects of low-frequency noise. J. Acoust. Soc. Am. 99(5): 2985-3002.
- BfR (Bundesamt für Risikobewertung) (2011): ESBL-bildende Bakterien in Lebensmitteln und deren Übertragbarkeit auf den Menschen. Stellungnahme Nr. 002/2012 vom 5. Dezember 2011, Berlin.
- BfR (Bundesamt für Risikobewertung) (2014): Fragen und Antworten zu Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus (MRSA). Aktualisierte FAQ vom 18. November 2014, Berlin.
- BfR (Bundesamt für Risikobewertung) (2015): Fragen und Antworten zu ESBL- und/oder AmpC-bildenden antibiotikaresistenten Keimen. Aktualisierte FAQ des BfR vom 19. Januar 2015, Berlin.
- BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (2005): Positionsbestimmung des BfS zu Grundsatzfragen des Strahlenschutzes. Leitlinien Strahlenschutz des BfS. 01.06.2005, www.bfs.de.
- BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (2013a): Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms zu weiteren möglichen biologischen und gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. [Http://www.bfs.de/de/elektro/hff/wirkungen/weitere_moegliche_wirkungen.html](http://www.bfs.de/de/elektro/hff/wirkungen/weitere_moegliche_wirkungen.html), Zugriff am 11.2.2014.
- BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (2013b): Rechtliche Grundlagen, Grenzwerte und Vorsorge. [Http://www.bfs.de/de/elektro/hff/grenzwerte.html](http://www.bfs.de/de/elektro/hff/grenzwerte.html), Zugriff am 11.02.2014.
- Bhatia, R. & Wernham, A. (2008): Integrating Human Health into Environmental Impact Assessment: An Unrealized Opportunity for Environmental Health and Justice. Environmental Health Perspectives 116(8): 991-1000.
- BioInitiative (2007): A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF) Deutsch: „BioInitiative: Argumente für biologisch begründete öffentliche Grenzwerte gegenüber elektromagnetischen Feldern (NF und HF)“. BioInitiative Working Group, University of Albany, New York - 31. August 2007. Übersetzung: Evi Gaigg, Diagnose-Funk; www.bioinitiative.org.
- Bisdorff, B. et al. (2012): MRSA ST398 in livestock farmers and neighbouring residents in a rural area in Germany. Epi-demiol. Infect. 140, S. 1800-1808.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) & MRI (Max Rubner-Institut) (2008): Nationale Verzehrsstudie II, Teil 2. Karlsruhe.
- BMG (Bundesministerium für Gesundheit) (2018): Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland 2014 – 2016. Dessau-Roßlau.
- BMI (Bundesministerium des Inneren) (2009): Arbeitshilfe zur Gesetzesfolgenabschätzung. Berlin.
- BMU (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1986): Leitlinien Umweltvorsorge. Umweltbrief Nr. 33, Bonn.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt) (1997): Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Handeln gegen Feinstaub. Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2012): Immissionsschutzrecht in Deutschland, Hintergrund, Stand Mai 2008.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2013): Vorschriften zum Schutz vor elektromagnetischen Feldern werden erneuert. [Http://www.bmu.de/bmu/presse-reden/pressemitteilungen/pm/artikel/vorschriften-zum-schutz-vor-elektromagnetischen-feldern-werden-erneuert/?tx_tnews%5BbackPid%5D=2471](http://www.bmu.de/bmu/presse-reden/pressemitteilungen/pm/artikel/vorschriften-zum-schutz-vor-elektromagnetischen-feldern-werden-erneuert/?tx_tnews%5BbackPid%5D=2471), Zugriff am 11.2.2014.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2013): Hochwasserschutzfibel. Berlin, Bonn.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) & BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (Hrsg.) (2009): Soziale Stadt – Arbeitshilfe Monitoring. Eigenverlag, Berlin.

- BMVBS (Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) & BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR): www.stadtklimalotse.de. Arbeitsplattform des ExWoSt-Forschungsfeldes "Urbane Strategien zum Klimawandel (o.J.): Kommunale Strategien und Potenziale", Version 4.0 beta.
- Bolte, G., Bunge C., Hornberg C., Köckler H, Mielck, A. (2012) Umweltgerechtigkeit – Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Huber-Verlag, Bern.
- Bolte, G., Kohlhuber, M. (2006): Soziale Ungleichheit und Gesundheit: Erklärungsansätze aus umweltepidemiologischer Sicht. In: Richter, M., Hurrelmann, K. (Hrsg.): Gesundheitliche Ungleichheit. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Bonacker, M., Heinrichs, E., Schwedler, H. U. (2008): Silent City. Umgebungslärm, Aktionsplanung und Öffentlichkeitsbeteiligung. Handbuch zur kommunalen Lärminderung. Umweltbundesamt, Europäische Akademie für städtische Umwelt (Hg.). Berlin.
- Bornkessel, C.; Schramm, A.; Neikes, M. (2002): Elektromagnetische Felder in NRW. Untersuchung der Immissionen durch Mobilfunk Basisstationen. Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST) GmbH, Kamp-Lintfort.
- Bowen, W. (2002): An analytical review of environmental justice research: What do we really know? In: Environmental Management 29: 3-15.
- 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) 36–42.
- Brauer, M., Gehring, U., Brunekreef, B., de Jongste, J., Gerritsen, J., Rovers, M., Wichmann, H.E., Wijga, A., Heinrich, J. (2006): Traffic-Related Air Pollution and Otitis Media. In: Environmental Health Perspectives 114: 1414-1418.
- Brenck M, Lohrberg F, Raupach K, Timm C, Berghöfer U, Heinz N, Sturm K, Wittich L (2016): Sauberes Wasser aus dem Untergrund, Stadtnatur versorgt in Ökosystemleistungen in der Stadt, Kapitel 6,2: 170-195, Berlin, Leipzig: Technische Universität; Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ
- Bruckmann, P. (2009) Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Politik am Beispiel der EU-Luftqualitäts-Richtlinien. Umweltmed Forsch Praxis 14(5): 268-269.
- Brulle, R.J., Pellow, D.N. (2006): Environmental Justice: Human Health and Environmental Inequalities. In: Annual Review Public Health 27: 3.1 - 3.22.
- Buchner, K.; Schwab, M. (2013): Die Grenzwerte der 26. BImSchV: Naturwissenschaftliche und juristische Defizite, in: ZUR 4/2013, 212-219.
- Bucksch, J., Claßen, T., Geuter, G., Budde, S. (2012): Bewegungs- und Gesundheitsförderliche Kommune – Evidenzen und Handlungskonzept für die Kommunalentwicklung – ein Leitfaden. Bielefeld.
- Budzinski, B. I. (2011): Von der Versorgung ohne Auftrag zur Bestrahlung ohne Gesetz, in: NVwZ Heft 19, 2011, S. 1165, Verlag C. H. Beck.
- Budzinski, B. I. (2013): Nach der Novellierung der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung 2013: Endlich Schutz vor Elektro-Smog und Mobilfunkstrahlung? in: NuR (2013) 35: 613-622
- BUND NRW (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland Landesverband Nordrhein-Westfalen), Hrsg. (2004): Windkraft in Nordrhein-Westfalen - regionalplanerische Steuerungselemente und Argumente. BundPosition, Eigenverlag, Düsseldorf.
- Bund-Länder-AG TA Luft (2015); Entwurf zur Novellierung der TA Luft, Mai 2015.
- Bund-Länder Initiative Windenergie: Überblick zu den landesplanerischen Abstandsempfehlungen für die Regionalplanung zur Ausweisung von Windenergiegebieten. Stand: Mai 2013.
- Bundesanzeiger (1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Bundesanzeiger 51 (161a) 28. August 1999.
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
- Bundesministerium des Inneren (o.J.): Arbeitshilfe zur Gesetzesfolgenabschätzung.
- Bundesregierung (2008): Lebenslagen in Deutschland - Der 3. Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung.
- Bundesregierung (2009): Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien.
- Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Neuauflage 2016 (Entwurf Stand: 30. Mai 2016) https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Nachhaltigkeit/0-Buehne/2016-05-31-download-nachhaltigkeitsstrategie-entwurf.pdf?__blob=publicationFile&vBundesregierung (o.J.): Perspektiv

- tiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung (Nationale Nachhaltigkeitsstrategie).
- Bunge, C., Katzschner, A. (2009): Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Studien zur sozialen Ungleichheit gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen. Umweltbundesamt, Berlin.
- Bunge, T.: Kommentar zum UVPG, in: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP), Storm, P.-C.; Bunge, T. (Hg.). Erich Schmidt, Losebl.-Ausg., 5. Lfg. (2011), Berlin.
- Busby, C., Lengfelder, E., Pflugbeil, S., Schmitz-Feuerhake, I. (2009): The evidence of radiation effects in embryos and fetuses exposed to Chernobyl fallout and the question of dose response. *Medicine, Conflict and Survival* 25 (2009) 20-40
- BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (2005): Elektrosmog in der Umwelt, Bern: BUWAL 2005
- BVL L 00.00-19/1, Ausgabe 2003-12: Untersuchung von Lebensmitteln - Bestimmung von Elementspuren in Lebensmitteln - Teil 1: Druckaufschluss (Übernahme der gleichnamigen Deutschen Norm DIN EN 13805, Ausgabe Juni 2002) Verfahrensprinzipien: Druckaufschluss
- BVL L 00.00-19/E, Ausgabe 2003-12: Untersuchung von Lebensmitteln - Bestimmung von Elementspuren in Lebensmitteln - E: Leistungskriterien, allgemeine Festlegungen, Probenvorbereitung (Übernahme der gleichnamigen Deutschen Norm DIN EN 13804, Ausgabe September 2002) Verfahrensprinzipien: Allgemeine Festlegungen
- BWEA (British Wind Energy Association), Hrsg. (2005): BWEA Briefing Sheet. Low Frequency Noise and Wind Turbines 2005. Eigenverlag, London.
- Calderon, R., Mood, E.W. und Dufour, P. (1991) Health effects of swimmers and non-point sources of contaminated water. *Int J Environ Health Res.* 1 pp. 21-31.
- Casey et al. (2013): High-density livestock operations, crop field application of manure, and risk of community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in Pennsylvania. *JAMA Intern Med.*, 2013, Nov 25; 173 (21), S. 1980-90. doi: 10.1001/jamainternmed.10408.
- Christoffels, E., Mertens, F.M., Kistemann, T. Schreiber, C (2014): Retention of pharmaceutical residues and microorganisms at the Altendorf retention soil filter. *Water Science & Technology*, 70(9), 1503-1509.
- Claßen, T. & Kistemann, T. (2010): Das Konzept der Therapeutischen Landschaften. *Geographische Rundschau* 62 (7/8): 40-46.
- Claßen, T., Heiler, A., Brei, B. (2012): Verteilung und gesundheitliche Bedeutung von Grünräumen im urbanen Raum – längst nicht alles im „grünen Bereich“. In: Bolte, G., Bunge, C., Hornberg, C., Köckler, H., Mielck, A. (Hrsg.): *Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit - Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven*, Verlag Hans Huber, Bern : 113-123.
- Claßen, T. (2013): Lärm macht krank! - Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastungen in Städten. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 2013(3): 223-234 (Themenheft „Stadt statt Lärm“).
- Claßen, T. & Hornberg, C. (2010): Evidence-based Public Health – Handlungsleitend im Umgang mit Feinstaub? In: Gerhardus, A., Breckenkamp, J., Razum, O., Schmacke, N., Wenzel, H. (Hg.): *Evidence-based Public Health. Bessere Gesundheitsversorgung durch geprüfte Informationen*. Bern: Hans Huber Verlag (= Handbuch Gesundheitswissenschaften): 241-256.
- Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (2011) Fourteenth report. www.comare.org.uk/press_releases/documents/COMARE14report.pdf
- Cuny, C. et al. (2009): Auftreten von MRSA CC398 bei Landwirten (LW) mit Exposition zu MRSA besiedelten Schweinen und deren Familienangehörigen. *PLoSOne*, Issue 8, e6800.
- Cuny, C. et al. (2009a): Nasal colonization of humans with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) CC398 with and without exposure to pigs. *PLoSOne*. 4 (8), e6800.
- Cuny, C. und Witte, W. (2016): Bedeutung von LA-MRSA und ESBL-bildenden Enterobacteriaceae bei Masttieren für den Menschen (2.5.2016). http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/LA_MRSA_und_ESBL.html;jsessionid=3E55C1C57B3707A16BC4B976DCFB99C7.2
- Dahlgren, G. & Whitehead, M. (1991): Policies and strategies to promote social equity in health. Stockholm, Stockholm Institute for Further Studies.
- Dannheim, B. et al. (2000): Strahlengefahr für Mensch und Umwelt. Bewertungen der Anpassung der deutschen Strahlenschutzverordnung an die Forderungen der EU-Richtlinie 96/29/Euratom. *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts* Nr. 21-22, 2000, 119 S.
- Delschen, TH., König, W. (1998): Untersuchung und Beurteilung von Kulturböden im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Pflanze. Kennzahl 3550, 26. Erg. Lfg V/98. In: Rosenkranz D., Bachmann G., Einsele G.; Harress, H. [Hrsg.]: *Handbuch Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen*

- für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Band 2, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Derelanko, M.J. and Hollinger, M.A. (1995): CRC Handbook of Toxicology, CRC Press. Boca Raton, FL.
- Dersee, T., Dieckmann, H. u.a.: Die Elbmarschleukämien – Stationen einer Aufklärung. Dokumentation. Marschacht Dez. 2006. Strahlentelex Nr. 480-481 v. 4.1.2007, S. 1-8.
- Desai N. R., Kesari K. and Agarwal A. (2009): Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system, in: Reproductive Biology and Endocrinology, 2009, 7:114; www.rbej.com/content/7/1/114.
- Deutsche Norm, DIN 19650 (1999): Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Berlin
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2012): MAK- und BAT-Werte-Liste 2012, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mittelung 48, Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Di Fabio, U. (1991): Entscheidungsprobleme der Risikoverwaltung. In: Natur und Recht 13 (8).
- Diex Roux AV., Mair C. (2010): Neighborhood and Health. Annals of the New York Academy of Sciences 1186 (Issue: The Biology of Disadvantage): 125-145.
- Diller, H. (1994): Hippokrates. Ausgewählte Schriften. Reclams Universal-Bibliothek.
- DIN 11277 (2002-08): Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden – Verfahren mittels Siebung und Sedimentation; Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 15800 (2004): Bodenbeschaffenheit – Charakterisierung von Böden im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch; Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 18123 (1996-11): Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung; Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 19730 (1997-06; aktualisierte Fassung 2009-07): Bodenbeschaffenheit – Extraktion von Spurenelementen aus Böden mit Ammoniumnitratlösung; Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 19730 (Deutsche Norm): Bodenbeschaffenheit; Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung; Okt. 1995.
- DIN 19738 (2004-07): Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial; Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 19738: 2004-07 (Deutsche Norm): Bodenbeschaffenheit - Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminierten Bodenmaterial, Juli 2004.
- DIN 4150-2 (1999): Erschütterungen im Bauwesen Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- DIN 45680 (1997) Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft. Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN 45680 (2013) Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen. Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 13098 (2001-02): Arbeitsplatzatmosphäre; Leitlinien für die Messung von Mikroorganismen und Endotoxinen in der Luft. Deutsche Fassung EN 13098: 2000 (Workplace atmospheres; Guidelines for measurement of airborne microorganisms and endotoxin; German version EN 13098: 2000); Beuth Verlag, Berlin.
- Douwes, J., Pearce; N., Heederik, D. (2002): Does environmental endotoxin exposure prevent asthma? Thorax 57, 86-90.
- Dragano, N., Hoffmann, B., Moebus S., et al. on behalf of the Heinz Nixdorf Recall Study Investigative Group (2009): Traffic exposure and subclinical cardiovascular disease: is the association modified by socioeconomic characteristics of individuals and neighbourhoods? Results from a multilevel study in an urban region. In: Occupational and Environmental Medicine; 66: 628-635.
- Dufour, A.P., O. Evans, T.D. Behymer, and R. Cantu. 2006. Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study. Journal of Water and Health. 4:425-430.
- Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist (DüV)
- DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. Technisch-wissenschaftlicher Verein), 2008. DVGW Arbeitsblatt W 1001: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung - Risikomanagement im Normalbetrieb. Technisches Regelwerk. Bonn.
- DVGW, 2006, Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete - Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. Technisches Regelwerk. Bonn
- DWA-M 178 (2005): Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Hennef

- ECHA (European Chemicals Agency) (2010): Guidance on information requirements and chemical safety, Chapter R.8: Characterisation of dose (concentration)-response for human health, Version 2, December 2010, ECHA-2010-G-19-EN.
- ECHA (European Chemicals Agency) (2012): Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Exposure Scenario Format in Part D: Exposure scenario building, Part F: CSR Format, Version 2.1, November 2012, ECHA-10-G-11-EN. EEA (European Environment Agency) (2010): Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report No 11/2010. EEA, Copenhagen.
- ECRR (European Committee on Radiation Risk): Health Effects of Ionising Radiation Exposure at Low Doses for Radiation Protection Purposes. 2003 Recommendations of the ECRR. Eds. Busby, C. et al., Brussels 2003.
- EEA (European Environment Agency) (2010): Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report No 11/2010. EEA, Copenhagen.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2011): Overview of the procedures currently used at EFSA for the assessment of dietary exposure to different chemical substances, EFSA Journal 2011;9(12):2490 [33 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2011.2490.
- EHFRAN - European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure (2012) Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields (revised); October 2012. http://efhran.polimi.it/docs/EHFRAN_D2_final.pdf, Zugriff am 11.2.2014.
- Eikmann, T. et al. (1999): Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen – Ergänzbare Handbuch toxikologischer Basisdaten und ihre Bewertung, Hrsg.: Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka, Gw.2/99, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Eikmann, T., Heinrich, U., Heinzow, B., Konietzka, R. (1998): B 010 Methode zur Ableitung von TRD-Werten, In: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen – Ergänzbare Handbuch toxikologischer Basisdaten und ihre Bewertung, B, S. 1 – 51, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.
- Eikmann, Th., Harpel, S., Herr, C. (2006): Gibt es demnächst Grenzwerte für Bioaerosole? – Ein Kommentar aus umweltmedizinischer und präventivmedizinischer Sicht. Umweltmed. Forsch. Prax. 11, 32-34.
- Eikmann, TH., Heinrich, U., Heinzow, B., Konietzka, R. (1999): Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Toxikologische Basisdaten und ihre Bewertung; Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Ellsäßer, G., Böhm, A., Kuhn, J., Lüdecke, K., Rojas, G. (2002): Soziale Ungleichheit und Gesundheit bei Kindern - Ergebnisse und Konsequenzen aus den Brandenburger Einschulungsuntersuchungen. In: Kinderärztliche Praxis 73: 248-257.
- Engelen, J., Wenzel, P. (2014): Schalltechnischer Bericht der erweiterten Hauptuntersuchung zur messtechnischen Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Messergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2. Im Auftrag des LANUV NRW.
- EnLAG (2011): Energieleitungsausbaugesetz vom 21. August 2009 (BGBl. I S. 2870), geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 7. März 2011 (BGBl. I S. 338).
- EPA (Environmental Protection Agency) (1986). Guidelines for carcinogen risk assessment. Federal Register. 51:33992. September 24.
- EPA (Environmental Protection Agency) (2011): Integrated Risk Information Service (IRIS).
- EPA (Environmental Protection Agency) (2011a): Exposure Factors Handbook.
- Epiney, A & Scheyli, M. (1998): Strukturprinzipien des Umweltvölkerrechts.
- EU (2000): Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften v. 2.2.2000 über die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips, KOM 2000 (1) endg.
- EU (2003): Technical guidance document on risk assessment (TGD) - Part I in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on risk Assessment for existing substances, directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market
- EU-Badegewässerrichtlinie (2006). Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union L 64/S. S. 37-51
- EU-Kommission (2012): Mitteilung der Kommission an den Rat: Kombinationswirkungen von Chemikalien, Chemische Mischungen (COM(2012) 252 final). 31.5.2012.
- EU-Kommission der Europäischen Gemeinschaften – Mitteilung der Kommission (2000): Die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips. KOM (2000) 1 endgültig, Brüssel, den 2.2.2000 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0001:FIN:DE:PDF>. Zugriff am 13.02.2014.

- EuGH (1998): BSE-Urteil, Urt. vom 5. 5. 1998 - Rs. C-180/96 – Vereinigtes Königreich/ Kommission, Slg. 1998, I-2265, Rn. 99.
- EU-Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.
- EU-Richtlinie 2013/35/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder). Abl. L 179/1 v. 29.6.2013.
- Europäisches Parlament (2001): Die physiologischen und umweltrelevanten Auswirkungen nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung. Options Brief und Zusammenfassung PE Nr. 297.574 März 2001.
- Europäisches Parlament (2009): Entschließung vom 02.04.2009 "Die Gesundheitspolitik im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern. Abl. der EU C 137 E/38 v. 27.5.2010.
- Europarat (2011): Resolution 1815 (2011) abrufbar unter: <http://assembly.coe.int/Mainf.asp?link=/ Documents/ AdoptedText/ta11/ERES1815.htm>
- European Commission (2009): Impact Assessment Guidelines.
- Fairlie, I.: Uncertainties in doses and risks from internal radiation. *Medicine, conflict and survival* 21 (2005) 111-126.
- Falbe, J., Regitz, M. (1993): Römpf-Lexikon. Hulpe, H.; Koch, H.; Wagner, R. [Hrsg]: Umwelt, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Fehr, R. (2010): Gesundheitliche Wirkungsbilanzen (Health Impact Assessment, HIA) als Beitrag zur nachhaltigen Gesundheitsförderung. In: Göpel, E., Gesundheits Akademie e.V. (Hrsg.): Nachhaltige Gesundheitsförderung. Gesundheit gemeinsam gestalten – Band 4. Frankfurt/M.: Mabuse-Verlag: 138-160.
- Fehr, R., Mekel, O. & Welteke, R. (2006): Prospektive Abschätzung von Gesundheitsverträglichkeit - europäische Impulse zum Entwicklungsfeld Health Impact Assessment. *UVP-Report* 20 (3): 96-101.
- Feldmann, J.; Jakob, A. (2006): Tieffrequenter Wohnlärm – Ursachen, Auswirkungen und Minderungsmöglichkeiten. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA.; Hrsg.): "Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 32. Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA 2006; Braunschweig.
- Feldmann, J.; Pitten, F.A. (2004): Effects of Low Frequency Noise on Man- A Case Study. *Noise and Health* 7 (25): 23-28.
- Fischer, M. (1999): III – 1.3.3 Ableitungen von Grenzwerten (Umweltstandards) – Luft, In: Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff – Handbuch der Umweltmedizin, S. 1 - 26, Landsberg/Lech: ecomed.
- Forsyth, A., Schively Slotterback, C. & Krizek, K. (2010): Health Impact Assessment (HIA) for Planners: What Tools Are Useful? *Journal of Planning Literature* 24(3): 231–245.
- Franke, A. (2011): Salutogenetische Perspektive. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention. Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden. BZgA, Köln.
- Franke, A. (2012): Modelle von Gesundheit und Krankheit. 3., überarbeitete Auflage. Verlag Hans Huber, Hogrefe, Bern
- Fritz-Niggli, Hedi: Strahlengefährdung/Strahlenschutz. Ein Leitfaden für die Praxis. Verlag Hans Huber, Bern 1997
- Fürst, D. & Scholles, F. (2008). Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund: 3. Aufl. 2008.
- Gadamer, H. (1993): Über die Verborgenheit der Gesundheit. Aufsätze und Vorträge. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, Zweite Auflage
- [Gee, G.C.](#), [Payne-Sturges, D.C.](#) (2004): Environmental health disparities: a framework integrating psychosocial and environmental concepts. In: [Environ Health Perspect.](#), Dec;112(17): 1645-1653.
- Gemeinsame Landesentwicklungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg (2005): Gemeinsamer Landesentwicklungsplan, Flughafenstandortentwicklung. Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung, Potsdam.
- Geschwentner, D. & Pözl, C. (2011): Ausbau der Stromübertragungsnetze aus Sicht des Strahlenschutzes. UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 3/2011, Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Robert Koch-Institut (RKI), Umweltbundesamt (UBA)
- Geschwentner, D., Pözl, C.: Ausbau der Stromübertragungsnetze aus Sicht des Strahlenschutzes. UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 3/2011, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Robert Koch-Institut (RKI), Umweltbundesamt (UBA) (Hg).

- Gibson M., Petticrew M., Bamba C. et al. (2011): Housing and health inequalities: A synthesis of systematic reviews of interventions aimed at different pathways linking housing and health. *Health & Place* 2011; 17: 175-184.
- Gilles, C., Hartmann, B., Jendritzky, G., Kleinschmidt, J., Stoyke, B. & Vogt, I. (2005): Kommentierte Fassung der Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen. Deutscher Heilbäderverband e.V., Bonn.
- Grahn, P. & Stigsdotter, U. (2003): Landscape planning and stress. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 2/2003: 1-18.
- Gundert-Remy, U. Schwenk, M. (2005): 2.3 Effektbewertung, Dosis-Wirkungs-Abschätzung, In: Fehr, R., Neus, H., Heudorf, U. (Hrsg.): *Gesundheit und Umwelt. Ökologische Prävention und Gesundheitsförderung*. Verlag Hans Huber, Bern: 136-149.
- Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F., Hansson Mild K. (2013): Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. in: *International Journal of Oncology* 43, 1833-1845
- Harris-Roxas, B., Harris, E. (2011): 'Differing forms, differing purposes: A typology of health impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 31(4): 396-403
- Harris-Roxas, B., Viliani, F., Bond, A., Cave, B., Divall, M., Furu, P., Harris, P., Soeberg, M., Wernham, A. & Winkler, M (2012): "Health impact assessment: the state of the art" *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1) (2012).
- Hartlik, J. (1998): *Qualitätsmanagement in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)*, Diss. der Technischen Universität Berlin, 1998, S. 321
- Health Council of the Netherlands. Health risks associated with livestock farms. The Hague. Health Council of the Netherlands (2012); publication no. 2012/27 E.
- Heederik, D.J.J. & Ljzermans, C.J. (2011), www.nivel.nl/pdf/Rapport-Intensieve-Veehouderij.pdf.
- Heinrich, J., Gehring, U., Cyrus, J., Brauer, M., Hoek, G., Fischer, P., Bellander, T. ; Brunekreef, B. (2005): Traffic-related air pollutants: self-reported traffic intensity versus Gis modelled exposure. In: *Occup Environ Med.* 62: 517-523.
- Heller, D. und Köllner, B. (2007): Bioaerosole im Umfeld von Tierhaltungsanlagen – Untersuchungsergebnisse aus Nordrhein-Westfalen, In: Kommission Reinhaltung der Luft in VDI und DIN-Normenausschuss KRdL, KRdL-Experten-Forum 11. Bis 12. Oktober 2007, Freising-Weihenstephan, Mikrobielle Luftverunreinigungen, KRdL-Schriftenreihe 39, S. 88-98.
- Hempfling, R., Doetsch, P. (1997): Wissenschaftliche Begleitung und Fortentwicklung eines Gefährdungsabschätzungsmodells für Altlasten - UMS-System zur Altlastenbeurteilung - Abschlußbericht - ARGE Fresenius-focon. F&E Vorhaben 109 01 215, im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Herr, C. et al. (2003): Effects of bioaerosol-polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occupational and Environmental Medicine* 60, 336-342.
- Herr, C. et al. (2004): Verlauf und Verteilungsmuster körperlicher Beschwerden nach einer beendeten Außenluftbelastung durch Bioaerosole in der Wohnumgebung. *Umweltmed. Forsch. Pract.* 9, 212.
- Herr, C. et al. (2009): Assessment of somatic complaints in environmental health. *Int. Hyg. Environ. Health* 212 1, 27–36.
- Herr, C. et al. (2014): Ableitung gesundheitsbasierter Beurteilungswerte für luftgetragene Mikroorganismen (Bioaerosole), in: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL - Bioaerosole in der Landwirtschaft - Bedeutung für Mensch und Umwelt, VDI-Expertenforum 30.9/1.10. Berlin, KRdL-Schriftenreihe 48, 2014, S. 117.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (HMUEJFG) (1999): *Umweltmedizinische Relevanz mikrobiologischer Emissionen aus Kompostierungsanlagen für die Anwohner*. Wiesbaden.
- Hinrichsen, K. : Kritische Würdigung der meteorologischen Basis im Zusammenhang mit den AVV. In Stevenson, A.F.G.: *Strahlenbiologisches Gutachten*, Kiel, April 2001, Anhang D.
- Hoffmann, B., Kolahgar, B., Rauchfuss, K., Eberwein, G., Franzen-Reuter, I., Kraft, M., Wilhelm, M., Ranft, U., Jöckel, K.-H. (2009): Childhood social position and associations between environmental exposures and health outcomes. *Int J Hyg Environ Health* 212: 146–56.
- Hoffmann, B., Robra, B.P., Swart, E. (2003): Social inequality and noise pollution by traffic in the living environment - an analysis by the German Federal Health Survey (Bundesgesundheitsurvey). In: *Gesundheitswesen* 65, 393-401.

- Hoffmann, W., Kuni, H., Artmann, S. et al. (1990): Leukämiefälle in Birkenfeld und Umgebung. Eine erste Bestandsaufnahme. In: Köhnlein, W., Kuni, H., Schmitz-Feuerhake, I. (Eds.), *Niedrigdosisstrahlung und Gesundheit*. Berlin, Springer Verlag 1990, 127-135.
- Holzwarth, F., Radtke, H., Hilger, B., Bachmann, G. (2000): *Bundes-Bodenschutzgesetz / Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung, Handkommentar Bodenschutz und Altlasten, Band 5*, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Hoopmann, M. et al. (2004): Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region (AABEL), Teilprojekt B des Untersuchungsprogramms „Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus der Intensivtierhaltung“, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Hannover.
- Hoppe, W. (1980): Staatsaufgabe Umweltschutz. In: *Veröffentlichungen der Vereinigung der Deutschen Staatsrechtslehrer*, H. 38: 211 - 317, Berlin.
- Hornberg, C., Bunge C., Pauli, A. (2011): *Strategien für mehr Umweltgerechtigkeit - Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis*. Eigenverlag, Bielefeld.
- Hornberg, C., Claßen, T., Steckling, N., Samson, R., McCall, T., Tobollik, M., Mekel, O., Terschüren, C., Schillmöller, Z., Popp, J., Paetzelt, G., Schümann, M. (2013): *Endbericht zum Vorhaben „Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung“ - (Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen von Umwelt-Stressoren, VegAS)*. Umweltbundesamt, Berlin/Dessau-Roßlau.
- Hornberg, C., Pauli, A. (2007): Child poverty and environmental justice. In: *Int. J. Hyg. Environ. Health* 210: 571-580. Onlinepublikation 4.9.2007.
- Hurrelmann, K., Franzkowiak, P. (2006): *Gesundheit*. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Hrsg.): *Leitbegriffe der Gesundheitsförderung. Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden in der Gesundheitsförderung*. Schwabenheim a.d. Selz: 52-55.
- Huss A., Spoerri A., Egger M. & Röösl M. (2009): Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. *Am. J. Epidemiol.* 169 (2): 167-175
- Hutt, P. B. (1985): Use of quantitative risk assessment in regulatory decisionmaking under federal health and safety statutes, in *Risk Quantitation and Regulatory Policy*. Eds. D. G. Hoel, R. A. Merrill and F. P. Perera. Banbury Report 19, Cold Springs Harbor Laboratory.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998): *ICNIRP-Guidelines for limiting exposure to time varying electric magnetic and electromagnetic fields. (up to 300 GHz)*. In: *Health Physics* 74 (4): 494, 522. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>, Zugriff am 30.12.2013.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2010): *For Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz)*. In: *Health Physics* 99 (6): 818-836, 2010. [Http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf](http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf), Zugriff am 28.5.2014.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (2003): *Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus)*. ICRP Publication 90. *Ann. ICRP* 33, No.1-2 (2003).
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (2012): *ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context*. ICRP-Publication 118, *Ann. ICRP* 41 Nos. 1-2 (2012).
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) (2007): *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP-Publication 103, *Ann. ICRP* 37 Nos. 2-4 (2007).
- Ide, A. (2005): *Sozialberichterstattung: Soziale Ungleichheit und sozialräumliche Segregation*. Stab Kommunale Entwicklungsplanung und Stadtforschung der Stadt Mülheim a. d. Ruhr. (=Reihe Forschung aktuell. Stadtforschung 01/2005).
- Idelevich, E. A. et al. (2016): *Antibiotika-resistente Erreger in Deutschland – Die Rolle von nicht nosokomialen Ansteckungsquellen*, *Bundesgesundheitsblatt* 2016, 59: S. 113-123.
- IFUA-Projekt-GmbH (1998): *Ableitung von Bodenwerten für die Bauleitplanung* September 1999.
- IFUA-Projekt-GmbH (2001): *Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet*. Landesumweltamt NRW (Hrsg.): *Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz*, Band 14, Essen.
- Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 20 des Gesetzes vom 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666) geändert worden ist (Infektionsschutzgesetz – IfSG)*
- Ipsen, D. (2006): *Ort und Landschaft*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- ITVA, Ingenieurtechnischen Verbandes für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (2012): *Positionspapier zu den stilllegungsbezogenen Pflichten des Art. 22 der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (IED)*, Stand 17.1.2012.

- Jahne, M. A. et al. (2015): Emission and dispersion of bioaerosols from Dairy manure application sites: Human health risk assessment, *Environ. Sci. Technol.* 49, 9842-9849.
- Jakobsen, J. (2005): Infrasound Emission from Wind Turbines. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 24/3: 145-155.
- Jarre, J. (1975): Umweltbelastungen und ihre Verteilungen auf soziale Schichten. Schwartz & Co., Göttingen.
- Jaspers, K. (1953): Allgemeine Psychopathologie. Sechste unveränderte Auflage. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Jessel, B. (2005): Landschaft. In: Ritter, E.-H. (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover: 579-586.
- Job-Hoben, B., Pütsch, M. & Erdmann, K.-H. (2010): Gesundheitsschutz – ein „neues“ Themenfeld des Naturschutzes? In: *Natur und Landschaft* 85 (4): 137-144.
- Kaatsch, P., Spix, C., Jung, I., Blettner, M.: Childhood leukemia in the vicinity of nuclear power plants in Germany. *Deutsches Ärzteblatt Int.* 2008 Oct; 105(42) 725-732
- Kaatsch, P., Spix, C., Schmiedel, S., Schulze-Rath, R., Mergenthaler, A., Blettner, M.: Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken. Bundesamt für Strahlenschutz 2007 (KiKK-Studie)
- Kalberlah, F., Hassauer, M. (2003): Vergleich der Verfahren zur Ableitung gesundheitsbezogener Wirkungsschwellen (Benchmark-NOAEL), Abschlussbericht vom 15.11.2003, UFOPLAN-Nr. 201 65 201/01, Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG), Freiburg, erarbeitet im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Kamensky, J., Heusohn, L., Klemm, U. (2000): Kindheit und Armut in Deutschland. Beiträge zur Analyse, Prävention und Intervention. Klemm & Oelschläger, Ulm.
- Kaplan, R. & Kaplan, S. (1989): *The Experience of Nature*. Cambridge.
- Kappos, A. D. & Gelbke, H. P. (2005): 2.1 Risikoanalyse als Grundmethodik. In: *Gesundheit und Umwelt*, Fehr, R., Neus, H., Heudorf, U. (Hrsg.), S. 104-115, Verlag Hans Huber, Bern.
- Kappos, A. D., Gelbke, H. P. (2005): 2.1 Risikoanalyse als Grundmethodik. In: Fehr, R., Neus, H., Heudorf, U. (Hrsg.), *Gesundheit und Umwelt*, Verlag Hans Huber, Bern: 104-115.
- Katzner, L. (1986): Stadtstruktur und Stadtklima; in: *Freiburger Geographische Hefte*, 26. Freiburg i.Br. 42-56
- Keller, K.H. und Ball, R.W.: *A Retrospective Study of Diarrheal and Respiratory Illness Incidence Rates in Milford, Utah 1992-1998*. Salt Lake City, Utah: Bureau of Epidemiology, Utah Department of Health, (2000).
- Kheifets, L., A Ahlbom, C M Crespi, G Draper, J Hagihara, R M Lowenthal, G Mezei, S Oksuzyan, J Schüz, J Swanson, A Tittarelli, M Vinceti and V Wunsch Filho (2010) Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer* (2010) 103, 1128–1135. doi:10.1038/sj.bjc.6605838.
- Kheifets, L.; Bowman, J.D.; Checkoway, H.; Feychting, M; Harrington, J.M.Kavet, R.; Marsh, G.; Mezei, G.;Renew, D.C.; van Wijngaarden, E. (2009) Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup Environ Med* 66:72-80 doi:10.1136/oem.2007.037994.
- Kistemann, T., Koch, C., Herbst, S., Rechenburg, A. und Exner, M. (2001): Untersuchungen zur mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Kläranlagen am Beispiel der Swist („Swist I“). Abschlussbericht, MUNLV NRW.
- Kistemann T., Koch C., Claßen T., Rechenburg A., Kramer F., Herbst S., Franke C., Rind E., Höser C., Exner M. (2009): Mikrobielle Fließgewässerbelastungen durch abwassertechnische Anlagen und diffuse Einträge. Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.), Düsseldorf. <http://www.ihph.de/dokumente/Swist-Broschuere.pdf> (14.02.15)
- Kistemann, T., Christoffels, E., Koch, C., Claßen, T., Rechenburg, A., Exner, M. (2004): Untersuchung der mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Regenentlastungen am Beispiel der Mischwasserkanalisation am Beispiel der Swist („Swist II“). Abschlussbericht, MUNLV NRW.
- Klimeczek, H.J., Luck-Bertschat, G. (2008): (Sozial-)räumliche Verteilung von Umweltbelastungen im Land Berlin – Umweltgerechtigkeit als neues Themen- und Aufgabenfeld an der Schnittstelle von Umwelt, Gesundheit, Soziales und Stadtentwicklung. In: *Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID)*, 2: 26-29.
- Kloepfer, M. (1989): *Umweltrecht*, München.
- Kloepfer, M. (1993): Handeln unter Unsicherheit im Umweltstaat. In: Gethmann, C. F.; Kloepfer, M.: *Handeln unter Risiko im Umweltstaat*: 55-98.
- Kloke, A. (1987): Umweltstandards. Material für Raumordnung und Landesplanung, in Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), *Wechselseitige Beeinflussung von Umweltvorsorge und Raumord-*

- nung, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung - Forschungs- und Sitzungsberichte Band 165, Hannover 1987.
- Klug, H. (2002) : Infraschall von Windenergieanlagen: Realität oder Mythos? DEWI Magazin 20: 6.
- Knoche; H., Brand; P., Viereck-Götte, L. (1999): Schwermetalltransfer Boden - Pflanze, Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser - Ammoniumnitrat-Extraktion anhand der Datenbank TRANSFER. UBA-Texte 11/99.
- Koch, E. (1998): Ableitung von Beurteilungswerten für luftverunreinigende Immissionen – aus der Arbeit des Unterausschusses „Wirkungsfragen“ des Länderausschusses für Immissionsschutz, Immissionsschutz, 3, 109-115.
- Köck, R. et al. (2013): Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) as causes of human infection and colonization in Germany. PLoSOne 8 (2), e55040.
- Köckler, H. (2011): MOVE: Ein Modell zur Analyse umweltbezogener Verfahrensgerechtigkeit. In: Umweltpsychologie 15(2), 93-113.
- Köckler, H., Katzschner, L., Kupski, S., Katzschner, A., Pelz, A. (2008): Umweltbezogene Gerechtigkeit und Immissionsbelastungen am Beispiel der Stadt Kassel. Center for Environmental Systems Research, Kassel University Press, Kassel (=Reihe CESR-Paper 1)
- Köhler, B. & Preiß, A. (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes – Grundlagen und Methoden zur Bearbeitung des Schutzgutes „Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft in der Planung . – Inform. Naturschutz Niedersachsen, 20(1), S. 1-60.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2002): Mitteilung der Kommission vom 5. Juni 2002, Aktionsplan „Vereinfachung und Verbesserung des Regelungsumfelds“ [KOM(2002) 278 endg. - nicht im Amtsblatt veröffentlicht].
- Kommission Human-Biomonitoring (1996a): [Human-Biomonitoring: Definitionen, Möglichkeiten und Voraussetzungen](#). Bundesgesundhbl. Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 39 (6): 213-214
- Kommission Human-Biomonitoring (1996b): [Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte \(HBM\) in der Umweltmedizin](#). Bundesgesundhbl. Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 39 (6): 221-224
- Kommission Human-Biomonitoring (2009): [Addendum zum Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte \(HBM\) in der Umweltmedizin](#). Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 52 (8): 874-877.
- Kommission Human-Biomonitoring (2012): <http://www.uba.de/gesundheit/monitor/index.htm>. (Datum des letzten Zugriffs: 29.12.13).
- Konietzka, R. (2002): Umweltstandards für krebserzeugende Stoffe, Umweltmed Forsch Prax 7 (3), 129–137.
- Konietzka, R. & Dieter, H. (1998): Ermittlung gefahrenbezogener chronischer Schadstoffzufuhrdosen zur Gefahrenabwehr beim Wirkungspfad Boden-Mensch. Kennzahl 3530, 27. Erg.Lfg. X/98. In: Rosenkranz D.; Bachmann G.; Einsele G.; Harress H. [Hrsg.]: Handbuch Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Band 2, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Körblein, A. & Küchenhoff, H.: Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident, Rad. Environ. Biophys. 36 (1997) 3-7.
- Körblein, A.: Kinderleukämie um Kernkraftwerke: Neue epidemiologische Studie aus Frankreich. Strahlentelex Nr. 602-603 vom 2.2.2012, 1-3.
- Körblein, A.: Säuglingssterblichkeit nach Tschernobyl. Scherb, H., Weigelt, E.: Zunahme der Perinatalsterblichkeit, Totgeburten und Fehlbildungen in Deutschland, Europa und in hochbelasteten deutschen und europäischen Regionen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr.24, 2003.
- Kortenkamp, A. et al. (2009): State of the Art Report on Mixture Toxicity. Report for the Directorate General for the Environment of the European Commission.
- Kratzer, A. (1956): Das Stadtklima. Verlag Vieweg, Braunschweig.
- Krömker, D. (2005): Naturbilder – ein kulturbedingter Faktor im Umgang mit dem Klimawandel. In: Umweltpsychologie 9 (2): 146-171.
- Küchenhoff, H., Engelhardt, A., Körblein, A.: Combined spatial-temporal analysis of malformation rates in Bavaria after the Chernobyl accident. In ECCR, European Committee of Radiation Risk: Chernobyl 20 Years On. Health Effects of the Chernobyl Accident. Eds. C.C. Busby and A.V. Yablokov, 2006, S. 179-187

- Kühling, P., Peters, H. J. (1994): Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. UVP Spezial 10, Verein zur Förderung der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) e. V., Hamm/Westfalen (Hrsg.). Dortmund/Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Kühling, W. (1986): Planungsrichtwerte für die Luftqualität. Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NW, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (Hrsg.) Bd. 4.045, Dortmund.
- Kühling, W. (2011): Konkretisierung der Vorsorge vor magnetischen Wechselfeldern bei der UVP für Hochspannungs-Freileitungen und Erdkabel. In: UVP-Report 25 (5), 2011, S. 270-275.
- Kühling, W. (2012): Die Mehrfachbelastung durch Immissionen erfordert einen Paradigmenwechsel bei Grenzwert- und Entscheidungsfindungen. In: Immissionsschutz 03.12, 17. Jg., S. 125-131.
- Kühling, W. & Peters, H.-J. (1995): Luftverunreinigungen, in: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP), Storm, P.-C.; Bunge, T. (Hg.). Erich Schmidt, Losebl.-Ausg., 16. Lfg.: 1-103, Berlin.
- Kühling, W.; Müller, B. R. (2002): Elektromagnetische Felder geringer Stärke und UVP – Ansätze für ein Vorsorgekonzept, in: UVP report, H. 1+2 (2002), S. 37-39.
- Kühne, O. (2008): Distinktion – Macht – Landschaft. Zur sozialen Definition von Landschaft. Wiesbaden.
- Kuni, H. (1998): A cluster of childhood leukaemia in the vicinity of the German research reactor Jülich. In Schmitz-F Feuerhake, I., Schmidt, M. (Eds.), Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., Berlin 1998, p. 251-255.
- Kuttler, W. (1985): Stadtklima – Struktur und Möglichkeiten zu seiner Verbesserung. In: Geographische Rundschau, 37. Braunschweig. 226-233.
- Kuttler, W. (1993): Planungsorientierte Stadtklimatologie – Aufgaben, Methoden und Fallbeispiele. In Geographische Rundschau, 45. Braunschweig. 95-106.
- Kuttler, W. (2009): Klimatologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Labisch, A. (1992): Homo Hygienicus. Gesundheit und Medizin in der Neuzeit. Campus Verlag Frankfurt, New York
- LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden.
- LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (2008): Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt für den Vollzug. Stand: 01.09.2008.
- LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz)/LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2013): Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser. Stand: 7.8.2013.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (1992): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Ed. TZ-D 161/92.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2000): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmisionen. Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 10.05.2000.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2000): Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmisionen, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin, 2000.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2004): Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind, Bericht vom 21. September 2004.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2010): Bericht aus der LAI/Personalien, Immissionsschutz 4, 193.
- LAI (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2014): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immisionen (Stand 31.1.2014), abrufbar unter: http://www.hlug.de/fileadmin/downloads/luft/Leitfaden-Bioaerosole_31-01-2014.pdf
- LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz) (2016): Beratungsunterlage für die 131. Sitzung am 27. u. 28. April 2016 in Berlin. TOP 7.2: Bewertung von Bioaerosolen – Erfahrungsbericht.
- Lampert, T., Kroll, L.E. (2010): Armut und Gesundheit. Robert Koch-Institut, Berlin (=GBE kompakt, 5/2010): 1-9.
- Land Brandenburg (LUA) (2010): Leitfaden Detailuntersuchung – Teil Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze. (Materialien zur Altlastenbearbeitung, Bd. 4.1)
- Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (LÖGD) Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2004): Integrierte Basis-Berichterstattung für gesündere Städte und Kommunen. Quellen, Auswahlprozess und Profile für einen Indikatorensatz. Eigenverlag, Bielefeld (=Reihe Wissenschaftliche Reihe, Bd. 17).

- Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit (LIGA) des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2008): Schritte zu einer kleinräumigen Gesundheitsberichterstattung für Nordrhein-Westfalen. Anregungen für die kommunale Praxis am Beispiel Kinder- und Jugendgesundheit. Eigenverlag, Düsseldorf (=Reihe LIGA.Praxis, Bd. 1).
- Landesinstitut für Gesundheit und Arbeit NRW (2011): Vorarbeiten zum lokalen Fachplan Gesundheit. Reihe LIGA.Praxis 9.
- Landeszentrum Gesundheit NRW (2012): Fachplan Gesundheit des Kreises Gesundbrunnen. Fiktionaler Bericht.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2011): Stationen und Messwerte, <http://www.lanuv.nrw.de/luft/temes/stat.htm>.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2012): Licht und Umweltschutz.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2014): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für die Wirkungspfade Boden - Mensch und Boden - Nutzpflanze, Merkblätter Nr. 22, Recklinghausen 2014.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen), Hrsg., o.J.: Windenergieanlagen und Immissionsschutz.
- Last, J. M. (ed.) (2007): A dictionary of Public Health. Oxford University Press, New York, NYLAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.
- Leitgeb, N. (2000): Machen elektromagnetische Felder krank? Strahlen, Quellen, Felder und ihre Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Wien/ New York: Springer 2000.
- Leventhal, H.G. (2003): Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects. Bericht für das Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), London, Großbritannien.
- Leventhal, H.G. (2004): Low frequency noise and annoyance. *Noise & Health* 6:59-72.
- LfU BW (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (2005): Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen, Technische Fachinformation. Karlsruhe Januar 2005
- LfU BW (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (2012): Erschütterungen.
- LfU BY (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2013) (Hrsg.): Windkraftanlagen – beeinträchtigt Infraschall die Gesundheit?
- LfU BY (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2008): EMF-Monitoring in Bayern 2006/2007 - Messungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) in Wohngebieten. Augsburg 2008.
- LFU BY (Bayerisches Landesamt für Umwelt): Ermittlung der Bioaerosolbelastung im Umfeld von Mastgeflügelanlagen; Endbericht Teil 1 zum Forschungsvorhaben P 2110 (2015).
- Little, M.P., Azisova, T.V., Bazyka, D., Bouffier, S.D., Cardis, E., Chekin, S., Chumak, V.V., Cucinotta, F.A., de Vathaire, F., Hall, P., Harrison, J.D., Hildebrandt, G., Ivanow, V., Kasheev, V.V., Klymenko, S.V., Kreuzer, M., Laurent, O., Ozasa, K., Schneider, T., Tapio, S., Taylor, A.M., Tzoulaki, I., Vandoolaeghe, W.L., Wakeford, R., Zablotska, L.B., Zhang, W., Lipschultz, E.: Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. *Environ Health Perspect.* 120 (2012) 1503-1511.
- Lord, B.I., Mason, T.M., Humphreys, E.R.: Age-dependent uptake and retention of ²³⁹Pu: its relationship to haemopoietic damage. *Radiat. Prot. Dosim.* 41 (1992) 163-167.
- LROP Niedersachsen (2012): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen i. d. Fassung vom 24. September 2012.
- LUA (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) 2002: Materialien Nr.63 - Windenergieanlagen und Immissionsschutz. Eigenverlag, Essen.
- LUA (Landesumweltamt NRW) (2000): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für die Wirkungspfade Boden - Mensch und Boden - Nutzpflanze, Merkblätter Nr. 22, Essen.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.) (2013): Windenergie und Infraschall - Tieffrequente Geräusche durch Windenergieanlagen. 2. Aufl., Stuttgart, Januar 2013.
- Luukkonen J, Liimatainen A, Juutilainen J, Naarala J (2014): Induction of genomic instability, oxidative processes, and mitochondrial activity by 50Hz magnetic fields in human SH-SY5Y neuroblastoma cells. In: *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanism of Mutagenesis* 2014; 760 : 33 - 41
- Lynn, R. (2001): Risk4. User's manual. Terry Walden, BP Oil International, Sunbury, UK.
- Machtolf, M. (2013): Gesundheitliche Wirkungen durch chemische Determinanten. In: *UVP-report 1+2* 2013.

- Magid, E.B.; Coermann R.R., Ziegenruecker, G.H. (1960): Human tolerance to whole body sinusoidal vibration. Short-time, one-minute and three-minute studies. *Aeromed Acta* 31: 915-24.
- Mahoney, M., Simpson, S., Harris, E., Aldrich, R. & Stewart-Williams J. (2004): Equity Focused Health Impact Assessment Framework. Newcastle - Australia: Australasian Collaboration for Health Equity Impact Assessment (ACHEIA).
- Malsch, A., Pinheiro, P., Krämer, A., Hornberg, C. (2006): Zur Bestimmung von „Environmental/Burden of Disease“ (BoD/EBD) in Deutschland. Expertise für das Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW (Iögd), Abschlussbericht, Bielefeld.
- Malsch, A., Pinheiro, P., Krämer, A., Hornberg, C. (2006): Zur Bestimmung von "Environmental / Burden of Disease" (BoD / EBD) in Deutschland. Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW (Iögd), Abteilung Umweltmedizin, Umwelthygiene, Bielefeld.
- Man, H. de; van den Berg, H. H. J. L.; Leenen, E. J. T. M.; Schijven, J. F.; Schets, F. M.; van der Vliet, J. C. et al. (2014): Quantitative assessment of infection risk from exposure to waterborne pathogens in urban floodwater. In: *Water Research* 48, S. 90–99.
- Mardorf, S. (2006): Konzepte und Methoden von Sozialberichterstattung. Eine empirische Analyse kommunaler Armuts- und Sozialberichte. 1. Aufl., VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Maschewsky, W. (2001): Umweltgerechtigkeit, Public Health und soziale Stadt. VAS Verlag für Akademische Schriften, Frankfurt.
- Maschke, C.; Niemann, H.; Hecht, K.; Huber, M. (2006): Tieffrequente Schallbelastung und Schlaf – aktueller Kenntnisstand. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik(DEGA.; Hrsg): "Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 32. Deutsche Jahrestagung für Akustik DAGA 2006; Braunschweig.
- Mayer, H.; Matzarakis, A. (1999): Umweltsimulation, Methodik, Anwendung, Nutzen. In: Schriftenreihe der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Band 31: S. 53-62
- MedVet-Staph. (2016): Staphylococcus aureus als Zoonose-Erreger – ein Paradigmenwechsel? http://medvet-staph.net/DE/bish_hauptergebnisse.html, aufgerufen am 8.6.2016.
- Meier, A., Erdmann, K.-H. & Emde, F. A. (2005): Die Bedeutung gesellschaftlich verankerter Naturbilder für den Naturschutz. In: *Natur und Landschaft* 80(12): 528-532.
- Mekel, O., Ewers, U. (2005): 2.2 Expositionsabschätzung. In: *Gesundheit und Umwelt*, Fehr, R., Neus, H., Heudorf, U. (Hrsg.), S. 119- 136, Verlag Hans Huber, Bern.
- Mekel, O., Mosbach-Schulz, O., Schümann, M.; et al. (2007a): Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung Teil 1: Grundlagen der bevölkerungsbezogenen Expositionsmodellierung. *WaBoLu-Hefte*, Nr. 02/2007, Umweltbundesamt.
- Mekel, O., Mosbach-Schulz, O., Schümann, M.; et al. (2007b): Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung Teil 2: Empfehlungen für Expositionsfaktoren. *WaBoLu-Hefte*, Nr. 03/2007. Umweltbundesamt.
- Mekel, O., Mosbach-Schulz, O., Schümann, M.; et al. (2007c): Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung Teil 3: Szenarien. *WaBoLu-Hefte*, Nr. 04/2007. Umweltbundesamt.
- Mekel, O., Mosbach-Schulz, O., Schümann, M.; et al. (2007d): Evaluation von Standards und Modellen zur probabilistischen Expositionsabschätzung Anhang. *WaBoLu-Hefte*, Nr. 05/2007. Umweltbundesamt.
- Merchant, J. A. et al. (2005): Asthma and farm exposures in a cohort of rural Iowa children, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 113, Nr. 3, S.350-356.
- Meyer, R. & Sauter, A. (1999): TA-Projekt „Umwelt & Gesundheit“. Endbericht. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin. (= TAB-Arbeitsbericht Nr. 63).
- Michael H. Repacholi et al. (2012): Systematic Review of Wireless Phone Use and Brain Cancer and Other Head Tumors. In: *Bioelectromagnetics* 33:187-206.
- Mielck, A. (2001): Armut und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen, Ergebnisse der sozialepidemiologischen Forschung in Deutschland. In: Klocke, A., Hurrelmann, K. (Hrsg.): *Kinder und Jugendliche in Armut*. Leske & Budrich, Opladen: 225-249.
- Mielck, A. (2003): Projekte für mehr gesundheitliche Chancengleichheit: Bei welchen Bevölkerungsgruppen ist der Bedarf besonders groß? In: BZgA (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung) (Hrsg.): *Gesundheitsförderung für sozial Benachteiligte. Aufbau einer Internetplattform zur Stärkung und Vernetzung der Akteure*. BZgA, Köln: 10-19.
- Mielck, A. (2005): *Soziale Ungleichheit und Gesundheit: Einführung in die aktuelle Diskussion*. Verlag Hans Huber, Bern.

- Mielck, A., Heinrich, J. (2002): Soziale Ungleichheit und die Verteilung umweltbezogener Expositionen (Environmental Justice). In: Gesundheitswesen, 64: 405-416.
- Mihai et al. (2014): Extremely low-frequency electromagnetic fields cause DNA strand breaks in normal cells. Journal of Environmental Health Science & Engineering.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA) (Hrsg.) (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington.
- Mirabelli, C. et al.: Asthma symptoms among adolescents who attend public schools that are located near confined swine feeding operations, Pediatrics, Vol, 118, Nr. 1, 2006, e66-e75.
- MKULNV NRW (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2013): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen. Erlass vom 19.2.2013, Düsseldorf.
- MKULNV NRW (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.) (2014): Keime und Antibiotika/Resistenzen aus der Tierhaltung und ihre Folgen für die menschliche Gesundheit. Dokumentation, 4.7.2014, NH Hotel, Düsseldorf City-Nord, www.umwelt.nrw.de.
- MKULNV NRW (Ministerium für Klimaschutz Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2015): Kernaussagen zum internen Fachgespräch „Keime aus Tierhaltungs- und Biogasanlagen - Auswirkungen auf menschliche Gesundheit und Umwelt“ am 8.4.2014, Düsseldorf, Stand 24.9.2015. https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/fachgespraech_gesundheit_kernaussagen.pdf
- MKULNV NRW (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2015): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI-Leitfaden Bioaerosole) vom 31.1.2014, Erlass vom 25.6.2015, Düsseldorf.
- Mohr, Katharina (2010): Rechtliche Bewertung von Geruchsmissionen. Immissionsschutz, Band 1 – Planung, Genehmigung und Betrieb von Anlagen – Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Hoppenberg, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010.
- Møller, H.; Pedersen, C.S. (2004) Hearing at Low and Infrasonic Frequencies. Noise and Health 6(23):37-57.
- Möllers, T. M. J. (1996): Rechtsgüterschutz im Umwelt- und Haftungsrecht : präventive Verkehrspflichten und Beweiserleichterungen in Risikolagen. Tübingen: Mohr.
- Morris, S.C. & Novak E.W. (1976): Environmental health impact assessment. Journal of Environmental Engineering 1976;102: 549–54.
- Mücke, W., Lemmen, C. (2008): Bioaerosole und Gesundheit – Wirkungen biologischer Luftinhaltsstoffe und praktische Konsequenzen. ecomed Medizin.
- Muller, H.J.: Über die Wirkung der Röntgenstrahlung auf die Erbmasse. Strahlentherapie 55 (1936) 207-224
- MUNLV (Minister für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2008): Das Genehmigungs- und Anzeigeverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz. Leitfaden für ein optimiertes und beschleunigtes Verfahren in NRW. Düsseldorf, Januar 2008.
- MUNLV NRW (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat Öffentlichkeitsarbeit) (2008): Das Genehmigungs- und Anzeigeverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, Leitfaden für ein optimiertes und beschleunigtes Verfahren in NRW.
- Neitzke, H.-P., Osterhoff, J., Voigt, H. (2010): Bestimmung und Vergleich der von Erdkabeln und Hochspannungsfreileitungen verursachten Expositionen gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern – Vorhaben 3608S03011, 2. korrigierte Auflage, i. A. des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS).
- Neitzke, H.-P.; Osterhoff, J.; Voigt, H. (2006): EMF-Handbuch - Elektromagnetische Felder: Quellen, Risiken, Schutz. ECOLOG-Institut für Sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH, ECOLOG: Hannover 2006.
- Neus, H. et al. (1993). Zum Stellenwert quantitativer Risikoabschätzungen im umweltbezogenen Gesundheitsschutz - das Beispiel Straßenverkehr, Symposium "quantitative Risikoabschätzung" dc, Heidelberg 2.-3.12.1993, Hamburg: Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales.
- Nießen, P. (2011): Gutachten zur Feststellung der Immissionen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung durch Mobilfunksendeanlagen. EMF-Institut, Köln, 12. September 2011.
- Nohl, W. (1993): Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe.- Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung, im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen.

- Nohl, W. (2001): Ästhetisches Erlebnis von Windkraftanlagen in der Landschaft. Empirische Untersuchungen mit studentischen Gruppen, In: Naturschutz und Landschaftsplanung 33 (12), 365-372, Stuttgart.
- Nohl, W. (2008): Bleibt der Faktor „Gesundheit“ in der Landschaft auf der Strecke? - Verspargelung, Zerschneidung, Mehrfachnutzung. - Referat auf der Fachtagung „Landschaft und Gesundheit“ des Landschaftsverbandes Rheinland, Fachbereich Umwelt, in Zusammenarbeit mit der Thomas-Morus-Akademie Bensberg und dem Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn am 13. - 14. November 2008, Bensberg.
- Nohl, W. (2010): Landschaftsästhetische Auswirkungen von Windkraftanlagen. - Schöner Heimat, Erbe und Auftrag 1/2010, S. 3-12, Hrsg.: Bayerischer Landesverein für Heimatpflege e.V.
- Nordenfelt, L. (1995): On the nature of health. An action-theoretic approach. Second revised and enlarged edition. Philosophy and Medicine Vol.26. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London (First edition 1987)
- Nowacki, J. & Mekel, O. (2012): Health Impact Assessment und Umweltgerechtigkeit. In: Bolte, G., Bunge C., Hornberg, C., Köckler H., and Mielck, A. Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven, Bern, Hans Huber Verlag: 283-293.
- Nowacki, J., Martuzzi, M. & Fischer, T.B. (Hrsg.) (2010): Health and strategic environmental assessment. WHO consultation meeting, Rome, Italy, 8–9 June 2009. Background information and report. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.
- NRC (National Research Council) (1983): Risk assessment in the federal government: Managing the process. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D. C., USA.
- NRC (National Research Council) (1983): Risk assessment in the federal government: Managing the process. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D C, USA.
- NRW (2011) Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass) vom 11.07.2011.
- ÖÄK (Österreichische Ärztekammer) (2012): Leitlinie der ÖÄK zur Abklärung und Therapie EMF-bezogener Beschwerden und Krankheiten (EMF-Syndrom). Konsensus-Papier der AG-EMF. Verabschiedet bei der Sitzung der Referenten für Umweltmedizin der Landesärztekammern und der Österreichischen Ärztekammer am 3. März 2012 in Wien.
- Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373) Ersetzt V 753-13-3 v. 20.7.2011 I 1429 (OGewV)
- Ott, W. & Baur, M. (2005): Der monetäre Erholungswert des Waldes. Umwelt-Materialien 193. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Otte, P.F., Lijzen, J.P.A.; Otte, J.G. et al. (2001): Evaluation and revision of the CSOIL parameter set. Proposed parameter set for human exposure modelling and deriving Intervention Values for the first series of compounds. RIVM-Report-Nr. 711701021, Bilthoven, Niederlande.
- Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A. et al.: Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases. Radiat Res. 177 (2012) 229-43
- Passerat, J.; Ouattara, N. K.; Mouchel, J-M.; Rocher, V.; Servais, P. (2011): Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. In: Water Research 45 (2), S. 893–903.
- Persson-Waye, K.; Rylander, R. (2001): The prevalence of annoyance and effects after long-term exposure to low-frequency noise. Journal of Sound and Vibration 240(3): 483-497.
- Pinnekamp J. (2013): Betriebsoptimierung von Retentionsbodenfiltern im Mischsystem, Abschlussbericht. http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht_Retentionsbodenfilter.pdf (15.06.2015).
- Preston, D.L., Shimizu, Y., Pierce, D.A., Suyama, A., Mabuchi, K.: Studies of mortality of atomic bomb survivors, Report 13: solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat. Res. 160 (2003) 381-407
- Prognos (2008). Der monetäre Teil der Gesetzesfolgenabschätzung, internationale Ansätze im Vergleich. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Basel.
- Prüss-Üstün, A., Mathers, C., Corvalán, C., Woodward, A. (2003): Introduction and methods - Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, No. 1, A. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Przybilla, T. (2003): Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräusche. Jahresbericht des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen; Essen.

- Quigley, R., den Broeder, L., Furu, P., Bond, A., Cave, B. & Bos, R. (2006): 'Health Impact Assessment International Best Practice Principles,' Special Publication Series No. 5. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment.
- Radon, K. (2004): Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens – Niedersächsische Lungenstudie (NiLS). München: Klinikum der Universität München.
- Rannow, S. (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung - Wirkfolgen des Klimawandels Skizzierung einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.), BBSR-Online-Publikation 23/09.
- Richardson, D.B., Cardis, E., Daniels, R.D. et al. (2015): Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS). *Brit Med J* 351: h 5359
- Richter, M., Hurrelmann, K. (Hrsg.) (2006): Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN ; VDI 3787 Blatt 1 (12/1997):
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN ; VDI 3787 Blatt 1 (12/1997).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie, Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in der räumlichen Planung der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, VDI 3787 Blatt 9 (12/2004).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie, Lokale Kaltluft der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, VDI 3787 Blatt 5 (12/2003).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie, Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen; Berechnung der kurz- und der langwelligen Strahlung der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, VDI 3789 BL. 2 (10/1994).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie; Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN. Teil I: Klima VDI 3787 Blatt 2 (11/2008).
- Richtlinie für die Umweltmeteorologie; Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN. Teil I: Klima VDI 3787 Blatt 2 (11/2007).
- Rikken, M., Lijzen, J., Cornelese, A. (2001): Evaluation of model concepts on human exposure. Proposal for updating the most relevant exposure routes of CSOIL. RIVM-Report-Nr. 711701022, Bilthoven, Niederlande.
- Risikokommission (2003): ad hoc-Kommission "Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland". Abschlussbericht der Risikokommission im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziales und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Rittel, K., Bredow, L., Wanka, E. R., Hokema, D., Schuppe, G., Wilke, T., Nowak, D., Heiland, S. (2013, im Druck): Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume. Endbericht zum F+E-Vorhaben FKZ 3511 82 800 des Bundesamtes für Naturschutz. Bonn Bad Bundesministerium für Umwelt (BMU) (1997): Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland.
- RKI (Kommission Umweltmedizin) (2007): Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland? Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 50:1582–1589. DOI 10.1007/s00103-007-0407.
- Robert Koch-Institut & Statistisches Bundesamt (2007): Gesundheit in Deutschland, Berlin, 2. Auflage.
- Roßnagel, A. (1994) in: H.-J. Koch / D. Scheuing, Gemeinschaftskommentar zum Bundes-Immissionschutzgesetz, Düsseldorf: Werner.
- Rothschuh, K. E. (Hg.) (1975): Was ist Krankheit? Erscheinung, Erklärung, Sinnggebung. –wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Runge, K. (2005) : Repowering von Windenergieanlagen und Abstandsempfehlungen der Länder.

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG): Bioaerosole aus Tierhaltungsanlagen (2016), <https://publikationen.sachsen.de/bdb/>
- Sächsische Staatskanzlei (2012): Umwelt, Lärm, Licht, Erschütterungen, elektromagnetische Felder.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung des Gesundheitswesens (SVR) (2007): Kooperation und Verantwortung, Voraussetzungen einer zielorientierten Gesundheitsversorgung, Gutachten Kurzfassung, 2007.
- SCENIR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) (2009): Health Effects of Exposure to EMF. [Http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenir/docs/scenir_o_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenir/docs/scenir_o_022.pdf), Zugriff am 11.2.2014.
- Schäfer, D. (2008): Gesundheit im Wandel: Neuere Entwicklungen in Medizin und Gesellschaft. In: D. Schäfer, A. Freer, E. Schockenhoff, V. Wetzstein (Hg.): Gesundheitskonzepte im Wandel. Geschichte, Ethik und Gesellschaft. Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2008, p.65-77.
- Scherb, H., Weigelt, E.: Cleft lip and cleft palate birth rate in Bavaria before and after the Chernobyl nuclear power plant accident. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 8 (2004) 106-110
- Scherb, H., Weigelt, E.: Zunahme der Perinatalsterblichkeit, Totgeburten und Fehlbildungen in Deutschland, Europa und in hochbelasteten deutschen und europäischen Regionen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986, *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 24* (2003) 35-75
- Schiffman, S.S. (1998): Lifestock odors: implications for human health and well-being. *J Anim Sci* 76 , 1343–1355
- Schinasi, L. et al.: Air pollution, lung function, and physical symptoms in communities near concentrated swine feeding operations, *Epidemiology*, Vol. 22, Nr. 2.2011, S. 208-215.
- Schipperges, H. (1985): *Homo patiens. Zur Geschichte des kranken Menschen.* R. Piper, München, Zürich.
- Schipperges, H. (1999): *Krankheit und Kranksein im Spiegel der Geschichte. Schriften der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Heidelberger Akademie der Wissenschaften Nr.5*, Springer Berlin Heidelberg.
- Schmitz-Feuerhake, I. (2001): Kritische Diskussion der strahlenschutzrechtlichen Bestimmungen mit besonderem Blick auf die Aufnahme und Wirkung radioaktiver Stoffe im Körper. In Stevenson, A.F.G.: *Strahlenbiologisches Gutachten*, Kiel, April 2001, Anhang B 1.
- Schmitz-Feuerhake, I. (2009): Die Induktion gutartiger Tumore durch ionisierende Strahlung – ein vernachlässigtes Kapitel von Strahlenrisikobetrachtungen. *Strahlentelex Nr. 548-549* vom 5.11.2009, 1-5.
- Schmitz-Feuerhake, I., Dieckmann, H., Hoffmann, W., Lengfelder, E., Pflugbeil, S., Stevenson, A.F.: The Elmarsch leukemia cluster: are there conceptual limitations in controlling immission from nuclear establishments in Germany? *Arch. Environ. Contamination Toxicol.* 49(4), 2005, 589-601
- Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S. (2006): Strahleninduzierte Katarakte (Grauer Star) als Folge berufsmäßiger Exposition und beobachtete Latenzzeiten. *Strahlentelex Nr. 456-457* v. 5.1.2006, S. 1-7
- Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S. (2013a): Herz-Kreislaufkrankungen durch ionisierende Strahlen. *Strahlentelex Nr. 628-629* v. 7.3.2013, 6-12.
- Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S. (2013b): Genetisches Strahlenrisiko. In Vorbereitung
- Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S., Pflugbeil, C. (2010): Röntgenrisiko: Abschätzung der strahlenbedingten Meningeome und anderer Spätschäden bei Exposition des Schädels. *Gesundheitswesen* 72 (2010) 246-254.
- Schneider, K.; Kaiser, E. (2012): Anwendung des Benchmark-Verfahrens bei der Ableitung von HBM-Werten, *Fo-big* (Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (2012): FKZ 363 01 383, Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH Freiburg, Januar 2012.
- Schreiber C, Rechenburg A, Koch C, Christoffels E, Claßen T, Willkomm M, Mertens F M, Brunsch A F, Herbst S, Rind E, Kistemann T (2016): Two decades of system-based hygienic-microbiological research in Swist river catchment (Germany), *Environmental Earth Sciences* 75(21): DOI: 10.1007/s12665-016-6100-9
- Schulz A, Northridge M (2004): Social Determinants of Health: Implications for Environmental Health Promotion, *Health Education & Behavior* (August 2004). *Health Educ Behav* 31: 455-471.
- Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M (2011): [Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission](#). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 215 (1): 26-35
- Schumacher, O.: Zuverlässigkeit der AVV hinsichtlich der Emissionsausbreitungs-Berechnungen und Dosisermittlung. In Stevenson, A.F.G.: *Strahlenbiologisches Gutachten*, Kiel 2001, Anhang C1
- Schust, M. (1997): Biologische Wirkung von vorwiegend luftgeleitetem Schall. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin* Ld 7.

- Schüz, J.: Exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer: update of the epidemiological evidence. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011 Dec;107(3):339-42. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2011.09.008. Epub 2011 Sep 19.
- Schüz, J. (2007): Implications from epidemiologic studies on magnetic fields and the risk of childhood leukemia on protection guidelines. *Health Phys*, 92, 642-8.
- Schüz, J., Ahlbom, A. (2008). Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiat Prot Dosimetry*, 132,2, 202-211.
- Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (2011): Nichtionisierende Strahlung - Umwelt und Gesundheit. Programmsynthese Nationales Forschungsprogramm NFP 57, Bern. S. 8f (http://www.nfp57.ch/d_index.cfm).
- Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (2011): Nichtionisierende Strahlung - Umwelt und Gesundheit. Programmsynthese Nationales Forschungsprogramm NFP 57, Bern. S. 40ff.
- Seiwert, M., Becker, K., Conrad, A., Hünken, A., Schulz, C., Kolossa-Gehring, M. (2008): Schadstoffbelastung und Sozialstatus – Ausgewählte Ergebnisse aus den Umwelt-Surveys. In: *UmweltMedizinischer InformationsDienst (UMID)*, 2: 10-13.
- Selbach, C.; Soldanova, M.; Sures, B. (2016): Estimating the risk of swimmer's itch in surface waters - A case study from Lake Baldeney, River Ruhr. In: *International journal of hygiene and enviroLiteraturverzeichnis*
- Sellner, D., Reidt, O. und Ohms, M. J. (2006): Immissionsschutzrecht und Industrieanlagen, 3. Auflage, NJW Praxis, Band 31, S. 150-151, Verlag C.H. Beck München.
- Sermage-Faure, C., Laurier, D., Goujon-Bellec, S., Chartier, M., Guyot-Goubin, A., Rudant, J., Hémon, D., Clavel, J.: Childhood leukemia around French nuclear power plants – the Geocap study, 2002-2007. *Int. J. Cancer* 2012, Jan. 5, doi:10.1002/ijc.27425
- Shaw M 2003: Housing and Public Health. In: *Annu. Rev. Public Health* 2004. 25: 397–418.
- Shimizu, Y., Kodama, K., Nishi, N., Kasagi, F., Suyama, A., Soda, M., Grant, E.J., Sugiyama, H., Sakata, R., Moriwaki, H., Hayashi, M., Konda, M., Shore, R.E.: Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003. *BMJ* 340 (2010) b5349
- Sichere Ruhr 2016, Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundprojektpartner Förderkennzeichen 02WR-S1283A bis J inkl. Ergänzungen zur Weiterförderung abrufbar unter: <http://www.sichere-ruhr.de/index.php/category/ueber-das-projekt/presse-downloads/publikationen/> 05.02.2017
- Sigurdarson, S. T. und Kline, J. N.: School proximity to concentrated animal feeding operations and prevalence of asthma in students, *Chest*, 129, 6, 2006, S. 1486-1491.
- Smit, L.A.M., Hooiveld, M., Sman-de Beer, F. van der, Opstal-van Winden, A.W.J., Beekhuizen, J., Wouters, I.M., Yzermans, J., Heederik, D.: Air pollution from livestock farms, and asthma, allergic rhinitis and COPD among neighbouring residents, *Occupational and Environmental Medicine*: 2014, 71 (2), S. 134-140.
- Spittler, R.; Turowski, G.; Brunsing, J.; Greiving, S.; Kühne, F. & Neumyer, H.-P. (2000): Anforderungen einer umweltverträglichen Erholungsvorsorge an die räumliche Gesamtplanung aus Bundessicht. *Umweltbundesamt (UBA)*, Berlin.
- Spycher, B. D., Feller, M., Zwahlen, M., Rössli, M., von der Weid, N.X., Hengartner, H., Egger, M., Kuehni, C.E.: Childhood Cancer and nuclear power plants in Switzerland: A census based cohort study. *Int. J. Epidemiol*. 2011 doi:10.1093/ije/DYR115.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (1993): Stellungnahme des Umweltrates zum Verordnungsentwurf nach § 40 Abs. 2 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). In: SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen (1994): *Umweltgutachten 1994*. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SSK (Strahlenschutzkommission): Krebsrisiko durch mehrjährige Expositionen mit Dosen im Bereich des Grenzwerts für die Berufslebensdosis nach § 56 StrlSchV. Empfehlung der SSK vom 20.04.07, *Bundesanzeiger* Nr. 183a vom 28.09.2007.
- SSK (Strahlenschutzkommission): Strahleninduzierte Katarakte. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung. Bonn 14.5.2009, www.ssk.de
- Stadt Düsseldorf, Jugendamt (2005): *Sozialdatenatlas. Sozialräumliche Gliederung der Stadt Düsseldorf. Fortschreibung 2005*.
- Statistisches Bundesamt (2014): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland*.
- Steinheider, B., Winneke, G (1992): *Materialband zur Geruchsimmissionsrichtlinie in NRW. Bericht des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene an der Universität Düsseldorf im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Düsseldorf, 1992*.

- Stephens, C., Bullock, S. (2002): Environmental justice: an issue for the health of the children of Europe and the world. In: European Environment Agency / WHO Regional Office for Europe (Hrsg.): Children's health and environment: A review of evidence. Environmental issue report No. 29. Copenhagen, 190-198.
- Stevenson, A.F.G. (Ed.): Strahlenbiologisches Gutachten zur Ermittlung des Standes wissenschaftlicher Erkenntnisse und der Verlässlichkeit der Strahlenschutzbestimmungen unter besonderer Berücksichtigung der Belastung durch Radioaktivität in der Umgebung von Kernkraftwerken und zur Frage der Strahleninduktion kindlicher Leukämien, Kiel, April 2001, Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, 137 S. und Anhänge
- Stolberg, M. (2011): Verständnis und Erfahrung von „Gesundheit“ in der medialen Laienkultur des 17. Jahrhunderts. In: K. Bergdolt, I. F. Herrmann (2011): Was ist Gesundheit? Antworten aus Jahrhunderten. Impulse – Villa Vigoni im Gespräch, Band 3. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, p.111-120.
- Storm, P.-C. (1995): Umweltrecht, Einführung, Beck-Texte im Deutschen Taschenbuchverlag, 9. Auflage.
- Storm, P.-C., Bunge, T. (Hg.): HdUVP. Erich Schmidt, Losebl.-Ausg., Grundwerk 1988, Berlin.
- Straume, T.: High-energy gamma rays in Hiroshima and Nagasaki: implications for risk and w_R . Health Physics 69 (1995) 954-956
- TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 24. Juli 2002. Gemeinsames Ministerialblatt vom 30. Juli 2002 (GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605).
- Tesseraux, I. (2016): Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen – auf dem Weg zu immissionsschutzrechtlichen Regelungen – „LAI-Leitfaden Bioaerosole“ und „TA Luft“. Umweltmed – Hygiene –Arbeitsmed 21 (2) 61-62.
- Tessin, W. (2008): Ästhetik des Angenehmen. Städtische Freiräume zwischen professioneller Ästhetik und Laiengeschmack. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Thomson, H., Atkinson R., Petticrew M., Kearns A. (2006): Do urban regeneration programmes improve public health and reduce health inequalities: a synthesis of evidence from UK policy and practice (1980-2004). Journal of Epidemiology and Community Health; 60: 108-115.
- Thu, K. et al.: A control study of the physical and mental health of residents living near a large-scale swine operation, J Agric Safety Health, 3, 1997, S. 13-26.
- Timm, C.; Luther, S.; Jurzik, Lars; Hamza, Ibrahim Ahmed; Kistemann, Thomas (2016): Applying QMRA and DALY to assess health risks from river bathing. In: Safe Ruhr 219 (7, Part B), S. 681–692.
- Tischer, M., Poppek, U. (2007): Schutzniveau von Maßnahmenkonzepten: Evaluierung anhand von empirischen Daten und durch probabilistische Modellierung. Projektbericht „Einsatz von Modellen im Rahmen der Bewertung neuer und alter Stoffe (zukünftig REACH) sowie bei der Zulassung von Biozid-Produkten – Teil 1: Vergleichende Bewertung von Modellsicherheiten bei der Abschätzung inhalativer Expositionen“. Projekt F 1914 E. Dortmund, Berlin, Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). [Http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1914.pdf?__blob=publicationFile](http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1914.pdf?__blob=publicationFile), Zugriff am 30. Dezember 2013.
- Trapp, S., Schwarz, S., Berding, V. (1999): Mathematische Modelle und Programme in der Risikoabschätzung. Materialien "Umwelt und Gesundheit" 2. Iögd NRW, Bielefeld.
- TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe) (2013): Arbeitsplatzgrenzwerte, TRGS 900, Ausgabe: Januar 2006, zuletzt geändert und ergänzt: Gemeinsames Ministerialblatt 2013, 363-364 vom 4.4.2013 (Nr. 17).
- Trinkwasserverordnung (2001), Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- TÜV (2000). Immissionsschutz und Energiesysteme: Beurteilung und Bewertung von Gesamtlärm (Gesamtlärmstudie), TÜV-Bericht Nr.: 933/032902/03, Köln 2000.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.), 2014. Zu viel Nitrat im Grundwasser. Im Trinkwasser kein Problem! UBA, Dessau-Roßlau. Download 05.02.15 (<http://www.umweltbundesamt.de/themen/zu-viel-nitrat-im-grundwasser-im-trinkwasser-kein>).
- U.S. EPA / U.S. Environmental Protection Agency (1989): Risk Assessment Guidance for Superfund / Human Health Evaluation Manual (Part A), Band 1, Office of Emergency and Remedial Response, EPA/540/1-89/002, Washington DC.
- U.S. EPA / U.S. Environmental Protection Agency (1996): Exposure Factors Handbook; Volume 1-3, Review Draft, Washington DC.
- U.S. EPA / U.S. Environmental Protection Agency (2002): Child-specific exposure factors handbook. Interim report EPA-600-P-00-002B.

- U.S. EPA / U.S. Environmental Protection Agency (2004): Risk assessment guidance for Superfund volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, supplemental guidance for dermal risk assessment) PB99-963312 Final.
- UBA (Umweltbundesamt) (1999): Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten. 3. Erg.-Lfg. 01/04, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- UBA (Umweltbundesamt) (2009): Leitfaden zur Strategischen Umweltprüfung (SUP), Texte 08/09, Dessau-Roßlau 2009.
- UBA (Umweltbundesamt) (2010): Lärmwirkungen - Dosis-Wirkungsrelationen. Texte 13/2010.
- UBA (Umweltbundesamt) (2011): Luft und Luftreinhaltung, Luftschadstoffeinträge, Wirkungen auf Ökosysteme, <http://www.umweltbundesamt.de/luft/eintraege-wirkungen/deposition.htm>.
- UBA (Umweltbundesamt) (2011a): Verfahren umweltbezogener gesundheitlicher Stoffbewertungen.
- UBA (Umweltbundesamt) (2012): Luft und Luftreinhaltung: das Messnetz des Umweltbundesamtes, UBA (2011a): Verfahren umweltbezogener gesundheitlicher Stoffbewertungen.
- UBA (Umweltbundesamt) (2012a): Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas, Mitteilung der Ad-hoc Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, Bundesgesundheitsblatt 2012, 55: 279-290, DOI10.1007/s00103-011-1420.
- UBA (Umweltbundesamt) (2013): Kommission Human-Biomonitoring.
- UBA (Umweltbundesamt) (2015): Leitfaden zur Nutzen-Kosten-Abschätzung umweltrelevanter Effekte in der Gesetzesfolgenabschätzung, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-nutzen-kosten-abschaetzung>.
- UBA et al. (Umweltbundesamt, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut) (2013): Ratgeber Kindergesundheit, Berlin 2013.
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development - Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung), Rio de Janeiro, 3.-14. Juni 1992.
- UNO (United Nations Organisation) (1948): Resolution 217 A (III) der Generalversammlung vom 10. Dezember 1948. Übersetzung: Deutscher Übersetzungsdienst. Vereinte Nationen: New York.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2001): Hereditary effects of radiation. 2001 Report to the General Assembly, United Nations, New York 2001.
- Urbiniello, D.; Jeyachandren, J.; Rössli, M. (2013): Zeitliche und räumliche Verteilung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF) im Raum Basel. Schweizerisches Tropen- und Public Health Institut, Gesundheitsdepartement Basel-Stadt.
- Van den Berg, R. (1994): Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values (partly revised edition). RIVM-Report-Nr. 725201011, Bilthoven, Niederlande.
- van Lenthe F., Mackenbach JP. (2006): Aggregate deprivation and health. In: Siegrist J., Marmot M. Hrsg.) Social inequalities in health. Oxford: Oxford University Press: 167-192.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure), 2014, Richtlinie 3679: Nassabscheider, Grundlagen Abgasreinigung von partikelförmigen Stoffen, Berlin
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure), 2015 Richtlinie 2047 Blatt 2: Rückkühlwerke; Sicherstellung des hygienege-rechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen (VDI-Kühlturmregeln), Berlin
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2016): www.vdi.de/bioaerosole. Aufgerufen: 23.5.2016
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2308 Blatt1 d/e (2009): Abschätzung des gesundheitlichen Risikos im Immissionschutz, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL, Düsseldorf.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2310 Blatt 12 (2004-12): Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid, Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2310 Blatt 15 (2001-12): Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon, Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 3722 Blatt 2 (2013-05): Wirkung von Verkehrsgeräuschen - Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4250 Blatt 1 (2011-11) (Entwurf): Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen; Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen (Risk assessment of source-related ambient air measurements in the scope of environmental health – Effects of bioaerosol pollution on human health). Berlin: Beuth Verlag.

- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4250 Blatt 1 (2014-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen; Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen (Risk assessment of source-related ambient air measurements in the scope of environmental health – Effects of bioaerosol pollution on human health). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4250 Blatt 3 (2014-11) (Entwurf): Bioaerosole und biologische Agenzien; Anlagenbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter und grundlegende Beurteilungswerte. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4250 Blatt 3 (2016-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Anlagenbezogene und schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter (Bioaerosols and biological agents – Facility-specific and environmental health-related measurement parameters and basic recommendation values). Berlin: Beuth Verlag
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4251 Blatt 1 (2007-02): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen; Fahnenmessung (Measurement of airborne microorganisms and viruses in ambient air; Planning of plant-related ambient air measurements; Plume measurement). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4251 Blatt 2 (2015-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Planung von gebietstypischen Hintergrundmessungen. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4251 Blatt 3 (2015-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4251 Blatt 4 (2017-01): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Ermittlung der Vorbelastung. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4252 Blatt 2 (2004-06): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Aktive Probenahme von Bioaerosolen; Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern (Measurement of airborne microorganisms and viruses in ambient air; Active sampling of bioaerosols; Separation of airborne mould on gelatine/polycarbonate filters). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4252 Blatt 3 (2008-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Aktive Probenahme von Bioaerosolen; Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse (Measurement of airborne microorganisms and viruses in ambient air; Active sampling of bioaerosols; Separation of airborne bacteria with impingers using the principle of critical nozzle). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4253 Blatt 2 (2004-06): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentration in der Luft; Indirektes Verfahren nach Filtrationsprobenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern (Measurement of airborne microorganisms and viruses in ambient air; Culture based method for the determination of the concentration of mould in air; Indirect method after sampling with gelatine/polycarbonate filters). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4253 Blatt 3 (2008-08): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Verfahren zum quantitativen kulturellen Nachweis der Bakterienkonzentration in der Luft – Verfahren nach Abscheidung in Flüssigkeiten (Measurement of airborne microorganisms and viruses in ambient air; Culture based method for the quantitative determination of bacteria in air; Method after separation in liquids). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 4253 Blatt 4 (2013-2): Bioaerosole und biologische Agenzien; Bestimmung der Gesamtzellzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI (Bioaerosols and biological agents - Determination of total cell count by fluorescence analyses after staining with DAPI). Berlin: Beuth Verlag.
- Vohra, S. (2007): International perspective on health impact assessment in urban settings. NSW Public Health Bulletin 18(9-10):152-154.
- Waldhoff, A. (2008): Hygienisierung von Mischwasser in Retentionsbodenfiltern (RBF). Dissertation, ISBN 978-3-89958-606-0, Kassel.
- Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972) geändert worden ist (WHG)
- Wassermann, O. et al.: Erkenntnisse der schleswig-holsteinischen Fachkommission Leukämie im Zeitraum 1993-2004 zur Ursache der in der Nahumgebung der Geesthachter Atomanlagen aufgetretenen Leukämiehäufung bei Kindern. Abschlussbericht des Vorsitzenden v. 15.9.2004 umwelt-medizin-gesellschaft 18 (2005) 32-34.
- Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), 2000. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

- Welge, A. (2006): Arbeitshilfe: Reduzierung verkehrsbedingter Schadstoffbelastungen in den Städten (Umsetzung der EU-Luftqualitätsrichtlinie). In: DIN (Deutsches Institut für Normung), Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL)(Hrsg.) Feinstaub und Stickstoffdioxid: Wirkung – Quellen – Luftreinhaltepläne – Minderungsmaßnahmen. Berlin: Beuth: 265-285.
- Whitehead, M. & Dahlgren, G. (1991): What can be done about inequalities in health? - Lancet. 338 (8774): 1059-63.
- WHO (Regional Office for Europe, European Centre for Health Policy) (1999): Health Impact Assessment: Main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe on behalf of the European Centre for Health Policy.
- WHO (World Health Organization, Regional Office for Europe) (2009): Night noise guidelines for Europe. Copenhagen, WHO.
- WHO (World Health Organization) (1948): Preamble to the Constitution of the World Health Organization. New York. (abgerufen am 30.08.2010 unter: www.who.int/about/definition/en/print.html).
- WHO (World Health Organization) (1994): Assessing human health risks of chemicals: Derivation of guidance values for health based exposure limits. WHO, ICPS: Environmental Health Criteria No. 170, Genf, CH.
- WHO (World Health Organization) (1994): Assessing human health risks of chemicals: Derivation of guidance values for health based exposure limits. WHO, ICPS: Environmental Health Criteria No. 170, Genf, CH.
- WHO (World Health Organization) (1994): Assessing human health risks of chemicals: Derivation of guidance values for health based exposure limits. WHO, ICPS: Environmental Health Criteria No. 170, Genf, CH.
- WHO (World Health Organization) (1999): Guidelines for community noise, Geneva, WHO.
- WHO (World Health Organization) (2000): Air Quality Guidelines for Europe, Second edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- WHO (World Health Organization) (2001) Electromagnetic fields and public health: Extremely low frequency fields and cancer Fact Sheet N 263, Oct 2001.
- WHO (World Health Organization) (2006): Air Quality Guidelines, Global update 2005, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO (World Health Organization) (2006a): Report on the Technical Meeting on Quantifying Disease from Inadequate Housing. WHO Bonn, Germany, 28–30. November 2006.
- WHO (World Health Organization) (2006b): LARES: Large Analysis and Review of European housing and health Status. Bonn: European Centre for Environment and Health, WHO Regional Office for Europe.
- WHO (World Health Organization) (2007): Extremely low frequency fields. Environmental health criteria 238. Genf 2007.
- WHO (World Health Organization) & IARC (International Agency for Research on Cancer) (2011): IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. Press release No. 208, Lyon, Frankreich v. 31. May 2011. [Http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf), Zugriff am 12.2.2014.
- WHO UN-HABITAT (2010): Hidden Cities: unmasking and overcoming health inequities in urban settings.
- Wichmann, H. E. (2008): Schützen Umweltzonen unsere Gesundheit oder sind sie unwirksam? Umweltmed Forsch Praxis 13(1): 7-10.
- Wichmann, H.E.; Schlipkötter, H.-W.; Füllgraff, G. (2001): Handbuch der Umweltmedizin : Toxikologie, Epidemiologie, Hygiene, Belastungen, Wirkungen, Diagnostik, Prophylaxe. Ecomed- Verlag, Landsberg a L. .
- Wilhelm, M., Wichmann, H. E. (2004/05): III – 1.3.2 Ableitung von Grenzwerten (Umweltstandards) – Allgemeine Konzepte. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraff – Handbuch der Umweltmedizin, S. 1 - 28, 31. Erg. Lief. 04/05, Landsberg/Lech: ecomed.
- Wilhelm, M., Wichmann, H. E. (2005): III – 1.3.2 Ableitung von Grenzwerten (Umweltstandards) – Allgemeine Konzepte. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraff – Handbuch der Umweltmedizin, S. 1 - 28, 31. Erg. Lief. 04/05, Landsberg/Lech: ecomed.
- Wilhelm, M., Wichmann, H. E. (2005): III – 1.3.2 Ableitung von Grenzwerten (Umweltstandards) – Allgemeine Konzepte. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraff – Handbuch der Umweltmedizin, S. 1 - 28, 31. Erg. Lief. 04/05, Landsberg/Lech: ecomed.
- Wing, S. und Wolf, S.: Intensive livestock operations, health, and quality of life among eastern North Carolina residents, Environmental health perspectives, Vol. 108, Nr. 3, 2000, S. 233-238.
- Winkler, M.S., Krieger, G.R., Divall, M.J., Cissé, G., Wielga, M, Singer, B.H., Tanner, M. & Utzinger, J. (2013): Untapped potential of health impact assessment. Bull World Health Organ 2013;91: 298–305.

- Witte, I. (2011): Kombinationswirkungen von Umweltgiften. In: Steinmetz, Bernd & Trautmann, Sandra (Hrsg.): Vergiftet und allein gelassen. Arbeitsmedizin und Umweltmedizin im Schatten wirtschaftlicher Interessen. Bertuch Verlag, Weimar 2012
- Yablokov, A.V., Nesterenko, V.B., Nesterenko, A.V.: Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and environment. Ann. New York Acad. Sci. 1181 (2009) 327 Seiten
- Yamada, M., Wong, F.L., Fujiwara, S., Akahoshi, M., Susuki, G.: Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors, 1958-1998. Radiat. Res. 161 (2004) 622-632
- Yamasaki, J.N., Schull, W.J.: Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the Atomic bomb. Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989. JAMA 264 (1990) 605-609
- Zedler, J. H. (Hg.) (1731-54): Großes vollständiges Universallexikon aller Wissenschaften und Künste, welche bishero durch menschlichen Verstand und Witz erfunden und verbessert worden. Verlegts Johann Heinrich Zedler, Halle und Leipzig. Band 10 (1735), Spalte 1334, www.zedler-lexikon.de/
- Zhao L., Liu X., Wang C., Yan K., Lin X., Li S., Bao H. (2013): Review: Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: A meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. Leukemia research 2014 Mar; 38(3): 269-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.leukres.2013.12.008>.
- Zweiundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Kühltürme und Nassabscheider - 42. BImSchV)
- Zwicker, E. & Fastl, H. (1999): Psychoacoustics: Facts and Models. Second updated edition. Springer.