



**○ SDG IN DEUTSCHLAND:
GESUNDHEITSBEZOGENE INDIKATOREN IM
THEMENBEREICH UMWELT**

- LED & CO – KÜNSTLICHE LICHTQUELLEN IM ALLTAG UND IHRE WIRKUNGEN
- RISIKEN UND NUTZEN VON E-ZIGARETTEN
- „KREBS IN DEUTSCHLAND FÜR 2015/2016“ ERSCIENEN



● UMWELT + MENSCH INFORMATIONSDIENST

NR. 1/2020



UMID IST EIN BEITRAG ZUM "AKTIONSPROGRAMM UMWELT UND GESUNDHEIT"
(APUG) UND TEIL DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT.

IMPRESSUM IMPRINT

UMID – UMWELT + MENSCH
INFORMATIONSDIENST
Nr. 1/2020
ISSN 2190-1120 (Print)
ISSN 2190-1147 (Internet)

HERAUSGEBER

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)
Robert Koch-Institut (RKI)
Umweltbundesamt (UBA)

REDAKTION

Dr. Suzan Fiack
Bundesinstitut für Risikobewertung
Max-Dohrn-Str. 8–10
10589 Berlin
E-Mail: [pressestelle\[at\]bfr.bund.de](mailto:pressestelle[at]bfr.bund.de)

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim (Neuherberg)
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

Dr. Hildegard Niemann
Robert Koch-Institut
General-Pape-Straße 62–66
12101 Berlin
E-Mail: [niemannh\[at\]rki.de](mailto:niemannh[at]rki.de)

Kerstin Gebuhr
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [kerstin.gebuhr\[at\]uba.de](mailto:kerstin.gebuhr[at]uba.de)

Judith Meierrose
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [judith.meierrose\[at\]uba.de](mailto:judith.meierrose[at]uba.de)

GESAMTKOORDINATION

Denise Köhler
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [denise.koehler\[at\]uba.de](mailto:denise.koehler[at]uba.de)

E-MAIL FÜR UMID

[umid\[at\]uba.de](mailto:umid[at]uba.de)

UMID IM INTERNET

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

LAYOUT

IKONUM Marken- und Webagentur
www.ikonum.com

DRUCK

Bonitasprint GmbH
www.bonitasprint.de

TITELBILD

© United Nations / <https://17ziele.de/>

Die Zeitschrift "UMID – UMWELT + MENSCH INFORMATIONSDIENST" erscheint im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit (APUG) und kann kostenfrei als Online-Ausgabe abonniert werden unter: <http://www.umweltbundesamt.de/service/newsletter>. Sie dient der Information von Behörden und Institutionen, die im Bereich Umwelt und Gesundheit arbeiten, in der Umweltmedizin tätigen Fachkräften sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern.

Bitte beachten Sie: Um Spam-Mails vorzubeugen, werden alle Mailadressen im UMID nicht mit dem @-Zeichen, sondern in der Form „vorname.name[at]einrichtung.de“ angegeben.

Die Zeitschrift sowie die in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Vervielfältigung, Verbreitung und öffentliche Wiedergabe zu gewerblichen Zwecken ist untersagt. Die Verwertung der Beiträge im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten bedarf der Zitierung des Autors in Verbindung mit den bibliografischen Angaben. Die inhaltliche Verantwortung für einen Beitrag trägt ausschließlich der Autor/die Autorin. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Herausgeber übereinstimmen. Die am Ende eines Beitrags angegebene Kurzbezeichnung der Institution verweist auf das für die redaktionelle Betreuung zuständige Redaktionsmitglied.



www.blauer-engel.de/uz195

- ressourcenschonend und umweltfreundlich hergestellt
- emissionsarm gedruckt
- überwiegend aus Altpapier **TX2**

Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

INHALT CONTENT

- 7** **Gesundheitsbezogene Indikatoren der Sustainable Development Goals (SDG) und ihre Umsetzung für Deutschland im Bereich Umwelt**
Health Indicators of the Sustainable Development Goals (SDG) and their Implementation for Germany – Considering Environmental Aspects
ULRIKE DOYLE, CLAUDIA KABEL, CHRISTIAN SCHUSTER,
MYRIAM TOBOLLIK, DIRK WINTERMEYER, DIETRICH PLASS
- 23** **Bericht zum Workshop „Ungleichheiten im umweltbezogenen Gesundheitsschutz und in der Gesundheitsförderung“ und Launch des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities**
Report on the workshop “Inequalities in Environmental Health and Health Promotion” and Launch of the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities
ANDRÉ CONRAD, NADJA STEINKÜHLER, GABRIELE BOLTE
- 29** **Ziele und erste Aktivitäten des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities**
Aims and first activities of the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities
GABRIELE BOLTE FÜR DAS TEAM DES WHO COLLABORATING CENTRE FOR ENVIRONMENTAL HEALTH INEQUALITIES
- 33** **Umweltgerechtigkeit im Handlungsfeld Klimawandel, Hitze und Gesundheit**
Environmental justice in the field of climate change, heat and health
HANNA MERTES, STEPHAN BÖSE-O'REILLY, JULIA SCHOIERER
- 39** **LED & Co – Künstliche Lichtquellen im Alltag und ihre Wirkungen auf den Menschen**
LED & Co – Artificial light sources in everyday life and their effects on people
MONIKA ASMUSS, SEBASTIAN LORENZ
- 49** **Stickstoffdioxid im Innenraum: Aktueller Kenntnisstand**
Indoor Nitrogen dioxide: Current state of knowledge
ANJA DANIELS, PHILIPP EICHLER, WOLFRAM BIRMILI

INHALT CONTENT

- 59** **Luftqualität für unterwegs:
Die UBA-App „Luftqualität“**
Air quality to go: UBA's "air quality" app
SUSAN KESSINGER, ANDREA MUES
- 65** **Risiken und Nutzen von E-Zigaretten**
Risks and Benefits of E-Cigarettes
ELKE PIEPER, NADJA MALLOCK, PETER LAUX, ANDREAS LUCH
- 77** **Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und
Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und
Hessen, Sommer 2018**
*Estimating the number of heat-related deaths and considering
excess mortality; Berlin and Hesse, summer 2018*
MATTHIAS AN DER HEIDEN, UDO BUCHHOLZ, HELMUT UPHOFF
- 91** **„Krebs in Deutschland für 2015/2016“ im Dezember
2019 erschienen**
*"Cancer in Germany for 2015/2016" published in December
2019*
ROSE KOWOLLIK, NINA BUTTMANN-SCHWEIGER
- 95** **Die Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen –
Neues zur Anerkennung von Mitteln und Verfahren
nach § 18 Infektionsschutzgesetz**
*Control of Health Pest Organisms – news for recognition of
products according to § 18 German Infection Protection Act*
BETTINA ROTHE, CAROLA KUHN, ERIK SCHMOLZ

Gesundheitsbezogene Indikatoren der Sustainable Development Goals (SDG) und ihre Umsetzung für Deutschland im Bereich Umwelt

Health Indicators of the Sustainable Development Goals (SDG) and their Implementation for Germany – Considering Environmental Aspects

ZUSAMMENFASSUNG

Die menschliche Gesundheit wird durch viele Faktoren beeinflusst. Neben den persönlichen Lebensumständen, Verhaltensweisen und angeborenen Faktoren ist Gesundheit auch ein Resultat umweltpolitischen Handelns. Dieses sollte möglichst gesundheitsförderlich sein und gesundheitsgefährdende Umwelteinflüsse auf die Bevölkerung minimieren. Die 2030-Agenda für Nachhaltige Entwicklung bildet mit ihren eng miteinander verknüpften 17 Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals – SDGs) diese Komplexität ab. Die SDGs dienen als ein integratives Navigationsset, um dringende Umwelt- und Gesundheitsprobleme kohärent zu lösen. Gesundheit ist ein zentrales Schutzgut der SDGs. Der gesundheitsbezogene Umweltschutz wird in mehreren SDGs abgebildet. Die unterschiedlichen politischen Ebenen benutzen jedoch Indikatoren, die auf unterschiedlichen Datenquellen beruhen sowie auf verschiedenartigen Berechnungs- und Bewertungsmethoden. Dies sollte transparent dargestellt werden. Neben der nationalen Fortentwicklung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wäre eine stärkere Ausrichtung der Indikatoren an denen der 2030-Agenda wünschenswert.

ULRIKE DOYLE,
CLAUDIA KABEL,
CHRISTIAN SCHUSTER,
MYRIAM TOBOLLIK,
DIRK WINTERMEYER,
DIETRICH PLASS

ABSTRACT

Health is determined by complex relationships between many factors. In addition to personal settings and individual behavior, health also is the result of environmental policy measures. These should be health-promoting, identify harmful environmental factors and keep them as low as possible. The 2030 Agenda for Sustainable Development with its 17 Sustainable Development Goals (SDGs) represents this complexity, because the implementation of the SDGs shall be fulfilled in an integrative way. The SDGs serve as a navigation set to solve urgent environmental problems coherently. Health is one of the central goods to protect. Health-related environment protection is addressed in several SDGs. However, the different political levels use indicators from different data sources and calculation and evaluation methods. These need to be presented transparently. Besides improving the sustainability strategy for Germany, it would be desirable to strengthen its involvement in using the international indicators of the 2030 Agenda.

WAS SIND SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG)?

Im September 2015 haben die Staats- und Regierungschefs der Vereinten Nationen

(United Nations - UN) das Dokument „Transformation unserer Welt: die 2030-Agenda für nachhaltige Entwicklung“ verabschiedet (UN 2015). Sie haben sich mit diesem historischen Beschluss auf eine globale Umwelt- und Entwicklungsagenda geeinigt, die sowohl für In-

ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



Die 17 Ziele der UN für eine nachhaltige Entwicklung.
©United Nations.
<https://17ziele.de/>.

dustriestaaten wie Deutschland als auch für Schwellen- und Entwicklungsländer gilt. „Leave no one behind“ – das zentrale Versprechen der 2030-Agenda ist es, das Wohl jeder und jedes Einzelnen zu berücksichtigen und niemanden zurückzulassen. Die auch als „Welt-zukunftsvertrag“ bezeichnete 2030-Agenda (Bundesregierung 2015) umfasst 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) und 169 Unterziele (englisch: targets), deren Zielerreichung anhand von 244 Indikatoren überprüft werden soll. Die SDGs lösen die im Jahr 2000 verabschiedeten acht „Millennium Development Goals (MDGs)“ ab, welche für die internationale Entwicklungspolitik der Jahre 2000 bis 2015 galten. Jedoch minderten deren nicht ausreichend strukturierter Aushandlungsprozess und die vagen Verantwortlichkeiten deren Erfolg (Honniball, Spijkers 2014). Die in den MDGs definierten Ziele wurden in den SDGs teilweise übernommen, teils neu strukturiert, teils ergänzt.

Den 17 SDGs sind in der Präambel fünf Themenfelder vorangestellt, die sogenannten „5 Ps“:

- **People:** Menschen (Armut, Hunger, Würde, Gesundheit und Gleichheit)
- **Planet:** Planet (Nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion, Nutzung von Ressourcen, Klimawandel und Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen)
- **Prosperity:** Wohlstand (wirtschaftlicher, sozialer und technischer Fortschritt in Harmonie mit der Natur)
- **Peace:** Frieden (gerechte und inklusive Gesellschaften, keine Gewalt)
- **Partnership:** Partnerschaft (Mittel zur Umsetzung, globale Solidarität insbesondere mit den Ärmsten und Schwächsten)

Die 2030-Agenda entspricht einem „globalen Aktionsplan“ für die Entwicklung aller UN-Mitgliedstaaten hin zu mehr Nachhaltigkeit. Die 17 SDGs bieten erstmals einen für alle Staaten universell gültigen Zielkatalog im Rahmen eines ineinandergreifenden und integrierenden Bezugssystems (TABELLE 1). Für SDG 13 wurde gesondert ausgehandelt, dass

die globalen Verhandlungen zu diesem Ziel weiterhin innerhalb des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen geführt werden (TABELLE 1).

Nicht nur das Erreichen einzelner der 17 Ziele, sondern auch die Berücksichtigung der Querverbindungen und Wechselwirkungen zwischen diesen sind für den Erfolg der

TABELLE I
Ziele für nachhaltige
Entwicklung (UN 2015: 15).

| | |
|---------|--|
| Ziel 1 | Armut in allen ihren Formen und überall beenden |
| Ziel 2 | Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern |
| Ziel 3 | Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern |
| Ziel 4 | Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern |
| Ziel 5 | Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen |
| Ziel 6 | Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten |
| Ziel 7 | Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern |
| Ziel 8 | Dauerhaftes, inklusives und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern |
| Ziel 9 | Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen |
| Ziel 10 | Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern |
| Ziel 11 | Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten |
| Ziel 12 | Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen |
| Ziel 13 | Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen* |
| Ziel 14 | Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen |
| Ziel 15 | Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen |
| Ziel 16 | Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen |
| Ziel 17 | Umsetzungsmittel stärken und die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen |

* In Anerkennung dessen, dass das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen das zentrale internationale zwischenstaatliche Forum für Verhandlungen über die globale Antwort auf den Klimawandel ist.

2030-Agenda von ausschlaggebender Bedeutung: Die 17 Ziele sollen möglichst gemeinsam erreicht werden. Die Akteure sollen die Folgen von Maßnahmen, die auf eine Verbesserung der Zielerreichung bezüglich eines SDGs zielen, auch für die anderen SDGs berücksichtigen. Auf diese Weise soll dem vorgebeugt werden, dass durch Planungen hinsichtlich einzelner SDGs die Zielerreichung für andere SDGs behindert wird. So müssen zum Beispiel für CO₂-Minderungsoptionen (SDG 13) die möglichen Synergien oder Zielkonflikte mit den anderen SDGs bedacht werden; das heißt die Gestaltung der CO₂-Minderungsstrategie sollte unter Berücksichtigung vom lokalen gesellschaftlichen und ökologischen Kontext geplant werden (IPCC 2018: 20).

Der im September 2019 veröffentlichte erste globale Nachhaltigkeitsbericht (Global Sustainable Development Report – GSDR) sieht in der Förderung des Wohlergehens des Menschen den Kern von Transformationen in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung (Independent Group of Scientists 2019). Gleichzeitig wird im GSDR hervorgehoben, dass dem bisher erreichten Fortschritt im Bereich Wohlstand und Entwicklung nicht-nachhaltige Trends insbesondere im Hinblick auf viele Umweltprobleme gegenüberstehen. Hier stehen Klimawandel und der Verlust an Biodiversität an erster Stelle (ebenda).

SDG MIT BEZUG ZU UMWELT UND GESUNDHEIT

Für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz sind jene Nachhaltigkeitsziele relevant, die unerwünschte Auswirkungen der Umwelt auf die menschliche Gesundheit thematisieren beziehungsweise durch deren Erreichung die Gesundheit positiv, auch im Sinne des Vorsorgeprinzips, beeinflusst werden kann. Der Gedanke der Prävention, also das Verhindern der Entstehung von Erkrankungen, sollte hierbei handlungsleitend sein. Hierzu

gehören die Minimierung von Gefährdungen durch Chemikalien, Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung (Unterziel 3.9), der gerechte Zugang zu einwandfreiem und bezahlbarem Trinkwasser und die allgemeine Verbesserung der Wasserqualität (Unterziele 6.1, 6.3) sowie die Reduzierung der städtischen Umweltbelastung pro Kopf mit Fokus auf Luftqualität und Abfallbehandlung (Unterziel 11.6). Darüber hinaus beinhalten die Ziele zu nachhaltiger Siedlungsplanung und dem Zugang zu Grünflächen (Unterziele 11.3, 11.7) sowie zum umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und Abfall (Unterziel 12.4) wichtige umweltbedingte Gesundheitsaspekte (GBD 2017 SDG Collaborators 2018).

Neben der Reduzierung der umweltbedingten Krankheitslast setzt SDG 3 („Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern“) einen deutlichen Schwerpunkt auf die Verbesserung der unmittelbaren Lebensbedingungen der Menschen. In den insgesamt 13 Unterzielen des SDG 3 werden neben dem bereits oben genannten Unterziel 3.9 langjährige entwicklungspolitische Zielsetzungen wie die Reduzierung der Mütter- und Kindersterblichkeit (Unterziele 3.1, 3.2), die Bekämpfung von übertragbaren Krankheiten wie AIDS und von nicht-übertragbaren chronischen Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Unterziele 3.3, 3.4) und die Bereitstellung einer für alle gerecht zugänglichen Gesundheitsversorgung angesprochen (Unterziele 3.7, 3.8). Darüber hinaus werden die Prävention von Substanzmissbrauch (z. B. Alkohol) und Verkehrsunfälle thematisiert (Unterziele 3.5, 3.6).

Der Klimawandel kann durch in Dauer und Intensität zunehmende Hitzeereignisse, reduzierte Luft- (einige Klimagase sind auch gleichzeitig Luftschadstoffe) und Wasserqualität, Extremwetterereignisse sowie veränderte Ausbreitungswege von vektorbedingten Krankheiten (wie Malaria oder Dengue-Fieber) direkt auf die Gesundheit wirken oder über den Verlust der Biodiversität eine zunehmende Ernährungsunsicherheit und damit verbundene Unterernährung

die Gesundheit indirekt beeinträchtigen. Zunehmend wichtiger werden daher gesundheitspolitisch die beiden Ziele, die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Staaten zu stärken (Unterziel 13.1) einschließlich der Frühwarnung, Risikominderung und dem Management nationaler und globaler Gesundheitsrisiken (Unterziel 3.d). Dies betrifft insbesondere Städte in Bezug auf die höhere Hitzebelastung durch extreme Temperaturen.

GESUNDHEITSBEZOGENE SDG-INDIKATOREN FÜR DEUTSCHLAND

Jedes der SDGs soll durch die Auswahl von relevanten Indikatoren messbar und die Zielerreichung entsprechend nachvollziehbar sein. Hintergrund und Anleitung für die SDG-Indikatoren sind im „Metadata repository“ der UN Statistics Division zu finden (<https://unstats.un.org/sdgs/metadata/>).

Die Berechnung der Gesundheitsindikatoren für SDG 3 erfolgt auf den verschiedenen politischen Ebenen jedoch unterschiedlich. Es unterscheiden sich sowohl die Datengrundlagen für die Berechnung als auch die Bewertungsmethoden der Indikatoren im Hinblick auf die Zielerreichung. Das heißt konkret, dass die Datenquellen für die Indikatoren der „internationalen“ SDGs sich von den „nationalen“ Indikatoren unterscheiden können. Manche Indikatoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht gemessen, sondern über ausgewählte Methoden berechnet werden. Die beim Einsatz der Methoden genutzten Annahmen sind jedoch bei Betrachtung der Indikatoren auf unterschiedlichen politischen Ebenen nicht immer einheitlich. So kann es beispielsweise dazu kommen, dass Indikatoren zwar thematisch sehr ähnlich sind, die Ergebnisse jedoch unterschiedlich sein können. Dies kann dazu führen, dass

beispielsweise nationale Strategien im Zielerreichungsgrad der Indikatoren von denen der SDGs abweichen.

Die für Deutschland verfügbaren Indikatoren zu den SDGs sind in folgenden Datenbanken zu finden:

- In der Datenbank der UN Statistics Division sind die international vereinbarten 244 Indikatoren gelistet (<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/>). Die dortigen Daten sind jedoch nicht alle direkt von den Staaten berichtet worden, sondern beruhen u. a. auch auf Berechnungen der WHO auf Grundlage der verfügbaren Daten.
- Seit 2019 werden auf der Nationalen Berichtsplattform (National Reporting Platform - NRP) des Statistischen Bundesamtes (<https://sustainabledevelopment-germany.github.io/>) der Berichtsstatus, die Berechnung und die Datenquellen von den 244 internationalen Nachhaltigkeitsindikatoren für Deutschland angegeben. Diese Nationale Berichtsplattform ist öffentlich zugänglich und dient der Bekanntmachung und Darstellung von Daten für Deutschland zu den Indikatoren der SDGs. Die dort hinterlegten Daten unterscheiden sich teilweise in der Indikator-Bezeichnung, der Datengrundlage und Berechnungsmethode von den für Deutschland in der Datenbank der UN Statistics Division angegebenen. Der Stand der Datenverarbeitung („Daten verfügbar“, „in Bearbeitung“, „Datenquellenanalyse“, „nichtzutreffend“) und die Vergleichbarkeit mit UN-Metadaten ist jeweils angegeben.
- Auf der europäischen Ebene sind die Daten und Metadaten in der Datenbank des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat) zu finden (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/main-tables>).

Im Folgenden werden die Ergebnisse aller gesundheitsbezogenen SDGs auf der globalen Ebene und von SDG 3 auf den verschiedenen nachgeordneten Governance-Ebenen dargestellt.

NACHHALTIGKEITSZIELE DER UN

Die UN bringt jährlich seit dem Jahr 2016 Berichte über den Stand der Zielerreichung der SDGs heraus (z. B. UN 2019). Den Stand der Entwicklung von 52 SDG-Indikatoren mit einem direkten Gesundheitsbezug zeigen unter anderem Daten der Global Burden of Disease (GBD)-2017-Studie auf globaler Ebene für 195 Staaten (GBD 2017 SDG Collaborators 2018). Manche dieser Indikatoren sind übergreifend, das heißt sie präsentieren gleichzeitig mehrere Unterziele. **TABELLE 2** zeigt für insgesamt 40 Unterziele der genannten 52 SDG-Indikatoren die für Deutschland errechnete Zielerreichung im Jahr 2017 von durchschnittlich 75 Prozent. Der Median der gesundheitsbezogenen SDGs auf globaler Ebene lag 2017 im Vergleich dazu deutlich darunter, nämlich bei 59,4 Prozent.

Auf erheblichen Handlungsbedarf in Deutschland weisen in abnehmender Gewichtung die Abweichungen von der Zielerreichung der Indikatoren zum Alkoholkonsum, Tabakkonsum, Übergewicht bei Kindern, zu hohen Sterblichkeitsraten aufgrund von suizidalen Handlungen, zur Anzahl minderjähriger Opfer von sexueller Gewalt, zur Häufigkeit von Arbeitsunfällen und zur Anzahl der HIV-Neu-Infektionen hin.

TABELLE 2
Zielerreichung von 40 direkt auf die Gesundheit bezogenen SDG-/Target-Indikatoren für Deutschland (vgl. GBD 2017 SDG Collaborators 2018) im Jahr 2017.

| SDG Nr. | Titel des Indikators | Zielerreichung in Prozent |
|---------|---|---------------------------|
| 1.5.1 | Anzahl der infolge von Katastrophen getöteten, vermissten und direkt betroffenen Personen, je 100.000 Einwohner | 100,0 |
| 2.1.1 | Prävalenz von Kleinwuchs bei Kindern unter 5 Jahren | 100,0 |
| 2.2.2a | Prävalenz von Auszehrung bei Kindern unter 5 Jahren | 100,0 |
| 2.2.2b | Prävalenz von Übergewicht von Kindern zw. 2 und 4 Jahren | 47,1 |
| 3.1.1 | Müttersterblichkeitsrate | 87,4 |
| 3.1.2 | Anteil der Geburten unter der Aufsicht von qualifiziertem Gesundheitspersonal | 99,7 |
| 3.2.1 | Sterblichkeitsrate von Kindern unter 5 Jahren | 92,0 |
| 3.2.2 | Sterblichkeitsrate von Neugeborenen | 87,7 |
| 3.3.1 | Anzahl der HIV-Neuinfektionen je 1.000 nicht infizierter Einwohner | 59,3 |
| 3.3.2 | Tuberkulose-Inzidenz je 100.000 Einwohner | 93,1 |
| 3.3.3 | Malaria-Inzidenz je 1.000 Einwohner | 100,0 |
| 3.3.4 | Hepatitis-B-Inzidenz je 100.000 Einwohner | 96,0 |

DIE EUROPÄISCHE NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE

Auf europäischer Ebene liegt als nunmehr dritter Bericht „Sustainable development in the European Union — Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context“ vor (Eurostat 2019b). Die Auswahl der rund 100 Indikatoren des EU-SDG-Indikatorenkataloges umfasst die Hauptmerkmale der 17 SDGs und ist auf sechs Indikatoren pro SDG begrenzt, einschließlich Mehrzweckindikatoren (MPIs), die zur Überwachung von mehr als einem Ziel verwendet werden (Eurostat 2019a).

Für SDG 3 entsprechen nur drei Indikatoren in etwa denjenigen der UN (Eurostat 2019a):

- Goal 03_40 Death Rate due to chronic disease (vergleichbar mit Indikator 3.4.1)
- Goal 03_41 Death rate due to tuberculosis, HIV and hepatitis (vergleichbar mit Indikatoren zu 3.3.x)
- Goal 03_60 Self-reported unmet need for medical care (vergleichbar mit Indikator 3.8.1).

GESUNDHEITSBEZOGENE INDIKATOREN DER SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG) UND IHRE UMSETZUNG
HEALTH INDICATORS OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG) AND THEIR IMPLEMENTATION

| | | |
|----------|--|-------|
| 3.3.5 | Anzahl der Personen, die Maßnahmen gegen vernachlässigte Tropenkrankheiten benötigen | 100,0 |
| 3.4.1 | Sterblichkeitsrate infolge von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs, Diabetes oder chronischen Atemwegserkrankungen | 80,6 |
| 3.4.2 | Sterblichkeitsrate bei Suizid | 48,1 |
| 3.5.2 | Schädlicher Alkoholgebrauch, definiert gemäß den nationalen Gegebenheiten als Alkoholkonsum pro Kopf (15 Jahre und älter) innerhalb eines Kalenderjahres in Litern reinem Alkohol | 17,2 |
| 3.6.1 | Sterblichkeitsrate aufgrund von Straßenverkehrsunfällen | 92,0 |
| 3.7.1 | Anteil der Frauen im gebärfähigen Alter (15–49 Jahre), die ihren Anspruch auf Familienplanung durch moderne Methoden umsetzen können | 90,6 |
| 3.7.2 | Geburtenrate bei Jugendlichen (10–14 Jahre; 15–19 Jahre) je 1.000 Frauen derselben Altersgruppe | 83,3 |
| 3.8.1 | Abdeckung der grundlegenden Gesundheitsleistungen | 94,4 |
| 3.9.1 | Sterblichkeitsrate infolge von Luftverschmutzung im Haushalt und der Umgebung | 81,1 |
| 3.9.2 | Sterblichkeitsrate infolge von Kontakt mit verunreinigtem Wasser, unzureichenden sanitären Verhältnissen und mangelnder Hygiene | 91,6 |
| 3.9.3 | Sterblichkeit infolge unbeabsichtigter Vergiftung | 100,0 |
| 3.a.1 | Altersstandardisierte Prävalenz des aktuellen Tabakkonsums bei Personen im Alter von 10 Jahren und älter | 31,4 |
| 3.b.1 | Anteil der Zielbevölkerung, die alle Impfungen laut nationalem Programm besitzt | 87,7 |
| 3.c.1 | Dichte und Verteilung von medizinischem Fachpersonal | 100,0 |
| 5.2.1 | Anteil der Frauen und Mädchen im Alter von 15 Jahren und älter, die in ihrer jetzigen oder früheren Partnerschaft physischer oder sexueller Gewalt durch ihren aktuellen oder früheren Intimpartner in den vergangenen 12 Monaten ausgesetzt waren | 96,4 |
| 5.2.2 | Anteil der Frauen und Mädchen im Alter von 15 Jahren und älter, die physischer oder sexueller Gewalt durch andere Personen als einen Intimpartner in den vergangenen 12 Monaten ausgesetzt waren | 68,3 |
| 6.1.1 | Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu einer sicheren Trinkwasserversorgung | 99,9 |
| 6.2.1a | Anteil der Bevölkerung mit (a) Zugang zu sicherer Sanitärversorgung | 99,6 |
| 6.2.1b | Anteil der Bevölkerung mit (b) einem Handwaschbecken mit Seife und Wasser | 99,6 |
| 7.1.2 | Anteil der Bevölkerung mit überwiegender Abhängigkeit von sauberen Energieträgern und Technologien | 99,5 |
| 8.8.1 | Häufigkeitsraten von tödlichen und nicht-tödlichen Arbeitsunfällen, je 100.000 Einwohner | 55,6 |
| 11.6.2 | Jahresmittelwert für Feinstaub (PM _{2,5} µg/m ³) (bevölkerungsgewichtet) | 75,1 |
| 16.1.1 | Anzahl der Opfer vorsätzlicher Tötung je 100.000 Einwohner | 94,5 |
| 16.1.2 | Konfliktbedingte und durch Terrorismus verursachte Todesfälle je 100.000 Einwohner | 100,0 |
| 16.1.3a | Anteil der Bevölkerung, die in den vergangenen 12 Monaten (a) körperlicher Gewalt ausgesetzt war | 87,9 |
| 16.1.3.c | Anteil der Bevölkerung, die in den vergangenen 12 Monaten (c) sexueller Gewalt ausgesetzt war | 96,4 |
| 16.2.3 | Anteil der jungen Frauen und Männer im Alter von 18-29 Jahren, die bis zum Alter von 18 Jahren sexuelle Gewalt erlebt haben | 51,0 |
| 17.19.2c | Prozentsatz der nach einem offiziellen Registrierungssystem gut zertifizierten Todesfälle an der Gesamtanzahl der Toten eines Landes | 90,9 |

Zielerreichung:

rot: 0 % bis kleiner 30 %

orange: ab 30 % bis kleiner 60 %

gelb: ab 60 % bis kleiner 90 %

grün: ab 90 %

Angaben des Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) (<https://vizhub.healthdata.org/sdg/>; abgerufen 07.01.2020). Das Jahr für die Zielerreichung der Indikatoren ist jeweils das Jahr 2030. Absolutwerte sind in der Datenbank der UN Statistics Division zu finden (<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/>). Deutsche Übersetzung nach Destatis (<https://sustainabledevelopment-germany.github.io/3/>), teilweise mit notwendiger inhaltlicher Präzisierung (vgl. GBD 2017 SDG Collaborators 2018).

Die Bewertung erfolgt als Trendbewertung in vier Stufen. Die Trendbewertungen der Indikatoren mit und ohne quantitative Ziele werden unterschiedlich berechnet, und sie basieren auf variierenden Betrachtungszeiträumen (letzte 5 Jahre vs. letzte 15 Jahre). Daher sind die Bewertungen nicht direkt miteinander vergleichbar (Eurostat 2019b: 364–365).

Präsentiert werden für die einzelnen Indikatoren sowohl die 28 Staaten der EU insgesamt (EU-28) als auch jeweils die einzelnen Staaten im Vergleich miteinander.

DIE DEUTSCHE NACHHALTIGKEITSSTRATEGIE

Deutschland hat im Jahr 2016 seine nationale Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) neu aufgelegt und im Jahr 2018 erneut aktualisiert. Die DNS dient seitdem auch der Umsetzung der 17 SDGs – unter anderem sind Maßnahmen auf internationaler Ebene, in Europa und national dargestellt (Bundesregierung 2018). Die darin enthaltenen acht Indikatoren für Gesundheit (SDG 3) sind in **TABELLE 3** gelistet. Nur zwei der Gesundheitsindikatoren sind auch in der internationalen 2030-Agenda enthalten. Die Ergebnisse für die Zielerreichung sind im Indikatorbericht 2018 zu finden (Destatis 2018b).

Damit entspricht die DNS in Bezug auf die Indikatoren nicht den vom Statistischen Bundesamt auf der nationalen Berichtsplattform (NRP) präsentierten Daten für Deutschland zu den globalen Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele, den SDGs (<https://sustainable-development-germany.github.io/>).

Die Bewertung des Status der einzelnen Indikatoren erfolgt in vier Stufen. Bewertet wird der Trend der Veränderungen des Status hin zu einem Zielwert (inkl. weiterer Regeln für statistische Sonderfälle (Destatis 2018b: 124–125).

INKONSISTENZEN ZWISCHEN DEN INDIKATOREN

Auf den verschiedenen politischen Ebenen werden Indikatoren zu SDG 3 („Gesundheit und Wohlergehen“) mit unterschiedlichem Fokus gesetzt und definiert. Von den ursprünglichen 22 Indikatoren zu SDG 3 der globalen Ebene werden nur drei auf der europäischen Ebene und nur ein Indikator in der DNS übernommen (**TABELLEN 2 UND 3**). Weiterhin sind die verwendeten Metadaten und auch die Berechnungs- und Bewertungsansätze der Indikatoren unterschiedlich. Die unterschiedliche Operationalisierung der Indikatoren erzeugt somit nicht direkt untereinander vergleichbare Monitoringberichte (vgl. Asma et al. 2019).

Der Inhalt der Indikatoren der DNS sollte zumindest an die globalen Inhalte angeglichen werden. Zum Beispiel sollte bezüglich Feinstaub (Particulate Matter, PM) für den Indikator 3.2.b der DNS die WHO-Empfehlung für $PM_{2,5}$ (keine Überschreitung von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel) zum Schutz der Gesundheit dargestellt werden, zumal auch im Indikator 3.2.a die Emissionen von $PM_{2,5}$ enthalten sind. Etwa 4,3 Millionen Menschen waren 2015 in Deutschland einer Belastung über dem aktuell in der DNS verwendeten WHO-Richtwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} im Jahresmittel ausgesetzt (Destatis 2018b). Der WHO-Richtwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $PM_{2,5}$ im Jahresmittel wird lt. OECD im Jahr 2017 dagegen für 74,5 Millionen (90,31 %) der Bevölkerung in Deutschland nicht eingehalten (OECD 2019).

Auf globaler Ebene wurden differenzierte gesundheitsrelevante Umweltindikatoren definiert. Diese liegen auch für Deutschland vor, und sie sollten breiter bekannt gemacht werden (National Reporting Platform des Statistischen Bundesamtes; <https://sustainable-development-germany.github.io/>).

| Nr. | Indikatorenbereich Nachhaltigkeitspostulat | Indikatoren | Ziele | Bewertung* | Entspr. Indikator-Nr. von SDG 3 |
|-------|---|--|---|-------------------------|---------------------------------|
| 3.1.a | Gesundheit und Ernährung Länger gesund leben | Vorzeitige Sterblichkeit (Todesfälle pro 100.000 Einwohner unter 70 Jahren) Frauen | Senkung auf 100 je 100.000 Einwohner (Frauen) bis 2030 | + | / |
| 3.1.b | | Vorzeitige Sterblichkeit (Todesfälle pro 100.000 Einwohner unter 70 Jahren) Männer | Senkung auf 190 je 100.000 Einwohner (Männer) bis 2030 | + | / |
| 3.1.c | | Raucherquote von Jugendlichen (12–17 Jahre) | Senkung auf 7 % bis 2030 | +++ | / |
| 3.1.d | | Raucherquote von Erwachsenen (ab 15 Jahre) | Senkung auf 19 % bis 2030 | +++ | 3.aI |
| 3.1.e | | Adipositasquote von Jugendlichen (11–17 Jahre) | Anstieg dauerhaft stoppen | Keine Bewertung möglich | / |
| 3.1.f | | Adipositasquote von Erwachsenen (ab 18 Jahre) | Anstieg dauerhaft stoppen | - | / |
| 3.2.a | Luftbelastung Gesunde Umwelt erhalten | Emissionen von Luftschadstoffen (Index der nationalen Emissionen der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak, flüchtige organische Verbindungen und Feinstaub (PM _{2,5})) | Reduktion der Emissionen des Jahres 2005 auf 55 Prozent (ungewichtetes Mittel der fünf Schadstoffe) bis 2030 | + | / |
| 3.2.b | | Anteil der Bevölkerung mit erhöhter PM ₁₀ -Exposition in Deutschland | Erreichung des Feinstaub WHO-Richtwerts 20 Mikrogramm/Kubikmeter für PM ₁₀ im Jahresmittel möglichst flächendeckend bis 2030 | +++ | [SDG 11: Indikator 11.6.2] |

*Die Bewertung ist eine Entwicklungsprognose (vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2018):

- +++ Ziel wird erreicht oder um weniger als 5 % verfehlt
- ++ Bei Fortsetzung der Entwicklung Zielverfehlung zwischen 5 und 20 %
- + Bei Fortsetzung der Entwicklung Zielverfehlung von mehr als 20 %
- Entwicklung in die falsche Richtung

UMSETZUNGSEBENEN DER 2030-AGENDA UND DER SDG

Um die 2030-Agenda für Nachhaltige Entwicklung umzusetzen, wurde vereinbart, die SDGs so schnell wie möglich und gleichzeitig zu erreichen. Die derzeitigen Werte der SDG-Indikatoren stellen ein Maß für den noch zu bewältigenden Weg bis zum Ziel dar.

Auf internationaler Ebene verfolgt das Hohe Politische Forum (englisch: High

Level Political Forum - HLPF) jährlich auf Minister-Ebene in New York „eine zentrale Rolle bei der Beaufsichtigung eines Netzwerks von Weiterverfolgungs- und Überprüfungsprozessen“, ergänzt alle vier Jahre um einen zusätzlichen zweitägigen SDG-Gipfel auf Ebene der Staats- und Regierungschefs (UN 2015, Absatz 82). Während der HLPFs wird der globale Umsetzungsstand von jeweils vier bis fünf SDGs überprüft, und die UN-Mitgliedsstaaten berichten über den Stand der Umsetzung in ihren Ländern.

TABELLE 3

SDG 3 – „Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern“ in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2018).

Sowohl die WHO als auch das WHO-Regionalbüro für Europa fördern intensiv die SDG-Umsetzung – mit einem besonderen Fokus auf gesundheitlichen Aspekten. Das Regionalkomitee für Europa hat im Jahr 2017 einen Fahrplan für die Umsetzung der globalen Nachhaltigkeitsziele beschlossen und ruft die Mitgliedstaaten dazu auf, bei der nationalen Umsetzung der 2030-Agenda gesundheitliche Aspekte verstärkt miteinzubeziehen (WHO Regionalbüro Europa 2017).

Ein wichtiges Element zum Erreichen der globalen Nachhaltigkeitsziele ist das Ergreifen von entsprechenden Maßnahmen in den einzelnen Ländern. Die 2030-Agenda betont dabei, dass die Umsetzung „unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Realitäten, Kapazitäten und Entwicklungsstufen der einzelnen Länder [Staaten] und unter Beachtung der nationalen Politiken und Prioritäten“ erfolgen soll (UN 2015, Absatz 5). Somit ist jeder Staat aufgefordert, die 2030-Agenda im jeweiligen nationalen Rahmen umzusetzen und einen eigenen Beitrag aus dem nationalen Kontext heraus für die weltweite Umsetzung der SDGs zu leisten und entsprechende Prioritäten in der Umsetzung zu setzen.

Gleichzeitig besteht das Problem, dass die SDGs nicht verbindlich, also keine gesetzlich verankerten Ziele sind, die bei Nichterreichung juristische Konsequenzen nach sich ziehen würden. Um die dringend erforderliche Steigerung in Ambition und Geschwindigkeit bei der Umsetzung der SDGs zu erreichen, hat die Gruppe der unabhängigen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des Global Sustainable Development Report 2019 (GSDR) als strategische Vereinfachung sechs Ansatzpunkte (englisch: entry points) identifiziert, durch die sich die Umsetzung aller SDGs erreichen lassen:

- 1 Menschliche Wohlfahrt und Fähigkeiten,
- 2 Nachhaltige und gerechte Wirtschaftssysteme,
- 3 Nahrungsmittelsysteme und Ernährungsgewohnheiten,
- 4 Dekarbonisierung und universeller Zugang zu Energie,
- 5 Stadt- und Umlandentwicklung und
- 6 Globale Umweltgemeingüter (Independent Group of Scientists 2019).

Um die Umsetzung der Ziele und Zielvorgaben anzustoßen, werden vier Hebel (englisch: levers) benannt: Akteurinnen und Akteure aus den Bereichen Governance, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft.

Der Europäische Nachhaltigkeitsbericht (The European environment — state and outlook 2020) stellt fest: „Europas Umwelt befindet sich an einem Wendepunkt. Wir haben in den nächsten zehn Jahren nur ein enges Zeitfenster, um die Maßnahmen zum Schutz der Natur zu verstärken, die Auswirkungen des Klimawandels zu verringern und den Verbrauch natürlicher Ressourcen radikal zu reduzieren.“ (EEA 2019: Zusammenfassung). Der „2019 Europe Sustainable Development Report“ des Sustainable Development Solutions Network (SDSN) und Institute for European Environmental Policy (IEEP) weist zusätzlich darauf hin (SDSN, IEEP 2019), dass die europäischen Länder zwar die SDGs im globalen Vergleich am weitgehendsten erreichen, jedoch mit großen negativen externen Effekten (englisch: international spillover; z. B. treibt die Nachfrage nach Palmöl die Abholzung von Tropenwäldern an), welche die anderen Länder daran hindern, ihre Ziele zu erreichen (vgl. der globale „Sustainable Development Report 2019“ der Bertelsmann Stiftung und SDSN (Sachs et al. 2019)).

Für Deutschland liegt die Federführung des Nachhaltigkeitsmanagementsystems, das heißt die Einbeziehung der Ministerien, der kommunalen Spitzenverbände, der Länder und der gesellschaftlichen Akteure, beim Bundeskanzleramt (Bundesregierung 2018). Auch für Deutschland entfaltet die Nachhaltigkeitsstrategie nur eine geringe

Wirkung, da es neben den unterschiedlichen politischen Zuständigkeiten innerhalb der Bundesregierung an den umweltpolitischen Rahmenbedingungen fehlt, um die langfristigen Umweltfolgen durch den Konsum von Nahrungsmitteln, Mobilität und Energie hinreichend zu berücksichtigen (SRU 2019). Obwohl das Prinzip der Umweltintegration bereits auf Ebene der EU und auch im Grundgesetz (GG) (Art. 20a GG) ein verankertes Prinzip ist (SRU 2019), ist eine systematische und gleichzeitige Integration der SDGs in die Politik und damit auch des systematischen "Schutzes des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit" (Art. 2 Abs. GG) bisher unbefriedigend.

STRATEGIEN UND INDIKATOREN IM BEREICH UMWELT UND GESUNDHEIT IM UMWELTBUNDESAMT

Luft-, Wasser- und Bodenbelastungen mit Schadstoffen führen zu erheblichen negativen Folgen für die menschliche Gesundheit. Die europäische Region zeigt nach Berechnungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) die zweithöchste Rate von vermeidbaren Krankheitslasten aller WHO-Regionen, die auf Chemikalien zurückgeführt werden kann (WHO 2016). Darüber hinaus geht die WHO jährlich weltweit von 6,5 Millionen Todesfällen aus, welche auf die Verschmutzung der Außen- und Innenraumluft zurückzuführen sind und von 620.000 Todesfällen in der europäischen Region der WHO (WHO Regionalbüro Europa 2018). Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) können über 40.000 Todesfälle in 2015 in Deutschland

auf die Feinstaubbelastung der Außenluft zurückgeführt werden (UBA 2016).

Der Klimawandel wirkt sich direkt und indirekt auf die Gesundheit aus, und es wird auch in Deutschland notwendig sein, sich an die klimabedingten Umweltveränderungen anzupassen (Schuster et al. 2017; Mücke, Straff 2019). Maßnahmen zur Minderung des CO₂-Ausstoßes gehen einher mit gesundheitlichen Vorteilen aufgrund der parallelen Reduzierung weiterer Luftschadstoffe. Solche sogenannten Co-Benefits können einen starken Anreiz für die Politik bieten, Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen (Herrmann et al. 2019; Scovronick et al. 2019). Genauso können Maßnahmen des präventiven Gesundheitsschutzes sowohl die Resilienz gegenüber negativen Klimawirkungen (z.B. Hitzestress) erhöhen und gleichzeitig zum Klimaschutz beitragen, etwa durch verstärkte Nutzung des Fahrrads zur Mobilität (Schuster et al. 2017).

Das UBA sieht in den SDGs den globalen Handlungsrahmen für die Umwelt- und Entwicklungspolitik und setzt sich für die Umsetzung der SDGs sowohl auf kommunaler, nationaler, EU- sowie auf UN- und UN-regionaler Ebene ein. Jenseits der nationalen Umsetzung liegt ein Schwerpunkt der Arbeit des UBA im Bereich Nachhaltigkeit in der Erarbeitung möglicher Maßnahmen zur Umsetzung der SDGs auf Ebene der EU. Vor diesem Hintergrund hat das UBA einen Diskussionsbeitrag für einen Neustart der EU-Nachhaltigkeitspolitik erarbeitet, in welchem zwölf Handlungsfelder im umweltpolitischen Zuständigkeitsbereich des UBA identifiziert wurden (Kabel et al. 2016). Für das Handlungsfeld Umwelt und Gesundheit wurden aus der Analyse der Defizite bestehender Regelungen auf europäischer Ebene folgende Zielsetzungen und erforderliche Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung in der EU formuliert (Kabel et al. 2016: 16–17):

- „Zur Sicherstellung einer gesundheitsverträglichen Luftqualität ist bis 2030 mindestens die Einhaltung der aktuellen WHO-Empfehlungen vorzusehen. Die

- WHO-Empfehlungen sind teilweise deutlich niedriger als die Luftqualitätswerte innerhalb der EU;
- Ebenso ist bis spätestens 2030 die WHO-Empfehlung zum Lärmschutz zu realisieren, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Mittelungspegel von 40 dB(A) nicht überschreiten sollte. Damit kann eine substantielle Reduzierung der Krankheitslasten und Todesfälle durch Luftverunreinigungen und Lärmbelastungen erreicht werden;
 - Zur Gewährleistung einer gesunden Innenraumluft ist eine europaweite Verbesserung des derzeitigen Schutzniveaus anzustreben. Dazu sollte bis 2030 eine EU-weite Regulierung der für Innenräume relevanten gesundheitsschädlichen Stoffe erreicht werden. Hierfür ist ein europäischer Harmonisierungsprozess für die stoffbezogenen Prüfwerte und die gesundheitliche Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten und Innenraum-Ausstattungsgegenständen erforderlich. Bei energiearmer Bauweise und energetischen Sanierungen müssen zudem ausreichende Lüftungsmaßnahmen gefordert werden, um Feuchte und Schimmel im Innenraum zu vermeiden; zum Schutz der Gesundheit vor schädlichen Chemikalien müssen die Ziele im 7. UAP [7. Umweltaktionsprogramm] erreicht und ggf. fortgeschrieben werden. Die REACH-Verordnung muss weiterentwickelt und implementiert werden (vgl. Handlungsfeld Chemikaliensicherheit);
 - Zur Erfassung der Belastung der Menschen und ihrer Wohnumwelt mit Chemikalien und zur Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahmen unter REACH soll ein langfristiges Europäisches Human-Biomonitoring etabliert werden. Die Basis dazu wird derzeit in dem „European Joint Programme HBM4EU“ geschaffen;
 - Bei der Novellierung der Badegewässerrichtlinie muss ein Indikator für das Vorkommen von Viren aufgenommen werden,

da die meisten Erkrankungen durch Erreger in Badegewässern von Viren ausgehen. Außerdem müssen Vibrionen als Krankheitserreger, die durch den Klimawandel vermehrt auftreten, berücksichtigt werden.“

Auch soziale Faktoren sind ausschlaggebend für die Exposition gegenüber Umweltfaktoren und damit für deren Wirkung auf die Gesundheit, da „Personen mit niedrigem Einkommen deutlich stärker durch ungesunde Umweltbedingungen gefährdet sind als solche mit höherem Einkommen“ (WHO Regionalbüro Europa 2016: 149). So wird Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit ein zunehmend wichtigeres Thema auch im UBA (Bolte et al. 2018). Angewandt zum Beispiel für Berlin stellt der „Basisbericht Umweltgerechtigkeit“ die „Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik“ dar für die Verbesserung von gesundheitsgefährdenden Wohn- und Wohnumfeldbedingungen (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2019).

Weitere Indikatoren mit Bezug zu Umwelt und Gesundheit hält das UBA im Rahmen der Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und den Daten zur Umwelt vor. Das Indikatorensystem der DAS ist nach dem DPSIR-Ansatz aufgebaut (Driving forces, Pressures, States, Impacts, Responses) und zeigt Trends auf, ohne Zielbeschreibungen zu nennen (TABELLE 4; UBA 2019). Die Indikatoren entsprechen keinem der SDGs, da der größte Teil der DAS bereits 2008 beschlossen wurde.

In den Daten zur Umwelt des UBA zur Information der Öffentlichkeit über den Umweltzustand in Deutschland finden sich vier weitere Gesundheitsindikatoren mit Umweltbezug (TABELLE 5; UBA 2017).

DISKUSSION UND AUSBLICK

Im Rahmen der 2030-Agenda geben die gesundheitsrelevanten Indikatoren der Sustainable Development Goals (SDGs) der

| Indikator-Nr. | Indikator-Titel | DPSIR |
|---------------|--|----------|
| GE-I-1 | Hitzebelastung | Impact |
| GE-I-2 | Hitzetote | |
| GE-I-3 | Belastung mit Ambrosiapollen | |
| GE-I-4 | Überträger von Krankheitserregern (Fallstudie Asiatische Tigermücke) | |
| GE-I-5 | Blualgenbelastung von Badegewässern | |
| GE-R-1 | Hitzewarndienst | Response |
| GE-R-2 | Erfolge des Hitzewarndienstes | |
| GE-R-3 | Information zu Pollen | |

TABELLE 4

Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (UBA 2019).

| Titel | Dateninhalt | Zeitreihe ab |
|---|---|---------------------|
| Belastung der Bevölkerung durch Verkehrslärm (Datenbezug: 2011) | Tag-Abend-Nacht-Lärmindex über 65 dB (A) und Nacht-Lärmindex über 55 dB (A) für <ul style="list-style-type: none"> ○ Straßenverkehrslärm ○ Schienenverkehrslärm ○ Fluglärm | lediglich Jahr 2011 |
| Badegewässerqualität | Anteil der deutschen Badegewässer, die die Badegewässerrichtlinie einhalten bzw. mit „ausgezeichneter“ Badegewässerqualität | 1992 |
| Belastung der Bevölkerung durch Feinstaub | Von Überschreitung des WHO-Richtwertes für Feinstaub (PM ₁₀) betroffene Bevölkerung. Ländlicher und städtischer Hintergrund | 2007 |
| Gesundheitsrisiken durch Feinstaub | Vorzeitige Sterbefälle durch von Feinstaub (PM ₁₀) verursachte Erkrankungen (Herz-Lungen-Erkrankungen, Lungenkreiserkrankungen) | 2007 |

TABELLE 5

Gesundheitsindikatoren der Daten zur Umwelt (UBA 2017:76–85).

United Nations Statistics Division ein differenziertes Bild von Gesundheit auf globaler Ebene. Vor allem im internationalen Bereich werden diese Indikatoren weit verbreitet genutzt (z. B. WHO, Unicef, Global Burden of Disease (GBD) collaborators; WHO 2019). Auf anderen politischen Ebenen (z. B. Europäische Union, Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD, einzelne Staaten) werden jedoch auch methodisch anders abgeleitete Indikatoren eingesetzt oder abweichende Metadaten verwendet sowie unterschiedliche Bewertungssysteme angelegt. Es finden sich also unterschiedliche Indikatoren auf den verschiedenen politischen Handlungsebenen. Infolgedessen sind diese Indikatoren für zu prüfende Zeitabschnitte oder Bevölkerungsgruppen nicht direkt vergleichbar.

Daraus ergeben sich folgende Empfehlungen für die Darstellung der gesundheitsrelevanten Indikatoren mit Umweltbezug:

- Die jeweilige den Indikatoren zugrundeliegende Methodik muss offengelegt sein, um Vergleich und Einordnung der vorliegenden Indikatoren zu ermöglichen.
- Die Ziele müssen eindeutig und messbar definiert sein und an ein einheitliches zeitliches Ziel gebunden sein.
- Die Bewertung der Zielerreichung muss ebenfalls transparent gestaltet sein, um sehen zu können, ob die Ziele übereinstimmen und die Bewertung vergleichbar ist.

Umwelt und Gesundheit werden im Rahmen der SDGs als ein interdisziplinäres Arbeitsfeld

gesehen. Dies verlangt, die einzelnen SDGs miteinander in einer hohen Komplexität synergetisch zu verknüpfen. Der Klimawandel und der Verlust der biologischen Vielfalt gefährden die positive Entwicklung aller Ziele für die nachhaltige Entwicklung (das heißt aller SDGs) und somit auch für das SDG 3 („Gesundheit und Wohlergehen“). Gegenseitiger Austausch sowohl auf den unterschiedlichen Governance-Ebenen als auch innerhalb der drei Themengruppen Gesundheits-, Biodiversitäts- und Klimaschutz sind zentral: Die Synergien zwischen den SDGs müssen gestärkt und ausgebaut werden. Dazu ist insbesondere das UBA mit seinem breiten Themen- und Wissensspektrum prädestiniert.

Als Leitlinie für die Darstellung der nationalen Indikatoren für Umwelt und Gesundheit sollten die internationalen SDGs dienen (Destatis 2018a) und der Einbezug weiterer Indikatoren sollte transparent dargestellt werden.

Um die notwendige Integrationsleistung der SDGs untereinander sicherzustellen, wäre es hilfreich (SRU 2019: Tz. 310), Nachhaltigkeit im Grundgesetz (GG) als Integrationsprinzip durch Erweiterung von Art. 20a GG zu verankern. ●

LITERATUR

Asma S, Lozano R, Chatterji S et al. (2019): Monitoring the health-related Sustainable Development Goals: lessons learned and recommendations for improved measurement. *The Lancet*. 395 (10219): 18–24. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32523-1.

Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (2018): Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 61 (6): 674–683. DOI: 10.1007/s00103-018-2739-6.

Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. Berlin. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1546450/65089964e-d4a2ab07ca8a4919e09e0af/2018-11-07-aktualisierung-dns-2018-data.pdf?download=1> (Zugriff am: 20.01.2020).

Bundesregierung (2015): Rede des Bundesministers für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Dr. Gerd Müller. Bulletin der Bundesregierung Nr. 30-2 vom 26. Februar 2015.

Destatis – Statistisches Bundesamt (2018a): Indikatoren der UN-Nachhaltigkeitsziele. Für Deutschland verfügbare Indikatoren der globalen UN-Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-un-nachhaltigkeitsziele-2018-pdf.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am: 20.01.2020).

Destatis - Statistisches Bundesamt (2018b): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2018. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-0230001189004.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am: 20.01.2020).

EEA – European Environment Agency (2019): The European environment — state and outlook 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurostat (2019a): EU SDG Indicator set 2019. Result of the review in preparation of the 2019 edition of the EU SDG monitoring report. Final version of 08/01/2019. https://ec.europa.eu/eurostat/documents/276524/9479054/2019-01-08__EU_SDG_indicator_set_2019_review_final_report.pdf/7234d06f-4fd5-40ce-8071-7bcddc4013c2 (Zugriff am: 20.01.2020).

Eurostat (2019b): Sustainable development in the European Union — Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context — 2019 edition. Eurostat. Brussels.

GBD 2017 SDG Collaborators (2018): Measuring progress from 1990 to 2017 and projecting attainment to 2030 of the health-related Sustainable Development Goals for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*. 392(10159): 2091–2138. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32281-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32281-5).

Herrmann A, de Jong L, Kowalski C et al. (2019): Gesundheitliche Vorteile von Klimaschutzmaßnahmen – wie Haushalte und Politik profitieren können. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 62(5): 556–564. DOI: 10.1007/s00103-019-02929-7.

Honnibal A, Spijkers O (2014): MDGs und SDGs. Lehren aus der öffentlichen Beteiligung an der Ausarbeitung der UN-Entwicklungsziele. *Vereinte Nationen* 6/2014: 251–256.

Independent Group of Scientists (2019): Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development. United Nations. New York.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_HR.pdf (Zugriff am: 20.01.2020).

Kabel C, Abeling T, Blum C et al. (2016): Neustart der EU-Nachhaltigkeitspolitik im Rahmen der Umsetzung der Sustainable Development Goals auf EU-Ebene. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/160928_uba_position_eunachhaltig_deutsch_barrierefrei.pdf (Zugriff am: 20.01.2020).

Mücke HG, Straff W (2019): Zunehmende Wetterextreme sind Gründe, die gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel ernst zu nehmen. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 62(5): 535-536. DOI: 10.1007/s00103-019-02944-8.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2019): Environment at a Glance – OECD Indicators. Air quality and health. <https://www.l.compa-reyourcountry.org/environment-air-quality/en/3/1603/default> (Zugriff am: 20.01.2020).

Sachs J, Schmidt-Traub G, Kroll C et al. (2019): Sustainable Development Report 2019. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). New York.

Schuster C, Honold J, Lauf S et al. (2017): Urban heat stress: novel survey suggests health and fitness as future avenue for research and adaptation strategies. Environmental Research Letters 12(4): 044021. DOI: 10.1088/1748-9326/aa5f35.

Scovronick N, Budolfson M, Dennig F et al. (2019): The impact of human health co-benefits on evaluations of global climate policy. Nature Communications 10(1): 2095. DOI: 10.1038/s41467-019-09499-x.

SDSN – Sustainable Development Solutions Network, IEEP – Institute for European Environmental Policy (2019): 2019 Europe Sustainable Development Report. SDSN, IEEP. Paris and Brussels.

Senatsverwaltung für Umwelt Verkehr und Klimaschutz (2019): Basisbericht Umweltgerechtigkeit. Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik. https://www.berlin.de/senvk/umwelt/umweltgerechtigkeit/download/umweltgerechtigkeit_broschuere.pdf (Zugriff am: 20.01.2020).

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2019): Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen – Zur Legitimation von Umweltpolitik. SRU. Berlin.

UBA – Umweltbundesamt (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf (Zugriff am: 20.01.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2017): Daten zur Umwelt. Indikatorenbericht. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/daten_zur_umwelt_2017_indikatorenbericht.pdf (Zugriff am: 20.01.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2016): Umwelt und Gesundheit systematisch untersucht. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/belastung-des-menschen-ermitteln/umweltbedingte-krankheitslasten#textpart-1> (Zugriff am: 20.01.2020).

UN – United Nations (2019): The Sustainable Development Goals Report 2019. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/> (Zugriff am: 20.01.2020).

UN – United Nations (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015.

WHO – World Health Organization (2019): Stronger collaboration, better health: global action plan for healthy lives and well-being for all. Strengthening collaboration among multilateral organizations to accelerate country progress on the health-related Sustainable Development Goals. <https://www.who.int/publications-detail/stronger-collaboration-better-health-global-action-plan-for-healthy-lives-and-well-being-for-all> (Zugriff am: 20.01.2020).

WHO – World Health Organization (2016): The public health impact of chemicals: knowns and unknowns. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206553/WHO_FWC_PHE_EPE_16.01_eng.pdf;jsessionid=8E768EB1584753B8064F615E33371088?sequence=1 (Zugriff am: 20.01.2020).

WHO Regionalbüro Europa (2018): Gesunde Umwelt für gesündere Menschen. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/367191/eceh-ger.pdf?ua=1 (Zugriff am: 20.01.2020).

WHO Regionalbüro Europa (2017): Fahrplan zur Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung auf der Grundlage von „Gesundheit 2020“, dem Rahmenkonzept der Europäischen Region für Gesundheit und Wohlbefinden. Dokument EUR/RC67/9. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/346005/67wd09g_SDGroadmap_170638.pdf?ua=1 (Zugriff am: 20.01.2020).

WHO Regionalbüro Europa (2016): Gesundheit 2020. Rahmenkonzept und Strategie der Europäischen Region für das 21. Jahrhundert. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/215757/Health2020-Long-Ger.pdf?ua=1 (Zugriff am: 20.01.2020).

KONTAKT

Dr. Ulrike Doyle
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.6 „Expositionsschätzung, gesundheitsbezogene Indikatoren“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [ulrike.doyle\[at\]uba.de](mailto:ulrike.doyle[at]uba.de)

[UBA]

Bericht zum Workshop „Ungleichheiten im umweltbezogenen Gesundheitsschutz und in der Gesundheitsförderung“ und Launch des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities

Report on the workshop “Inequalities in Environmental Health and Health Promotion” and Launch of the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities

ZUSAMMENFASSUNG

Verlässliches Wissen über Ungleichheiten in der Bevölkerung ist wichtig, um umweltbedingte Gesundheitsrisiken gezielt reduzieren und passgenaue Maßnahmen zur Gesundheitsförderung entwickeln zu können. In einem Workshop, in dem auch der Launch des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities stattfand, diskutierten im Oktober 2019 Fachleute aktuelle Fragen zu diesem Thema. Eine interdisziplinäre Untersuchung von Ungleichheitseffekten und eine systematische Auswertung vorhandener Daten wurden in der Abschlussdiskussion als geeignete Schritte für die weitere Bearbeitung von Ungleichheiten im Bereich „Umwelt und Gesundheit“ identifiziert.

ANDRÉ CONRAD,
NADJA STEINKÜHLER,
GABRIELE BOLTE

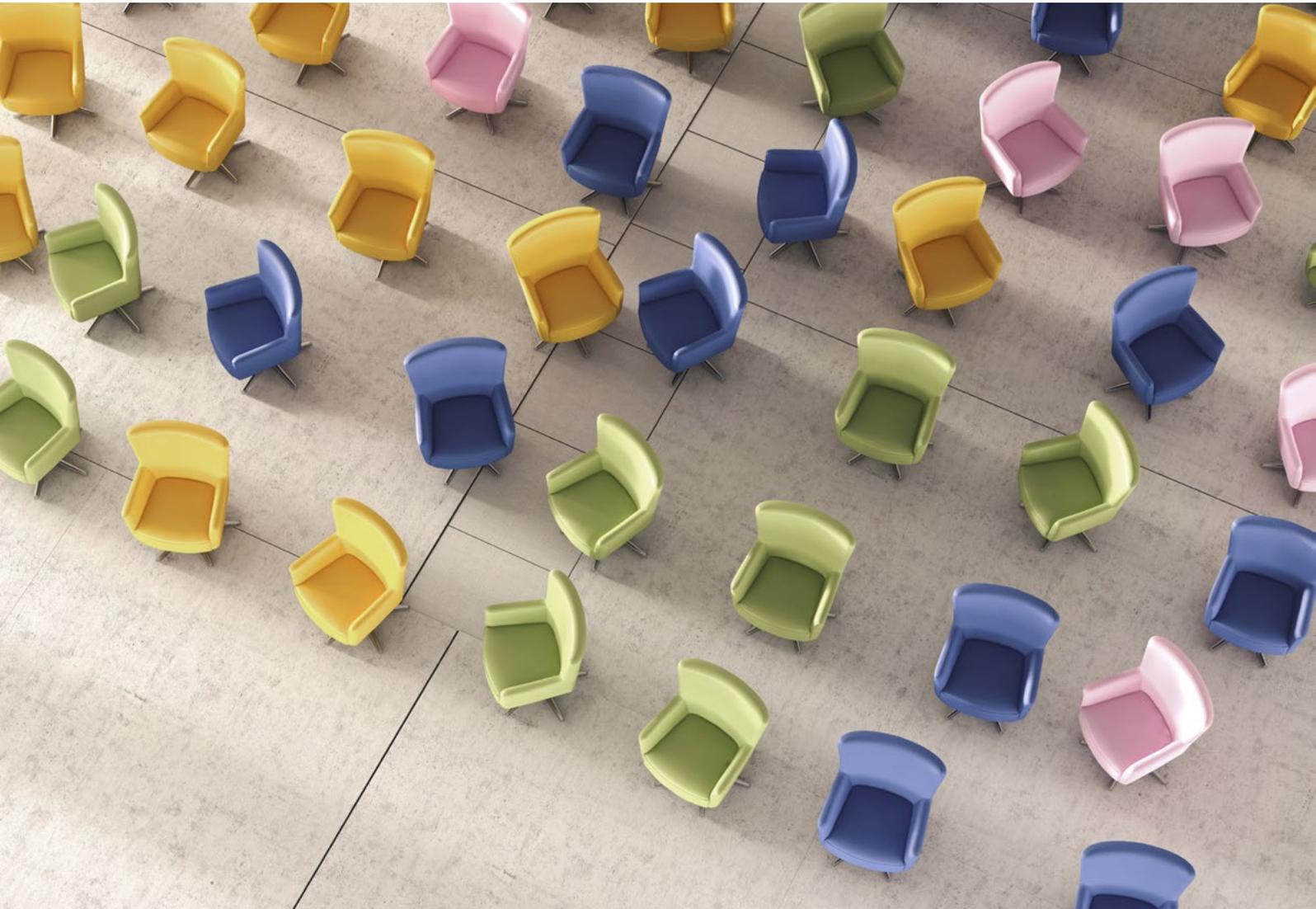
ABSTRACT

Sound knowledge on inequalities in the population is important for a focused reduction of environment-related health risks and for developing appropriate health promotion measures. In October 2019, experts discussed current issues on this topic at a workshop, which included also the launch of the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities. In the final discussion, an interdisciplinary view on inequality effects and a systematic evaluation of existing data were identified as appropriate steps for further investigating inequalities in environmental health.

EINLEITUNG

Am 18. Oktober 2019 fand der Jahresworkshop des Arbeitskreises „Umweltmedizin, Expositions- und Risikoabschätzungen“ der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS) und der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSMP) zum Thema „Ungleichheiten im umweltbezogenen Gesundheitsschutz und in

der Gesundheitsförderung“ an der Universität Bremen statt. Er wurde gemeinsam mit der Abteilung Sozialepidemiologie des Instituts für Public Health und Pflegeforschung (IPP) der Universität Bremen durchgeführt. 29 Fachleute aus Forschungseinrichtungen und Behörden sowie Studierende nahmen an dieser Veranstaltung teil. Zu Beginn des Workshops fand der Launch des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities statt.



© Westend61/
Gettyimages.

DIE BEDEUTUNG VON UNGLEICHHEITEN FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT

Ungleichheiten in der Bevölkerung spielen eine entscheidende Rolle im Themenfeld „Umwelt und Gesundheit“: Soziale Ungleichheiten – etwa beim Einkommen – können zu Unterschieden in der Belastung durch Umwelteinflüsse, im Zugang zu Ressourcen in der Umwelt und in den damit verbundenen Gesundheitsfolgen führen. Ähnliches gilt für Ungleichheiten in Bezug auf biologische und soziale Geschlechterdimensionen. Regionale Ungleichheiten, zum Beispiel in der geogenen

Radonexposition, können gesundheitlich bedeutsam sein.

Eine genaue Kenntnis solcher Ungleichheiten ist wichtig, um umweltbedingte Gesundheitsrisiken zielgerichtet vermindern oder vermeiden zu können. Dieses Wissen ist ebenso erforderlich, um Ansätze für umweltbezogene Gesundheitsförderung zu entwickeln (Bolte et al. 2018a). Daher hat das WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities, zu dem die Abteilung Sozialepidemiologie des Instituts für Public Health und Pflegeforschung der Universität Bremen im Mai 2019 ernannt wurde, zum Ziel, gesundheitsrelevante umweltbezogene

Ungleichheiten in Europa zu erfassen und ein Konzept zur Abschätzung der Gesundheitsfolgen von sozial ungleich verteilten Umweltexpositionen zu entwickeln (Universität Bremen 2020).

Sowohl bei dem Monitoring umweltbezogener Ungleichheiten als auch bei der Entwicklung geeigneter Interventionen sind noch viele Fragen offen. Im Rahmen des Workshops wurde insbesondere diskutiert, welche Ungleichheiten derzeit in Deutschland und international für das Thema „Umwelt und Gesundheit“ besonders relevant sind und wie negative Gesundheitsfolgen dieser Ungleichheiten vermindert oder vermieden werden können. Ebenso diskutierten die Teilnehmenden, in welchen Bereichen besonderer Forschungsbedarf zu diesem Thema besteht.

BEITRÄGE DER VERANSTALTUNG

Nach einer Begrüßung durch den Konrektor für Forschung, wissenschaftlichen Nachwuchs und Transfer der Universität Bremen, Andreas Breiter, präsentierte Matthias Braubach vom WHO European Centre for Environment and Health den aktuell erschienenen Bericht „Environmental health inequalities in Europe: Second assessment“ (WHO Regional Office for Europe 2019a). Anhand der im Bericht verwendeten 19 Indikatoren wurde das Ausmaß sozialer Ungleichheiten in Umweltexpositionen im internationalen Vergleich in der europäischen Region dokumentiert. Für einige Indikatoren konnte erstmals die zeitliche Entwicklung der Ungleichheiten seit Veröffentlichung des ersten Berichts im Jahr 2012 dargestellt werden (WHO 2012). In seinem Vortrag betonte Matthias Braubach insbesondere, dass die Verminderung der identifizierten Ungleichheiten sektorübergreifende Maßnahmen erfordert. Das WHO Regional Office for Europe hat hierzu das “Environmental health inequalities resource package” veröffentlicht (WHO Regional Office for Europe 2019b). Zudem hob er die große Bedeutung des neuen WHO Collaborating Centre

für die Arbeit zu Umweltgerechtigkeitsfragen in der WHO-Region Europa hervor.

In ihrem Beitrag „Review of evidence in the WHO European Region: Social inequalities in exposure to ambient air pollution, environmental noise, chemicals, and resources of green and blue spaces“ stellten Stefanie Dreger, Lisa Hilz und Steffen Schüle vom Team der Abteilung Sozialepidemiologie, IPP, Universität Bremen, die Ergebnisse von vier systematischen Reviews vor, die begleitend zu dem oben genannten Bericht der WHO durchgeführt wurden. Drei dieser Reviews sind bereits erschienen (Fairburn et al. 2019; Dreger et al. 2019; Schüle et al. 2019). Insgesamt wurde in diesen vier Reviews deutlich, dass bisher nur wenige Studien spezifisch mögliche soziale Ungleichheiten in Umweltexpositionen untersucht haben. Die Heterogenität bei den Studiendesigns, insbesondere bei den verschiedenen Indikatoren der sozioökonomischen Position auf individueller und kontextueller Ebene sowie bei der Erfassung der Umweltexposition, erschwert eine übergreifende Bewertung. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse gibt der Beitrag von Bolte et al. in diesem Heft.

Philine Gaffron von der Technischen Universität Hamburg referierte zu methodischen Fragestellungen und vorläufigen Ergebnissen eines Sachverständigengutachtens zur „Differenzierung der Feinstaubexposition in Deutschland nach sozioökonomischen Merkmalen“ im Auftrag des Umweltbundesamtes. Für das Gutachten werden flächenhaft verfügbare Feinstaubdaten und Daten zu sozioökonomischen Charakteristika kombiniert und in Hinblick auf statistische Zusammenhänge analysiert. Die Entwicklung der Methodik erfolgt zunächst am Beispiel von Hamburg und Berlin als Modellregionen mit räumlich höher aufgelösten, verfügbaren Datensätzen. Schließlich wird die entwickelte Methodik deutschlandweit angewandt und methodische Limitationen und Potenziale werden diskutiert.

Zum Thema „Integration von Geschlecht in die Forschung zu umweltbezogener Gesundheit“ stellten Lisa Dandolo und Gabriele

Bolte von der Abteilung Sozialepidemiologie, IPP, Universität Bremen, und Katrin Groth vom Umweltbundesamt das bis 2021 vom BMBF geförderte Verbundprojekt INGER und erste Ergebnisse daraus vor. In INGER werden Methoden für eine geschlechtersensible quantitative Forschung zu umweltbezogener Gesundheit auf Basis gendertheoretischer Ansätze interdisziplinär entwickelt und erprobt (Bolte et al. 2018b). INGER soll dazu beitragen, dass zukünftig auf Sex/Gender-Aspekten beruhenden Ungleichheiten im umweltbezogenen Gesundheitsschutz und in der Gesundheitsförderung im Bereich Umwelt und Gesundheit adäquat begegnet werden kann. Im ersten Teil des Vortrags wurde unter anderem ein systematisches Review zur Berücksichtigung von Geschlechterdimensionen bei der Analyse des Zusammenhangs zwischen der Verfügbarkeit beziehungsweise Nutzung von Grünflächen und der subjektiven Gesundheit vorgestellt (Bolte et al. 2019).

Im zweiten Teil wurde das in INGER entwickelte multidimensionale Geschlechterkonzept aus Intersektionalitätsperspektive präsentiert. Erste Ergebnisse der Befragung im Rahmen der Umweltprobenbank des Bundes lassen erwarten, dass eine über eine dichotome Geschlechtskategorie hinausgehende, komplexere Operationalisierung von Geschlecht dazu beitragen kann, Ungleichheiten bei der körperlichen Schadstoffbelastung besser erklären zu können.

Hanna Mertes vom Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der Universität München diskutierte in ihrem Vortrag das Thema „Klimawandel und Hitze – Problemfelder und Anpassungsstrategien“ und ging dabei auf die ungleiche Verteilung von Klimawandelfolgen in der Bevölkerung ein (vgl. den Beitrag in diesem Heft). In ihrem Vortrag stellte sie vom Klinikum der Universität München entwickelte Maßnahmen zum Schutz älterer Menschen während Hitzeperioden vor. Dies sind beispielsweise spezifische Bildungsmodule, die bereits in der Ausbildung von Pflegekräften eingesetzt werden.

„Unterschiede in der Belastung an Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ war das Thema des Beitrags von Alexandra Roth vom Umweltbundesamt. Sie stellte aktuelle Ergebnisse aus der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen (GerES V) vor und diskutierte Unterschiede der Schadstoffbelastung unter anderem differenziert nach Geschlecht und weiteren sozialen Faktoren. Detaillierte Auswertungen der Daten im Hinblick auf den Wohnort (alte/neue Bundesländer) und auf einzelne Sozialindikatoren statt eines Sozialstatusindex wären im Hinblick auf die Untersuchung von Ungleichheiten in der PAK-Exposition der Bevölkerung ein sinnvoller nächster Schritt.

DISKUSSION

Die abschließende Diskussion machte deutlich, dass in Deutschland und Europa durchaus relevante Daten existieren, die bislang jedoch noch nicht systematisch im Hinblick auf Ungleichheiten im Bereich Umwelt und Gesundheit ausgewertet wurden. Eine wesentliche Schwierigkeit stellt dabei beispielsweise die Verknüpfung von Umwelt- und Sozialdaten dar, da diese zum Beispiel oft nicht hinsichtlich der räumlichen Auflösung kompatibel sind. Zudem sollten Umweltextpositionen an verschiedenen Aufenthaltsorten, wie zum Beispiel der Wohnung, der Arbeitsstelle oder der Schule, erhoben werden. Des Weiteren wurde diskutiert, welchen Stellenwert subjektive Expositionserhebungen – im Sinne einer empfundenen Belästigung durch Umweltfaktoren – haben sollten. Ein weiterer Diskussionspunkt war die Erfassung der sozioökonomischen Position. Hierzu wurde angemerkt, dass soziale Faktoren möglichst differenziert erfasst und ausgewertet werden sollten, anstatt sie nur als Index zusammenzufassen. Nur so könnten detaillierte Rückschlüsse auf mögliche Mechanismen gezogen werden.

Es wurde deutlich, dass der theoretischen Fundierung mehr Aufmerksamkeit geschenkt

werden muss. Hierzu wurden folgende Fragen aufgeworfen: Welche Mechanismen führen zu sozialen Ungleichheiten in gesundheitsrelevanten Umweltexpositionen? Können diese Mechanismen in Analysemodelle integriert werden im Sinne der in der Sozialepidemiologie diskutierten „lösungsorientierten Variablen“ (Lofters, O’Campo 2012)?

Ein wesentliches Fazit der Diskussion war, dass interdisziplinäre Teams aus Forschung und Praxis diese Fragen verfolgen und dabei auch mögliche Ungleichheitseffekte von Maßnahmen in den Blick nehmen sollten.

DANKSAGUNG

Die Sprecherin und der Sprecher des Arbeitskreises und das IPP der Universität Bremen danken der DGEpi für die finanzielle Unterstützung des Workshops und allen Teilnehmenden für ihre Vorträge und Diskussionsbeiträge.

LITERATUR

Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (2018a): Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 61: 674–683. DOI: 10.1007/s00103-018-2739-6.

Bolte G, Debiak M, Groth K et al. (2018b): Verbundprojekt INGER: Neue Ansätze zur Integration von Geschlecht in die Forschung zu umweltbezogener Gesundheit. UMID – Umwelt und Mensch – Informationsdienst 1: 83–88.

Bolte G, Nanninga S, Dandolo L on behalf of the INGER Study Group (2019): Sex/gender differences in the association between residential green space and self-rated health – a sex/gender-focused systematic review. Int J Environ Res Public Health 16 (23): 4818. DOI: 10.3390/ijerph16234818.

Dreger S, Schüle SA, Hilz LK et al. (2019): Social inequalities in environmental noise exposure: A review of evidence in the WHO European Region. Int J Environ Res Public Health 16 (6): 1011. DOI:10.3390/ijerph16061011.

Fairburn J, Schüle SA, Dreger S, et al. (2019): Social inequalities in exposure to ambient air pollution: A systematic review in the WHO European Region. Int J Environ Res Public Health 16 (17): 3127. DOI:10.3390/ijerph16173127.

Lofters A und O’Campo P (2012): Differences that matter. In: O’Campo P, Dunn JR (Hrsg.): Rethinking social epidemiology: towards a science of change. Springer Netherlands. Dordrecht: 93–109.

Schüle SA, Hilz LK, Dreger S et al. (2019): Social inequalities in environmental resources of green and blue spaces: a review of evidence in the WHO European Region. Int J Environ Res Public Health 16 (7): 1216. DOI:10.3390/ijerph16071216.

Universität Bremen (2020): „WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities“. <https://www.uni-bremen.de/who-collaborating-centre-for-environmental-health-inequalities/> (Zugriff am: 27.01.2020).

WHO (2012): Environmental health inequalities in Europe. Assessment report. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-assessment-report> (Zugriff am: 28.01.2020).

WHO Regional Office for Europe (2019a): Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-second-assessment-report-2019> (Zugriff am: 19.01.2020)

WHO Regional Office for Europe (2019b): Environmental health inequalities resource package. A tool for understanding and reducing inequalities in environmental risk. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/health-impact-assessment/publications/2019/environmental-health-inequalities-resource-package> (Zugriff am: 28.01.2020).

KONTAKT

André Conrad
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [andre.conrad\[at\]uba.de](mailto:andre.conrad[at]uba.de)

Gabriele Bolte
Universität Bremen
Institut für Public Health und Pflegeforschung, Abteilung Sozialepidemiologie
Grazer Straße 4
28359 Bremen
E-Mail: [gabriele.bolte\[at\]uni-bremen.de](mailto:gabriele.bolte[at]uni-bremen.de)

[UBA]

Ziele und erste Aktivitäten des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities

Aims and first activities of the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities

ZUSAMMENFASSUNG

In der Diskussion zu Umweltgerechtigkeit spielen soziale Ungleichheiten in gesundheitsrelevanten Umweltexpositionen eine wichtige Rolle. Im Jahr 2019 wurde das WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities an der Universität Bremen etabliert. Die Ziele sind die Fortführung des Monitorings zu sozialen Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit in Europa und die Entwicklung eines Konzeptes zur Abschätzung gesundheitlicher Folgen von sozial ungleich verteilten Umweltbelastungen und -ressourcen.

GABRIELE BOLTE FÜR
DAS TEAM DES WHO
COLLABORATING
CENTRE FOR
ENVIRONMENTAL
HEALTH INEQUALITIES

ABSTRACT

Social inequalities in environmental exposures relevant for health play an important role in discussions on environmental justice. In 2019, the WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities has been established at the University of Bremen. Aims are the continuation of the monitoring of environmental health inequalities in Europe and the development of a concept for estimating health inequalities attributable to social inequalities in environmental exposures.

HINTERGRUND

Bereits in der Europäischen Charta Umwelt und Gesundheit, die auf der Ersten Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit in Europa im Dezember 1989 in Frankfurt am Main verabschiedet wurde, wurde betont, dass im umweltbezogenen Gesundheitsschutz sozial ungleich verteilten Belastungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss (Werschkun 2018).

Zur Vorbereitung auf die Fünfte Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit, die 2010 in Parma, Italien, stattfand, fasste eine von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) berufene Fachgruppe die Evidenz zu sozialen Ungleichheiten und umweltbedingten Gesundheitsrisiken zusammen. Auf der Basis der Ergebnisse erschien ein Grundsatzpapier zu sozialen und geschlechtsbezogenen Un-

gleichheiten im Bereich Umwelt und Gesundheit (WHO Regional Office for Europe 2010). Die Ergebnisse und Diskussionen wurden zusätzlich in einem Schwerpunkt zu Environmental Inequalities im European Journal of Public Health veröffentlicht (u.a. Bolte et al. 2010; Braubach et al. 2010; Deguen, Zmirou-Navier 2010).

Mit Bezug auf die Deklaration der Fünften Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit erschien im Jahr 2012 der Bericht „Environmental health inequalities in Europe“ (WHO 2012). Dieser Bericht zeigte zum ersten Mal systematisch, dass soziale Ungleichheiten in Umweltexpositionen in allen Teilregionen und in den meisten Ländern der europäischen Region vorkommen.

In der Erklärung von Ostrava über Umwelt und Gesundheit, verabschiedet von der Sechsten Ministerkonferenz zu Umwelt und

Gesundheit 2017 in Ostrava, Tschechische Republik, wurde hervorgehoben, dass bei allen Handlungskonzepten im Bereich Umwelt und Gesundheit Gerechtigkeitsaspekte beziehungsweise Chancengleichheit zu berücksichtigen sind. Zudem sind eine ressortübergreifende Zusammenarbeit und die Beteiligung der Bevölkerung notwendig (WHO Regional Office for Europe 2017).

Mit aktualisierten Daten und einem erweiterten Indikatorensetz erschien 2019 der zweite Bericht „Environmental health inequalities in Europe“ (WHO 2019a). Dieser Bericht zeigte, dass trotz vieler Verbesserungen der Umweltsituation in der europäischen Region der WHO nach wie vor ausgeprägte soziale Unterschiede in den Umweltbelastungen bestehen. Ein Fazit des Berichtes ist, dass weiterhin ein Monitoring notwendig ist, um für eine fundierte Politikberatung Ausmaß und zeitliche Trends sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit zu erfassen. Gleichzeitig können und sollten bereits Maßnahmen konzipiert und umgesetzt werden. Das „Environmental health inequalities resource package“ (WHO 2019b) soll hierbei unterstützen.

DAS NEUE WHO COLLABORATING CENTRE

Im Mai 2019 wurde die Abteilung Sozialepidemiologie des Instituts für Public Health und Pflegeforschung der Universität Bremen von der Weltgesundheitsorganisation zum WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities ernannt (Universität Bremen 2020). Als WHO-Kooperationszentrum unterstützt die Abteilung Sozialepidemiologie die WHO mit ihrer Expertise in dem Forschungsbereich soziale Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit. Dazu zählt insbesondere die Beobachtung des Ausmaßes, von räumlichen Mustern und zeitlichen Trends gesundheitsrelevanter umweltbezogener Ungleichheiten in Europa sowie die Entwicklung eines Konzeptes zur Abschätzung gesundheitlicher Folgen von sozial ungleich verteil-

ten Umweltbelastungen und -ressourcen. In Kooperation mit dem Europäischen Zentrum für Umwelt und Gesundheit (ECEH) des WHO-Regionalbüros für Europa werden verschiedene Aktivitäten geplant und durchgeführt.

ERSTE AKTIVITÄTEN: SYSTEMATISCHE REVIEWS

Begleitend zur Erarbeitung des oben genannten Berichtes „Environmental health inequalities in Europe“ von 2019 führte das Team der Abteilung Sozialepidemiologie vier systematische Reviews durch, die die aktuelle Evidenz zu sozialen Ungleichheiten bei der Belastung durch Umgebungslärm (Dreger et al. 2019), Luftschadstoffe (Fairburn et al. 2019), fehlende Umweltressourcen (Grün- und Blauflächen; Schüle et al. 2019) sowie Chemikalien (Humanbiomonitoringstudien; Bolte et al. in Vorbereitung) in der europäischen Regionen der WHO zusammenfassen. Die Ergebnisse dieser Reviews wurden auf dem Workshop „Ungleichheiten im umweltbezogenen Gesundheitsschutz und in der Gesundheitsförderung“ (vgl. den Beitrag von Conrad et al. in diesem Heft) vorgestellt.

Es konnten je nach Themenfeld 31 (Luftschadstoffe), 14 (Umweltressourcen, davon 12 Studien zu Grünflächen), 8 (Lärm) beziehungsweise 2 Studien (Chemikalien) eingeschlossen werden, die seit 2010 publiziert wurden. Für Osteuropa wurden keine Studien identifiziert, was möglicherweise auf die Beschränkung auf Publikationen in englischer Sprache zurückzuführen ist. Die Fragestellung, ob soziale Unterschiede in Umweltpositionen bestehen, wurde in den meisten Fällen mit dem Design einer Querschnittstudie (Daten auf individueller Ebene) oder einer ökologischen Studie (aggregierte Daten für räumliche Einheiten) untersucht.

Während in Querschnittstudien verschiedene soziale Dimensionen untersucht wurden, wurden in ökologischen Studien über-

wiegend Deprivationsindizes verwendet. Deprivationsindizes umfassen mehrere Dimensionen sozioökonomischer Ressourcen und Belastungen in einer definierten räumlichen Einheit und dienen zur Beschreibung der sozialen Lage einer Region und der dort lebenden Bevölkerung. Sowohl für die Belastung mit Luftschadstoffen beziehungsweise mit Lärm als auch für die mangelnde Verfügbarkeit von Umweltressourcen im Wohnumfeld wurden meistens höhere Belastungen für sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen, charakterisiert anhand eines Deprivationsindex, in ökologischen Studien gezeigt. Studien mit Daten auf individueller Ebene zeigten weniger konsistente Ergebnisse. Die Heterogenität der Studien hinsichtlich der Erfassung verschiedener sozialer Dimensionen und der Messung der Umweltexpositionen verhinderte eine weitergehende Synthese der Ergebnisse. Die Tatsache, dass nur in zwei Humanbiomonitoringstudien die korporale Belastung mit Umweltchemikalien differenziert nach sozialen Merkmalen analysiert und in einer Fachzeitschrift mit Peer Review publiziert wurde, spricht dafür, dass das Potenzial der Humanbiomonitoringdaten in Europa für Analysen zu sozialen Ungleichheiten in Umweltexpositionen noch nicht ausgeschöpft ist.

ZUKÜNFTIGE AKTIVITÄTEN

Zukünftig wird sich das WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities vor allem den folgenden Aktivitäten widmen:

- 1 Monitoring gesundheitsrelevanter umweltbezogener Ungleichheiten in Europa

Die bisher eingesetzten Indikatoren zur Erfassung von gesundheitsrelevanten umweltbezogenen Ungleichheiten sollen regelmäßig je nach Datenverfügbarkeit in europäischen Datenbanken aktualisiert werden. Darüber hinaus sollen neue Indikatoren entwickelt beziehungsweise die bestehenden Indikatoren angepasst werden, sofern

neue Daten verfügbar werden. Das Monitoring soll eine Einschätzung bieten zu dem Ausmaß sozialer Ungleichheiten in Umweltexpositionen in Europa, zu zeitlichen Trends und zu regionalen Unterschieden.

- 2 Abschätzung gesundheitlicher Folgen von sozial ungleich verteilten Umweltbelastungen und -ressourcen

Das Ziel ist, ein Konzept zu entwickeln, um die gesundheitlichen Auswirkungen von sozialen Ungleichheiten in Umweltexpositionen abzuschätzen und den Anteil an umweltinduzierten gesundheitlichen Ungleichheiten – soweit wie möglich – zu quantifizieren. Die besondere Herausforderung besteht hierbei darin, nicht nur die Variation der Umweltbelastungen und -ressourcen zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen in die Modellierungen zu integrieren, sondern auch mögliche Unterschiede in der Vulnerabilität, die sich als Effektmodifikation manifestieren können.

AUSBLICK

Das Monitoring von gesundheitsrelevanten umweltbezogenen Ungleichheiten in Europa bietet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung von Verteilungsgerechtigkeit als einen Aspekt von Umweltgerechtigkeit. Umweltgerechtigkeit beziehungsweise Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit ist mehr: Als ein interventionsorientiertes, normatives Leitbild umfasst es neben Verteilungsfragen auch Aspekte der Anerkennung von Bevölkerungsgruppen und von Verfahrensgerechtigkeit (Bolte et al. 2012; Bolte et al. 2018). Es ist zu klären, ob soziale Ungleichheiten in der Teilhabe an beziehungsweise in Teilhabechancen bei umweltpolitisch relevanten, gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen in einem Monitoringsystem erfasst werden können. ●

TEAM

Zum Team des WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities gehören: Prof. Dr. Gabriele Bolte, Dr. Stefanie Dreger, Lisa Karla Hiltz, Birgit Reineke, Johanna Schönbach (seit 2020), Dr. Steffen Schüle (bis 2019), Abteilung Sozialepidemiologie, Institut für Public Health und Pflegeforschung, Universität Bremen.

LITERATUR

Bolte G, Tamburlini G, Kohlhuber M (2010): Environmental inequalities among children in Europe - evaluation of scientific evidence and policy implications. *Eur J Public Health* 20 (1): 14–20. DOI: 10.1093/eurpub/ckp213.

Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (2012): Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit. Eine Einführung in die Thematik und Zielsetzung dieses Buches. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): *Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven*. Hans Huber, Bern: 15–37.

Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (2018): Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 61: 674–683. DOI: 10.1007/s00103-018-2739-6.

Braubach M, Martuzzi M, Racioppi F et al. (2010): On the way to Parma: understanding and addressing the influence that social inequities have on environmental health. *Eur J Public Health* 20 (1): 12–13. DOI: 10.1093/eurpub/ckp215.

Deguen S, Zmirou-Navier D (2010): Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality - A European review. *Eur J Public Health* 20 (1): 27–35. DOI: 10.1093/eurpub/ckp220.

Dreger S, Schüle SA, Hiltz LK et al. (2019): Social inequalities in environmental noise exposure: A review of evidence in the WHO European Region. *Int J Environ Res Public Health* 16 (6): 1011. DOI: 10.3390/ijerph16061011.

Fairburn J, Schüle SA, Dreger S et al. (2019): Social inequalities in exposure to ambient air pollution: A systematic review in the WHO European Region. *Int J Environ Res Public Health* 16 (17): 3127. DOI: 10.3390/ijerph16173127.

Schüle SA, Hiltz LK, Dreger S et al. (2019): Social inequalities in environmental resources of green and blue spaces: a review of evidence in the WHO European Region. *Int J Environ Res Public Health* 16 (7): 1216. DOI: 10.3390/ijerph16071216.

Universität Bremen (2020): „WHO Collaborating Centre for Environmental Health Inequalities“. <https://www.uni-bremen.de/who-collaborating-centre-for-environmental-health-inequalities/> (Zugriff am: 04.02.2020).

Werschkun B (2018): Post-Parma – Strategien zur Umsetzung der Erklärung von Parma zu Umwelt und Gesundheit der 5. WHO-Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit 2010. *UMWELT & GESUNDHEIT* 04/2018, Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/post-parma-strategien-zur-umsetzung-der-erklaerung> (Zugriff am: 04.02.2020).

WHO Regional Office for Europe (2019a): Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-second-assessment-report-2019> (Zugriff am: 04.02.2020).

WHO Regional Office for Europe (2019b): Environmental health inequalities resource package. A tool for understanding and reducing inequalities in environmental risk. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/health-impact-assessment/publications/2019/environmental-health-inequalities-resource-package> (Zugriff am: 04.02.2020).

WHO Regional Office for Europe (2017): Bericht über die Sechste Ministerkonferenz Umwelt und Gesundheit. Ostrava (Tschechische Republik) 13.–15. Juni 2017. Copenhagen. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/364799/ostrava-report-ger.pdf (Zugriff am: 04.02.2020).

WHO Regional Office for Europe (2012): Environmental health inequalities in Europe. Assessment report. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-health-inequalities-in-europe.-assessment-report> (Zugriff am: 04.02.2020).

WHO Regional Office for Europe (2010): Social and gender inequalities in environment and health. Copenhagen. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-determinants/gender/publications/2010/social-and-gender-inequalities-in-environment-and-health> (Zugriff am: 04.02.2020).

KONTAKT

Prof. Dr. Gabriele Bolte
Universität Bremen
Institut für Public Health und Pflegeforschung,
Abteilung Sozialepidemiologie
Grazer Straße 4
28359 Bremen
E-Mail: [gabriele.bolte\[at\]uni-bremen.de](mailto:gabriele.bolte[at]uni-bremen.de)

[UBA]

Umweltgerechtigkeit im Handlungsfeld Klimawandel, Hitze und Gesundheit

Environmental justice in the field of climate change, heat and health

ZUSAMMENFASSUNG

Wie der aktuelle Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel zeigt, hat sich die mittlere Temperatur in Deutschland bereits um 1,5 °C seit der vorindustriellen Zeit erhöht. Die Erwärmung ist stärker als im globalen Mittel (ca. 1 °C). Handlungsempfehlungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Hitze verdeutlichen, dass in Deutschland Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ergriffen werden müssen. Die Auswertungen des Robert Koch-Instituts zum Sterbe geschehen in Berlin und Hessen im Sommer 2018 kommen zu dem Ergebnis, dass dort hitzebedingt Todesfälle zu verzeichnen waren. Bestimmte individuelle/demographische, gesundheitliche, umweltbedingte und sozioökonomische Charakteristika begünstigen das Auftreten hitzebedingter Gesundheitsprobleme. Dabei ist der sozioökonomische Status mit einer Vielzahl von Risikofaktoren für hitzebedingte Gesundheitsprobleme assoziiert, sodass die Exposition und Vulnerabilität gegenüber Hitze auch eine soziale Frage darstellt.

HANNA MERTES,
STEPHAN BÖSE-
O'REILLY, JULIA
SCHOIERER

ABSTRACT

As the current monitoring report from the German Strategy for Adaptation to Climate Change shows, the mean temperature in Germany has already increased by 1.5 °C since pre-industrial times. This warming is stronger than the global average (approx. 1 °C). Recommendations for action to protect human health from heat make it clear that measures must be taken to protect the population from heat in Germany. The analysis of the Robert Koch Institute on the death rate in Berlin and Hesse in summer 2018 shows the occurrence of heat-related deaths. Certain individual/demographic, health, environmental and socio-economic characteristics favour the occurrence of heat-related health problems. The socio-economic status is associated with a variety of risk factors for heat-related health problems, so that exposure and vulnerability to heat is also a social issue.

HITZE IN DEUTSCHLAND

Wie der Weltklimarat 2018 in seinem Sachstandsbericht mitteilte, hat sich die Erde im Vergleich zum vorindustriellen Niveau bereits um circa 1 °C (0,8 bis 1,2 °C) erwärmt. Das Erreichen der 1,5 °C-Marke wird auf globaler Ebene zwischen 2030 und 2052 erwartet, sofern die aktuelle Geschwindigkeit der Erderwärmung beibehalten wird (IPCC 2018). Diese Marke wurde in Deutschland

bereits erreicht, so der aktuelle Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Die durchschnittliche Erwärmung der Jahresmitteltemperatur liegt in Deutschland bei 1,5 °C (1,3 bis 1,6 °C), wobei sich der Süden und Westen Deutschlands tendenziell stärker erwärmt haben als der Norden und Osten (UBA 2019a). Die bisher stattgefundenene Erwärmung wird für Jahrhunderte bis Jahrtausende bestehen bleiben (IPCC 2018).

GESUNDHEITSRISIKO HITZE – WER IST BESONDERS BETROFFEN?

Mit der Temperaturerhöhung gehen eine Zunahme an heißen Tagen, Hitzewellen und Tropennächten einher (Augustin et al. 2017; Deutschländer, Mächel 2017). Zur Vermeidung hitzebedingter Gesundheitsprobleme werden folglich die Anpassung an Hitzeereignisse und der Schutz vulnerabler Personengruppen vor Hitzeexposition immer wichtiger. Zur Erstellung kommunaler Hitzeaktionspläne geben die 2017 formulierten „Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit“ den Aktionsrahmen vor. Als Risikofaktoren für hitzebedingte Gesundheitsprobleme und somit besonders zu schützende Bevölkerungsgruppen werden genannt: junges beziehungsweise hohes Alter, Pflegebedürftigkeit, fieberhafte oder chronische Erkrankungen, Demenz, Adipositas sowie soziale Isolation und Obdachlosigkeit (GAK 2017). Mit Ausnahme der beiden letztgenannten lassen sich diese Risikofaktoren anhand individueller/demographischer und gesundheitlicher Merkmale kategorisieren (WHO 2008).

Darüber hinaus benennt die Weltgesundheitsorganisation aber auch sozioökonomische und umweltbedingte Risikofaktoren für das Auftreten hitzebedingter Gesundheitsprobleme. Unter **sozioökonomisch** werden unter anderem Armut und ein geringes Einkommen gefasst, unter **umweltbedingt** unter anderem Luftverschmutzung, die Wohnungsausstattung sowie urbane Lebens-/Agglomerationsräume (WHO 2008). Untersuchungen zeigen, dass in Deutschland der sozioökonomische/soziale Status eng mit der Gesundheit verknüpft ist und Umweltbelastungen sozial ungleich verteilt sind (Lampert et al. 2013; UBA 2019b; RKI 2018). Der soziale Status ist mit vielen Risikofaktoren für hitzebedingte Gesundheitsprobleme assoziiert. Er spielt somit eine wichtige Rolle, werden die Exposition sowie die Vulnerabilität gegenüber Hitze betrachtet (hierzu auch

Benmarhnia et al. 2015). Auch in der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) ist der sozioökonomische Status (einfließende Informationen: Bildungsniveau, berufliche Stellung, Einkommen) ein wichtiger Indikator für den individuellen Gesundheitszustand (Lampert et al. 2013).

EXPOSITION GEGENÜBER HITZE UND SOZIALER STATUS

Für die Stärke der Exposition gegenüber Hitze ist der Lebensraum Stadt ein wichtiger Faktor. Aufgrund des Wärmeinseleffektes können Städte bis zu 10°C wärmer als das weniger stark bebaute Umland werden, sodass sowohl tagsüber als auch nachts (Stichwort: Tropennächte) der menschliche Organismus stark belastet wird (DWD o.J.; WHO 2008). Wichtig für die städtische Expositionssituation gegenüber Hitze ist gleichfalls die Exposition gegenüber Luftschadstoffen und Lärm. Die Lärmbelastung kann in heißen Perioden die Schlafqualität weiter verringern beziehungsweise das wichtige Lüften in den Morgenstunden zur Kühlung der Wohnung erschweren. Die Höhe der Luftschadstoffbelastung ist relevant, weil mit dem Klimawandel ein vermehrtes Auftreten lufthygienischer Extremsituationen prognostiziert wird, also eine hohe Schadstoffbelastung bei gleichzeitig hohen Außentemperaturen. Studien zeigen, dass sich die negativen gesundheitlichen Folgen von Hitze und Luftschadstoffen gegenseitig verstärken können (WHO 2008; Augustin et al. 2017). Menschen mit niedrigem sozialen Status sind verkehrs- und industriebedingten Luftschadstoffen verstärkt ausgesetzt; dementsprechend sind sie mehr Lärm, insbesondere Straßenverkehr (→ Luftschadstoffe) ausgesetzt (UBA 2016; Lauffmann et al. 2013). Gleichzeitig begünstigt die Exposition gegenüber Luftschadstoffen zum Beispiel die Entwicklung respiratorischer oder kardiovaskulärer Erkrankungen, die wiederum die Vulnerabilität gegenüber Hitze erhöhen (GAK 2017; Sun, Zhu 2019).

Zugleich haben Menschen mit geringem Sozialstatus einen verringerten Zugang zu Grün- und Freiflächen – dies erschwert zum einen das Wahrnehmen von Erholungsmöglichkeiten in einem kühleren Mikroklima. Zum anderen bedeutet dies aber auch, dass das wohnortnahe Mikroklima eher keinen abkühlenden Effekt durch Grün- oder Wasserflächen oder Freiluftschnitten aufweist, sondern im Gegenteil eher durch eine dichte Bebauung gekennzeichnet ist (UBA 2016; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen 2015). Zugleich stehen Menschen mit geringem Sozialstatus weniger finanzielle Möglichkeiten zur Verringerung der Hitzeexposition zur Verfügung. Die Lage, Ausstattung (z. B. Verschattungsmöglichkeiten), Isolierung und Ausrichtung der Wohnung (z. B. Nord- oder Südausrichtung, Dachgeschoss) beeinflussen, wie stark sich die Wohnräume während Hitzeperioden erwärmen. Im europäischen Umweltgerechtigkeitsreport der WHO ist der Indikator „inability to keep the home cool“ der einzige, der sich für Deutschland in Richtung vergrößerte Ungleichheit entwickelte, wenn auch nur geringfügig (2007 bis 2012). So liegt die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Einkommensgruppe, die Wohnung kühl zu halten, bei circa 11 Prozent (WHO 2019). Mit der Berliner Umweltgerechtigkeitskarte, die die Sozialräume Berlins mit Daten zu Lärm, Luftqualität, Bioklima (v.a. sommerliche Hitzebelastung) und Grünflächen verschnitt, konnte dargestellt werden, dass diese Umweltbelastungen sowie Ressourcen wie Grünflächen sozial ungleich verteilt sind. Sozial benachteiligte Stadtbezirke sind Lärm-, Luftschadstoffbelastungen und einer stärkeren Wärmeentwicklung oftmals stärker ausgesetzt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen 2015).

VULNERABILITÄT GEGENÜBER HITZE UND SOZIALER STATUS

Pauschal zusammengefasst zeigen die Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1, 2008-2011), dass der Gesundheitszustand einem sozialen Gradienten folgt. Das Risiko für eine gesundheitliche Beeinträchtigung ist umso höher, je niedriger der sozioökonomische Status ist (Lampert et al. 2013; hierzu auch Kovats, Hajat 2008). Übergreifend schlägt sich dies in einer sich nach Sozialstatus unterscheidenden Lebenserwartung nieder. Menschen mit niedrigem sozialem Status sind häufiger von chronischen Erkrankungen betroffen; ein deutlicher Unterschied zeigt sich beispielsweise bei Diabetes mellitus und Herz-Kreislauferkrankungen (RKI 2016). Liegen chronische Erkrankungen vor, kann Hitze die Symptomatik verschlimmern, da der Organismus die zusätzliche Belastung Hitze aufgrund der bereits vorhandenen Belastung durch die Erkrankung weniger gut kompensieren kann. Bezogen auf Diabetes mellitus können endokrinologische Erkrankungen die Wärmeableitung des Körpers beeinflussen (hier: veränderte Hautdurchblutung, reduziertes Schwitzen). Auch die zur Behandlung chronischer Erkrankungen einzunehmenden Medikamente können das Risiko für hitzebedingt ausgelöste Gesundheitsprobleme über verschiedene Mechanismen vergrößern.

Adipositas erhöht ebenfalls das Risiko für hitzebedingte Gesundheitsprobleme sowie das Risiko, an chronischen Erkrankungen zu erkranken (GAK 2017; Nyberg et al. 2018). Auch hier zeigen die Daten der DEGS1-Studie, dass Adipositas mit einem geringen Sozialstatus assoziiert ist. Mögliche Bewegungseinschränkungen durch ein zu hohes Körpergewicht können dazu führen, dass die Hitzesituation nicht mehr so leicht verlassen wird, da Bewegung anstrengender wird (Lampert et al. 2013). Ein vor diesem Hintergrund ebenfalls zu beachtender Aspekt ist, dass das Wissen über Krankheitssymptome sowie die Umsetzung einer aktiven Krankheitsbewälti-

gung (z. B. Teilnahme an Schulungen, Krankheitsmanagement im Alltag) mit niedrigem Bildungsstand abnehmen (RKI 2016).

Bezüglich Hitzeexposition und Vulnerabilität sind auch die in diesem Beitrag nicht weiter ausgeführten Faktoren wie Migrationsstatus, ausgeübter Beruf oder die soziale Einbindung/soziale Isolation zu diskutieren.

FAZIT

Die ungerechte Verteilung der Klimawandelfolgen wird oftmals bezogen auf Regionen und Länder diskutiert, die unter Lebensmittelknappheit, unzureichender Wasserversorgung, schlechtem Gesundheitssystem und Armut leiden. Der Klimawandel trifft diese Menschen besonders hart. Keiner dieser Faktoren trifft auf Deutschland zu. Dennoch zeigt dieser Beitrag, dass Risikofaktoren für hitzebedingte Gesundheitsprobleme in Deutschland mit dem sozialen Status verknüpft sind und dass oftmals mehrere Risikofaktoren gemeinsam vorliegen. Mit einer Zunahme der Durchschnittstemperaturen werden diese Ungleichheiten auch hier weiter verstärkt und erfordern interdisziplinäre Anstrengungen zur Reduzierung der Hitzevulnerabilität und der -exposition. Anpassungsmaßnahmen an Hitzeereignisse sollten dementsprechend die Umweltgerechtigkeit in den Blick nehmen.

LITERATURVERZEICHNIS

Augustin J, Sauerborn R, Burkart K et al. (2017): Gesundheit. In: Brasseur G, Jacob D, Schuck-Zöller S (Hrsg.): Der Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Open: 137–149.

Benmarhnia T, Deguen S, Kaufman JS et al. (2015): Vulnerability to heat-related mortality. A systematic review meta-analysis, and meta-regression analysis. *Epidemiology* 26 (6): 781–793. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000375.

Deutschländer T, Mächel H (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur G, Jacob D, Schuck-Zöller S (Hrsg.): Der Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Open: 47–56.

DWD – Deutscher Wetterdienst (o. J.): Stadtklima – die städtische Wärmeinsel. https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html (Zugriff am: 07.01.2020).

IPCC – International Panel on Climate Change (Hrsg.) (2019): 1,5°C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5°C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/SRI.5-SPM_de_barrierefrei-2.pdf (Zugriff am: 07.01.2020).

GAK – Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe ‚Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels‘ (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. *Bundesgesundheitsbl.* 60 (6): 662–672. DOI: 10.1007/s00103-017-2554-5.

Kovats RS, Hajat S (2008): Heat stress and public health: a critical review. *Annu. Rev. Public Health* 29 (1): 41–55. DOI: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843.

Lampert T, Kroll LE, von der Lippe E et al. (2013): Sozioökonomischer Status und Gesundheit. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl.* 56 (5-6): 814–821. DOI: 10.1007/s00103-013-1695-4.

Laußmann D, Haftenberger M, Lampert T et al. (2013): Soziale Ungleichheit von Lärmbelastung und Straßenverkehrsbelastung. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl.* 56 (5-6): 822–831. DOI: 10.1007/s00103-013-1668-7.

Nyberg ST, Batty GD, Pentti J et al. (2018): Obesity and loss of disease-free years owing to major non-communicable diseases: a multicohort study. *Lancet Public Health* 3 (10): e490–e497. DOI: 10.1016/S2468-2667(18)30139-7.

RKI – Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2018): Health inequalities in Germany and in international comparison: trends and developments over time. Federal Health Reporting Joint Service By RKI And Destatis. Special Issue March 2018. https://www.rki.de/EN/Content/Health_Monitoring/Health_Reporting/GBEDDownloads/Journal-of-Health-Monitoring_03SI_2018_Health_inequalities.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am: 07.01.2020).

RKI – Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2016): Gesundheit in Deutschland – die wichtigsten Entwicklungen. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDDownloadsGiD/2015/kurzfassung_gesundheit_in_deutschland.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am: 07.01.2020).

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2015): Umweltatlas Berlin. 09.01 Umweltgerechtigkeit (Ausgabe 2015). <https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i901.htm> (Zugriff am: 07.01.2020).

Sun Z, Zhu D (2019): Exposure to outdoor air pollution and its human health outcomes: a scoping review. *Plos One* 14 (5): e0216550. DOI: 10.1371/journal.pone.0216550.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019a): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf (Zugriff am: 07.01.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2019b): Umweltgerechtigkeit – Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/umweltgerechtigkeit-umwelt-gesundheit-soziale-lage#textpart-1> (Zugriff am: 07.01.2020).

UBA – Umweltbundesamt (2016): Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/umwelt-gesundheit-soziale-lage#textpart-1> (Zugriff am: 07.01.2020).

WHO – Weltgesundheitsorganisation (Hrsg.) (2019): Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325176/9789289054157-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Zugriff am: 07.01.2020).

WHO – Weltgesundheitsorganisation (Hrsg.) (2008): Public Health Advice on preventing health effects of heat. New and updated information for different audiences. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/147265/Heat_information_sheet.pdf?ua=1 (Zugriff am: 07.01.2020).

KONTAKT

M. Sc. Hanna Mertes
Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, AG Globale Umwelt-Gesundheit, Klinikum der Universität München
Ziemssenstraße 1
80336 München
E-Mail: [hanna.mertes\[at\]med.uni-muenchen.de](mailto:hanna.mertes[at]med.uni-muenchen.de)

[UBA]

LED & Co – Künstliche Lichtquellen im Alltag und ihre Wirkungen auf den Menschen

LED & Co – Artificial light sources in everyday life and their effects on people

ZUSAMMENFASSUNG

Licht aus natürlichen und künstlichen Quellen ermöglicht uns, unsere Umwelt visuell wahrzunehmen und beeinflusst circadiane Rhythmen, insbesondere den Schlaf-Wach-Rhythmus. Vor allem Licht emittierende Dioden (LEDs) als verhältnismäßig neues Leuchtmittel stehen häufig im Zentrum von Diskussionen über Gefährdungen der Retina durch energiereiches blaues Licht („Blaulichtgefährdung“), mögliche Langzeiteffekte und unerwünschte nicht-visuelle Wirkungen. Der Blaulichtanteil künstlicher Lichtquellen ist jedoch sehr unterschiedlich – auch bei LEDs. Übliche Lampen und Lampensysteme der Allgemeinbeleuchtung sind bei bestimmungsgemäßem Gebrauch als augensicher zu betrachten. Dennoch sollte auf eine gute Beleuchtungspraxis geachtet werden, vor allem im Hinblick auf vulnerable Gruppen wie Kinder.

MONIKA ASMUSS,
SEBASTIAN LORENZ

ABSTRACT

Light from natural and artificial sources enables us to visually perceive our environment and influences circadian rhythms, especially the sleep-wake rhythm. In particular, light-emitting diodes (LEDs) as a relatively new light source are often the focus of discussions about hazards to the retina from high-energy blue light ("blue light hazard"), possible long-term effects and undesirable non-visual effects. However, the proportion of blue light from artificial light sources varies greatly - even for LEDs. Conventional lamps and lamp systems for general lighting can be considered safe for eyes when used as intended. Nevertheless, attention should be paid to good lighting practice, especially with regard to vulnerable groups such as children.

EINLEITUNG

Die Welt der Allgemeinbeleuchtung hat sich mit der 2009 verabschiedeten Richtlinie der Europäischen Kommission für energiebetriebene Produkte („Ökodesign-Richtlinie“) grundlegend verändert. Die Glühlampe ist aufgrund ihrer schlechten Energiebilanz aus den Läden verschwunden, auch Halogenlampen erfüllen die gestiegenen Anforderungen an die Energieeffizienz nicht mehr. Anders die Licht emittierenden Dioden (LEDs): LED-Lampen haben eine gute Energieeffizienz und benötigen für die Lichterzeugung

kein Quecksilber. Außerdem emittieren für die allgemeine Beleuchtung vorgesehene LED-Lampen keine UV-Strahlung und gewinnen nicht zuletzt wegen ihrer Vielfalt und ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten immer mehr an Bedeutung. Trotz der genannten Vorteile sind LED-Lampen jedoch nicht unumstritten. Vor allem der verglichen mit der Glühlampe höhere Blaulichtanteil im Spektrum von Weißlicht-LEDs steht im Zentrum der Diskussion. Und wie steht es mit Langzeitwirkungen von Licht aus künstlichen Quellen? Was macht eine gute Beleuchtungspraxis aus, worauf sollte man achten?



Vielfalt der Leuchtmittel -
von Glühlampe bis LED.
Quelle: Monika Asmuß.

Über diese Themen soll im Folgenden ein Überblick gegeben werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf künstlichen Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung. Eines sollte jedoch nicht vergessen werden: Die wichtigste lebenslange Quelle für sichtbares Licht ist und bleibt die Sonne.

WAS IST LICHT?

Als „Licht“ wird genau genommen nur der Teil des elektromagnetischen Spektrums bezeichnet, der beim Menschen Hell- und Farbpfindungen hervorruft. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts liegen innerhalb des elektromagnetischen Spektrums zwischen UV-Strahlung und Wärmestrahlung (Infrarot). Die meisten Menschen können Wellen-

längen zwischen circa 380 Nanometern (nm) und circa 780 nm mit dem Auge wahrnehmen, die Grenzen sind jedoch fließend (TABELLE 1). Aufgrund von Alterungsprozessen nimmt die Durchlässigkeit der Linse besonders für den kurzwelligen Teil des sichtbaren Spektrums ab. Es erreicht also mit zunehmendem Alter weniger violettes und blaues Licht die Netzhaut.

KÜNSTLICHE LICHTQUELLEN DER ALLGEMEINBELEUCHTUNG

Sowohl bei der klassischen **Glühlampe** als auch bei der **Halogenlampe** entsteht Licht dadurch, dass mittels elektrischem Strom ein Metalldraht so stark erhitzt wird, dass er

| FARBE | WELLENLÄNGEN IN NANOMETER (NM) |
|---------|--------------------------------|
| Violett | ca. 380–420 |
| Blau | ca. 420–490 |
| Grün | ca. 490–575 |
| Gelb | ca. 575–585 |
| Orange | ca. 585–650 |
| Rot | ca. 650–780 |

Die Tabelle dient nur der Orientierung. Die Übergänge zwischen den Farben sind fließend.

glüht. In beiden Fällen handelt es sich also um sogenannte Temperaturstrahler. Das abgestrahlte Wellenlängenspektrum ist wie bei der Sonne kontinuierlich, allerdings ins Langwellige, das heißt nach Rot, ansteigend (siehe Beispiel des Spektrums einer Glühlampe in [ABBILDUNG 1](#)). Die Farbwiedergabe ist bei diesem Lampentyp sehr gut. Leider geht selbst bei Halogenlampen noch zu viel der eingesetzten Energie als Wärme verloren. Das macht Temperaturstrahler ineffizient und führt dazu, dass sie den Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie nicht genügen.

Sowohl die **linearen** als auch die **kompakten Leuchtstofflampen** („Energiesparlampen“) gehören zu den Niederdruck-Entladungslampen. Bei ihnen wird Elektrizität durch ein Gas geleitet, bei dessen Anregung zunächst ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) entsteht. Der an der Glasinnenseite des Lampenrohres angebrachte Leuchtstoff setzt dann einen Großteil der energiereichen UV-Strahlung in energieärmere Fluoreszenzstrahlung im sichtbaren Bereich um. Vor allem vom Glas der Lampe hängt ab, wie viel UV-Strahlung noch aus der Lampe austritt. Messungen belegen, dass von handelsüblichen Energiesparlampen für gesunde Personen unter realistischen Expositionsbedingungen kein Risiko durch UV-Strahlung ausgeht (Miller et al. 2016).

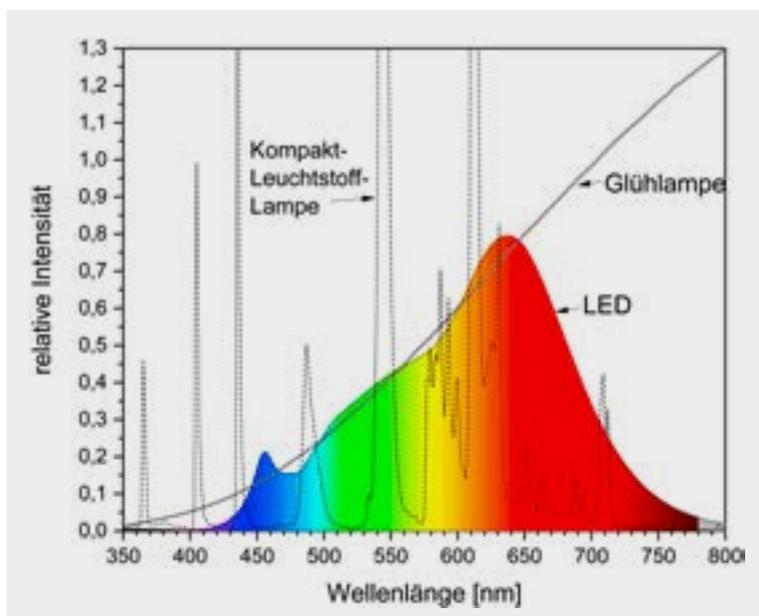
Anders als bei Temperaturstrahlern ist das Spektrum von Leuchtstofflampen nicht kontinuierlich, sondern durch schmale Spek-

tralbänder gekennzeichnet, die durch die Mischung verschiedener Leuchtstoffe entstehen (siehe Beispiel des Spektrums einer Kompaktleuchtstofflampe in [ABBILDUNG 1](#)). Von der Anzahl und vom Mischungsverhältnis der verwendeten Leuchtstoffe hängen sowohl die Farbtemperatur als auch die Qualität der Farbwiedergabe ab. Bei den „klassischen“ Leuchtstofflampen enthielt das Gas in der Lampe eine geringe Menge Quecksilber. Solche Lampen sind jedoch seit dem 31.12.2018 gemäß der EU-Quecksilberverordnung (EU 2017/852) mit einem Aus- und Einfuhrverbot belegt. Auch ihre Herstellung ist in der EU verboten.

Licht Emittierende Dioden (LEDs) sind kleine Halbleiter-Bauelemente. Weißes Licht wird meist durch **Photolumineszenz** erzeugt. Dabei wird über einer blauen LED eine dünne Schicht aus Phosphorverbindungen aufgetragen. Das energiereiche blaue Licht regt die Phosphorschicht zum Leuchten an. Ein Teil des blauen Lichts wird dabei in energieärmeres Licht mit größeren Wellenlängen (z. B. Gelb) umgewandelt. Das entstehende Gemisch aus verschiedenen Wellenlängen

TABELLE 1
Wellenlängen und Farbe des Lichts. Quelle: BfS.

ABBILDUNG 1
Gegenüberstellung der Spektren unterschiedlicher Lampen gleicher Farbtemperatur 2700 K. Quelle: BfS, Messungen Sebastian Lorenz.



LED (farbig hinterlegt), Glühlampe (graue Linie) und Kompaktleuchtstofflampe (gestrichelte schwarze Linie).

wird als weißes Licht wahrgenommen. Je nach Art und Dosierung des Phosphor-Farbstoffs kann der verbleibende Anteil des von einer LED abgestrahlten blauen Lichts größer oder kleiner sein. Ein Beispiel für das Spektrum einer warmweißen LED (2700 Kelvin) ist in **ABBILDUNG 1** dargestellt. Ein zweiter Weg um weißes Licht zu erzeugen, ist die **additive Farbmischung**. In diesem Fall entsteht weißes Licht durch die Kombination von einfarbigen roten, grünen und blauen LEDs. Bei dieser Methode kann durch gezielte Ansteuerung der einzelnen LEDs neben weißem auch farbiges Licht erzeugt werden.

BLAULICHTANTEIL KÜNSTLICHER LICHTQUELLEN

Grundsätzlich gilt: Je höher die Farbtemperatur in Kelvin (K), desto höher ist der Blaulichtanteil (**TABELLE 2**).

TABELLE 2
Bezeichnungen für Farbtemperaturen in Kelvin (K) bei künstlichen Lichtquellen.
Quelle: BfS.

| BEZEICHNUNG | KELVIN (K) |
|-----------------------------|-----------------|
| Warmweiß | bis ca. 3.300 |
| Neutralweiß | ca. 3.300–5.300 |
| Tageslichtweiß/ Kaltweiß | über 5.300 |

Zum Vergleich: Die Farbtemperatur von Kerzenlicht liegt bei circa 1.800 K, die von morgendlichem Sonnenlicht bei circa 3000–4000 K und von Mittagssonne bei circa 5000–6000 K. Die höchste Farbtemperatur erreicht der blaue Himmel mit circa 10.000 K und mehr. Grund dafür ist die starke Streuung des blauen Lichts in der Atmosphäre.

Bei LED-Leuchtmitteln kann die Höhe des Blaulichtanteils und damit die Farbtemperatur sehr unterschiedlich sein. Beispiele für Spektren von LED-Lampen mit unterschiedlichem Blaulichtanteil sind in **ABBILDUNG 2** dargestellt.

BIOLOGISCHE WIRKUNGEN VON LICHT

VISUELLE WIRKUNGEN

Licht ermöglicht uns, unsere Umwelt mit den Augen wahrzunehmen. Die visuelle Wirkung von Licht auf den Menschen entsteht durch Reizung spezieller Rezeptorzellen in der Netzhaut des Auges („Stäbchen“ und „Zapfen“). Die auf die Rezeptoren einwirkenden Reize werden über den Sehnerv in die für die Verarbeitung visueller Signale verantwortlichen Bereiche des Gehirns weitergeleitet. Die Zapfen dienen dem Farbsehen, die lichtempfindlicheren Stäbchen ermöglichen Nacht- oder Dämmerungssehen – allerdings nur in Schwarz-Weiß.

Ist die Leuchtdichte einer Lichtquelle zu hoch oder treten zu große Leuchtdichteunterschiede auf, kann das visuelle System überfordert werden. Die entstehende Beeinträchtigung der Sehleistung oder des Sehkomforts bezeichnet man als physiologische oder psychologische Blendung. Zwar handelt es sich dabei nicht um eine Schädigung des visuellen Systems, jedoch kann das Risiko für Unfälle durch Blendung erhöht werden.

NICHT-VISUELLE (MELANOPISCHE) WIRKUNGEN

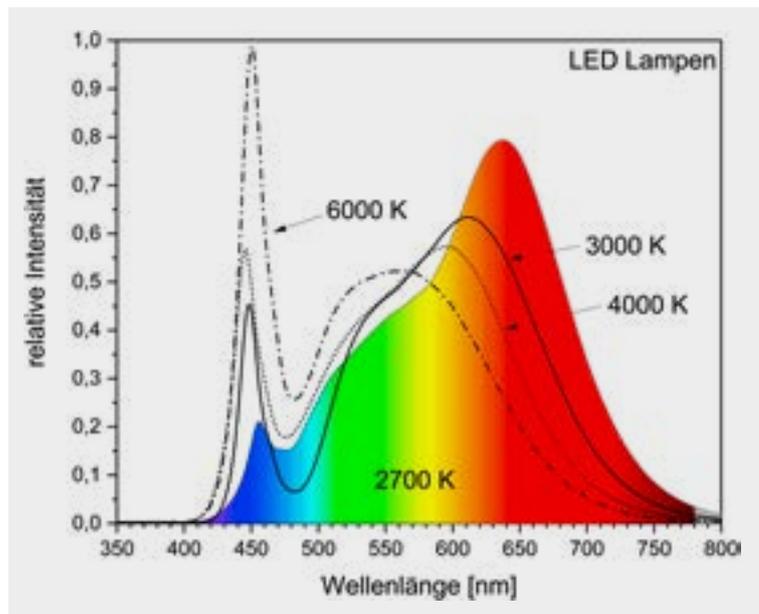
Licht dient nicht nur dem Sehvorgang, sondern beeinflusst auch körpereigene Botenstoffe und stellt die „innere Uhr“. Für die Wirkung von Licht als Zeitgeber ist maßgeblich ein dritter, ebenfalls in der Netzhaut lokalisierter Rezeptortyp verantwortlich: die photosensitiven retinalen Ganglienzellen mit dem lichtempfindlichen Protein Melanopsin als Photopigment. Das Aktionsspektrum dieses Rezeptortyps wurde von Brainard et al. (2001) sowie von Thapan et al. (2001) näher beschrieben. Dieser Rezeptor absorbiert vor allem blaues Licht mit Wellenlängen im Bereich von circa 480 Nanometern. Er bewirkt indirekt über neuronale Signale unter anderem die Unterdrückung der Ausschüttung des „Schlafhormons“ Melatonin aus der Pineal-

drüse. So wirkt vor allem blaues Licht auf den Schlaf-Wach-Rhythmus. Licht am Morgen stabilisiert die innere Uhr. Es fördert tagsüber die Wachheit und wirkt sich positiv auf die Leistungsfähigkeit und die Stimmung aus. Abends und nachts hingegen, wenn sich der Körper auf eine Ruhephase einstellt, kann Licht, vor allem wenn es einen hohen Blauanteil hat, dem Schlaf entgegenwirken. Wie stark die Wirkung im konkreten Fall ist, hängt natürlich auch davon ab, wie viel Licht auf der Netzhaut ankommt, das heißt von der Beleuchtungsstärke und von der Dauer der Lichtexposition. Einen Überblick über nicht-visuelle Wirkungen von Licht geben Lucas et al. (2014).

Insbesondere im Zusammenhang mit Schichtarbeit wird die negative Rolle von nächtlichem Licht diskutiert. Allerdings ist Licht nicht der einzige Faktor, der hier die circadianen Rhythmen aus dem Takt bringt. Auch andere Faktoren wie körperliche Aktivität tragen dazu bei. 2007 stuft die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) daher Schichtarbeit, die mit circadianen Störungen einhergeht, als wahrscheinlich krebserregend beim Menschen ein. 2019 hat die IARC diese Einstufung überprüft und bestätigt (IARC 2019). Einen Überblick zum Thema nichtvisuelle Wirkungen vor allem am Arbeitsplatz gibt die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung in ihrer Informationsschrift „Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen“ (DGUV 2018).

BLAULICHTGEFÄHRDUNG

Grundsätzlich können Schäden durch optische Strahlung photochemisch oder thermisch bedingt sein. Bei für die Allgemeinbeleuchtung verwendeten Strahlenquellen stehen photochemische Wirkungen im Vordergrund. So wird unter Blaulichtgefährdung ("blue light hazard") das Risiko für direkt nachweisbare photochemische Schäden an der Netzhaut oder im retinalen Pigmentepithel (RPE) verstanden. Die Schäden beruhen darauf, dass durch Interaktion des energiereichen Lichts mit körpereigenen photosen-



2700 K (Warmweiß), 3000 K (Warmweiß), 4000 K (Neutralweiß) und 6000 K (Tageslichtweiß, auch „Kaltweiß“ genannt).

sitiven Verbindungen reaktive Sauerstoffverbindungen entstehen. Diese können die Photorezeptoren selbst oder Zellen des die Photorezeptoren versorgenden und maßgeblich am stetigen Erneuerungsprozess der Rezeptoren beteiligten RPE oxidativ schädigen. Solche Wirkungen an der Retina sind bereits seit den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts bekannt und wurden im Tiermodell beispielsweise von Noell et al. (1966) nachgewiesen. Auch die zugrundeliegenden Mechanismen wurden im Verlauf der folgenden Jahrzehnte weiter aufgeklärt. Diese Kenntnisse bilden die Basis für die Risikobewertung künstlicher Strahlenquellen. Das Wirkungsmaximum für diese Art von Schäden liegt bei Wellenlängen um circa 440 nm, das heißt ebenfalls im blauen Bereich des sichtbaren Spektrums. Einen Überblick über Wirkungen von Licht an der Retina gibt Rozanowska (2012).

Mehrere Arbeitsgruppen haben die Wirkungen künstlicher Strahlenquellen, darunter LEDs, im Tierversuch untersucht und schädigende Wirkungen an der Retina von Ratten beschrieben (z.B. Shang et al. 2014;

ABBILDUNG 2

Spektrale Intensitätsverläufe handelsüblicher LED-Lampen für die Allgemeinbeleuchtung mit unterschiedlichen Farbtemperaturen. Quelle: BfS, Messungen Sebastian Lorenz.

Krigel et al. 2016; Jaadane et al. 2017). Allerdings muss bei diesen Tierversuchen auf die Grenzen der Übertragbarkeit hingewiesen werden. Insbesondere stellt sich die Frage, ob die Exposition im Tierversuch der Expositionssituation an der Retina beim Menschen entspricht. Mit dieser Problematik setzte sich eine französische Arbeitsgruppe auseinander, die zum Schluss kommt, dass die Höhe der Retina-Exposition im Tiermodell unterschätzt worden sein könnte (Point, Lambrozo 2017; Point, Beroud 2019).

Anders als frühere Generationen verbringen die meisten Menschen heute viel Zeit vor Bildschirmgeräten. Untersuchungen mit verschiedenen Displays ergaben keine Hinweise auf eine akute Blaulichtgefährdung der Netzhaut (O'Hagan et al. 2016). Insbesondere vor dem Hintergrund unerwünschter nicht-visueller Wirkungen von Blaulicht bieten jedoch viele Geräte die Möglichkeit, den Blaulichtanteil der emittierten Strahlung zu vermindern („Blaulichtfilter“ oder „Nachtmodus“).

LANGZEITWIRKUNGEN

Gerade vor dem Hintergrund neuer Leuchtmittel wie den LEDs und der Nutzung von Bildschirmgeräten aller Art wird verstärkt diskutiert, ob lichtbedingte Schäden an der Netzhaut oder im retinalen Pigmentepithel (RPE), die unterhalb der Nachweisschwelle für akute Schäden bleiben, aber über die Lebenszeit akkumulieren, zu Erkrankungen wie der altersbedingten Makuladegeneration (AMD) beitragen. Vorliegende epidemiologische Studien betrachten in diesem Zusammenhang vor allem die Auswirkungen langjähri-

ger Sonnenexposition. Hier ist zu bedenken, dass durch die Sonne eine Exposition mit dem gesamten optischen Strahlungsspektrum erfolgt, also neben dem sichtbaren Licht auch energiereiche UV-Strahlung und Infrarot-Strahlung auf das Auge einwirken. Da jedoch nur ein geringer Prozentanteil der UV-A-Strahlung die Retina erreicht (UV-B wird von den vorderen Augenmedien absorbiert), ist es durchaus plausibel, den Fokus auf den energiereichen sichtbaren Teil des Spektrums zu legen. So fanden epidemiologische Studien wie die „Chesapeake Bay Waterman Study“ (Taylor et al. 1990) und die „Beaver Dam Eye Study“ (Cruickshanks et al. 2001; Tomany et al. 2004) eine signifikante Assoziation zwischen der Exposition gegenüber Sonnenlicht und dem Risiko für AMD. Eindeutig geklärt ist ein Zusammenhang zwischen Sonnenlicht und AMD-Risiko jedoch nicht. Eine aktuelle Meta-Studie kommt auf der Basis von 14 ausgewerteten epidemiologischen Studien zu dem Schluss, dass eine Assoziation zwischen Sonnenexposition und AMD-Risiko in der gepoolten Analyse nicht gezeigt werden kann (Zhou et al. 2018).

Die Frage, ob und inwieweit künstliche Strahlenquellen neben der natürlichen Strahlenquelle Sonne auf die Lebenszeit gesehen einen relevanten Beitrag zur Entstehung altersbedingter Augenerkrankungen wie der AMD leisten, ist derzeit nicht geklärt, sollte aber weiter untersucht werden. Das empfiehlt auch das wissenschaftliche Komitee der EU-Kommission in seinem Review zu möglichen Risiken von LEDs für die menschliche Gesundheit (SCHEER 2018).

ALTERSBEDINGTE MAKULADEGENERATION (AMD)

Die AMD ist eine altersbedingte Sehbeeinträchtigung des zentralen Gesichtsfeldes. Sie ist gekennzeichnet durch Schädigungen der Photorezeptoren, des retinalen Pigmentepithels (RPE), der Bruch-Membran und der Aderhaut. Typisch für die AMD sind Materialablagerungen (sogenannte Drusen) zwischen RPE und Bruch-Membran. Die Bildung von Drusen wird unter anderem durch das beim Abbau von Photorezeptoren entstehende Lipofuscin begünstigt. Insbesondere dessen Bestandteil A2E ist potentiell schädlich, da er als Photosensibilisator wirkt und bei Exposition vor allem mit Blaulicht reaktive Sauerstoffverbindungen generiert, die ihrerseits oxidative Schäden im RPE setzen. Als weitere Risiken für AMD werden unter anderem Rauchen, Bluthochdruck und genetische Faktoren diskutiert.

BEURTEILUNG KÜNSTLICHER LICHTQUELLEN BEZÜGLICH PHOTOBIOLOGISCHER SICHERHEIT

Die Risikobeurteilung optischer Strahlungsquellen ist nicht trivial. Es müssen nicht nur die Eigenschaften der Strahlungsquelle wie die Strahldichte berücksichtigt werden, es muss auch – abhängig vom betrachteten biologischen Endpunkt – das abgegebene Spektrum gewichtet werden. Für die Bewertung des Blaulichtrisikos einer Strahlungsquelle beispielsweise wird die wellenlängenabhängige Wichtungsfunktion $B(\lambda)$ herangezogen, die auf Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor Nicht-Ionisierender Strahlung (ICNIRP) zurückgeht. Letztlich bestimmen insbesondere die im Zielgewebe absorbierte Dosis (Bestrahlung in J/m^2) und die Zusammensetzung des abgestrahlten Spektrums die biologische Wirkung. Ausführliche Informationen zur Gefährdungsbeurteilung von Lampen und Lampensystemen bieten die Technischen Regeln für inkohärente optische Strahlung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2013).

Lampen und Lampensysteme werden mit Hilfe der Norm für die Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (DIN EN 62471, international IEC 62471) in Risikogruppen (RG) eingeordnet. Dabei wird nicht nur das Blaulichtrisiko betrachtet, sondern auch mögliche Risiken durch UV-Strahlung oder Infrarot. Die Norm enthält Emissions-Grenzwerte für die Risikogruppen-Klassifizierung, die maßgeblich auf die Internationale Beleuchtungskommission (CIE, Commission Internationale de L'Eclairage) zurückgehen. Zu den Risikogruppen siehe auch https://www.bfs.de/DE/themen/opt/sichtbares-licht/schutz/schutz_node.html.

Die Einordnung einer Lampe oder eines Lampensystems in eine Risikogruppe nimmt üblicherweise der Hersteller vor, der für die photobiologische Sicherheit seiner Produkte verantwortlich ist. Für die Allgemeinbeleuch-

tung vorgesehene Lampen und Lampensysteme fallen in aller Regel in die risikofreie Gruppe 0 oder in RG 1 (geringes Risiko). Das gilt insbesondere für die häufig verwendeten LED-Lampen mit Schraubgewinde, die in Standardfassungen eingeschraubt werden können („Retrofit“). Fällt ein Produkt in RG 2 (mittleres Risiko), sollte dies vom Hersteller angegeben sein. Zur RG 2 können beispielsweise starke Fahrradlampen gehören. Das zeigt ein vom BfS beauftragtes Projekt zur Messung und Bewertung für die Allgemeinbevölkerung relevanter optischer Strahlungsquellen (Pepler et al. 2018). In RG 3 fallen Speziallampen. Sie sind mit einem Warnsymbol zu kennzeichnen und nicht für die Allgemeinbeleuchtung vorgesehen. Ausführliche Informationen zur Vermessung von LEDs sowie Beispiele für Messergebnisse bietet der Abschlussbericht zum Projekt „Messverfahren zur Risikobewertung von Licht emittierenden Dioden (LED)“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Udovicic et al. 2013).

Die Frage, ob die international etablierte Risikobewertung von Lampen und Lampensystemen angesichts einer Vielzahl neuer Produkte auch im Hinblick auf empfindlichere Personengruppen immer ausreichend ist, ist Gegenstand steter Diskussion. So kommt beispielsweise eine französische Arbeitsgruppe zu dem Schluss, dass bei Neugeborenen auch Lampen der RG 0, wenn sie sich in unmittelbarer Augennähe befinden – beispielsweise in Spielzeug – im Hinblick auf die Blaulichtgefährdung möglicherweise nicht ausreichend sicher sind (Point 2018).

EMPFEHLUNGEN ZUR GUTEN BELEUCHTUNGSPRAXIS

Auch wenn die üblichen Lampen und Lampensysteme bei bestimmungsgemäßem Gebrauch als augensicher zu betrachten sind, sollte im Sinne einer guten Beleuchtungspraxis auf einige Punkte geachtet werden:

- Für die Allgemeinbeleuchtung verwendete Lampen sollten der risikofreien Gruppe (RG 0) oder RG 1 angehören. Leider muss die Information über die Risikogruppen 0 und 1 nicht auf dem Produkt angegeben werden. Hier wird Verbesserungsbedarf im Hinblick auf die Verbraucherinformation gesehen.
- Achten Sie auf den Blaulichtanteil. In Wohnräumen, in denen die künstliche Beleuchtung vorwiegend abends eingesetzt wird, hat eine Beleuchtung mit geringerer Farbtemperatur („Warmweiß“) Vorteile. Allerdings richtet sich die Beleuchtung zweckmäßigerweise nach der Aufgabe. Tagsüber bei der Arbeit gelten andere Anforderungen als abends vor dem Schlafengehen. Es geht also um das richtige Licht zur richtigen Zeit.
- Sorgfalt im Kinderzimmer: Bei Kindern erreicht mehr energiereiches Licht die Netzhaut als bei Erwachsenen. Lampen sollten so angebracht sein, dass gerade kleine Kinder nicht direkt aus kurzem Abstand hineinsehen können. Vorsicht ist zudem geboten bei mit hell leuchtenden Lampen bestücktem Spielzeug. Das gilt besonders für blaue LEDs, zumal Kinder unter Umständen absichtlich aus geringem Abstand hineinsehen. In diesem Zusammenhang gilt zudem: Laserpointer, Lasertaschenlampen oder ähnlich intensive Lichtquellen gehören nicht in Kinderhände.
- Lampen sollten so angebracht werden, dass man nicht ständig aus kurzem Abstand hinein sieht. Dadurch wird auch das Risiko für unangenehme Blendwirkungen reduziert. Wandlampen und Tischlampen sollten grundsätzlich weniger hell sein als Deckenlampen, weil bei ihnen häufiger eine direkte Sichtlinie besteht und der Abstand zur Lampe meist geringer ist. Bei LED-Panels sollten die einzelnen LEDs nicht als helle Punktquellen sichtbar sein.

Generell: Beachten Sie bitte Herstellerhinweise beispielsweise zur Anbringung von Lampen und/oder zu Abständen zur Lichtquelle.

WIRKUNGEN VON LICHT AUF DIE UMWELT

Abendliche und nächtliche Beleuchtung hat negative Auswirkungen auf manche Tierarten, insbesondere auf nachtaktive Insekten, von denen viele besonders durch UV-Licht und die benachbarten Wellenlängen des sichtbaren Lichts (violett und blau) angezogen werden. Eine **bedarfsgerechte Beleuchtung** kann nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt vermindern. In den „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtemissionen“ gibt beispielsweise die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) Empfehlungen zur Minderung schädlicher Einwirkungen von Beleuchtungsanlagen auf Vögel und Insekten (LAI 2012). Hierzu gehören:

- Vermeidung heller, weitreichender künstlicher Lichtquellen in der freien Landschaft
- Lichtlenkung ausschließlich in die Bereiche, die künstlich beleuchtet werden müssen
- Wahl von Lichtquellen mit für Insekten wirkungsarmem Spektrum
- Verwendung von vollständig geschlossenen staubdichten Leuchten
- Begrenzung der Betriebsdauer der Leuchten auf die notwendige Zeit

Ausführliche Informationen zu diesem Thema finden Sie beispielsweise unter:

- BfN-Skripten 336 (2013) Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript_336.pdf
- Interdisziplinärer Forschungsverbund Lichtverschmutzung: <http://www.verlustdernacht.de/>
- BfN-Skripten 543 (2019) Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript543.pdf>

LITERATUR

BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2013, korrigiert 2014): Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Inkohärente Optische Strahlung) <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TROS/TROS-IO-Teil-2.html> (Zugriff am 24.01.2020).

Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM et al. (2001): Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. *Journal of Neuroscience* 21 (16): 6405–6412.

Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BEK et al. (2001): Sunlight and the 5-year incidence of early age-related maculopathy The Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol* 119 (2): 246–250.

DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2018): Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf Menschen. DGUV Information 215-220, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3247> (Zugriff am 24.01.2020).

IARC (2019): Carcinogenicity of night shift work. *Lancet* 20: 1058–1059. DOI:10.1016/S1470-2045(19)30455-3.

Jaadane I, Villalpando Rodriguez GE, Boulenguez P et al. (2017): Effects of white light-emitting diode (LED) exposure on retinal pigment epithelium in vivo. *J Cell Mol Med* 21 (12): 3453–3466.

Krigel A, Berdugo M, Picard E et al. (2016): Light-induced retinal damage using different light sources, protocols and rat strains reveals LED Phototoxicity. *Neuroscience* 339: 296–307.

LAI – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (2012): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen. http://www.cost-lonne.eu/wp-content/uploads/2015/11/LAI_RL_Licht_09_2012.pdf (Zugriff am: 24.01.2010).

Lucas RJ, Peirson SN, Berson DM et al. (2014): Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends Neurosci.* 37(1): 1–9. Doi: 10.1016/j.tins.2013.10.004.

Miller S, Bergman R, Duffy M et al. (2016): Interlaboratory Evaluations of Ultraviolet Radiation Emissions from Compact Fluorescent Lamps. *Photochem Photobiol* 92 (2): 348–354.

Noell WK, Walker VS, Kane BS et al. (1966): Retinal damage by light in rats. *Invest. Ophthal.* 5 (5): 450–473.

O'Hagan JB, Khazova M, Price LLA (2016): Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard. *Eye* 30: 1–4.

Pepler W, Collath T, Reidenbach HD (2018): Messung und Bewertung für die Allgemeinbevölkerung relevanter optischer Strahlenquellen. Vorhaben 3617 S 82441. Im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz. Ressortforschungsbericht http://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2019032717803/3/BfS_2019_3617S82441.pdf. (Zugriff am: 24.01.2020).

Point S, Lambrozo J (2017): Some evidence that white LEDs are toxic for human at domestic radiance? *Radioprotection* 52(4): 297–299.

Point S (2018): Blue Light Hazard: Are exposure limit values protective enough for newborn infants? *Radioprotection* 53 (3). DOI 10.1051/radiopro/2018025.

Point S, Beroud M (2019): Blue light hazard: does rat retina make relevant model for discussing exposure limit values applicable to humans? *Radioprotection* 54(2): 141–147.

Rożanowska M (2012): Light-Induced Damage to the Retina: Current Understanding of the Mechanisms and Unresolved Questions: A Symposium-in-Print. *Photochem Photobiol* 88 (6): 1303–1308.

SCHEER – Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (2018): Opinion on potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_011.pdf (Zugriff am: 24.01.2020).

Shang YM, Wang GS, Sliney D et al. (2014): White Light-Emitting Diodes (LEDs) at domestic lighting levels and retinal injury in a rat model. *Environmental Health Perspectives* 122 (3): 269–276.

Taylor HR, Munoz B, West S et al. (1990): Visible Light and risk of age-related macular degeneration. *Trans Am Ophthalmol Soc* 88: 163–178.

Thapan K, Arendt J, Skene DJ (2001): An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *Journal of Physiology* 535.1: 261–267.

Tomany SC, Cruickshanks KJ, Klein R et al. (2004): Sunlight and the 10-year incidence of age-related maculopathy: The Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol* 122(5):750–757.

Udovicic L, Mainusch F, Janßen M et al. (2013): Photobiologische Sicherheit von Licht emittierenden Dioden (LED). Projekt F 21 15 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2115.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 24.01.2020).

Zhou H, Zhang H, Yu A et al. (2018): Association between sunlight exposure and risk of age-related macular degenerations: a meta-analysis. *BMC Ophthalmology* 18: 331–338.

KONTAKT

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachgebiet WR 4 – Optische Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

[BfS]

Stickstoffdioxid im Innenraum: Aktueller Kenntnisstand

Indoor nitrogen dioxide: Current state of knowledge

ZUSAMMENFASSUNG

Befinden sich im Innenraum keine Quellen für Stickstoffdioxid (NO₂), stellt die Außenluft die Haupteintragsquelle für NO₂ in den Innenraum dar. In verschiedenen umfangreichen Feldstudien wurde gezeigt, dass die NO₂-Konzentration im Innenraum statistisch gesehen etwa halb so groß ist, wie in der Außenluft. Die Korrelation zwischen der Konzentration im Innenraum und in der Außenluft hängt von Faktoren wie dem Eintrag von außen, der Emission durch Quellen im Innenraum und dem Abklingverhalten von NO₂ im Innenraum ab. Durch das Kochen und Backen mit Gasherden oder das Rauchen in der Wohnung können kurzzeitig hohe NO₂-Belastungen entstehen, die in Abhängigkeit der Belüftung der Räume aber schnell wieder absinken. Im Gegensatz zur Außenluft können Bewohnerinnen und Bewohner selbst Einfluss auf die NO₂-Konzentration im Innenraum nehmen, um die Belastungen mit NO₂ so gering wie möglich zu halten. Bei der Beurteilung der Belastungssituation für die Gesundheit der Menschen ist es wichtig, zwischen Langzeit- und Kurzzeitexpositionen zu unterscheiden.

ANJA DANIELS,
PHILIPP EICHLER,
WOLFRAM BIRMILI

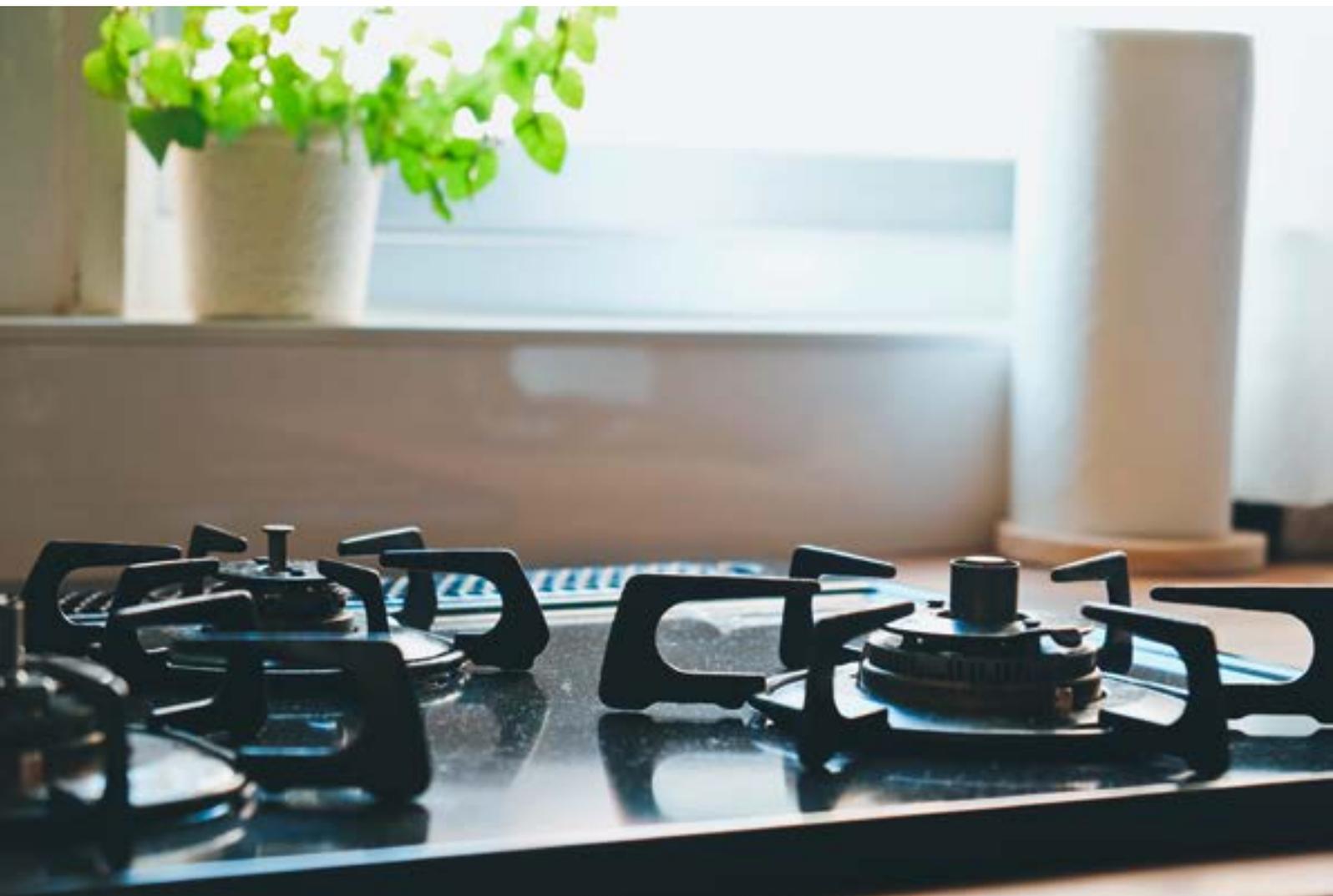
ABSTRACT

In the absence of specific indoor sources of nitrogen dioxide, ambient air is the main source of NO₂ occurring indoors. Various field studies have shown that the indoor concentration of NO₂ is approximately half of the corresponding outdoor air concentration. The correlation between the concentrations indoors and outdoors depends on factors such as the infiltration from outside emissions from indoor sources and the decay behavior of NO₂ in the room. Cooking and baking with a gas stove or smoking in an apartment can cause high levels of NO₂ for short time periods which, however, decrease quickly depending on the ventilation of the rooms. In contrast to the ambient air residents can influence their indoor NO₂ concentrations themselves in order to keep NO₂ pollution as low as possible. When assessing health-related exposure, it is important to distinguish between long-term and short-term exposure.

EINLEITUNG

Unter Stickstoffoxiden fasst man gasförmige Verbindungen zusammen, die aus den Atomen Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufgebaut sind. Bei der Betrachtung der gesundheitlichen Wirkungen von Stickstoffoxiden (NO_x) nimmt Stickstoffdioxid (NO₂) eine besondere Rolle ein (UBA 2019). NO₂ ist ein

Reizgas und wirkt als reaktive Verbindung (Oxidationsmittel) besonders an den unteren Atemwegen. Aus der Reizwirkung und dem damit verbundenen oxidativen Stress entstehen entzündliche Prozesse, die auch in anderen Organen schädigende Wirkungen entfalten können. NO₂ hat in der Luftreinhaltung, und damit für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung, eine wichtige Indikatorfunk-



© Ponsulak Kunsab/
EyeEm, Gettyimages.

tion für den Mix aus Luftschadstoffen, dem der Mensch in städtischen Gebieten ausgesetzt ist. Zuletzt ist NO_2 auch eine Vorläufersubstanz für die Bildung von sekundärem Feinstaub (PM) und Ozon (O_3) in bodennahen Luftschichten.

Stickstoffoxide entstehen hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen in Anlagen und Motoren, das heißt vor allem durch Kfz-Verkehr, aber auch bei bestimmten Industrieprozessen und in der Landwirtschaft. Im Innenraum stellen der Gebrauch von Gasherden und das Rauchen von Tabak die bedeutendsten Emissionsquellen dar. Es wird daher oft gefragt, ob nicht das Kochen und Backen mit Gasherden oder das Heizen mit Gasthermen einen ähnli-

chen Einfluss auf die Raumluftbelastung haben wie Diesel-Pkw in der Außenluft.

Im vorliegenden Artikel werden die Ergebnisse ausgewählter Studien zusammengefasst, die das Vorkommen von NO_2 in Innenräumen, das Verhältnis der NO_2 -Konzentration zwischen der Innenraumluft und Außenluft, sowie die Abhängigkeit der NO_2 -Konzentration in der Raumluft vom Betrieb von gasbetriebenen Geräten untersucht haben.

QUELLEN FÜR NO₂ IM INNENRAUM

Die Luftqualität im Innenraum setzt sich immer aus Beiträgen aus der Außenluft und Beiträgen von Quellen aus dem Innenraum zusammen. Je nach Schadstoff und dem Vorhandensein von Quellen im Innenraum können sich die relativen Anteile stark unterscheiden. Bei NO₂ ist generell zu beobachten, dass es durch Lüftung in relevanten Mengen aus der Außenluft in den Innenraum gelangt.

Zu den wichtigsten Quellen für NO₂ im Innenraum gehören offene Flammen beziehungsweise Geräte und Anlagen, in denen Verbrennungsprozesse ablaufen. Technische Anlagen wie Heizungsboiler und Kaminöfen müssen so ausgelegt sein, dass Abgase nicht in den Innenraum gelangen, sondern über den Kamin nach außen abgeleitet werden. Bei korrekter Funktionsweise ist kein wesentlicher Beitrag für den Innenraum zu erwarten. Bei offenen Flammen, wie sie zum Beispiel beim Kerzenabbrand, bei Gasherden oder bei Ethanolöfen auftreten, tritt das NO₂-haltige Abgas jedoch direkt in die Raumluft ein.

Cyrus et al. (2000) beschreiben in ihrer umfassenden Feldstudie in über 400 deutschen Wohnungen in Erfurt und Hamburg folgende Einflussfaktoren als bedeutsam für die NO₂-Konzentration:

- das Kochen mit einem Gasherd,
- die Art der Belüftung des Haushalts,
- die Höhe der NO₂-Konzentration in der wohnungsnahen Außenluft,
- Tabakrauch.

Bei Cyrus et al. (2000) traten die höchsten Konzentrationswerte an NO₂ in Haushalten auf, in denen mit einem Gasherd gekocht wurde und/oder geraucht wurde.

Zahlreiche weitere Feldstudien, die teilweise bis in die 1970er Jahre zurückgehen, belegen die Effekte von Gasherden auf die NO₂-Konzentration im Innenraum. Nach Alberts et al. (1994) besteht in Haushalten mit Gasherd ein Überschuss von 15 bis 25 ppb (28 bis 47 µg/m³) zum jeweils üblichen Hin-

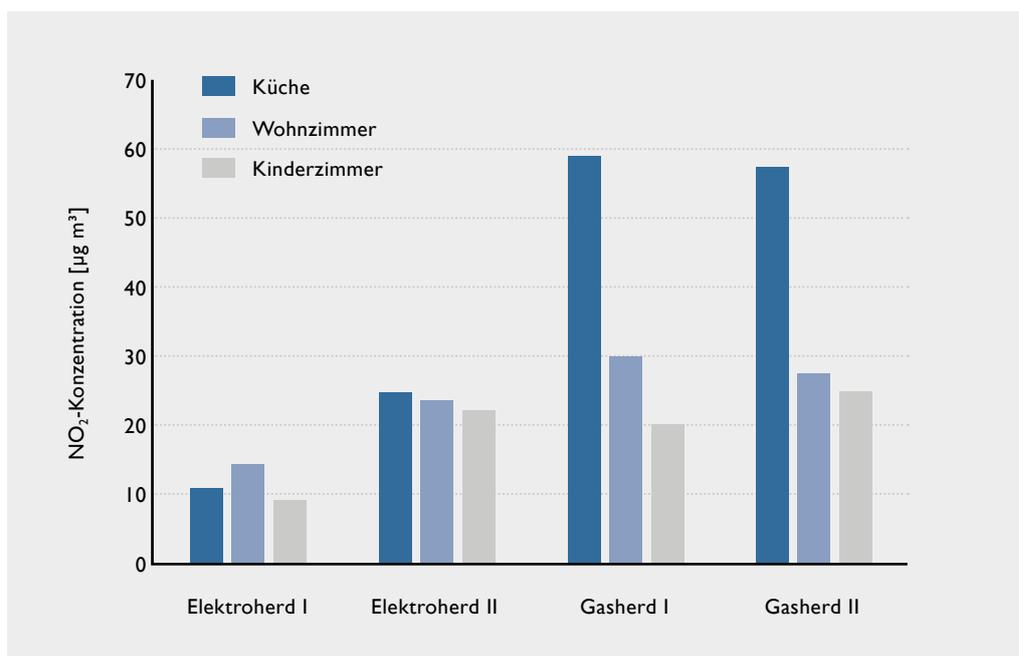
tergrundwert von NO₂. Dieser Hintergrundwert liegt bei entsprechenden Häusern ohne Gasherd zwischen 25 und 75 ppb (47 bis 141 µg/m³). In Haushalten mit Gasherd können die Spitzenwerte in der Küche 200 bis 1.000 ppb (376 bis 1.880 µg/m³) erreichen. Die Studie von Marbury et al. (1988) zeigt, dass die NO₂-Konzentrationen in Aktivitätsräumen, die an die Küche angrenzen, und im Kinderzimmer in Häusern mit Gasherden um das Fünffache höher waren als in Häusern, in denen mit einem Elektroherd gekocht wurde.

Auch Wade III et al. (1975) konnten zeigen, dass die NO₂-Werte in Innenräumen in direktem Zusammenhang mit der Verwendung des Gasherdes stehen. Die Ergebnisse der zeitaufgelösten Messungen zeigen rapide ansteigende NO₂-Konzentrationen in den Küchen der untersuchten Häuser, wenn der Gasherd in Gebrauch ist. NO₂ wurde von den Gasherden in den Häusern in ungefähr gleichen Mengen erzeugt. Die gemessenen Konzentrationen in den Innenräumen waren ausnahmslos höher als in der wohnungsnahen Außenluft. Der normale Betrieb des Gasherdes führte häufig zu NO₂-Konzentrationen in der Küche, die im Durchschnitt während einer zweiwöchigen Probenahmezeit über 100 µg/m³ lagen.

Auch Kaulbach und Hogh (1991) konnten den Effekt von Gasherden auf die Innenraumkonzentration an NO₂ bestätigen (ABBILDUNG 1). Bei einer Feldstudie untersuchten sie die NO₂-Konzentration im Kinderzimmer von 581 Wohnungen. In einer Unterstichprobe von 87 Haushalten wurde neben dem Kinderzimmer auch das Wohnzimmer und die Küche beprobt. Hier war festzuhalten, dass die Küche am deutlichsten von der NO₂-Quelle beeinflusst wurde. Andere Räume der Wohnungen wie Wohn- und Kinderzimmer waren bereits weit weniger betroffen.

Beim normalerweise zeitlich begrenzten Betrieb eines Gasherdes entstehen im Raum hohe, kurzzeitige Spitzenbelastungen an NO₂. Lebrecht et al. (1987) bestimmten entsprechende Konzentrationswerte von bis zu 3.800 µg/m³ in der Küche. Doch bereits nach

ABBILDUNG I
 NO₂-Konzentration in
 Innenräumen, getrennt
 nach Nutzungsart und
 verwendetem Herdtyp.



Die Erhebung beruht auf insgesamt 87 Haushalten in 5 Städten der ehemaligen DDR (Kaulbach, Hogh 1991).

einer Stunde konnte ein Abfall der Konzentrationswerte beobachtet werden (TABELLE I). Zwar lagen die NO₂-Werte über 24 Stunden nach dem Kochvorgang teilweise noch im erhöhten Bereich vor, doch stellten sie nur noch einen Bruchteil der Ausgangskonzentration dar.

Moriske und Turowski (2000) weisen darauf hin, dass Stickstoffoxide auch beim Abbrand von Kerzen oder beim Gebrauch von Lampenölen in die Raumluft abgegeben werden. Gerade in der vorweihnachtlichen Zeit, in der häufig auch weniger gelüftet wird, können in kleineren Räumen kurzfristig erhöhte NO₂-Gehalte entstehen.

DAS VERHÄLTNISS VON NO₂ IM INNENRAUM ZUR AUSSENLUFT

Cyrys et al. (2000) untersuchten in ihrer Feldstudie in 405 deutschen Wohnungen auch das Verhältnis der NO₂-Konzentration zwischen Innenraum und Außenluft. Demnach kommt NO₂ im Wohn- und Schlafzimmer statistisch betrachtet in weniger als der halben Konzentration verglichen mit der Außenluft vor. Kein einziger Wochenmittelwert in einer Wohnung lag oberhalb 40 µg/m³, dem Jahresmittelwert des EU-Außenluftgrenzwerts. Eine Fortsetzung dieser Studie in 631 Wohnungen konnte diese Verhältnisse der Konzentrationen von NO₂ in der Innen-

TABELLE I
 Spannweite der maximalen 1-Minuten-, 1-Stunden- und 24-Stunden-Mittelwerte in 12 niederländischen Haushalten (nach Lebret et al. 1987).

| Messstandort | Maximum NO ₂ -Konzentration (µg/m ³) | | |
|--------------|---|----------------|-----------------|
| | 1-min-Mittelwert | 1-h-Mittelwert | 24-h-Mittelwert |
| Küche | 400–3.808 | 230–2.055 | 53–478 |
| Wohnzimmer | 195–1.007 | 101–879 | 49–259 |
| Schlafzimmer | 57–806 | 48–718 | 22–100 |

beziehungsweise Außenluft bestätigen (Topp et al. 2004).

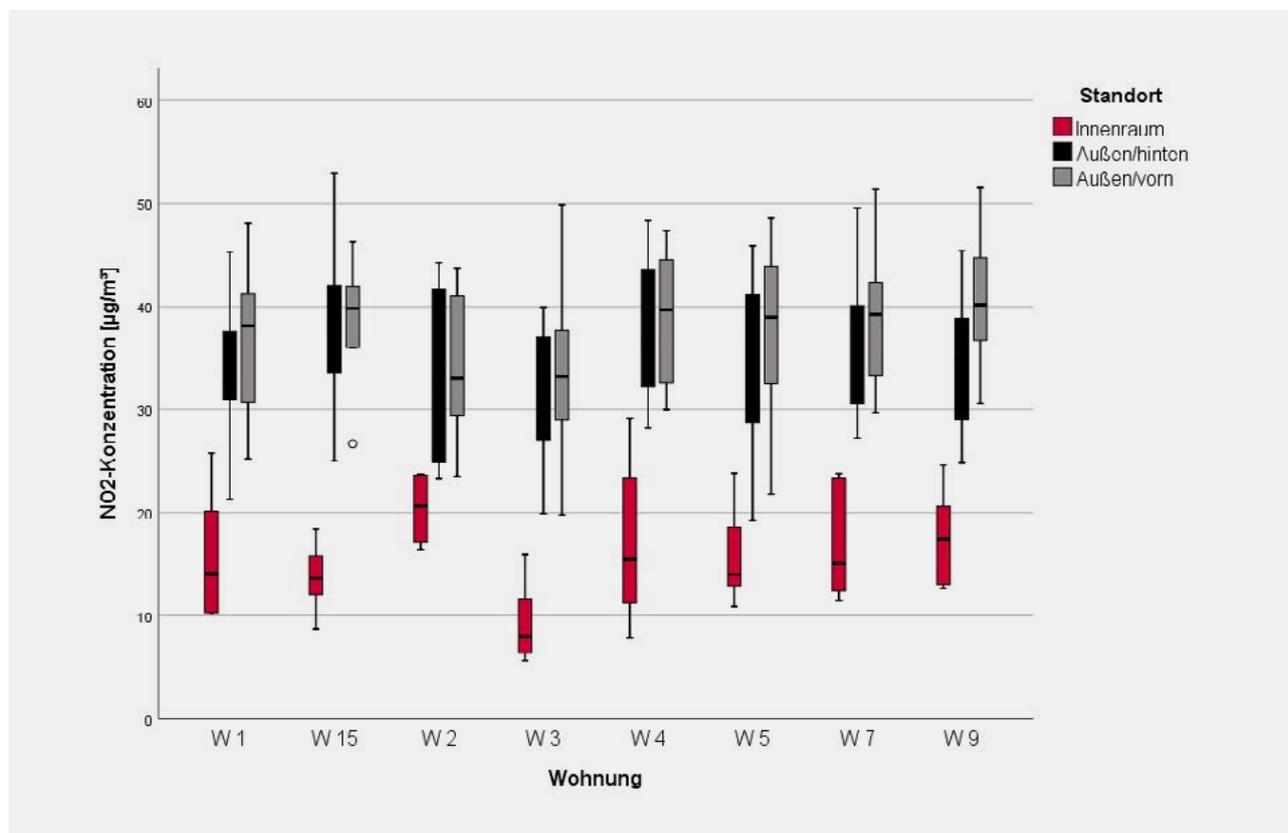
Die Tatsache, dass NO_2 im Innenraum am häufigsten in etwa der halben Konzentration auftritt wie in der Außenluft, bestätigte auch die Studie von Meier et al. (2015). Hier wurden 80 Wohnungen in der Schweiz aus vier überwiegend städtischen Bereichen untersucht. Auch hier war die Höhe der Innenraumkonzentration im Median gleich oder weniger als die Hälfte der Konzentration in der Außenluft. Bei dieser Feldstudie wurde bei 198 Messungen nur ein einziges Mal ein Wochenmittelwert von mehr als $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Wie stark der Außenlufteintrag die Innenraumluftkonzentration beeinflusst, hat 2010 das Umweltbundesamt in einer Studie mit acht Berliner Wohnungen untersucht (Fiedler et al. 2010; **ABBILDUNG 2**). Befinden sich im Innenraum keine weiteren NO_2 -Quellen, so stellt der Eintrag aus dem Straßenverkehr in die Außenluft die wesentlichste Quelle für NO_2 im Innenraum dar. Deshalb wurden

Wohnungen im Innenstadtbereich, in der Nähe der Stadtautobahn – einem „Bereich der durch örtlichen Verkehrsbeitrag geprägten NO_2 -Belastungen“ – ausgewählt. Fiedler et al. (2010) bestätigten ebenfalls, dass die NO_2 -Konzentration im Innenraum deutlich geringer war als in der wohnungsnahen Außenluft. Die einzige Ausnahme stellte eine Wohnung dar, in der aktiv geraucht wurde. Bei dieser Wohnung wurden unter sommerlichen Witterungsverhältnissen vergleichbare Werte im Innenraumbereich wie in der Außenluft gemessen.

Die Korrelation zwischen der Konzentration im Innenraum und in der Außenluft hängt von Faktoren wie dem Schadstoffeintrag von außen, der Emission von Quellen im Innenraum und dem Abklingverhalten von NO_2 im Innenraum ab. So sind zum Beispiel die Korrelationen zwischen den Werten im Innenraum und in der Außenluft im Sommer höher, bedingt durch die Tatsache, dass während der warmen Jahreszeit häufiger über

ABBILDUNG 2
 Verteilung der NO_2 -Konzentration in bzw. an Wohnungen in der Nähe der Berliner Stadtautobahn (nach Fiedler et al. 2010).



die Fenster gelüftet wird. Fiedler et al. (2010) konnten bestätigen, dass aufgrund der unterschiedlichen Belüftung in den beiden Jahreszeiten die Differenz der Außenluft- und Innenraumkonzentration in den Sommermonaten geringer ist als in den Wintermonaten. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Lage der Wohnung – zur Straßenseite zu- oder abgewandt („vorne“ bzw. „hinten“ in **ABBILDUNG 2**) – und auch örtliche Winde und Windrichtungen die NO_2 -Konzentration im Innenraum beeinflussen können.

Im Gegensatz zu den anderen vorgestellten Studien, bei denen Mittelwerte aus Passivmessungen über mehrere Tage ermittelt wurden, gehören Krause et al. (2019) zu den wenigen Studien, die tatsächlich auch das zeitaufgelöste Verhalten von NO_2 im Innenraum untersucht haben. Diese Studie untersuchte drei exemplarische Wohnungen in Berlin über je eine Woche. Zum Einsatz kamen im Innenraum und in der Außenluft zwei tragbare Messsysteme. Die zeitlichen Konzentrationsverläufe in **ABBILDUNG 3** zeigen starke zeitliche Schwankungen, wobei Innenraum- und Außenluftwerte zeitlich eng aufeinander folgten. Dies ist ein klarer Hinweis, dass in solchen Fällen die Außenluft die Quelle für NO_2 im Innenraum darstellt.

Auch in dieser Studie war das Verhältnis NO_2 (Innenraum) / NO_2 (Außenluft) (I/O-Verhältnis) letztlich im statistischen Mittel unter 1. Generell ist diese Tatsache erklärbar

durch den Abbau des reaktiven NO_2 an den Oberflächen von Innenräumen (Spicer et al. 1989). Die Absorption an Oberflächen, die offenbar auch stark materialabhängig ist, entzieht der Raumluft NO_2 und sorgt somit bei Abwesenheit von Innenraumquellen für systematisch niedrigere Konzentrationen im Innenraum. Numerische Simulationen der NO_2 -Konzentration in Innenräumen führen bei den in Deutschland typischen Luftwechselraten ebenfalls zu I/O-Verhältnissen in der Größenordnung von 0,5 und weniger (Salthammer et al. 2018).

GRENZ- UND RICHTWERTE FÜR NO_2

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden von einigen Organisationen Grenz- und Richtwerte abgeleitet, anhand derer beurteilt werden kann, ob in einem konkreten Fall eine gesundheitliche Gefährdung vorliegt (**TABELLE 2**).

Für die Einschätzung einer Belastungssituation ist es wichtig, die zutreffende Belastungsdauer (d. h. den Betrachtungszeitraum) zu kennen. Denn für die Ableitung der Langzeit-Richt- und Grenzwerte wurden zum Teil andere Studien verwendet als für die Ableitung der Kurzzeitwerte. Deshalb dürfen „Kurzzeitwerte nicht für die Beurteilung der

ABBILDUNG 3
Zeitlicher Verlauf der NO_2 -Konzentration im Innenraum und in der angrenzenden Außenluft in einem ruhigen Wohngebiet (nach Krause et al. 2019).

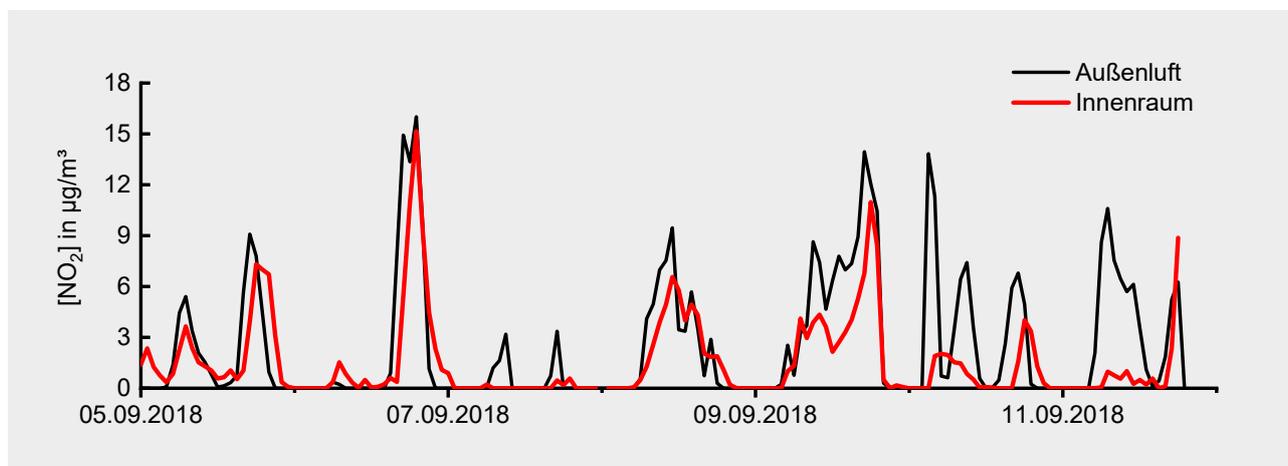


TABELLE 2
 Beurteilungswerte; Auszug aus "Häufig gestellte Fragen (FAQ) zum Thema Stickstoffdioxid – gesundheitliche Bedeutung und die Rolle von Grenzwerten" (UBA 2019).

| | EU-Außenluftgrenzwerte | Arbeitsplatzgrenzwerte | Innenraumrichtwerte |
|----------------|---|---|---|
| Langzeitwerte | Immissionsgrenzwert 40 µg/m ³ Jahresmittel | - | 40 µg/m ³ Jahresmittel ¹ |
| Kurzzeitwerte | Immissionsgrenzwert 200 µg/m ³ Einstundenmittel ² Alarmschwelle 400 µg/m ³ 3 Stundenmittel ³ | - | Kurzzeitrichtwert I Vorsorgewert 80 µg/m ³ Einstundenmittel ⁴ Kurzzeitwert II Gefahrenwert 250 µg/m ³ Einstundenmittel ⁴ |
| Arbeitsschicht | - | 950 µg/m ³ Schichtmittel (meist 8 Stunden) | - |
| Schützt: | Gesamtbevölkerung | Arbeitnehmende an speziellen Arbeitsplätzen | Gesamtbevölkerung |

- 1 Der Langzeitwert basiert auf einer Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation. Dieser ist für die Außenluft und Innenraumluft identisch.
- 2 Darf nicht mehr als 18-mal pro Jahr überschritten werden.
- 3 Messungen in drei aufeinander folgenden Stunden.
- 4 Ableitungen durch den Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR).

Langzeitbelastung und umgekehrt herangezogen werden“ (UBA 2019).

Bei den EU-Außenluftgrenzwerten handelt es sich um gesetzlich festgelegte Werte, auf deren Grundlage die Luftqualität kontinuierlich überwacht und Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durchgeführt werden. Bei Einhaltung dieser gesetzlich bindenden Grenzwerte geht man davon aus, dass die Gesundheit der Bevölkerung durch diesen Luftschadstoff nicht beeinträchtigt wird, auch wenn man diesem ein Leben lang ausgesetzt ist. Basierend auf den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat die EU einen Jahresmittelwert von 40 µg/m³ für NO₂ in der Außenluft festgelegt. Für die Bewertung einer Kurzzeitbelastung hat die EU einen Einstundenmittelwert von 200 µg/m³ festgelegt, der – entgegen den WHO-Empfehlungen – nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Die WHO hingegen erlaubt keine Überschreitung des Stundenmittelwertes. Um eine akute Belastungssituation durch erhöhte NO₂-Konzentrationen zu erkennen, wurde von der EU der Alarmschwellenwert von 400 µg/m³ als 3 Einstundenmittel abgeleitet. Das heißt: In drei aufeinanderfolgenden Stunden darf der Stundenmittelwert 400 µg/m³ nicht überschreiten. Andernfalls müssen die zuständigen Behörden Reduzierungsmaßnahmen ergreifen.

Für die Bewertung der Innenraumbelastung durch NO₂ werden die Innenraumrichtwerte angewendet. Diese Beurteilungswerte werden vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) abgeleitet, einem Gremium von Fachleuten des Bundes und der Länder (AIR 2019). Die Innenraumrichtwerte haben im Gegensatz zu den Außenluftgrenzwerten keinen gesetzlichen Charakter. Für die Beurteilung einer langfristigen Belastungssituation hat der AIR als Jahresmittelwert einen Richtwert von ebenfalls 40 µg/m³ abgeleitet.

Für die Beurteilung der kurzfristigen Belastungen wurde zum einen ein Vorsorgewert, auch Richtwert I genannt, von 80 µg/m³, einem Einstundenwert abgeleitet. Bei Unter-

trationen zu erkennen, wurde von der EU der Alarmschwellenwert von 400 µg/m³ als 3 Einstundenmittel abgeleitet. Das heißt: In drei aufeinanderfolgenden Stunden darf der Stundenmittelwert 400 µg/m³ nicht überschreiten. Andernfalls müssen die zuständigen Behörden Reduzierungsmaßnahmen ergreifen.

schreitung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass auch bei lebenslanger Exposition mit NO₂ keine Beeinträchtigung der Gesundheit, insbesondere bei empfindlichen Personen, zu erwarten ist. Zum anderen gibt es den Gefahrenwert, auch Richtwert II genannt, von 250 µg/m³ ebenfalls ein Einstundenwert. Bei NO₂-Konzentrationen ab 250 µg/m³ kann eine gesundheitliche Beeinträchtigung von empfindlichen Personen nicht mehr ausgeschlossen werden und es müssen Reduzierungsmaßnahmen ergriffen werden.

Neben den EU-Außenluftgrenzwerten und den Innenraumrichtwerten wurden zum Schutz der Gesundheit von Beschäftigten Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) abgeleitet. Diese Werte werden für die Beurteilung der Belastungssituation am Arbeitsplatz herangezogen. Für NO₂ wurde ein AGW von 950 µg/m³ als Mittelwert einer Arbeitsschicht (in der Regel 8 Stunden) festgelegt. Bei Unterschreitung dieses Wertes sind bei einer 8-stündigen Schicht und einer Wochenarbeitszeit von 40 Stunden keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten.

FAZIT

Feldstudien unter Berücksichtigung einer großen Zahl an Wohnungen zeigen, dass die NO₂-Konzentration im Innenraum im statistischen Mittel etwa halb so hoch ist wie in der Außenluft, sofern keine bedeutenden NO₂-Quellen im Innenraum vorhanden sind. Zeitauflösende Studien, welche die NO₂-Konzentration während und nach Gebrauch einer NO₂-Quelle gemessen haben, zeigen teils sehr hohe kurzzeitige Spitzenwerte für NO₂. Diese fallen je nach Grad der Belüftung des Raumes aber in aller Regel wieder relativ schnell ab.

Werden NO₂-Quellen im Innenraum genutzt, sollte aus Vorsorgegründen auf eine ausreichende Belüftungsmöglichkeit geachtet werden. Beim Einbau eines Gasherdes kann zum Beispiel eine Dunstabzugshaube mit einer Abluftführung nach draußen planerisch berücksichtigt werden.

Erhöhte Konzentrationen aufgrund der Nutzung von Innenraumquellen stellen zwar kurzfristig erhöhte Belastungen mit NO₂ dar, sie sind aber nicht mit den Auswirkungen einer lebenslangen niedrigen Belastung zu vergleichen. Kurzfristige und seltene Belastungen bleiben im Allgemeinen ohne gesundheitliche Folgen. Liegt beim Menschen bereits eine Erkrankung vor, so können diese Belastungen zu einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes führen.

Insgesamt ist es aus Vorsorgegründen wichtig, bei Anwesenheit von Innenraumquellen für eine ausreichende Belüftung zu sorgen. Im Gegensatz zur Außenluft kann jeder Bewohner selbst Einfluss auf die NO₂-Konzentration im Innenraum nehmen. ●

LITERATUR

AIR – Ausschuss für Innenraumrichtwerte (2019): Richtwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) in der Innenraumluft. Mitteilung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR). Bundesgesundheitsbl. 62(5): 664–676. DOI: 10.1007/s00103-019-02891-4.

Alberts WM (1994): Indoor air pollution: NO, NO₂, CO, and CO₂. Journal of Allergy and Clinical Immunology 94(2): 289–295. DOI: 10.1016/0091-6749(94)90088-4.

Cyrys J, Heinrich J, Richter K et al. (2000): Sources and concentrations of indoor nitrogen dioxide in Hamburg (West Germany) and Erfurt (East Germany). Science of the Total Environment 250(1-3): 51–62. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00361-2.

Fiedler J, Lüdecke A, Moriske HJ (2010): NO₂-Konzentrationen in der Innenraumluft von Wohnungen in verkehrsbelasteten Stadtgebieten. Eine Fallstudie in Berlin. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst, 1: 12–18.

Kaulbach S., Hogh HJ (1991): Stickstoffdioxid-Belastung der Raumluft in Wohnungen. Gesundheits-Ingenieur, Haustechnik, Bauphysik, Umwelttechnik 112(3): 129–133.

Krause A, Zhao J, Birmili W (2019): Kostengünstige Sensoren und Innenraumluftqualität: Eine Testuntersuchung in drei Privathaushalten in Berlin (Low-cost sensors and indoor air quality: A test study in three residential homes in Berlin, Germany). Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 79 (3): 87–92.

Lebret E, Noy D, Boleij J et al. (1987): Realtime concentration measurements of CO and NO₂ in twelve homes. Indoor Air '87, Berlin, Vol. 1: 435–439.

Marbury MC, Harlos DP, Samet JM et al. (1988): Indoor residential NO₂ concentrations in Albuquerque, New Mexico. Journal of the Air & Waste Management Association 38(4): 392–398. DOI: 10.1080/08940630.1988.10466388.

Meier R, Eeftens M, Phuleria HC et al. (2015): Differences in indoor versus outdoor concentrations of ultrafine particles, PM_{2.5}, PM absorbance and NO₂ in Swiss homes. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology 25(5): 499–505. DOI: 10.1038/jes.2015.3.

Moriske HJ (2000): Chemische Innenraumverunreinigungen. Kapitel III-4.2 aus: Moriske HJ und Turowski E: Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, 3. Erg. Lfg. 3/2000: 6–7.

Salthammer T, Schieweck A, Gu J et al. (2018): Future trends in ambient air pollution and climate in Germany – Implications for the indoor environment. Building and Environment 143: 661–670. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.07.050.

Spicer CW, Coutant RW, Ward GF et al. (1989): Rates and mechanisms of NO₂ removal from indoor air by residential materials. Environment International 15 (1–6): 643–654. DOI: 10.1016/0160-4120(89)90087-1.

Topp R, Cyrys J, Gebefügi I et al. (2004): Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and NO₂: correlation of repeated measurements. Journal of Environmental Monitoring 6(10): 807–812. DOI: 10.1039/B405537C.

UBA – Umweltbundesamt (2019): Häufig gestellte Fragen (FAQ) zum Thema Stickstoffdioxid – gesundheitliche Bedeutung und die Rolle von Grenzwerten. Hrsg.: Umweltbundesamt und Kommission Umweltmedizin und Environmental Public Health. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/stickstoffoxide/stickstoffdioxid-gesundheitliche-bedeutung-von>, Stand vom 31.01.2019 (Zugriff am 12.02.2020).

Wade III WA, Cote WA, Yocom JE (1975): A study of indoor air quality. Journal of the Air Pollution Control Association 25(9): 933–939. DOI: 10.1080/00022470.1975.10468114.

KONTAKT

Dr. Wolfram Birmili
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.3 "Innenraumhygiene, gesundheitsbezogene Umweltbelastungen"
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: wolfram.birmili[at]uba.de

[UBA]

Luftqualität für unterwegs: Die UBA-App „Luftqualität“

Air quality to go: UBA's "air quality" app

ZUSAMMENFASSUNG

Die Luftqualität wird deutschlandweit stündlich überwacht. Rund 99 Prozent der Daten stammen von Messstationen der Bundesländer, die der Überwachung der Luftqualität zum Schutz der menschlichen Gesundheit dienen. Im Umweltbundesamt (UBA) werden die aktuellen Messdaten von circa 400 automatischen Stationen zusammengeführt und stehen mit einer Verzögerung von einer Stunde via App und Luftdatenportal auf der UBA-Webseite zur Verfügung. Somit ist es überall und jederzeit möglich, sich über die aktuelle Luftqualität an einer Station der Wahl oder über die Gesamtsituation in Deutschland zu informieren. Die kostenlose und werbefreie Android- und iOS-App „Luftqualität“ des Umweltbundesamtes stellt stündlich Daten für die gesundheitsgefährdenden Schadstoffe Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid und Ozon zur Verfügung. Ein Luftqualitätsindex informiert zudem auf einen Blick über die Luftqualität an jeder Station und gibt Gesundheitstipps für Aktivitäten im Freien. Auch der Empfang von Warnhinweisen kann aktiviert werden, um bei schlechter Luftqualität schnell informiert zu sein.

SUSAN KESSINGER,
ANDREA MUES

ABSTRACT

The air quality in Germany is monitored every hour. About 99 percent of the data are delivered by monitoring stations of the federal states. The monitoring stations are operated by the federal states to monitor the air quality for the protection of human health. The up-to-date measured data of about 400 monitoring stations are collected by the German Environment Agency (UBA). One hour after the data is recorded, the data are available via app and internet. Thereby it is possible to obtain information on the current air quality at a selected station or across Germany. The free and ad-free app „Luftqualität“ (which means air quality) for Android and iPhone devices by the German Environment Agency is launched in August 2019. The app posts hourly updated data on harmful pollutants such as particulate matter (PM₁₀), nitrogen dioxide and ozone. Furthermore, an air quality index provides an instant view of the air quality at every station and issues health advices about doing outdoor activities. Users can choose to receive warning alerts when air quality is poor.

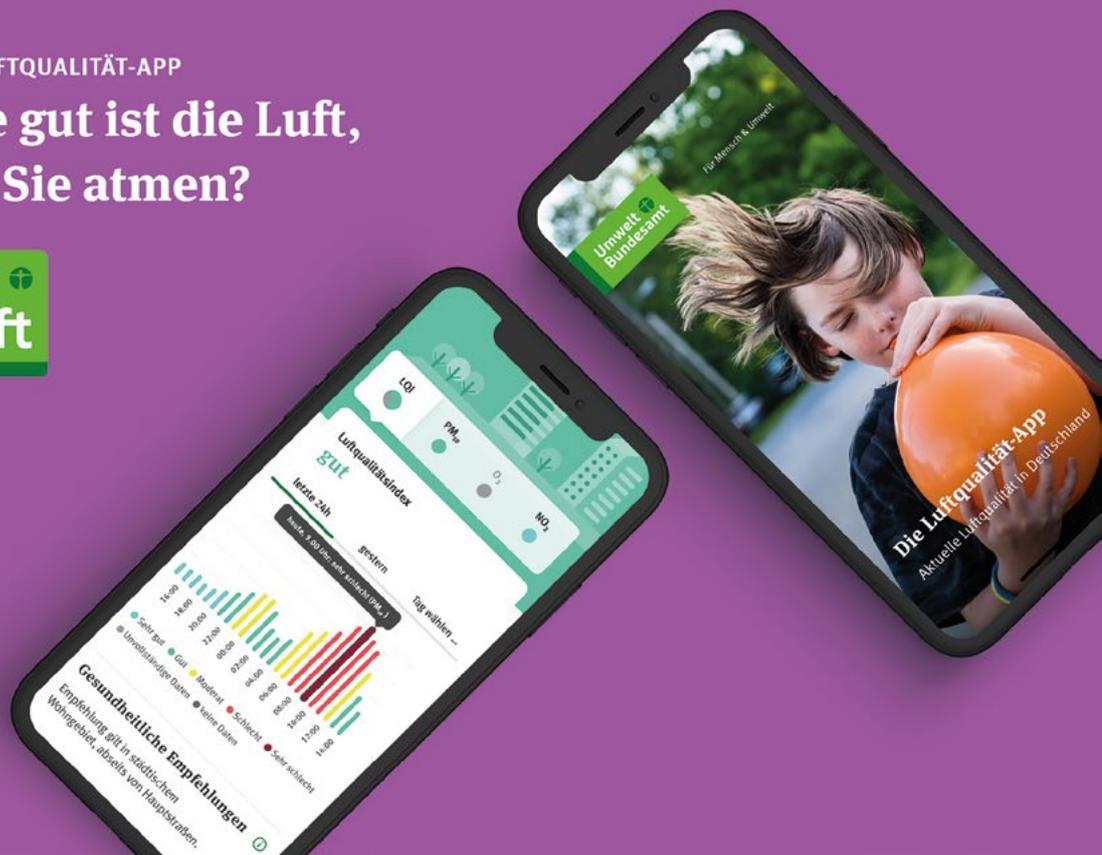
GUTE ODER SCHLECHTE LUFTQUALITÄT? – DER LUFTQUALITÄTSINDEX

Der Luftqualitätsindex (LQI) zeigt auf einen Blick, wie gut die Luftqualität in der Umge-

bung der Messstationen ist. Der LQI wird in fünf Klassen von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ unterteilt (TABELLE 1). Er ergibt sich stündlich aktuell aus den Konzentrationen der drei Schadstoffe Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀) und Ozon. Der schlechteste Einzelwert

DIE LUFTQUALITÄT-APP

Wie gut ist die Luft, die Sie atmen?



Die Luftqualitäts-App des UBA informiert zeitnah über die Luftqualität an allen automatischen Messstationen in Deutschland.

der drei gemessenen Konzentrationen bestimmt dabei den LQI. Fehlt an einer Station die Messung mindestens einer der drei Index-Schadstoffe, wird dies durch das Symbol des unvollständigen Kreises gekennzeichnet (ABBILDUNG 1). Diese Information ist von Bedeutung, denn an diesen Stationen kann eine

vermeintlich bessere Luftqualität ausgewiesen werden, als dort tatsächlich herrscht. Entsprechend der Indexklassen werden Verhaltensempfehlungen ausgegeben (TABELLE 2).

TABELLE 1
Klasseneinteilung des LQI für die drei Schadstoffe.

| LQI | Stundenmittel NO ₂ in µg/m ³ | stündlich gleitendes Tagesmittel PM ₁₀ in µg/m ³ | Stundenmittel O ₃ in µg/m ³ |
|---------------|---|---|--|
| sehr schlecht | >200 | >100 | >240 |
| schlecht | 101–200 | 51–100 | 181–240 |
| mäßig | 41–100 | 36–50 | 121–180 |
| gut | 21–40 | 21–35 | 61–120 |
| sehr gut | 0–20 | 0–20 | 0–60 |



ABBILDUNG 1
Deutschlandweite
Ansicht aller Indexwerte
am 1. Februar 2019,
13 Uhr.

| LQI | Empfehlungen |
|---------------|---|
| sehr schlecht | Negative gesundheitliche Auswirkungen können auftreten. Wer empfindlich ist oder vorgeschädigte Atemwege hat, sollte körperliche Anstrengungen im Freien vermeiden. |
| schlecht | Bei empfindlichen Menschen können nachteilige gesundheitliche Wirkungen auftreten. Diese sollten körperlich anstrengende Tätigkeiten im Freien vermeiden. In Kombination mit weiteren Luftschadstoffen können auch weniger empfindliche Personen auf die Luftbelastung reagieren. |
| mäßig | Kurzfristige nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit sind unwahrscheinlich. Allerdings können Effekte durch Luftschadstoffkombinationen und bei langfristiger Einwirkung des Einzelstoffes nicht ausgeschlossen werden. Zusätzliche Reize, z. B. ausgelöst durch Pollenflug, können die Wirkung der Luftschadstoffe verstärken, so dass Effekte bei empfindlichen Personengruppen (z. B. Asthmatikern) wahrscheinlicher werden. |
| gut | Genießen Sie Ihre Aktivitäten im Freien, gesundheitlich nachteilige Wirkungen sind nicht zu erwarten. |
| sehr gut | Genießen Sie Ihre Aktivitäten im Freien. Beste Voraussetzungen, um sich ausgiebig im Freien aufzuhalten. |

TABELLE 2
Verhaltensempfehlungen
in Abhängigkeit des LQI.

DIE UBA-APP „LUFTQUALITÄT“

Mit der UBA-App „Luftqualität“ hat man immer und überall Zugriff auf den Luftqualitätsindex und die Luftmessdaten der drei Schadstoffe Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid und Ozon. Die Werte einer bestimmten

Messstation kann man sich auf drei einfachen Wegen anzeigen lassen (ABBILDUNG 2):

- Lokalisierung: Anzeige der nächstgelegenen Stationen
- Antippen: Auswahl einer beliebigen Station in der Deutschlandkarte
- Freitextsuche: Suchen nach bestimmten Orten/Stationsnamen

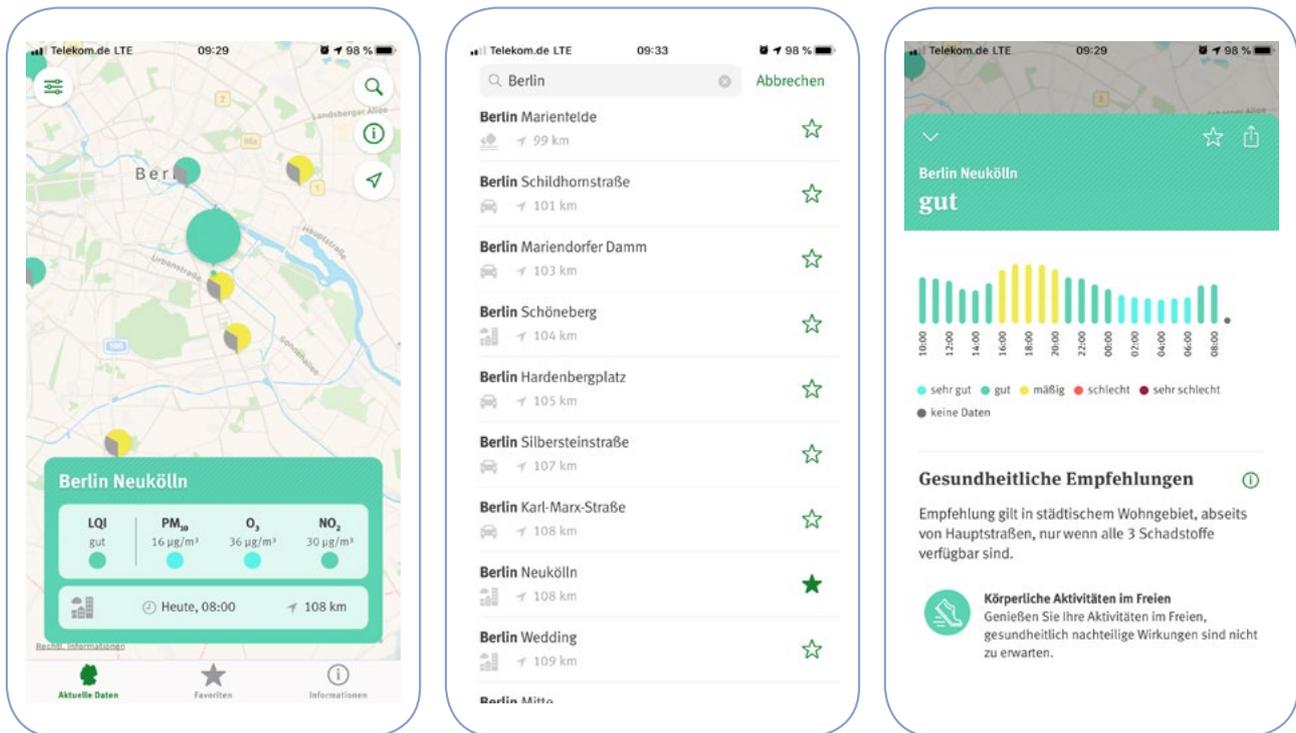


ABBILDUNG 2
Verschiedene Anzeigen für Messwerte in der App „Luftqualität“.

Links: Überblick über die Messstationen in Berlin mit ausgewähltem guten Luftindex an der Station Berlin Neukölln.
Mitte: Ergebnisse der Freitextsuche für Berlin.
Rechts: Verlauf des LQI in den vergangenen 24 Stunden.

Gekennzeichnet ist auch immer der Messstationstyp (städtisch, ländlich, verkehrsnah, industrienah). Dies gibt erstens Auskunft über die Beschaffenheit des Standortes und zweitens über die Hauptschadstoffquelle nahe der Messstation. Außerdem lässt er Rückschlüsse auf die räumliche Repräsentativität der Station zu. Wählt man eine Station aus, entspricht die Hintergrundfarbe der Anzeige dem aktuellen LQI und ermöglicht so einen schnellen Überblick über die aktuelle Güte der Luftqualität an dieser Station. Die Detailansicht zeigt zudem den Verlauf des LQI und der Einzelmesswerte für die letzten 24 Stunden oder einen frei wählbaren Tag.

Entsprechend der Qualität der Luft an einer Messstation sind auch gesundheitliche Empfehlungen definiert. Diese können helfen, das Verhalten an die konkrete Situation der Luftqualität anzupassen. Es ist zu beachten, dass die Empfehlungen nur gelten, wenn Messungen aller drei Schadstoffe vorliegen. Außerdem sind die Indexwerte je nach Stationstyp auf unterschiedlich große Gebiete rund um die Station übertragbar.

Mit Hilfe einer Favoritenliste können beliebige Stationen definiert werden, die wiederholt von Interesse sind (ABBILDUNG 3). Für diese Favoriten können morgendliche Statusinformationen und stündliche Warnhinweise bei schlechter Luftqualität aktiviert werden. Empfindliche Personen können sich bereits bei einem mäßigem LQI warnen lassen.

Um zahlreichen Nutzerfeedbacks und fachlichen Neuerungen Rechnung zu tragen, wird die App „Luftqualität“ kontinuierlich weiterentwickelt. Neben einer Vielzahl von kleineren Anpassungen wird die nächste Version der App zusätzlich zu den zeitnahen und vergangenen Luftqualitätsdaten auch Vorhersagen der zu erwartenden Ozonkonzentrationen anbieten. Sind die prognostizierten Werte zu hoch, werden in der neuen Version Warnmeldungen verschickt. Zudem wird die App dann als extra Tablet-Version zur Verfügung stehen.

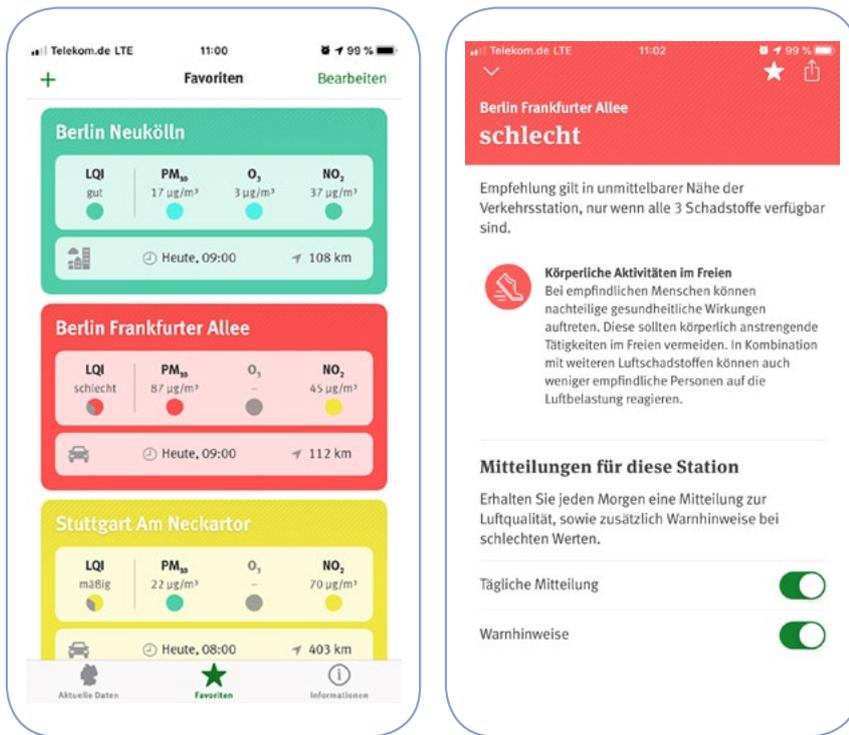


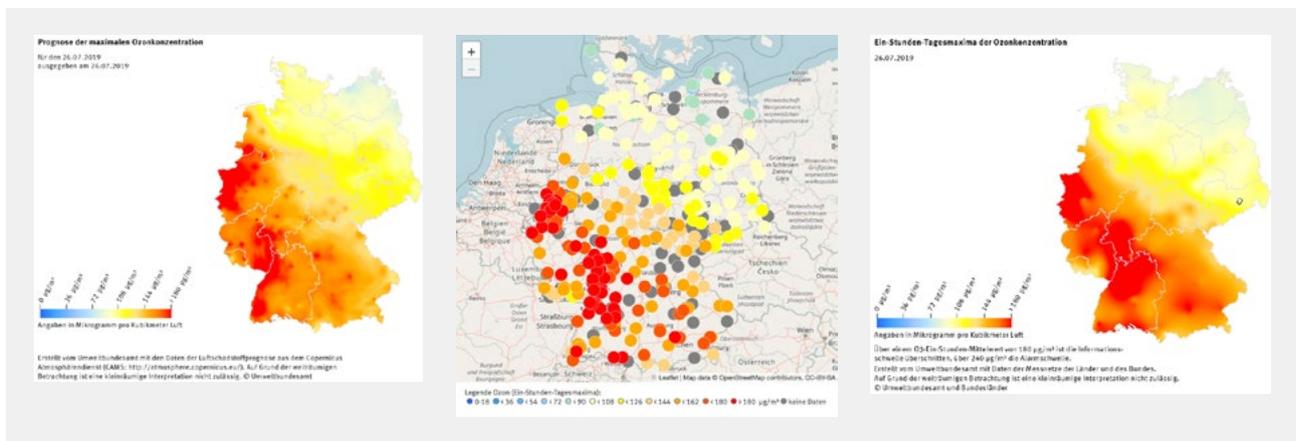
ABBILDUNG 3
Links: Favoritenansicht,
Rechts: Aktivierte
tägliche Mitteilung und
Warnhinweise für Berlin
Frankfurter Allee.

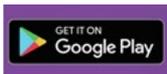
DAS LUFTDATENPORTAL

Für umfassendere Informationen und Recherchen zur Luftqualität aktuell und in der Vergangenheit steht das erweiterte und neugestaltete Internet-Luftdatenportal des UBA zur Verfügung. Neu ist auch hier der Luftqualitätsindex, der genau wie in der App einen schnellen Überblick über die aktuelle Situation gibt. Mit dem Luftdatenportal können die Daten aller automatischen Messstatio-

nen deutschlandweit oder nach individueller Auswahl visualisiert werden. Es beinhaltet deutschlandweite Konzentrationskarten, die zeigen, wie hoch die Belastung durch die drei Schadstoffe Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid und Ozon ist und – anders als bei der App – auch durch Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid. Für den Schadstoff Ozon ist hier bereits eine Vorhersage für den aktuellen Tag und die kommenden zwei Tage verfügbar (ABBILDUNG 4).

ABBILDUNG 4
Ozonwerte am 26. Juli
2019.
Links: Vorhersage.
Mitte: gemessene Werte
an den Stationen.
Rechts: interpolierte
Karte aus Messdaten.





Für alle fünf Schadstoffe sind die gemessenen Konzentrationsdaten jeder Messstation als Diagramm oder Download abrufbar. Für das laufende Jahr werden Grenz- und Zielwertüberschreitungen für Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid und Ozon aufgelistet. Zum Vergleich mit den Vorjahren stehen Jahresbilanzen zurück bis zum Jahr 2000 zur Verfügung. ●

INTERNETSEITEN

- <https://www.umweltbundesamt.de/app-luftqualitaet>
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luft-daten/>
- <https://www.umweltbundesamt.de/berechnungsgrundlagen-luftqualitaetsindex>

KONTAKT

Umweltbundesamt
Fachgebiet II 4.2 „Beurteilung der Luftqualität“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [immission\[at\]uba.de](mailto:immission[at]uba.de)

[UBA]

Risiken und Nutzen von E-Zigaretten

Risks and Benefits of E-Cigarettes

ZUSAMMENFASSUNG

Das gesundheitliche Risiko des Rauchens wurde in vielen Studien belegt und der Anteil der rauchenden Bevölkerung in Deutschland ist in den letzten 50 Jahren stark gesunken. Eine Alternative zur konventionellen Tabakzigarette ist die E-Zigarette, die seit mehr als zehn Jahren auf dem Markt ist. Mit modernen E-Zigaretten können Nikotinkonzentrationen im Aerosol erreicht werden, die mit dem Rauch der konventionellen Tabakzigarette vergleichbar sind. Der Gehalt an anderen gesundheitlich bedenklichen Stoffen in den Aerosolen kann bei bestimmten Betriebsbedingungen um 90–95 Prozent reduziert werden. Die bisherige Studienlage deutet darauf hin, dass die gesundheitlichen Risiken deutlich reduziert sind im Vergleich zur Tabakzigarette, allerdings fehlen Langzeitstudien. Für Nichtraucher birgt die E-Zigarette ein vermeidbares gesundheitliches Risiko. Sie ist kein harmloses Lifestyle-Produkt.

ELKE PIEPER,
NADJA MALLOCK,
PETER LAUX,
ANDREAS LUCH

ABSTRACT

The health risk of smoking has been proven in multiple studies and the proportion of people who smoke in Germany has decreased significantly over the past 50 years. E-cigarettes are an alternative to the conventional tobacco cigarette and have been on the market for more than ten years. With modern e-cigarettes, it is possible to achieve nicotine levels in the aerosol comparable to the levels of nicotine in the smoke of conventional tobacco cigarettes. The content of other harmful substances in the aerosols can be reduced by 90–95 percent under certain operating conditions. Previous studies indicate that the health risks are significantly reduced compared to tobacco cigarettes, but long-term studies are missing. For non-smokers, the e-cigarette poses an avoidable health risk. It cannot be regarded as a harmless lifestyle product.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) beschreibt die Tabakepidemie als eine der größten Bedrohungen für das Gesundheitswesen, die es je gab. Mehr als acht Millionen Menschen sterben aufgrund des Tabakrauchens jährlich an Krankheiten wie Krebs, Herz-Kreislaufkrankungen und Schlaganfällen. Raucher, die sich der Schädlichkeit des Rauchens bewusst sind, haben meist zumindest einen Rauchstoppversuch probiert. Eine mögliche Hilfe beim Rauchstopp stellt eine Kombination aus Verhaltenstherapie

und Nikotinersatzprodukten dar. Allerdings ist diese Methode nicht für alle Raucher umsetzbar und geeignet. Die E-Zigarette ist für Raucher, die den Rauchstopp nicht einhalten können, eine neue Möglichkeit zur schadstoffreduzierten Nikotinaufnahme beziehungsweise schrittweisen Entwöhnung. Erste Untersuchungen zeigen, dass es langjährigen Rauchern mithilfe der E-Zigarette gelingen kann, auf das Tabakrauchen zu verzichten und zwar doppelt so häufig wie mit Nikotinersatzpräparaten (Hajek et al. 2019).



Quelle: BfR.

Umfragen bestätigen ebenfalls, dass die meisten E-Zigaretten-Konsumenten mit dem Dampfen angefangen haben, um vom Rauchen wegzukommen. Wenn nikotinhaltige Liquids konsumiert werden, besteht jedoch nach wie vor die Gefahr der Nikotinabhängigkeit.

WIE FUNKTIONIERT DAS DAMPFEN?

Eine E-Zigarette ist ein batteriebetriebenes System, in dem eine Flüssigkeit erhitzt wird, um ein Aerosol zu erzeugen. Dieses Aerosol wird über ein Mundstück inhaliert. Die Flüssigkeit, das sogenannte E-Liquid, befindet sich in einer Kartusche, die ausgetauscht oder selbst befüllt werden kann. Das E-Liquid beinhaltet ein Verneblungsmittel (80–99 Prozent des Liquids), eine Mischung aus Propylenglycol und Glycerin, außerdem sind meistens in variablen Zusammensetzungen Nikotin und Aromastoffe als Geschmacksbildner enthalten. In den Medien wird die E-Zigarette sehr kontrovers diskutiert, von „E-Zigaretten sind schädlicher als Tabakzigaretten“ bis hin zu „E-Zigaretten retten Leben“. Für den Verbraucher ist die Berichterstattung zum Teil sehr unübersichtlich. Deshalb ist es wichtig, über die gesundheitlichen Risiken zu informieren. Nichtraucher gehen

mit der Verwendung der E-Zigarette ein erhöhtes und vermeidbares gesundheitliches Risiko ein. Raucher allerdings können von einem Umstieg profitieren. Charakteristische krebserzeugende Verbrennungsprodukte wie 1,3-Butadien oder Acrylnitril und einige andere Substanzen aus dem Tabakrauch können im Aerosol der E-Zigaretten nicht nachgewiesen werden (Goniewicz et al. 2014). Dennoch können die Aerosole in Abhängigkeit von der Art der E-Zigarette, dem Liquid sowie dem Nutzerverhalten schädliche Stoffe wie Formaldehyd und Acetaldehyd enthalten, die krebserzeugend sind oder im Verdacht stehen, krebserzeugend zu sein (Goniewicz et al. 2014; Hutzler et al. 2014; Farsalinos, Gillman 2017). Der Gehalt an Schadstoffen im Aerosol kann unter bestimmten Bedingungen aber auch deutlich unter dem konventioneller Tabakzigaretten liegen. Dagegen kann der Nikotingehalt des Aerosols von E-Zigaretten genauso hoch sein wie der des Tabakrauchs, weshalb die Inhalation nikotinhaltiger Aerosole ein Suchtpotenzial birgt. Durch die Aufnahme von Nikotin können außerdem chronische Krankheiten begünstigt werden, da sich Blutdruck und Herzfrequenz erhöhen können, Magensäure verstärkt gebildet wird, sowie die Adrenalinausschüttung aus der Nebenniere ansteigen kann.

WELCHE WEITEREN SCHÄDLICHEN SUBSTANZEN SIND IN DEN AEROSOLEN ENTHALTEN?

Im Aerosol können krebserzeugende Substanzen wie Formaldehyd und vermeintlich krebserzeugende Substanzen wie Acetaldehyd auftreten. Im Vergleich zur Tabakzigarette sind die Konzentrationen um 90–95 Prozent reduziert, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass bestimmte Einstellungen und Sicherheitsmerkmale beachtet werden (TABELLE 1; Counts et al. 2005; Goniewicz et al. 2014). In der Literatur werden auch thermische Zersetzungsprozesse der Liquids

| Produktkategorie | E-Zigarette | Tabakzigarette |
|--|---|--|
| Schadstoffgehalt im Rauch bzw. in den Emissionen | Stark reduziert Goniewicz et al. 2014 (pro 15 Züge) | Sehr hoch Counts et al. 2005 (pro Zigarette) |
| Acrylnitril | n. d. | 24 µg |
| 1,3-Butadien | n. d. | 103 µg |
| Benzol | n. d. | 88 µg |
| Acetaldehyd | 0,2–1,36 µg | 1.552 µg |
| Acrolein | n. d.–4,19 µg | 154 µg |
| Formaldehyd | 0,32–5,61 µg | 104 µg |
| Nikotin | Variabel (u. a. abhängig vom Gerät und vom Gehalt im Liquid) | 1,1–2,7 mg |
| (n. d. = nicht detektierbar) | | |

beschrieben, da in den meisten E-Zigaretten diese auf rund 200–220°C erhitzt werden (Gillman et al. 2016). Bekannt ist unter anderem, dass sich Glycerin bei Temperaturen ab 350°C in Acrolein, eine reizende und giftige Substanz, und ab Temperaturen über 600°C zusätzlich in Formaldehyd und Acetaldehyd zersetzt. Die Zusatzstoffe, Aromastoffe und Verunreinigungen im Liquid können die Zersetzungsprozesse zusätzlich beeinflussen, wodurch es bereits bei geringeren Temperaturen zur Entstehung von Abbauprodukten oder neuen Stoffen kommen kann (Jabba et al. 2018). Hohe Konzentrationen an Formaldehyd werden von Konsumenten zum Teil als unangenehm beschrieben und die Entstehung begünstigender Einstellungen deshalb häufig vermieden (Farsalinos et al. 2017). Bei der Verwendung von einigen Liquids und E-Zigarettenmodellen konnten hohe Konzentrationen von potenziell krebserzeugenden und sensibilisierenden Nickel- und Chromionen gemessen werden. Diese Art der Kontamination könnte durch entsprechende Qualitätsstandards vermieden werden (Olmedo et al. 2018).

TABELLE 1
Gehalte an ausgesuchten Analyten im Hauptstromrauch einiger E-Zigaretten der 2. Generation und handelsüblicher konventioneller Zigaretten. Quelle: BfR.

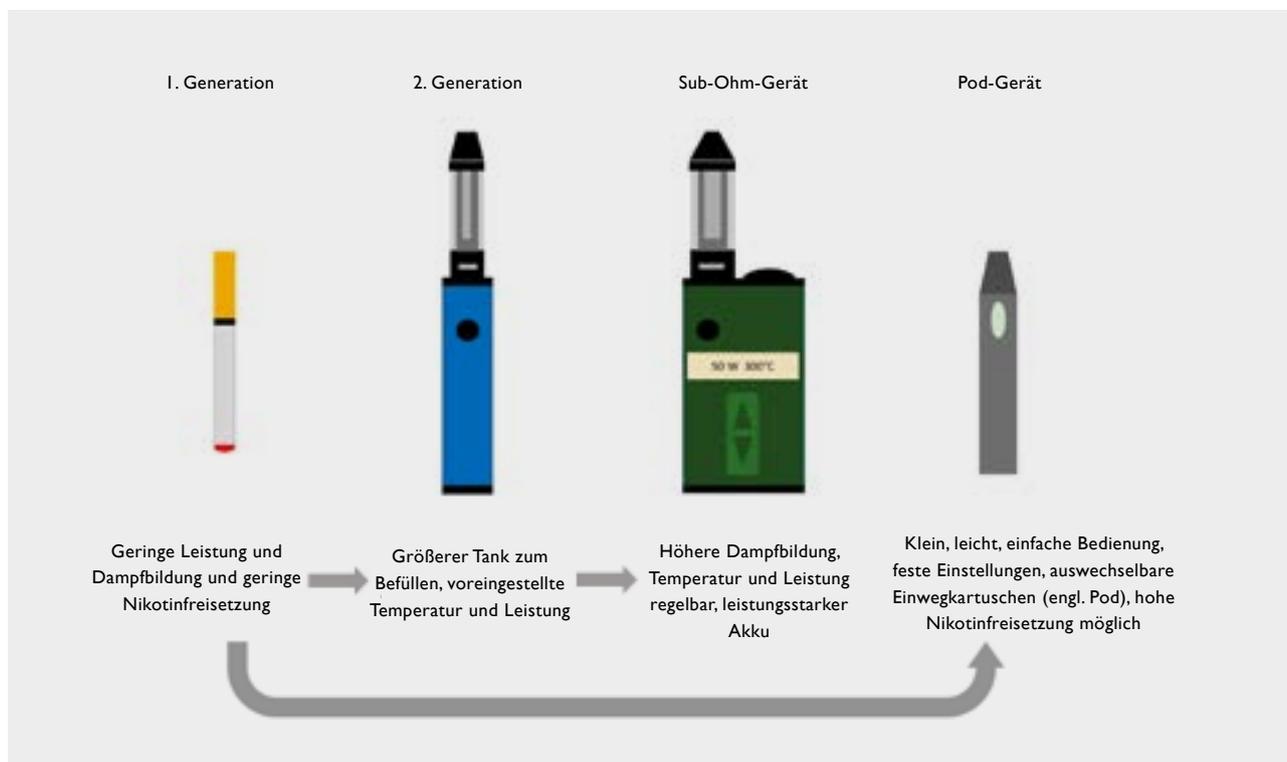
WELCHE GERÄTE GIBT ES?

Eine Übersicht handelsüblicher E-Zigaretten ist in **ABBILDUNG 1** dargestellt. Die E-Zigaretten der ersten Generation ähnelten konventionellen Tabakzigaretten, konnten aber wegen ihrer geringen Leistung und Dampfbildung sowie der geringeren Nikotinfreisetzung nicht überzeugen. Die E-Zigarette der zweiten Generation hat einen größeren Tank zum Wiederbefüllen und wird bei einer voreingestellten Temperatur und Leistung betrieben. Die Nikotinkonzentration in den Aerosolen ist deutlich höher; hierdurch erfährt diese Art der E-Zigarette eine höhere Akzeptanz bei Rauchern, die auf das Dampfen umsteigen wollen. Seit einigen Jahren zeichnet sich ein Trend zu größeren, leistungsstarken E-Zigaretten, sogenannten Sub-Ohm-Geräten, ab. An diesen Geräten kann der Verbraucher viele Einstellungen eigenhändig vornehmen. Sie arbeiten bei einem sehr geringen Widerstand (< 1 Ohm), wodurch der Stromfluss und die Leistung steigen. Dies resultiert in einer deutlich höheren Dampf-

bildung, was eine direkte Einatmung in die Lunge ermöglicht. Des Weiteren entstehen dabei teilweise höhere Temperaturen, wodurch unter anderem die Bildung von Formaldehyd und Acetaldehyd begünstigt wird. Für diese Geräte ist eine gesonderte gesundheitliche Bewertung notwendig.

Ein entgegengesetzter Trend kann mit der wachsenden Popularität von kleinen, leichten Pod-Geräten beobachtet werden. Diese Geräte sind einfach in der Bedienung und verlangen kein Vorwissen. Auf einen Akkuträger wird eine passende Kartusche (Pod) aufgesetzt, die das E-Liquid und das Heizelement enthält und nach Gebrauch ausgetauscht wird. Durch den Zusatz von organischen Säuren zum Liquid werden hohe Nikotinkonzentrationen im Dampf angenehmer inhalierbar, wodurch auch die eher schwachen Pod-Systeme zu hohen Nikotinaufnahmen führen können (O'Connell et al. 2019). Die Kombination aus Nikotin mit einer organischen Säure wie Benzoesäure oder Salizylsäure wird allgemein als „Nikotinsalz“ bezeichnet.

ABBILDUNG 1
Übersicht der verschiedenen E-Zigaretten-Gerätetypen. Quelle: BfR.



WAS WEISS MAN ÜBER DIE GESUNDHEITLICHEN RISIKEN?

Immer mehr Forscherteams untersuchen die Auswirkungen des E-Zigaretten-Konsums. Dabei ist das Bild keineswegs einheitlich. Aktuelle Forschungsarbeiten aus den USA analysieren die Daten aus der „Population Assessment of Tobacco and Health“ (PATH) Studie. In dieser wurden mehrere zehntausend Amerikaner über ihren E-Zigaretten- oder Tabakzigaretten-Konsum, sowie dessen Auswirkungen auf ihre Gesundheit befragt. Erste Ergebnisse zeigen einen Zusammenhang zwischen E-Zigaretten und Atemwegserkrankungen. Die Daten deuten darauf hin, dass die Aerosole von E-Zigaretten das Risiko für Lungenerkrankungen (chronisch obstruktive Lungenerkrankung, chronische Bronchitis, Emphysem oder Asthma) im Vergleich zu Nichtrauchern erhöhen könnten. Zurzeit ist allerdings keine umfassende Bewertung möglich, da noch einige Datenlücken existieren. Der Einfluss des Tabakrauchens auf die Entstehung von Atemwegserkrankungen wird in der Studie als deutlich höher eingeschätzt.

Die Auswertung der PATH-Studie sowie anderer Studien hinsichtlich kardiovaskulärer Erkrankungen zeigt ein erhöhtes Infarktrisiko, welches vergleichbar mit dem von Rauchern ist (Buchanan et al. 2019). Allerdings wurden im Rahmen des „Behavioral Risk Factor Surveillance Systems“ (BRFSS) keine signifikant erhöhten Risiken für Nutzer von E-Zigaretten, die nie geraucht hatten, aufgezeigt (Osei et al. 2019). Dennoch leiten sich in dieser Studie höhere Risiken für „Dual User“ (Personen die konventionelle Tabakzigaretten und E-Zigaretten parallel konsumieren) im Vergleich zu Rauchern konventioneller Tabakzigaretten ab. Dieser Gruppe gehören vermutlich starke Raucher an, für welche die E-Zigarette eine Alternative ist, um Rauchverbote zu umgehen oder welche aus gesundheitlichen Gründen den Konsum von Tabakzigaretten reduzieren wollen (Osei et al. 2019).

Tabakrauch erhöht das Krebsrisiko, unter anderem verursacht durch die Entstehung von krebserzeugenden Carbonylverbindungen. Beim Dampfen von E-Zigaretten können die Bedingungen (Temperatur, Widerstand, Dampfverhalten, Liquidzusammensetzung, Vermeidung von Trockenrauchen und der Überhitzung des Heizelements) so gewählt werden, dass keine oder deutlich geringere Expositionen gegenüber Carbonylverbindungen auftreten (Farsalinos et al. 2018; Kosmider et al. 2018; Salamanca et al. 2018). Studien belegen, dass Tabakraucher vom kompletten Umstieg auf die E-Zigarette profitieren, wenn eine völlige Tabakentwöhnung erfolgt (Ruther et al. 2017). Die Entstehung von Carbonylverbindungen kann unter besonderen Umständen, zum Beispiel bei der Nutzung von Sub-Ohm-Produkten, erhöht sein.

Weitere Studien sind nötig, um das Rauchbeziehungsweise Dampfverhalten, die Nikotinaufnahme sowie das E-Zigarettenmodell bei der Risikobewertung berücksichtigen zu können.

WELCHE WEITEREN RISIKEN GEHEN VON E-ZIGARETTEN BESONDERS FÜR JUGENDLICHE AUS?

Ein viel diskutierter Punkt ist der „Gateway-Effekt“, der noch nicht abschließend geklärt werden konnte (Liu et al. 2019; Hansen et al. 2020). Damit ist gemeint, dass E-Zigaretten-Konsum der Einstieg zum Rauchen konventioneller Zigaretten sein kann oder Nichtraucher zum dauerhaften Nikotindampfen verleitet werden können. Die Auswertung erster Studien über das Konsumverhalten in Deutschland zeigt allerdings, dass die E-Zigarette eher einen experimentellen Charakter für Jugendliche (12–17 Jahre) hat und die „Gateway-Hypothese“ nicht belegt werden kann. Obwohl E-Zigaretten und Liquids nicht an Minderjährige verkauft werden dürfen, sind einige Jugendliche am

Inhalieren interessiert. Oft haben sie mit der konventionellen Tabakzigarette begonnen und konsumieren parallel E-Zigarette. Die Zahlen in Deutschland belegen, dass bei Nichtrauchern die E-Zigarette kaum zum regelmäßigen Konsum führt. Laut Befragung der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) haben 4,2 Prozent der Jugendlichen und 6,6 Prozent der jungen Erwachsenen in den vergangenen 30 Tagen E-Zigarette konsumiert (Orth, Merkel 2019). Diese Zahlen sind in den letzten Jahren signifikant gestiegen, was verdeutlicht, dass diese Entwicklung verfolgt werden muss. Nur 1–2 Prozent der Jugendlichen und jungen Erwachsenen (18–25 Jahre) konsumierten ausschließlich E-Produkte. Im Vergleich dazu rauchten 6,6 Prozent der Jugendlichen und 24,8 Prozent der jungen Erwachsenen konventionelle Tabakzigaretten.

E-Shishas sind ebenfalls E-Zigaretten, die mit ihrem bunten Design hauptsächlich an Jugendliche und junge Erwachsene gerichtet sind. Beworben werden E-Shishas oft mit fruchtigen nikotinfreien Liquids, die vor allem Jugendliche und junge Erwachsene ansprechen und nicht starke Raucher, die auf eine E-Zigarette umsteigen wollen. Unabhängig vom Nikotingehalt bergen nikotinfreie E-Zigaretten gesundheitliche Risiken, insbesondere für Kinder und Jugendliche, aber auch für Erwachsene. Die Gefahr des „Gateway-Effekts“ hin zu nikotinhaltigen E-Zigaretten besteht (BfR 2015).

Jugendliche und junge Erwachsene experimentieren gern mit E-Zigaretten, oft ohne sich die toxikologischen Effekte der Inhalation der entsprechenden Substanzen bewusst zu machen. Es existieren einzelne medizinische Fallberichte, die belegen, dass E-Zigaretten auch für den Konsum von Drogen, besonders oft synthetische Cannabinoide, missbraucht werden (Poklis et al. 2019).

WIE SIND DIE GESUNDHEITLICHEN RISIKEN GEGENÜBER DENEN DES RAUCHENS ZU BEWERTEN?

Es gibt noch keine Langzeitstudien zur gesundheitlichen Auswirkung von E-Zigaretten. Anhand der bisher vorliegenden Daten sind sich viele Experten einig, dass E-Zigaretten bei bestimmungsgemäßem Gebrauch deutlich weniger gesundheitsschädlich sind als herkömmliche Tabakzigaretten. Die Untersuchungen fanden hauptsächlich mit E-Zigaretten der zweiten Generation statt. Auch die meisten Pod-Geräte weisen einen geringen Schadstoffgehalt in den Aerosolen auf. Dabei ist es wichtig, dass ein vollständiger Umstieg auf die E-Zigarette erfolgt. Allerdings wäre es falsch, E-Zigaretten als sicher zu bewerten. Auch das Ausmaß der erwarteten Risikoreduktion ist noch unklar und muss erst durch Langzeitstudien untersucht werden.

WELCHE HERAUSFORDERUNGEN GIBT ES BEI DER RISIKOBEWERTUNG DER E-ZIGARETTE?

Angesichts der großen Bandbreite an Geräten und Liquids ist ein allgemeingültiges Urteil unmöglich, was eine große Herausforderung für die toxikologische Risikobewertung darstellt. Die erwartete Reduktion der gesundheitlichen Risiken im Vergleich zur Tabakzigarette trifft vor allem für die E-Zigaretten der zweiten Generation und einige Pod-Geräte zu. Gerätespezifische Merkmale, Modifikationen oder auch die Zusammensetzung einzelner Liquids können zu höheren Risiken führen. Für sogenannte Sub-Ohm-Geräte ist eine gesonderte gesundheitliche Bewertung notwendig. Auch die verwendeten Liquids sind nicht immer unbedenklich. Es

besteht das Risiko, dass zur Herstellung von E-Liquids Lebensmittelaromen verwendet werden, für die keine inhalationstoxikologischen Untersuchungen vorliegen. Bisher gibt es nur wenige Erkenntnisse dazu, ob Aromen ein gesundheitliches Risiko bergen. Beispielsweise werden Diacetyl (2,3-Butandion) und strukturverwandte Diketone wie 2,3-Pentandion mit der Entstehung von Atemwegsobstruktionen in Verbindung gebracht und sind deswegen in Deutschland verboten. Manche Substanzen sollten allerdings vorsorglich gemieden werden. Dazu zählen Aromastoffe, die zum Beispiel Entzündungen hervorrufen können oder ein sensibilisierendes Potenzial aufweisen wie Benzylalkohol, Zimtaldehyd, Zimtalkohol und Anisalkohol. Auch Substanzen, die für den süßen Geschmack verantwortlich sind, stehen zurzeit im Fokus der Diskussion. Es konnte gezeigt werden, dass durch die thermische Zersetzung von Sucralose, insbesondere beim Erhitzen von sucralosehaltigen Lebensmitteln, Verbindungen mit gesundheitsschädlichem und krebserzeugendem Potenzial entstehen können. Allerdings ist nichts über die inhalationstoxischen Effekte der thermischen Zersetzungsprodukte von Sucralose beim Konsum von E-Zigaretten bekannt. Es ist wichtig, dass sich die Konsumenten über die verwendeten Inhaltsstoffe informieren.

IST PASSIVDAMPFEN SCHÄDLICH?

Gefahren durch Passivdampfen sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vollständig auszuschließen. Beim Ausatmen des Dampfes können unter anderem Partikel, Nikotin und krebserzeugende Substanzen in die Raumluft gelangen. Aufgrund der Vielzahl möglicher Liquids und Geräte ist es schwierig, konkrete Angaben zu machen. Aus Studien geht hervor, dass die gesundheitliche Belastung deutlich unter der durch Tabakrauch liegt, aber dennoch existent sein kann (Prochaska 2019). Aus diesem Grund sollten

E-Zigaretten nicht in Nichtraucherbereichen oder geschlossenen Räumen in Anwesenheit von Nichtrauchern verwendet werden.

WELCHE RECHTLICHEN REGELUNGEN GIBT ES FÜR DIE E-ZIGARETTE?

Rechtliche Regelungen für E-Zigaretten und nikotinhaltige Liquids findet man im Tabakerzeugnisgesetz und der Tabakerzeugnisverordnung (TabakerzG). Die in den E-Liquids enthaltenen Bestandteile müssen den Behörden gemeldet werden. Hersteller müssen ebenfalls die toxikologischen Daten der Substanzen in erhitzter und nicht erhitzter Form aufführen. Die verwendeten Substanzen müssen eine hohe Reinheit haben. Auf dem Beipackzettel sind diese in absteigender Reihenfolge ihres Gewichtsanteils gelistet. Die Packung enthält außerdem Warnhinweise, den Nikotingehalt sowie den Hinweis, dass das Erzeugnis nicht in die Hände von Kindern und Jugendlichen gelangen darf. Die höchste zulässige Nikotinkonzentration beträgt 20 mg/ml. Es ist verboten Substanzen zuzusetzen, die den Eindruck eines gesundheitlichen Nutzens vermitteln, wie zum Beispiel Vitamine. Zusätze, die mit Energie und Vitalität in Verbindung gebracht werden, zum Beispiel Koffein oder Taurin, sind ebenfalls verboten. Weitere Verbote bestehen für Substanzen, die färbende Eigenschaften der Emissionen haben, bestimmte Aromen, sowie für Inhaltsstoffe, die in unverbrannter Form krebserzeugend, erbgutverändernd oder fruchtbarkeitsgefährdend sind.

Durch Baukastensysteme („Shake and Vape“) können diese Regelungen umgangen werden. Nikotinfreie E-Liquids sind nicht im strengen Tabakrecht reguliert, sondern bisher nur unter der weniger strengen CLP-Verordnung der Europäischen Union zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien geregelt (CLP-V). Diese Produkte können Inhaltsstoffe enthalten, die in nikotinhaltigen E-Liquids verboten sind. Darüber hinaus

müssen sie weder vor Markteinführung angemeldet werden, noch unterliegen sie der Meldepflicht für Inhaltsstoffe. Die nikotinfreien Liquids können mit nikotinhaltigen Liquids gemischt und dann konsumiert werden.

WAS WEISS MAN ÜBER DIE AKUTEN LUNGENSCHÄDEN VON E-DAMPFERN IN DEN USA?

In den USA gab es seit Sommer 2019 einen starken Anstieg zum Teil sehr schwerer Lungenschäden bei Konsumenten von E-Dampf-Produkten. Das Krankheitsbild wird als EVALI („e-cigarette, or vaping, product use-associated lung injury“) bezeichnet. Über 2.700 Personen wurden hospitalisiert und 60 Todesfälle dokumentiert (CDC 2020), die im Zusammenhang mit dem Konsum von E-Dampf-Produkten stehen (Ellington et al. 2020; Krishnasamy et al. 2020). Als eine mögliche Ursache wird Vitamin E-Acetat in den verwendeten Liquids diskutiert. Über die inhalationstoxische Wirkung von Vitamin E-Acetat beim Dampfen liegen allerdings bisher keine Daten vor. Die meisten Betroffenen hatten Tetrahydrocannabinol (THC)-haltige Liquids konsumiert, die sie auf dem Schwarzmarkt erworben hatten. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Vitamin E-Acetat Gehalt in diesen Liquids mit 31–88 Prozent sehr hoch war. Vitamin E-Acetat ähnelt in seiner Konsistenz dem THC-Öl und wurde wahrscheinlich zum Strecken der Liquids verwendet, um einen höheren THC-Gehalt vorzutauschen. Vitamin E-Acetat konnte auch in der Lungenflüssigkeit von Patienten nachgewiesen werden. Es ist denkbar, dass derart hohe Gehalte Lungenerkrankungen auslösen können. Bisher ist nicht klar, ob Vitamin E-Acetat auch in anderen Liquids verwendet wurde. Laut Tabakgesetz ist es in Deutsch-

land verboten, nikotinhaltige Liquids mit Vitaminzusatz zu vermarkten. Rechtskonforme nikotinhaltige Liquids, die in Deutschland beim Fachhandel gekauft werden, sollten daher keine hohen Konzentrationen an Vitamin E-Acetat enthalten. Zurzeit ist nicht bekannt, ob es nikotinfreie Liquids auf dem deutschen Markt gibt, die Vitamin E-Acetat enthalten.

GIBT ES VERGIFTUNGSFÄLLE MIT E-ZIGARETTEN IN DEUTSCHLAND?

In Deutschland gibt es bisher keine lebensbedrohlichen Vergiftungen durch den Konsum von regulären E-Zigaretten. Die Auswertung einer Abfrage der Giftinformationszentren ergab, dass hierzulande die meisten schweren Vergiftungen durch das unbeabsichtigte Verschlucken des meist nikotinhaltigen Liquids ausgelöst werden, häufig durch Kinder (BfR 2019). Zum Großteil wurden leichte Fälle gemeldet, wobei Konsumenten Reizungen und Unwohlsein beschrieben. Beim Nachfüllen offener Systeme können nach Hautkontakt auch dermal-toxische Wirkungen auftreten. Nikotin kann beim exzessiven Dampfen milde Vergiftungssymptome wie Übelkeit oder Kopfschmerzen auslösen. Schwere Vergiftungserscheinungen konnten beim bestimmungsgemäßen Gebrauch nicht beobachtet werden.

Es gibt auch in Deutschland Berichte über den Missbrauch von E-Zigaretten für die Verbreitung synthetischer Drogen (BfR 2020). Diese Produkte verstoßen gegen das Betäubungsmittelgesetz. Dies stellt eine besorgniserregende Entwicklung dar. Cannabidiol (CBD) ist eine wenig psychoaktive Substanz und wird in Liquids für E-Zigaretten verwendet. Unter bestimmten Umständen können auch andere Cannabinoide, wie das psychoaktive THC, enthalten sein. Derartige Liquids sind nicht verkehrsfähig und stellen einen Verstoß gegen das Betäubungsmittelgesetz dar.

WAS SOLLTE MAN ALS E-ZIGARETTEN-DAMPFER BEACHTEN?

Konsumenten sollten ihre Liquids nicht selbst mischen, sondern fertige Liquids beim Händler erwerben, die hohe Qualitäts- und Sicherheitsmerkmale aufweisen. Gerade wenn man neue Produkte ausprobiert, sollten Konsumenten bei Symptomen wie Unwohlsein, Kratzen im Hals oder Atembeschwerden das Dampfen einstellen. Es ist wichtig, sich über die Zusammensetzung der Liquids zu informieren und gesundheitsschädliche Aromen zu meiden. Die E-Liquids sollten außerhalb der Reichweite von Kindern aufbewahrt werden und zusätzlich über einen kindersicheren Verschluss verfügen.

Die Sub-Ohm-Geräte sollten nicht unter Extremeinstellungen, das heißt sehr hoher Temperatur und Leistung, betrieben werden. Generell sollten E-Zigaretten verwendet werden, die Sicherheitsmerkmale wie Füllstandanzeige und gegebenenfalls einen Temperaturregler aufweisen.

FAZIT

Es ist wichtig, Raucher zum Rauchstopp zu ermutigen. Wenn andere Methoden nicht funktionieren, kann die E-Zigarette ein geeignetes Mittel dafür sein. **ABBILDUNG 2** fasst die Fakten zur E-Zigarette kurz zusammen. Es besteht nach wie vor ein großer Forschungs- und Aufklärungsbedarf hinsichtlich der gesundheitlichen Risiken von E-Zigaretten. Einerseits denken immer noch viele Raucher, dass der Konsum von E-Zigaretten genauso schädlich sei und andererseits ist es schwierig, bei dem großen Angebot von Geräten und Liquids, einen guten Überblick zu erhalten. Das vollständige Umsteigen von der Tabakzigarette auf die E-Zigarette kann dazu beitragen, die gesundheitlichen Risiken zu verringern. Dabei ist es jedoch wichtig, Geräteeinstellungen und Liquids so zu wählen, dass der Schadstoffgehalt in den Aerosolen gering ist. Bei dem Auftreten adverser Effekte wie Kratzen im Hals, Übelkeit oder Atemnot sollte der Konsum eingestellt und die Symptome einem Arzt oder einer Giftinformati-

ABBILDUNG 2
Kurzinformation zur
E-Zigarette. Quelle: BfR.

Fakten zur E-Zigarette

Konsum in Deutschland (2018):

- ca. 2% aktive Konsumenten
- 85,7% davon Dual-User
- 10% davon ehemalige Raucher
- 4,2% der 12–17-Jährigen*
- 6,6% der 18–25-Jährigen*

*in den letzten 30 Tagen vor Befragung

Regulierung von nikotinhaltigen Liquids:

- Verkauf ab 18 Jahren
- max. Nikotingehalt 20 mg/ml
- Verbotsliste von Substanzen (z. B. Vitamine, Koffein, gesundheitsschädliche Substanzen)
- Kindersicherer Verschluss

Liquid-Zusammensetzung:

- Verdampfungsmittel bestehend aus Propylenglycol und Glycerin
- Optional Nikotin und Aromastoffe für den Geschmack



Gesundheitliche Risiken:

- bei bestimmten Betriebsbedingungen und Liquids deutlich geringer als beim Tabakrauchen
- Suchtpotenzial vorhanden (Nikotingehalt kann vergleichbar mit Tabakrauch sein)

Aerosol:

- Reduktion der gesundheitlich bedenklichen Stoffe um mehr als 90–95% im Vergleich zur Tabakzigarette möglich
- Zusammensetzung abhängig von Gerät, Einstellungen und Liquid

Vorsichtsmaßnahmen:

- Kein Selbstmischen des Liquids
- Vermeiden von Aromastoffen oder Zusatzstoffen, die zu Reizungen, Allergien oder Lungenschäden führen können
- Extremeinstellungen am Gerät vermeiden

onszentrale gemeldet werden. Die Meldung gesundheitlicher Effekte kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Produkte zu verbessern. Für Nichtraucher birgt der Konsum von E-Zigaretten vermeidbare gesundheitliche Risiken. ●

LITERATUR

- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2020): Vergiftungsfälle: Cannabidiolhaltige Liquids für E-Zigaretten können manipuliert sein. Mitteilung: 005/2020 des BfR vom 23.01.2020. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/vergiftungsfalle-canna-bidiolhaltige-liquids-fuer-e-zigaretten-koennen-manipuliert-sein.pdf> (Zugriff am: 05.02.2020).
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2019): Pressemitteilung des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 06.12.2019: Studie zu E-Zigaretten: In Deutschland bislang keine bedrohliche Vergiftung durch „Dampfen“. https://www.bfr.bund.de/de/press-information/2019/51/studie_zu_e_zigaretten_in_deutschland_bislang_keine_bedrohliche_vergiftung_durch_dampfen-243322.html (Zugriff am: 05.02.2020).
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2015): Nikotinfreie E-Shishas bergen gesundheitliche Risiken. Mitteilung: 010/2015 des BfR vom 23.04.2015. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/nikotinfreie-e-shishas-bergen-gesundheitliche-risiken.pdf> (Zugriff am: 05.02.2020).
- Buchanan ND, Grimmer JA, Tanwar V et al. (2019): Cardiovascular risk of electronic cigarettes: a review of preclinical and clinical studies. *Cardiovasc Res*. DOI: 10.1093/cvr/cvz256.
- CDC – Centers for Disease Control and Prevention (2020): Outbreak of Lung Injury Associated with the Use of E-Cigarette, or Vaping, Products. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-111/default.html> (Zugriff am: 05.02.2020).
- CLP-V – Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.
- Counts ME, Morton MJ, Laffoon SW et al. (2005): Smoke composition and predicting relationships for international commercial cigarettes smoked with three machine-smoking conditions. *Regul Toxicol Pharmacol*. 41 (3): 185–227. DOI: 10.1016/j.yrtph.2004.12.002.
- Ellington S, Salvatore PP, Ko J et al. (2020): Update: Product, Substance-Use, and Demographic Characteristics of Hospitalized Patients in a Nationwide Outbreak of E-cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury - United States, August 2019-January 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 69 (2): 44–49. DOI: 10.15585/mmwr.mm6902e2.
- Farsalinos KE, Gillman G (2017): Carbonyl Emissions in E-cigarette Aerosol: A Systematic Review and Methodological Considerations. *Front Physiol*. 8: 1119. DOI: 10.3389/fphys.2017.01119.
- Farsalinos KE, Voudris V, Spyrou A et al. (2017): E-cigarettes emit very high formaldehyde levels only in conditions that are aversive to users: A replication study under verified realistic use conditions. *Food Chem Toxicol*. 109 (Pt 1): 90–94. DOI: 10.1016/j.fct.2017.08.044.
- Gillman IG, Kistler KA, Stewart EW et al. (2016): Effect of variable power levels on the yield of total aerosol mass and formation of aldehydes in e-cigarette aerosols. *Regul Toxicol Pharmacol*. 75: 58–65. DOI: 10.1016/j.yrtph.2015.12.019.
- Goniewicz ML, Knysak J, Gawron M et al. (2014): Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. *Tob Control*. 23 (2): 133–139. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2012-050859.
- Hajek P, Phillips-Waller A, Przulj D et al. (2019): A Randomized Trial of E-Cigarettes versus Nicotine-Replacement Therapy. *N Engl J Med*. 380 (7): 629–637. DOI: 10.1056/NEJMoa1808779.
- Hansen J, Janssen J, Morgenstern M et al. (2020): [E-Cigarette Use and Later Use of Conventional Cigarettes - Results of a Prospective Observational Study over 2 Years]. *Pneumologie*. 74 (1): 39–45. DOI: 10.1055/a-1041-9970.
- Hutzler C, Paschke M, Kruschinski S et al. (2014): Chemical hazards present in liquids and vapors of electronic cigarettes. *Arch Toxicol*. 88 (7): 1295–1308. DOI: 10.1007/s00204-014-1294-7.
- Jabba SV, Erythropel HC, DeWinter TM et al. (2018): Chemical Adducts of Flavorants in E-cigarette Liquid Solvents Act As Modulators of Respiratory Irritant Receptors. *Chem Senses*. 43 (7): E238–E238. DOI: org/10.1093/chemse/bjy035.
- Kosmider L, Kimber CF, Kurek J et al. (2018): Compensatory Puffing With Lower Nicotine Concentration E-liquids Increases Carbonyl Exposure in E-cigarette Aerosols. *Nicotine Tob Res*. 20 (8): 998–1003. DOI: 10.1093/ntr/ntx162.

Krishnasamy VP, Hallowell BD, Ko JY et al. (2020): Update: Characteristics of a Nationwide Outbreak of E-cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury - United States, August 2019-January 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 69 (3): 90–94. DOI: 10.15585/mmwr.mm6903e2.

Liu X, Lugo A, Davoli E et al. (2019): Electronic cigarettes in Italy: a tool for harm reduction or a gateway to smoking tobacco? *Tob Control.* DOI: 10.15585/mmwr.mm6903e2.

O'Connell G, Pritchard JD, Prue C et al. (2019): A randomised, open-label, cross-over clinical study to evaluate the pharmacokinetic profiles of cigarettes and e-cigarettes with nicotine salt formulations in US adult smokers. *Intern Emerg Med.* 14 (6): 853–861. DOI: 10.1007/s11739-019-02025-3.

Olmedo P, Goessler W, Tanda S et al. (2018): Metal Concentrations in e-Cigarette Liquid and Aerosol Samples: The Contribution of Metallic Coils. *Environ Health Perspect.* 126 (2): 027010. DOI: 10.1289/EHP2175.

Orth B, Merkel C (2019): Rauchen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse des Alkoholsurveys 2018 und Trends. BZgA-Forschungsbericht Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. DOI: 10.17623/BZGA:225-ALKSY18-RAU-DE-1.0.

Osei AD, Mirbolouk M, Orimoloye OA et al. (2019): Association Between E-Cigarette Use and Cardiovascular Disease Among Never and Current Combustible-Cigarette Smokers. *Am J Med.* 132 (8): 949–954 e942. DOI: 10.1016/j.amjmed.2019.02.016.

Poklis JL, Mulder HA, Peace MR (2019): The unexpected identification of the cannabimimetic, 5F-ADB, and dextromethorphan in commercially available cannabidiol e-liquids. *Forensic Sci Int.* 294: e25–e27. DOI: 10.1016/j.forsciint.2018.10.019.

Prochaska JJ (2019): The public health consequences of e-cigarettes: a review by the National Academies of Sciences. A call for more research, a need for regulatory action. *Addiction.* 114 (4): 587–589. DOI: 10.1111/add.14478.

Ruther T, Backmund M, Bischof G et al. (2019): Position paper: Chances and Risks of E-Cigarette Use from the Perspective of Addiction Medicine and Health Care Policy. *Suchttherapie.* 18 (3): 120–123. DOI: 10.1055/s-0043-113847.

Salamanca JC, Meehan-Atrash J, Vreeke S et al. (2019): E-cigarettes can emit formaldehyde at high levels under conditions that have been reported to be non-averse to users. *Sci Rep.* 8: 7559. DOI: 10.1038/s41598-018-25907-6.

TabakerzG – Tabakerzeugnisgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Mai 2016 (BGBl. I S. 569), das durch Art. 27 G vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1626, 1647) geändert worden ist.

KONTAKT

Elke Pieper
Bundesinstitut für Risikobewertung
Fachgruppe Produktbeschaffenheit und Nanotechnologie
Abteilung für Chemikalien- und Produktsicherheit
Max-Dohrn-Str. 8–10, 10589 Berlin
E-Mail: elke.pieper[at]bfr.bund.de

[BfR]

Schätzung der Zahl hitzebedingter Sterbefälle und Betrachtung der Exzess-Mortalität; Berlin und Hessen, Sommer 2018

Estimating the number of heat-related deaths and considering excess mortality; Berlin and Hesse, summer 2018

ZUSAMMENFASSUNG

Als Folge des Klimawandels treten in Deutschland seit der Jahrtausendwende Hitzewellen in einer ungewöhnlichen Häufigkeit auf; diese führen regelmäßig zu einer erhöhten Mortalität, besonders in den älteren Altersgruppen. Ein zeitnahe Mortalitäts-Monitoring ist in den Bundesländern Berlin und Hessen etabliert. Mit Hilfe eines generalisierten additiven Modells schätzen wir die Anzahl der hitzebedingt verstorbenen Personen, indem wir den systematischen Zusammenhang zwischen dem Mortalitätsverlauf und der Wochenmitteltemperatur quantifizieren. Als alternative Methode schätzen wir die entstandene Exzess-Mortalität. Demnach starben im Sommer 2018 in Berlin etwa 490 Menschen aufgrund der Hitzeeinwirkung, die Betrachtung der Exzess-Mortalität führt zu einer ähnlichen Schätzung. In Hessen wird die Anzahl hitzebedingter Sterbefälle auf etwa 740 geschätzt, über die Exzess-Mortalität ergeben sich etwas weniger Sterbefälle. Insgesamt betrug die hitzebedingte Mortalität des Sommers 2018 in Berlin und Hessen etwa 12/100.000 Einwohner. In den Altersgruppen der 75- bis 84-Jährigen betrug sie etwa 60/100.000 und bei den über 84-Jährigen etwa 300/100.000 Einwohner.

ABSTRACT

As a result of climate change, heat waves have occurred in Germany since the turn of the millennium with an unusual frequency. These lead regularly to increased mortality, especially in the older age groups. Timely monitoring of mortality is established in the federal states of Berlin and Hesse. Using a generalised additive model, we estimate the number of heat-related deaths by quantifying the systematic relationship between the course of mortality and the weekly mean temperature. As an alternative approach we analyse the excess mortality. In the summer of 2018, about 490 people died in Berlin due to heat, the excess mortality results in a similar estimate. In Hesse, the number of heat-related deaths is estimated at about 740, here the excess mortality implies a lower estimate. In total, the heat-related mortality in the summer of 2018 in Berlin and Hesse was about 12/100,000 inhabitants. In the age groups of the 75- to 84-year-olds it was about 60/100,000 and in the over-84-year-olds about 300/100,000 inhabitants.

EINLEITUNG

Nachdem sich sechs der elf extremsten Hitzewellen zwischen 1950 und 2015 nach dem Jahr 2000 ereignet hatten (an der Heiden et al. 2019), lag der Sommer 2018 mit seiner lang anhaltenden Hitzewelle in den

Statistiken wieder weit vorne (Imbery et al. 2018). Der Sommer war der zweitheißeste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881, der Sommer 2003 war der heißeste (Mücke, Straff 2019).

Vor kurzem widmete sich ein Themenheft des Bundesgesundheitsblattes (05/2019) den

MATTHIAS AN DER HEIDEN¹,
UDO BUCHHOLZ¹,
HELMUT UPHOFF²

- 1 Robert Koch-Institut, Abteilung für Infektionsepidemiologie
- 2 Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen, Zentrum für Gesundheitsschutz (HLPUG)

Rechtlicher Hinweis:
Der Artikel wurde im Epidemiologischen Bulletin im Juni 2019 erstveröffentlicht (DOI 10.25646/6178) und liegt hier in einer inhaltlich unveränderten Form vor.



© Miredi / Fotolia.com.

gesundheitlichen Folgen und Herausforderungen des Klimawandels. Dabei wurde in einem Beitrag die Zahl hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 erstmals systematisch geschätzt (an der Heiden et al. 2019), in weiteren Beiträgen wurde herausgearbeitet wie wichtig es ist, über etablierte Monitoringsysteme einen zeitnahen Blick auf hitzebedingte Auswirkungen auf Morbidität (Steul et al. 2019) und Mortalität (Siebert 2019) werfen zu können. Während die meisten anderen Länder in Europa seit Jahren das Mortalitätsgeschehen zeitnah überwachen und im Rahmen des europäischen EuroMOMO-Projektes (European monitoring of excess mortality for public health action) zusammenführen (<http://euromomo.eu/>), gibt es in Deutschland kein bundeswei-

tes zeitnahes Monitoringsystem. In Berlin und Hessen sind seit 2007 regionale Monitoringsysteme etabliert. Eine gesetzliche Grundlage für eine bundesweite Überwachung existiert bisher nicht.

Angesichts des sehr trockenen und über besonders viele Wochen sehr warmen Sommers 2018 war eine hohe Zahl an hitzebedingten Sterbefällen zu befürchten. Diese Anzahl soll auf Basis der in Berlin und Hessen vorliegenden Daten geschätzt werden und mit der Exzess-Mortalität im gleichen Modell verglichen werden. Weiterhin werden die Auswirkungen von Hitze auf die Mortalität in beiden Bundesländern ab 2001 verglichen und die Betroffenheit verschiedener Altersgruppen analysiert.

METHODEN

EPIDEMIOLOGISCHE DATEN

Es wurden aggregierte Mortalitätsdaten des statistischen Bundesamtes (Destatis) und das zeitnahe Mortalitätsmonitoring aus Berlin und Hessen verwendet, die die wöchentliche Gesamtsterblichkeit nach Altersjahrgängen in den Jahren 2001–2016 (Destatis) und 2017–2018 (zeitnahes Monitoring) beschreiben. Für die weitere Analyse wurden die Altersgruppen (0–64), (65–74), (75–84), (85+) betrachtet. Daten zur Mortalität vor 2001 lagen uns bei Verfassen dieses Artikels nicht vor.

WETTERDATEN

Die verwendeten Wetterdaten stammen aus dem Bodenmessnetz des Deutschen Wetterdienstes. Für Berlin wurde die Wetterstation in Tempelhof, für Hessen die Stationen in Bad Hersfeld, Frankfurt am Main, Wettenberg (Landkreis Gießen) und Mannheim verwendet. In Hessen wurde der Mittelwert der Wochenmitteltemperatur über diese Stationen berechnet.

Die Stationen wurden auf Basis der folgenden Kriterien ausgewählt:

- Der Zeitraum 2001–2018 wurde ohne größere Stationsverlegungen oder Geräteausfälle abgedeckt
- In Hessen wurden Siedlungsschwerpunkte gleichmäßig über die Fläche berücksichtigt, um Südhessen abzudecken wurde die Wetterstation in Mannheim miteinbezogen
- Besonders hochgelegene Stationen (Bergstationen) wurden ausgeschlossen

GENERALISIERTES ADDITIVES MODELL ZUR SCHÄTZUNG DER HITZEBEDINGTEN STERBEFÄLLE

In der Zeitreihe der Mortalität zeigen sich in Wochen mit hoher Mitteltemperatur regelmäßig Ausschläge. Diese beobachtete Exzess-Mortalität gibt Anlass zu einer Untersuchung, inwieweit ein systematischer Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen und einer erhöhten Mortalitätsrate besteht.

Zur Schätzung dieses Zusammenhangs in Form einer „Expositions-Wirkungs-Kurve“ und der daraus abgeleiteten hitzebedingten Mortalität wurde die Mortalität in den Wochen zwischen der 15. und der 40. Kalenderwoche der Jahre 2001–2018 analysiert. Wir verwendeten das Modell, das im Beitrag „Schätzung hitzebedingter Sterbefälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015“ des Bundesgesundheitsblatt-Themenheftes „Gesundheitliche Herausforderungen des Klimawandels“ (an der Heiden et al. 2019) beschrieben wurde. Ein ähnliches Modell wurde seitens des Robert Koch-Instituts (RKI) beispielsweise auch schon zur Berechnung zusätzlicher Arztbesuche durch Influenza verwendet (an der Heiden, Buchholz 2017). In dem o. g. Beitrag wurde gezeigt, dass sich der Verlauf der Mortalität besser über die Wochenmitteltemperatur abbilden lässt als über die Wochenmaximaltemperatur und die Wochenminimaltemperatur, sowie die entsprechenden Maße des Humidex (Masterton, Richardson 1979) und der Gefühlten Temperatur (Staiger et al. 2012). Daher betrachten wir hier nur den Zusammenhang zwischen Wochenmitteltemperatur und Mortalität.

Wir stellen das Modell hier kurz vor: Der Einfluss der Wochenmitteltemperatur auf die Mortalitätsrate wird als eine nichtlineare Expositions-Wirkungskurve im Rahmen eines generalisierten additiven Modells (GAM) beschrieben. Wir haben ein GAM mit logarithmischer Link-Funktion und negativ-binomi-

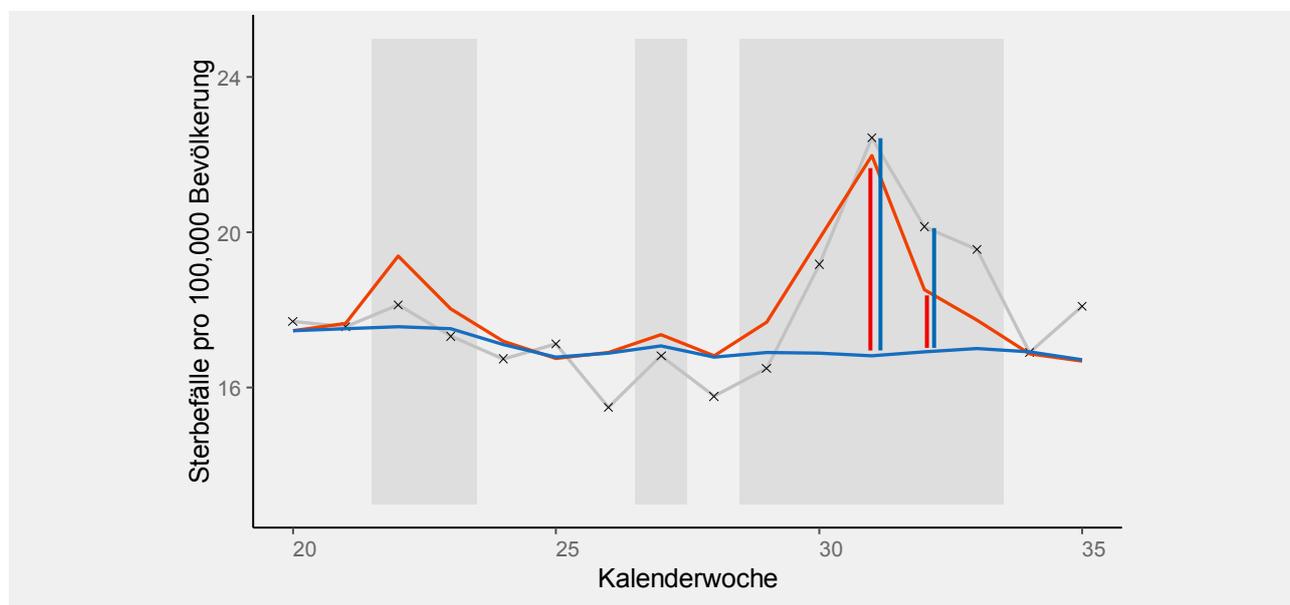
aler Verteilung verwendet (Wood 2006). Die negativ-binomiale Verteilung berücksichtigt (anders als beispielsweise die Normalverteilung), dass es sich bei den Sterbedaten um Anzahlen (ganze, nicht-negative Zahlen) handelt. Die (zeitabhängige) Größe der Bevölkerung in den Altersgruppen wird (als sogenanntes offset) im Modell berücksichtigt.

Neben dem Effekt der Wochenmitteltemperatur beschreibt das Modell die jährliche Periodizität (Saisonalität) der Mortalitätsrate und einen nichtlinearen zeitlichen Trend, um langfristige Änderungen der Mortalitätsrate, etwa aufgrund der steigenden Lebenserwartung, abzubilden. Der langfristige Trend wird relativ starr modelliert (ein Freiheitsgrad pro zwei Jahre Beobachtungszeit, insgesamt für die Jahre 2001–2018 also neun Freiheitsgrade). Insbesondere an den Rändern, also den Jahren 2001 und 2018, könnte es ansonsten zu implausiblen Ausschlägen kommen. Zur Beschreibung des Effekts der Wochenmitteltemperatur wurden acht Freiheitsgrade erlaubt, um insbesondere für vereinzelt auftretende extreme Wochenmitteltemperatu-

ren die Stabilität des Zusammenhangs zur Mortalitätsrate zu gewährleisten.

Wie bei der Modellierung der bundesweiten Daten (an der Heiden 2019), verwenden wir auch hier zur Definition von Hitze einen Schwellenwert von 20°C für die Wochenmitteltemperatur. Hierbei ist zu beachten, dass in diesem Mittelwert die Tages- und Nachttemperaturen der Woche eingehen. Um die erwartete Mortalität ohne Hitzeeinfluss zu modellieren, konstruierten wir einen modifizierten Verlauf der Wochenmitteltemperatur, der dem realen Verlauf entspricht, aber bei Werten über 20°C bei konstant 20°C verbleibt, so dass 20°C nie überschritten wird (kontrafaktische Annahme im Sinne eines Gedankenexperiments). Die Mortalität ohne Hitzeeinfluss entspricht dann den simulierten Werten des GAM für die in dieser Weise modifizierte Wochenmitteltemperatur. Die wöchentliche Anzahl hitzebedingter Sterbefälle ergibt sich als Differenz zwischen der modellierten Anzahl von Sterbefällen mit und ohne Hitzeeinfluss, siehe rote Balken in

ABBILDUNG I
Quelle: RKI.



Schematische Darstellung der beobachteten Zahl der Sterbefälle pro 100.000 Einwohner (Mortalität; schwarze Kreuze verbunden durch graue Linie), der modellierten Mortalität ohne Hitzeeinfluss (blau), und der modellierten Mortalität mit Hitzeeinfluss (rot), hier dargestellt für die Kalenderwochen 20–35 im Jahr 2018 (Berlin). Blaue Balken: Differenz zwischen beobachteter Mortalität und modellierter Mortalität ohne Hitzeeinfluss (Exzess-Mortalität); rote Balken: Differenz zwischen modellierter Mortalität mit und ohne Hitzeeinfluss. Graue, senkrechte Streifen: Perioden mit Wochenmitteltemperatur über 20°C.

Zum Vergleich wurde die Exzess-Mortalität in Wochen mit einer Mitteltemperatur über 20° C betrachtet. Diese ergibt sich als die Differenz der beobachteten Mortalität und der modellierten Mortalität ohne Hitzeeinfluss, siehe blaue Balken in **ABBILDUNG 1**.

Zur Anpassung des GAM wurde die Statistik-Software R (Version 3.5.1) und das R-Package „mgcv“ genutzt.

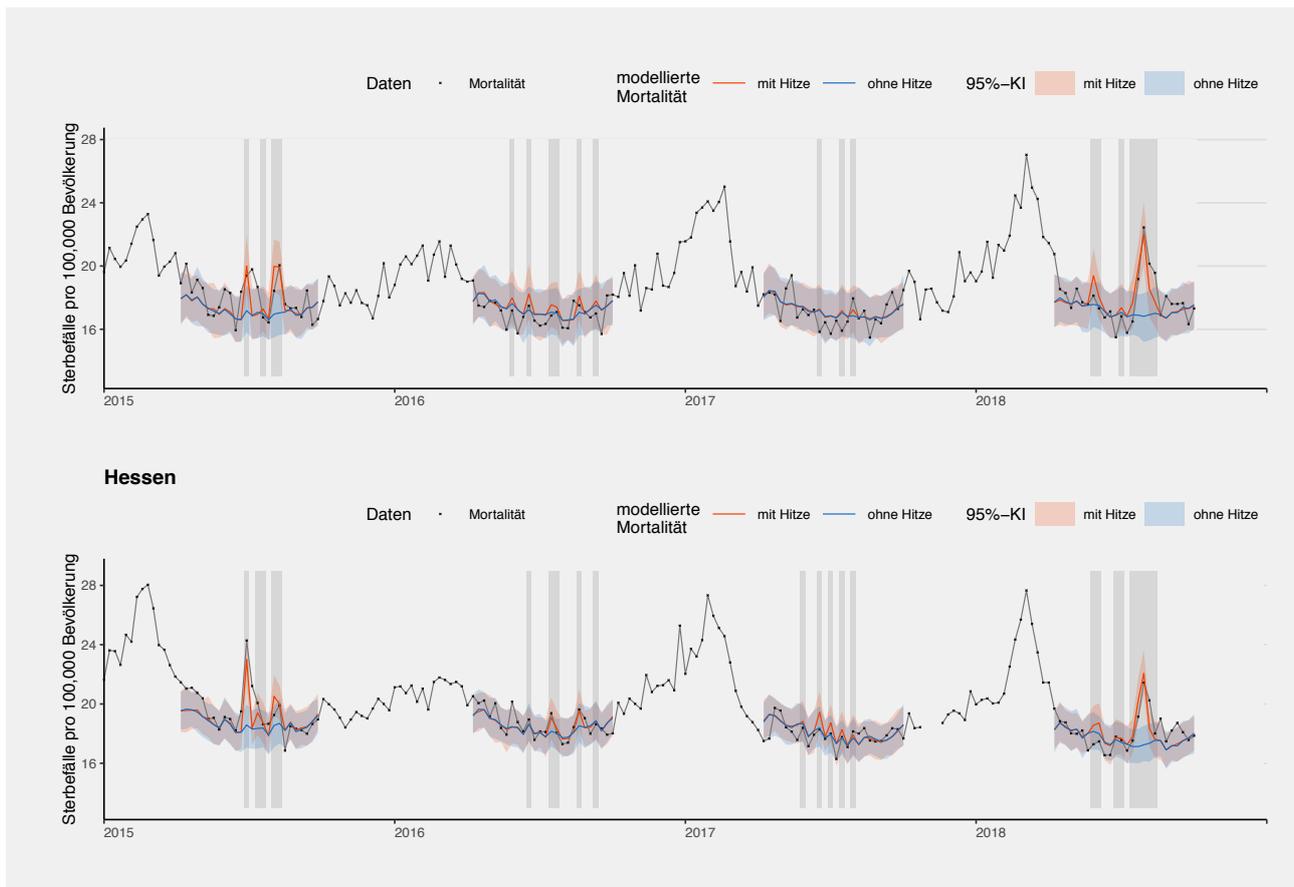
ERGEBNISSE

MODELLIERUNG DER MORTALITÄT IN BERLIN UND HESSEN

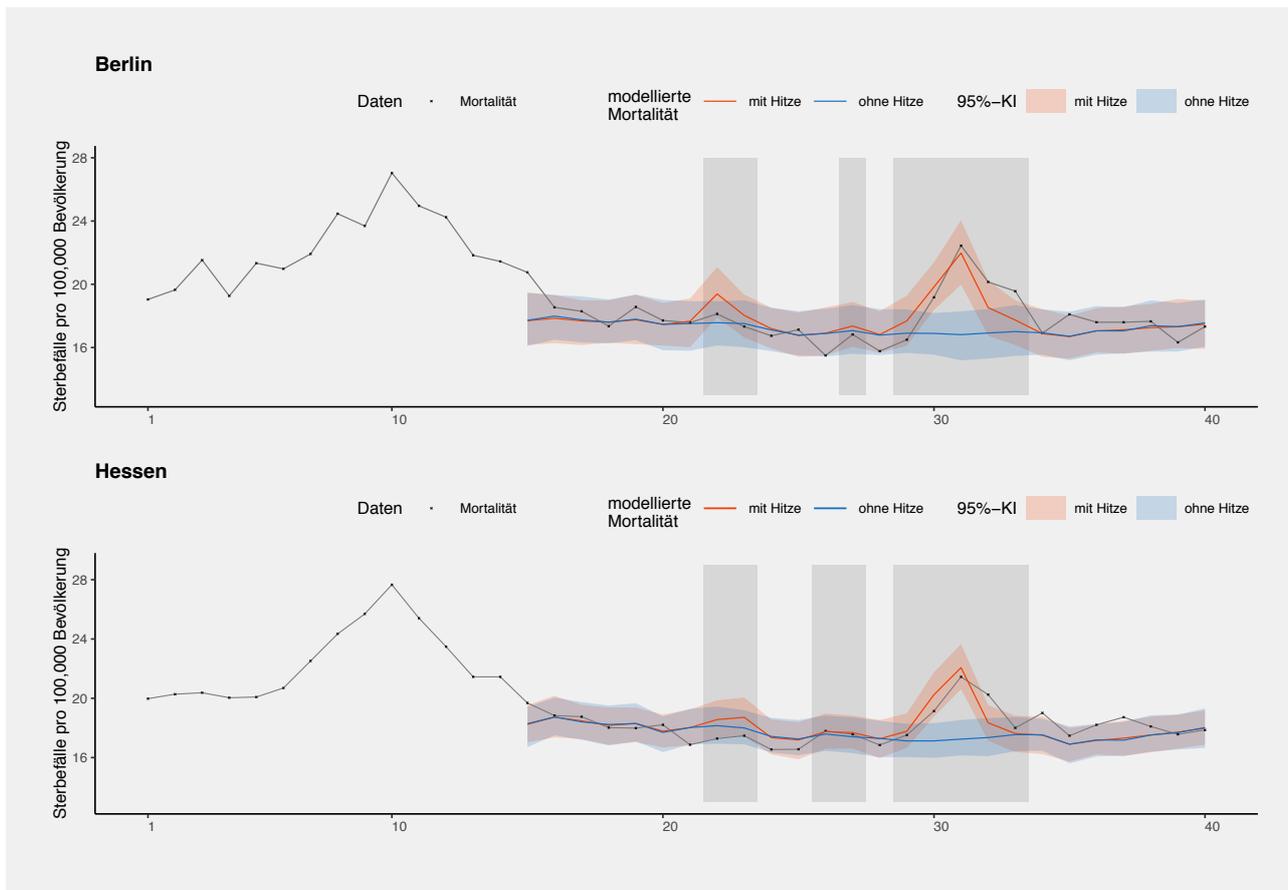
Das GAM kann den beobachteten Verlauf der Mortalität in einem hohen Maß abbilden (adjustierte R^2 82,9% in Berlin und 95,6%

in Hessen; **ABBILDUNG 2**). Im Vergleich zu dem GAM ohne den Einfluss der Temperatur, kann dieses Modell in Berlin 68% und in Hessen 58% der Varianz der Daten abbilden. Das bedeutet auf der anderen Seite, dass die beobachteten Peaks in der Mortalität in unterschiedlicher Weise von dem modellierten Wert abweichen (**ABBILDUNG 2**). Beispielsweise hatten im Jahr 2018 in Berlin alle Wochen zwischen der 29. und 33. Kalenderwoche eine Mitteltemperatur über 20° C (**ABBILDUNG 3**). Der Einfluss der Temperatur in der 29. und 30. Woche scheint etwas schwächer als vom Modell erwartet gewesen zu sein, demgegenüber zeigt sich in den Wochen 32 und 33 eine höhere Mortalität als vom Modell erwartet. Das gleiche Phänomen beobachten wir in diesen Wochen auch in Hessen (**ABBILDUNG 3**). Dies deutet darauf

ABBILDUNG 2
Quelle: RKI.



Anpassung des GAM an den Verlauf der Mortalität in Berlin und Hessen mit 95%-Konfidenz-Intervall (95%-KI) im Jahr 2018, aggregiert über die Altersgruppen. Die vertikalen Bereiche in grau markieren Wochen mit Wochenmitteltemperatur über 20° C.



Anpassung des generalisierten additiven Modells (GAM) an den Verlauf der Mortalität in Berlin und Hessen mit 95 %-Konfidenzintervall (95 %-KI) in den Kalenderwochen 1–40/2018, aggregiert über die Altersgruppen. Die vertikalen Bereiche in grau markieren Wochen mit Wochenmitteltemperatur über 20 °C.

ABBILDUNG 3

Quelle: RKI.

hin, dass die Wochen zu Beginn einer Hitzeperiode nicht so belastend sind, wie am Ende und suggeriert, dass über die Wochenmitteltemperatur hinaus die Dauer einer Hitzeperiode von Bedeutung ist.

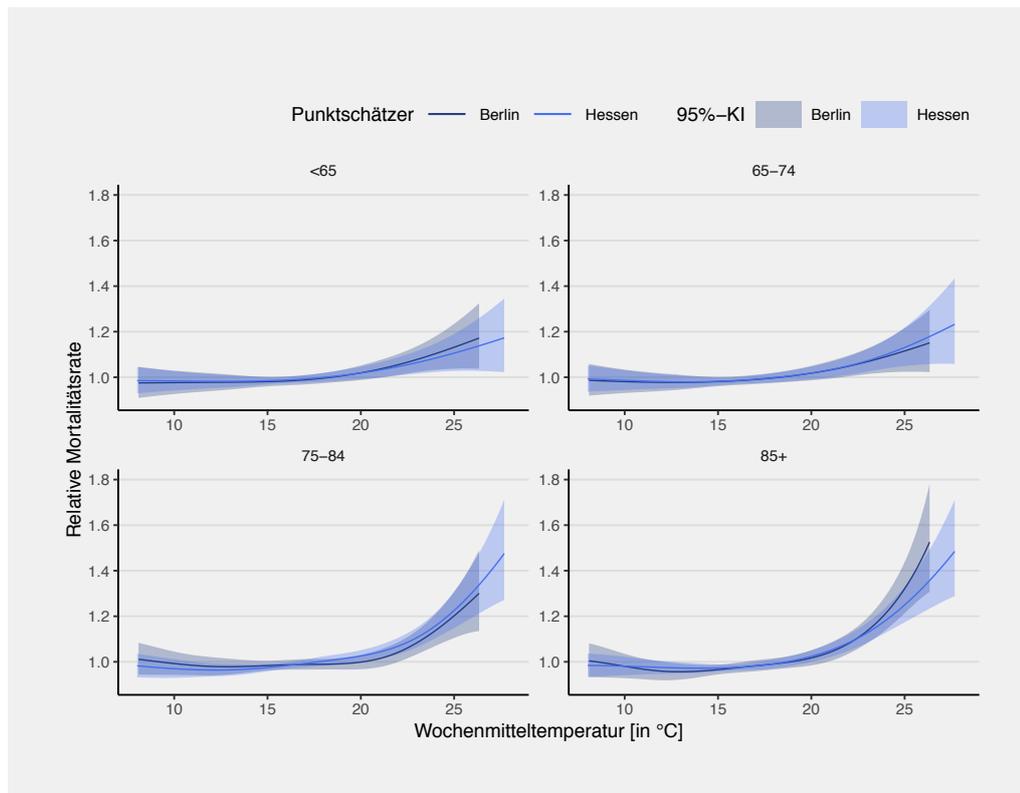
EXPOSITIONS-WIRKUNGS-KURVEN FÜR BERLIN UND HESSEN

Das GAM schätzt ähnliche Expositions-Wirkungskurven für Berlin und Hessen (ABBILDUNG 4). Diese Kurven beschreiben den systematischen Zusammenhang zwischen hohen Wochenmitteltemperaturen und einer erhöhten Mortalitätsrate in der gleichen Woche.

GESCHÄTZTE ANZAHL HITZEBEDINGTER STERBEFÄLLE

In den Jahren 2006 und 2018 schätzt das Modell eine signifikante Anzahl hitzebedingter Sterbefälle in Berlin von 390 (95 %-KI 20–760) bzw. 490 (95 %-KI 110–880), 2015 ist die Anzahl grenzsignifikant (signifikant bezüglich eines 90 % Konfidenzintervalls) und beträgt 310 (90 %-KI 10–590) (ABBILDUNG 5, oben). Dies entspricht einer hitzebedingten Mortalität im Jahr 2018 von etwa 13/100.000 Einwohnern, besonders betroffen sind die Altersgruppen (75–84) und (85+), hier liegt die hitzebedingte Mortalität bei etwa 67/100.000 bzw. etwa 320/100.000, (vergleiche ABBILDUNG 9). Die Anzahl der Exzess-Sterbefälle in Wochen

ABBILDUNG 4
Quelle: RKI.



Expositions-Wirkungs-Kurven nach Altersgruppen für Hessen und Berlin mit 95 %-Konfidenzintervall (95 %-KI).

mit Mitteltemperatur über 20°C liegt besonders hoch in den Jahren 2006, 2010 und 2018, sowie etwas niedriger im Jahr 2015 (ABBILDUNG 6, oben). In den übrigen Jahren liegt sie im Bereich von 100 Sterbefällen oder darunter (ABBILDUNG 6, unten).

In Hessen zeigt sich eine signifikant erhöhte hitzebedingte Mortalität in den Jahren 2003, 2015 und 2018 (ABBILDUNG 5, unten). Im Jahr 2003 wurden 780 (95 %-KI 280–1.350), im Jahr 2015 etwa 550 (95 %-KI 73–1.000) und im Jahr 2018 etwa 740 (95 %-KI 200–1.260) hitzebedingte Sterbefälle geschätzt, entsprechend einer Mortalität von 12/100.000 Einwohnern, besonders betroffen sind die Altersgruppen (75–84) und (85+), hier liegt die hitzebedingte Mortalität bei etwa 53/100.000 bzw. etwa 260/100.000, (vergleiche ABBILDUNG 9). Die geschätzte Exzess-Mortalität (ABBILDUNG 6, unten) zeigt ein ähnliches Muster allerdings mit deutlich geringerer Unsicherheit, im Jahr 2003 liegt

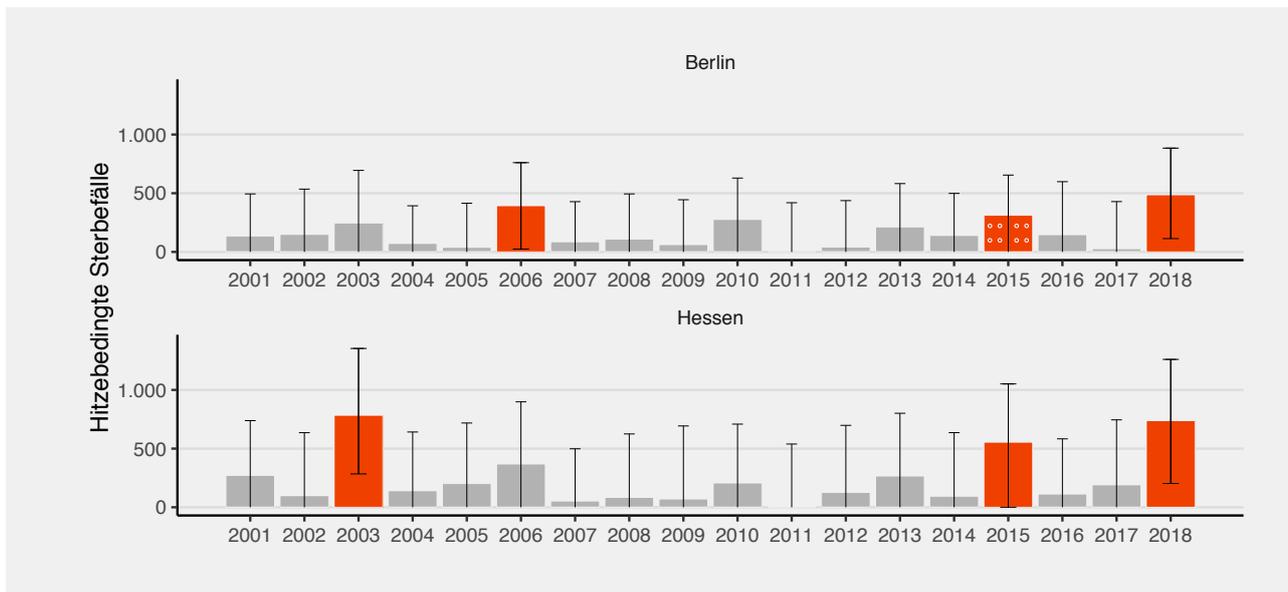
der Wert mit 1.240 (95 %-KI 1.000–1.470) Exzess-Sterbefällen deutlich über der geschätzten Zahl hitzebedingter Sterbefälle.

Zusammenfassend beobachten wir eine ähnliche Auswirkung des Hitzesommers im Jahr 2018 in Berlin und Hessen. Die Raten hitzebedingter Mortalität waren am höchsten in den Altersgruppen der 75- bis 84-Jährigen mit etwa 60/100.000 und bei den über 84-Jährigen mit etwa 300/100.000 Einwohner.

ABBILDUNG 7 zeigt, dass besonders große Abweichungen zwischen dem GAM und der Exzess-Mortalität im Jahr 2003 in Hessen und im Jahr 2010 in Berlin bestehen. In diesen Jahren liegt der Mortalitätspeak deutlich über dem aufgrund der Wochenmitteltemperatur erwarteten Wert. Dagegen stimmen die geschätzten Werte für die Jahre 2015 und 2018 relativ gut mit den Exzess-Werten überein.

ABBILDUNG 8 verdeutlicht, wie sich die wöchentliche Exzess-Mortalität zu der wöchentlichen hitzebedingten Mortalität verhält.

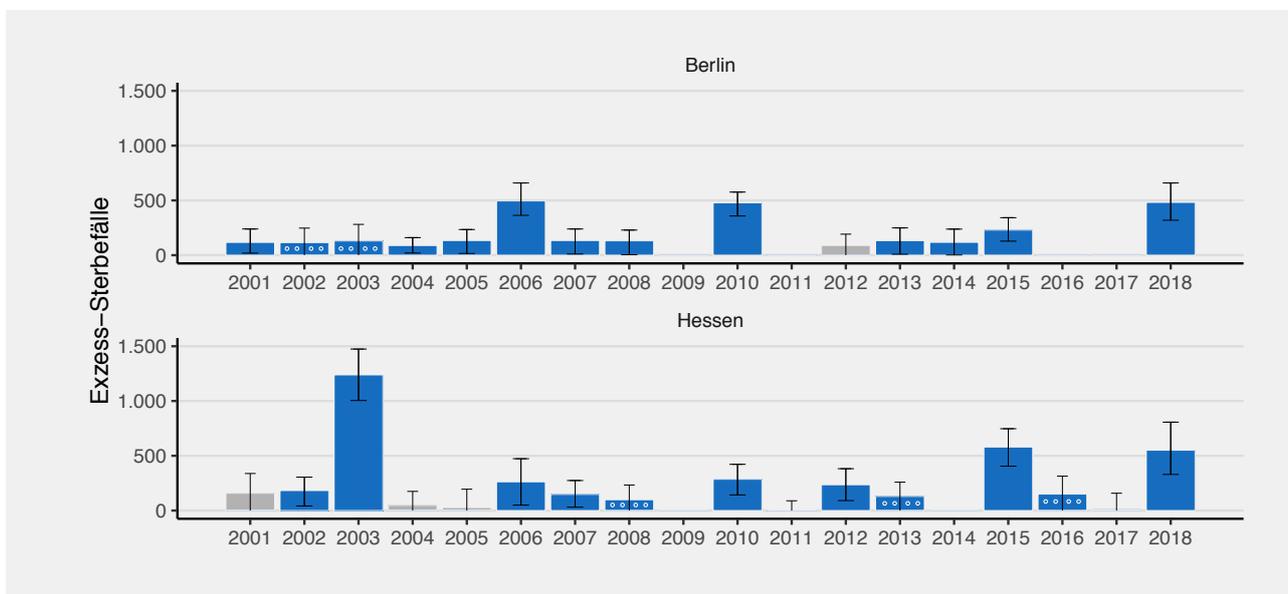
SCHÄTZUNG DER ZAHL HITZEBEDINGTER STERBEFÄLLE UND BETRACHTUNG DER EXZESS-MORTALITÄT
 ESTIMATING THE NUMBER OF HEAT-RELATED DEATHS AND CONSIDERING EXCESS MORTALITY



Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall. Signifikant erhöhte Anzahlen sind in rot, grenzsingifikant erhöhte Anzahlen sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert.

ABBILDUNG 5

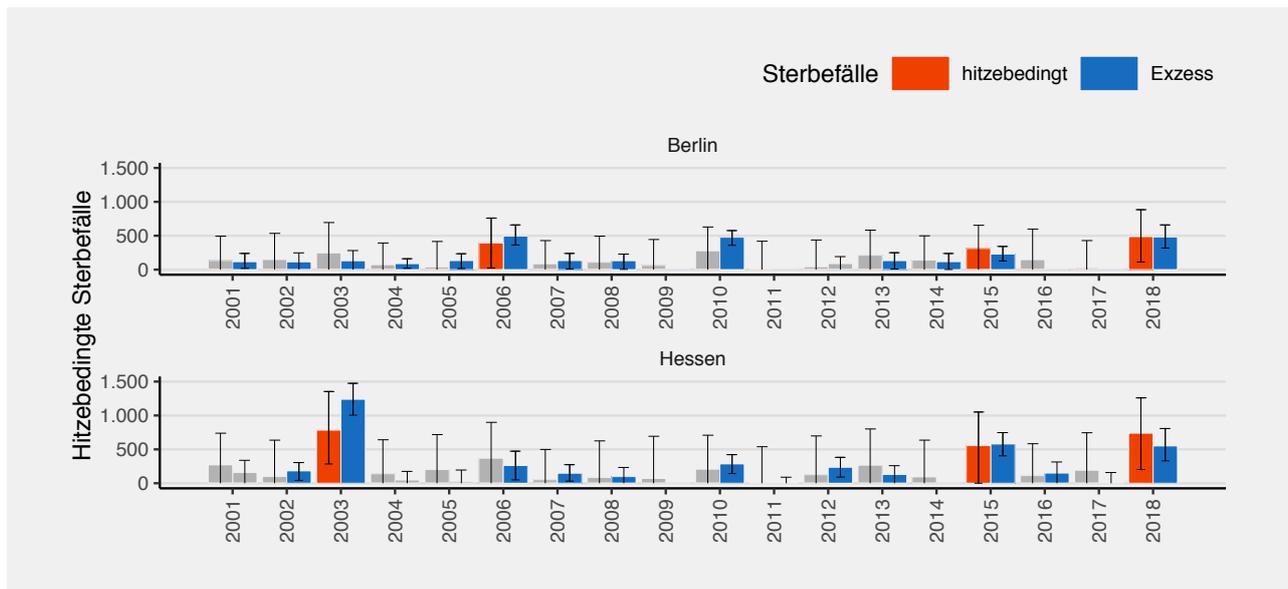
Quelle: RKI.



Schätzung der Exzess-Mortalität in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall. Signifikant erhöhte Anzahlen sind in blau, grenzsingifikant erhöhte Anzahlen sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert.

ABBILDUNG 6

Quelle: RKI.



Vergleich der Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle und der Exzess-Mortalität in den Jahren 2001–2018 in Berlin und Hessen mit 95%-Konfidenz-Intervallen, signifikant erhöhte Anzahlen sind rot bzw. blau, grenzsingnifikant erhöhte sind zusätzlich mit weißen Kreisen markiert.

Letztere lässt sich als Mittelung der einzelnen Exzess-Mortalitäten vorstellen.

Die Expositions-Wirkungs-Kurven zeigen, dass Hitze insbesondere in den älteren Altersgruppen die Mortalitätsrate um einen zweistelligen Prozentwert (bis zu 50%) erhöht. Da schon die Mortalitätsrate vom Alter abhängt, sind die Unterschiede in der Anzahl von Sterbefällen pro 100.000 Einwohner zwischen den Altersgruppen sehr ausgeprägt (ABBILDUNG 9). Dagegen ist die absolute Anzahl von Sterbefällen in den Altersgruppen (75–84) und (85+) vergleichbar, da es in Deutschland deutlich mehr Menschen in der ersteren Altersgruppe gibt. Vergleicht man die Hitzewellen 2006 und 2018 in Berlin, so fällt auf, dass die Mortalitätsraten 2018 in der ältesten und zweitältesten Altersgruppe in beiden Jahren sehr ähnlich waren (ABBILDUNG 9, oben). Dagegen liegt die Gesamtzahl der hitzebedingten Sterbefälle in den jeweiligen Altersgruppen im Jahr 2018 deutlich über dem Wert von 2006 (ABBILDUNG 10, oben). Dies lässt sich mit der demografischen Entwicklung erklären, da die beiden hauptbetroffenen Altersgruppen nach 2006 deutlich größer wurden

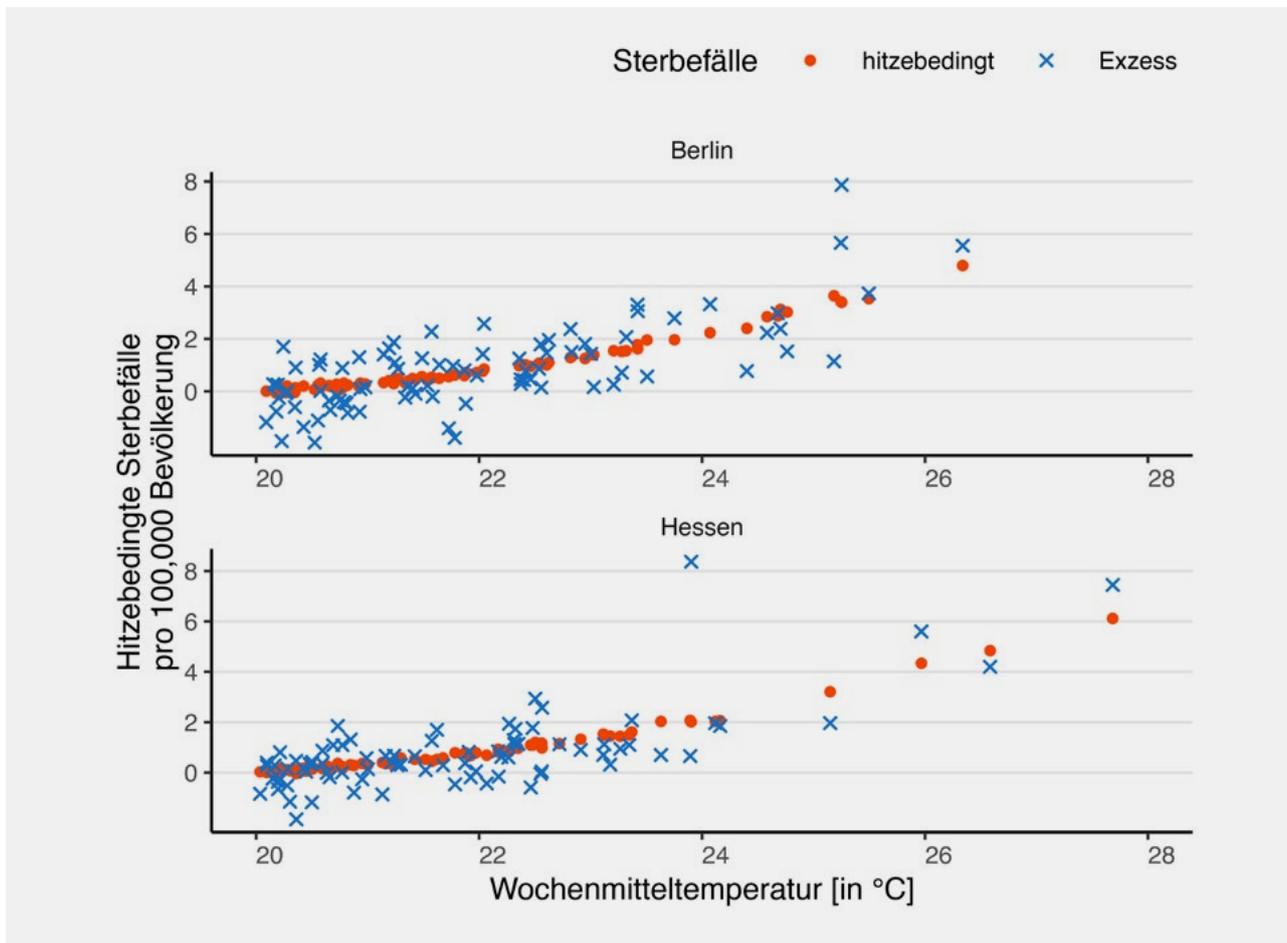
(ABBILDUNG 11). In Hessen gilt Ähnliches für den Vergleich der Auswirkungen der Hitzewellen in den Jahren 2003 und 2018.

ABBILDUNG 7
Quelle: RKI.

DISKUSSION

Unsere Analyse zeigt, dass in Berlin die Hitzewellen der Jahre 2006, 2015 und 2018 zu einer erhöhten Anzahl von Sterbefällen (etwa 390, 310 und 490) geführt hat (ABBILDUNG 5, oben). Von der Hitzewelle des Jahres 2003 war Berlin wenig betroffen; im Jahr 2010 beobachten wir eine erhebliche Exzess-Mortalität (etwa 480 Sterbefälle) (ABBILDUNG 6, oben), und tatsächlich war die Wochenmitteltemperatur in Berlin in den Wochen 26–29 dauerhaft über 20°C. Durch die Berücksichtigung der Dauer einer Hitzewelle im GAM ließe sich hier vermutlich auch ein signifikanter Hitzeeinfluss zeigen.

In Hessen konnten wir für die Jahre 2003, 2015 und 2018 einen signifikanten Einfluss von Hitze auf die Mortalität (etwa 780, 550 und 740 Sterbefälle) zeigen (ABBILDUNG 5, unten). Dies sind auch die Jahre, in denen sich eine deutlich erhöhte Zahl von Exzess-



Vergleich der wöchentlichen Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle und der Sterbefälle nach geschätzter Exzess-Mortalität in den Jahren 2001–2018.

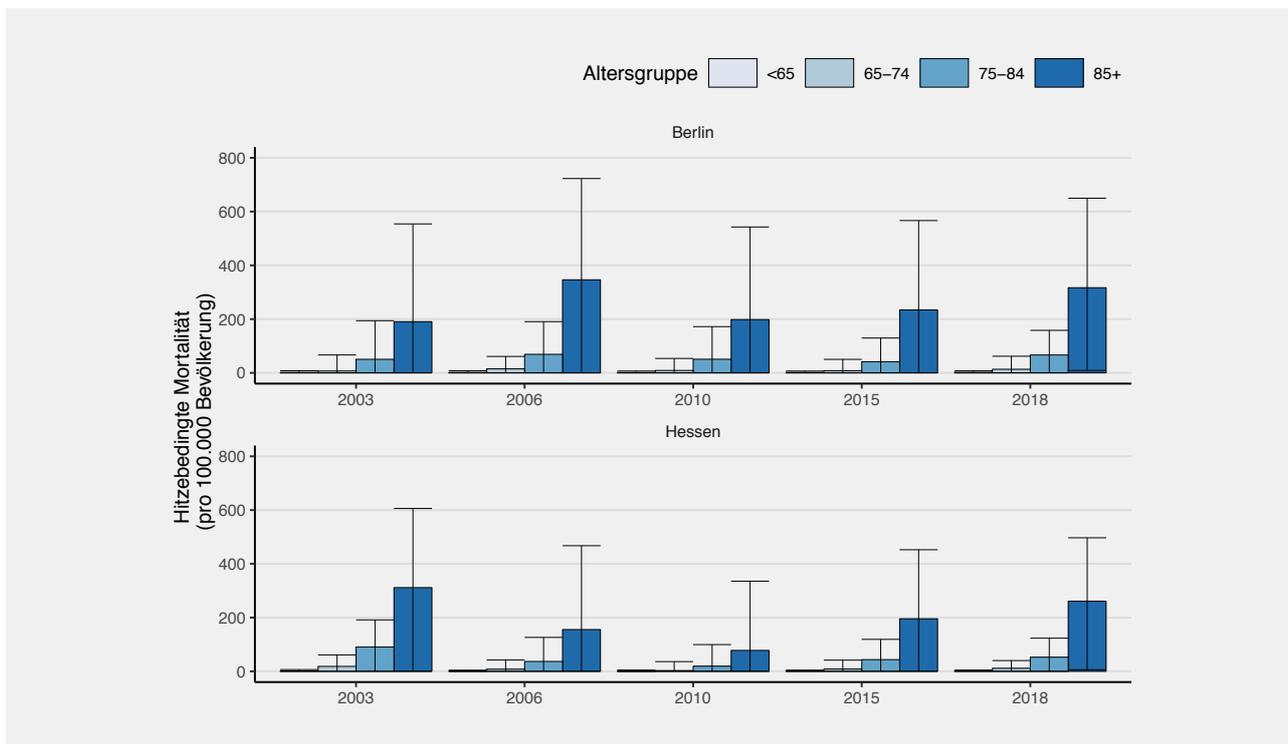
ABBILDUNG 8
 Quelle: RKI.

Sterbefällen (etwa 1.240, 580 und 550) zeigt (ABBILDUNG 6, unten). Diese Zahl ist allerdings im Jahr 2003 noch einmal deutlich höher als durch die Expositions-Wirkungs-Kurve abgebildet wird (ABBILDUNG 7, unten). Der dargestellte Anstieg der geschätzten Zahl der hitzebedingten Sterbefälle in den oberen beiden Altersgruppen bei gleicher oder ähnlicher Mortalität ist darauf zurückzuführen, dass die Größe dieser Altersgruppen über die Zeit zugenommen hat. Da sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren weiter fortsetzen wird und die Anzahl bzw. das Ausmaß der Hitzewellen kaum abnehmen wird, erwarten wir einen weiteren Anstieg der Anzahl hitzebedingter Sterbefälle. Dieser könnte eventuell dadurch

abgeschwächt werden, dass geeignete Präventionsmaßnahmen noch konsequenter umgesetzt werden (siehe KASTEN Seite 89).

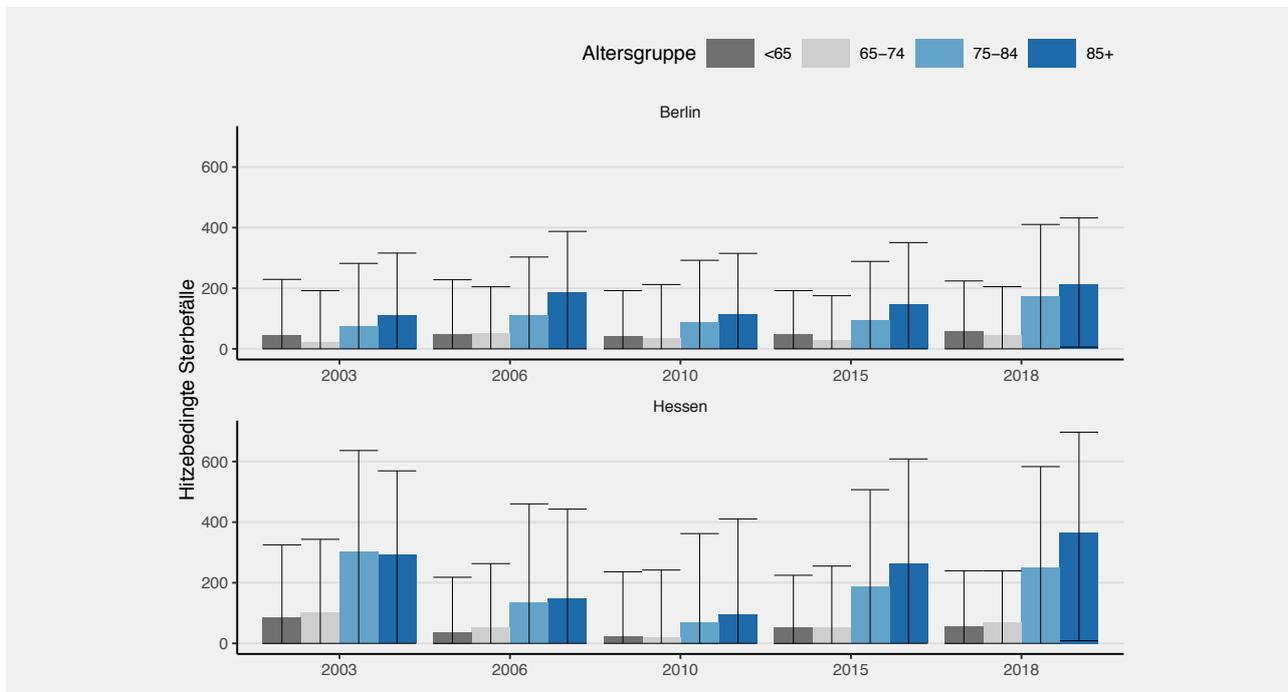
Der Zusammenhang zwischen Hitze und Mortalität wird im generalisierten additiven Modell (GAM) über den Zeitraum von 2001–2018 modelliert, unter der Annahme, dass die Auswirkungen hoher wöchentlicher Mitteltemperaturen auf die Sterblichkeit über diesen Zeitraum in gleicher Weise bestand. Naturgemäß kann dieser Zusammenhang nicht vollständig die beobachteten Ausschläge abbilden. Die Dauer des Hitzeeinflusses und der Zeitpunkt innerhalb des Sommerhalbjahres werden in dem angewandten Modell nicht berücksichtigt. Eine isolierte Woche mit hoher Mitteltemperatur wird aber

SCHÄTZUNG DER ZAHL HITZEBEDINGTER STERBEFÄLLE UND BETRACHTUNG DER EXZESS-MORTALITÄT
 ESTIMATING THE NUMBER OF HEAT-RELATED DEATHS AND CONSIDERING EXCESS MORTALITY



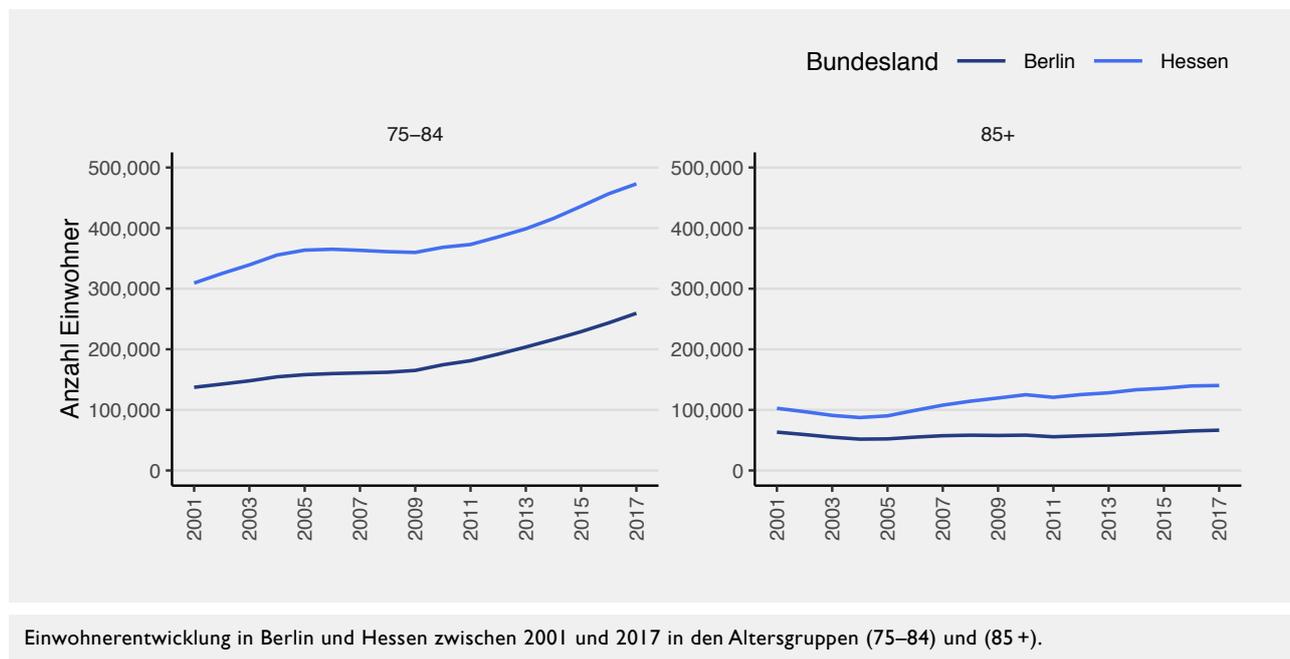
Schätzung der hitzebedingten Mortalitätsrate in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall.

ABBILDUNG 9 Quelle: RKI.



Schätzung der hitzebedingten Sterbefälle in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2018 mit 95%-Konfidenz-Intervall.

ABBILDUNG 10 Quelle: RKI.



Einwohnerentwicklung in Berlin und Hessen zwischen 2001 und 2017 in den Altersgruppen (75–84) und (85+).

ABBILDUNG 11
Quelle: RKI.

typischerweise einen geringeren Einfluss auf die Mortalitätsrate ausüben, als eine Woche, deren Vorwoche auch schon heiß war.

Auf der anderen Seite basiert die Schätzung der Exzess-Sterbefälle auf der Konstruktion einer (kontrafaktischen) Mortalität, die ohne Hitzeeinfluss (20°C würden nie überschritten werden) erwartet würde. Diese Basislinie wird in unserem Fall durch das GAM geliefert, könnte aber auch im Rahmen eines anderen Modells erstellt werden. Die Tatsache, dass auch außerhalb von Hitzewellen Ausschläge beobachtet werden, die nicht in jedem Fall einer klaren Ursache zugeordnet werden können, erschwert diese Konstruktion. Die Betrachtung der modellierten Hitzewirkung führt insgesamt zu etwas vorsichtigeren Schätzungen (ABBILDUNG 5–7).

Eine weitere Limitation unserer Analyse liegt in der Verwendung von Wochendaten. Die Verwendung von tagesgenauen Daten zur Sterblichkeit böte die Möglichkeit, die Auswirkung von Hitze auf die Mortalität noch genauer zu untersuchen, allerdings wäre für die Analyse der Hitzewirkung dann die Einbeziehung der Dauer einer Hitzewelle und auch auftretender Verzögerungen nach dem Hitzeeinfluss noch bedeutsamer.

Es stellt sich die Frage, inwieweit sich über die Jahre die Auswirkungen der Hitzewellen auf die Bevölkerung verringert, etwa aufgrund besserer Aufklärung über Hitzegefahren, verändertem Verhalten der Bevölkerung oder aufgrund anderer Maßnahmen, wie sie etwa im Hitzeaktionsplan aufgeführt werden (BMU 2017). Darauf könnte hindeuten, dass im Zeitraum 2001–2010 die Exzess-Mortalität eher höher als die hitzebedingte Mortalität ausfällt, nach 2010 scheint sich dieser Zusammenhang eher umzukehren. Durch die Berücksichtigung der Dauer und eventuell weiterer wichtiger Aspekte der Hitzeeinwirkung könnte dieser Befund weiter aufgeklärt werden. Schließlich wäre auch eine Erweiterung des Modells mit einer zeitveränderlichen Expositions-Wirkungs-Kurve denkbar, um direkt hierzu Hypothesen zu erstellen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bleibt dies aber unklar und eine Herausforderung für die Zukunft. Insgesamt erscheint der Vergleich zwischen Exzess-Mortalität und modellierter Hitzewirkung hilfreich und ermöglicht ein besseres Verständnis der Limitationen beider Ansätze. ●

AUSZUG AUS DEN „HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE ERSTELLUNG VON HITZEAKTIONSPLÄNEN ZUM SCHUTZ DER MENSCHLICHEN GESUNDHEIT“ (BMU 2017)

REDUZIERUNG VON HITZE IN INNENRÄUMEN (KERNELEMENT 4):

(Kurzfristige Maßnahmen: Empfehlungen zum Verhalten sowie einfache technische Möglichkeiten)

- Insbesondere bei direkter Sonneneinstrahlung ist ein Verdunkeln/Verschatten durch Vorhänge, Jalousien, Markisen, Sonnenschirme, Fenster- oder Rollläden zu empfehlen
- Innerhalb eines Hauses/einer Wohnung sollten kühle Räume aufgesucht werden
- Ventilatoren können eingesetzt werden, falls dies vertragen oder als angenehm empfunden wird
- Das Lüftungsverhalten sollte im Fall ausgeprägter Hitze angepasst werden: So ist es zweckmäßig, nur während der kühleren Nacht- und Morgenstunden die Fenster zu öffnen und zu lüften. Je nach Situation des Umfeldes ist es sinnvoll, vor den entsprechenden Fenstern Mückenschutzgitter anzubringen
- Wärme abgebende Geräte sollten möglichst nicht verwendet werden, da sie zu einer zusätzlichen Wärmebelastung führen können

(Mittelfristige Maßnahmen: Gebäude bezogene Kühlungsmaßnahmen)

- Installation von Rollläden, Außenjalousien, Blendläden mit Luftschlitzen, Markisen und Sonnensegeln
- Wand- und Dachisolierungen schützen nicht nur im Sommer vor dem Aufheizen der Gebäude, sondern im Winter auch vor der Auskühlung der Räumlichkeiten
- Mikroklimatische Abkühlungseffekte können für Innenräume auch durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie durch Laubbäume an Straßen, in Gärten und Grünanlagen erzielt werden
- Der Einbau technischer Kühlverfahren (auch Klimaanlage) sollte bei jeder Renovierung z. B. von Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen in Betracht gezogen werden

Aktive Kühlung von Innenräumen:

- Klimaanlage (auch mobile Geräte) für den privaten Bereich sind nur dann zu empfehlen, wenn andere Maßnahmen nicht zum Erfolg führen und alle baulichen und technischen Möglichkeiten ausgeschöpft sind. Durch ihren hohen Stromverbrauch und die Abgabe von Wärme an die Außenluft tragen sie zum Klimawandel und zu einer weiteren Aufheizung der allgemeinen Atmosphäre im Außenbereich vor allem in Städten (Wärmeinseleffekt) bei.

BESONDERE BEACHTUNG VON RISIKOGRUPPEN (KERNELEMENT 5):

Bestimmte Risikopersonen bzw. -gruppen (vulnerable Personengruppen) müssen bei der Auswahl von geeigneten Maßnahmen besonders berücksichtigt werden. Auch hinsichtlich einer geeigneten Herangehensweise bei der Kommunikation von Hitzेरisiken für die Gesundheit bestehen Besonderheiten. Dies ist vor allem wichtig vor dem Hintergrund einer älter werdenden Gesellschaft. Hingewiesen wird auf eine verstärkte Flüssigkeitszufuhr, evtl. Anpassung der Medikation, angemessene Kleidung (luftig, UV-Schutz), Aufenthalt in kühlen Innenräumen.

RISIKOGRUPPEN:

(a) Ältere Menschen, (b) isoliert lebende Menschen, (c) pflegebedürftige Menschen, (d) Personen mit starkem Übergewicht, (e) Menschen mit chronischen Erkrankungen, (f) Menschen mit fieberhaften Erkrankungen, (g) Menschen mit Demenz, (h) Personen, die Probleme bei der thermophysiologischen Anpassung haben, (i) Säuglinge und Kleinkinder.

LITERATUR

an der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015 Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 571–9.

an der Heiden M, Buchholz U (2017): Estimation of influenza-attributable medically attended acute respiratory illness by influenza type/subtype and age, Germany, 2001/02–2014/15. Influenza Other Respir Viruses ; 11: 110–21.

BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf (Zugriff am 31.05.2019).

Imbery F, Friedrich K, Koppe C, et al. Deutscher Wetter Dienst(2018): 2018 wärmster Sommer im Norden und Osten Deutschlands. https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20180906_waermster-sommer_nordenosten2018.pdf (Zugriff am: 03.06.2019).

Masterton J, Richardson F (1979): A method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ontario: Environment Canada.

Mücke HG, Straff W (2019): Zunehmende Wetterextreme sind Gründe, die gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel ernst zu nehmen. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 535–6.

Siebert H, Uphoff H, Grewe HA (2019): Monitoring hitzebedingter Sterblichkeit in Hessen. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 580–8.

Staiger H, Laschewski G, Gratz A (2012): The perceived temperature - a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. International journal of biometeorology; 56: 165–76.

Steil K, Jung HG, Heudorf U (2019): Hitzeassoziierte Morbidität: Surveillance in Echtzeit mittels rettungsdienstlicher Daten aus dem Interdisziplinären Versorgungsnachweis (IVENA). Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz; 62: 589–98.

Wood SN (2006): Generalized additive models: an introduction with R. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.

KONTAKT

Dr. Matthias an der Heiden
Robert Koch-Institut
Abteilung für Infektionsepidemiologie, FG 34
Seestrasse 10
13353 Berlin
E-Mail: anderHeidenM@rki.de

[RKI]

„Krebs in Deutschland für 2015/2016“ im Dezember 2019 erschienen

"Cancer in Germany for 2015/2016" published in December 2019

ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Basis der Datensätze der Landeskrebsregister publiziert das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) am Robert Koch-Institut Berlin alle zwei Jahre gemeinsam mit der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (GeKiD) den Bericht „Krebs in Deutschland“, der Zahlen zur Epidemiologie von Krebserkrankungen darstellt. Im Dezember 2019 kam die neue 12. Ausgabe des Berichtes heraus, beruhend auf Diagnosen bis zum Jahr 2016. Auf der Internetseite des ZfKD, www.krebsdaten.de, ist die neue Ausgabe als Druck kostenfrei bestellbar und in Form einer PDF-Datei sowohl in deutscher, als auch in englischer Sprache zu finden.

ROSE KOWOLLIK,
NINA BUTTMANN-
SCHWEIGER

ABSTRACT

On the basis of population-based cancer registry data from the Federal State Cancer Registries, the Center for Cancer Registry Data (ZfKD) at the Robert Koch Institute Berlin publishes the report "Cancer in Germany", together with the Society of Population-based Cancer Registries in Germany (GeKiD) every two years. The new 12th edition was published in December 2019 and covers the epidemiology of cancer in Germany up to the year of diagnosis 2016. The edition is available in print, and as per download in both German and English language on the website www.krebsdaten.de.

EINLEITUNG

Auf Basis des Bundeskrebregisterdatengesetzes (BKRGG), das seit 2009 in Kraft ist, erhält das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) am Robert Koch-Institut in Berlin von den Krebsregistern der Länder jährlich neue Daten über Krebserkrankungen in Deutschland (Bundesgesetzblatt 2009). Diese werden im ZfKD zusammengeführt und auf Vollzählbarkeit geprüft. Da sich die Erfassungsgrade, aber auch die zur Verfügung stehenden Zeitreihen zwischen den Registern noch immer unterscheiden, führt das ZfKD eine Schätzung der bundesweiten Häufigkeiten von

Krebserkrankungen rückwirkend bis 1999 durch. In Zusammenarbeit mit der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GeKiD) wird auf Grundlage der überlieferten Daten alle zwei Jahre der Bericht „Krebs in Deutschland“ veröffentlicht. Die im Dezember 2019 neu veröffentlichte 12. Ausgabe gibt einen Einblick in die Epidemiologie von Krebserkrankungen in Deutschland auf Basis der Diagnosen bis 2016 (RKI, GEKID 2019).

Die Darstellung der Neuerkrankungsraten für Deutschland von 1999 bis 2016 wurde in der aktuellen Ausgabe um eine Prognose bis 2020 ergänzt.



ABBILDUNG 1
Titelseite der Broschüre
„Krebs in Deutschland
für 2015/2016“.
Quelle: RKI, GEKID
2019.

Neben Ergebnissen zu Krebserkrankungen insgesamt werden Auswertungen für 30 Krebsdiagnosen/-diagnosegruppen gezeigt. Neu dazugekommen sind ausgewählte Ergebnisse zu bösartigen Neubildungen des Dünndarms, des Anus und zum hellen Hautkrebs. Für die einzelnen Diagnosen werden Erkrankungs- und Sterberaten für Deutschland im Zeitverlauf dargestellt und international verglichen. Neben weiteren epidemiologischen Maßzahlen finden sich Grafiken zur Tumorstadienverteilung und den Überlebenswahrscheinlichkeiten bis zehn Jahre nach Diagnose, erstmals auch Überlebenswahrscheinlichkeiten differenziert nach Tumorstadium. Zusätzlich enthält jedes Kapitel

Texte zur Epidemiologie und den wichtigsten Risikofaktoren (bereitgestellt vom Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums) sowie gegebenenfalls zu bevölkerungsbezogenen Früherkennungsmaßnahmen.

AKTUELLE ZAHLEN

Krebs, ob aktuell diagnostiziert, als chronische Erkrankung verlaufend oder bereits überwunden, betrifft wahrscheinlich über vier Millionen der in Deutschland lebenden Menschen. Alleine im Jahre 2016 wurden rund 492.000 Krebserkrankungen in Deutschland neu diagnostiziert. Laut Schätzungen des Deutschen Krebsforschungszentrums sind mindestens 37 Prozent aller Krebsneuerkrankungsfälle vermeidbar oder zumindest durch beeinflussbare Risikofaktoren erklärbar. Insbesondere der Tabakkonsum ist nach wie vor als wichtigster beeinflussbarer Risikofaktor für die Entstehung einer Krebserkrankung anzusehen. Dies gilt insbesondere für den Lungenkrebs, für den die überwiegende Mehrzahl der Erkrankungsfälle darauf zurückzuführen ist. Lungenkrebs stellt bei Männern die zweithäufigste und bei Frauen die dritthäufigste Krebserkrankung dar (ABBILDUNG 2).

Im Jahr 2016 war bei Frauen der Brustkrebs die mit Abstand häufigste Krebserkrankung (68.900 Erkrankte), bei Männern der Prostatakrebs (58.800 Erkrankte). Krebserkrankungen des Dickdarms (58.300) und der Lunge (57.500) traten ebenfalls häufig auf.

Zwischen den Jahren 2006 und 2016 war eine Zunahme der absoluten Zahl der Krebsneuerkrankungen von fünf Prozent bei den Frauen und zwei Prozent bei den Männern zu beobachten (ABBILDUNG 3), vor allem aufgrund der Zunahme älterer Menschen in der Bevölkerung. Rechnet man diese mittels Altersstandardisierung heraus, zeigt sich bei Männern ein Rückgang der Erkrankungsraten um zwölf Prozent, bei Frauen lediglich um ein Prozent.

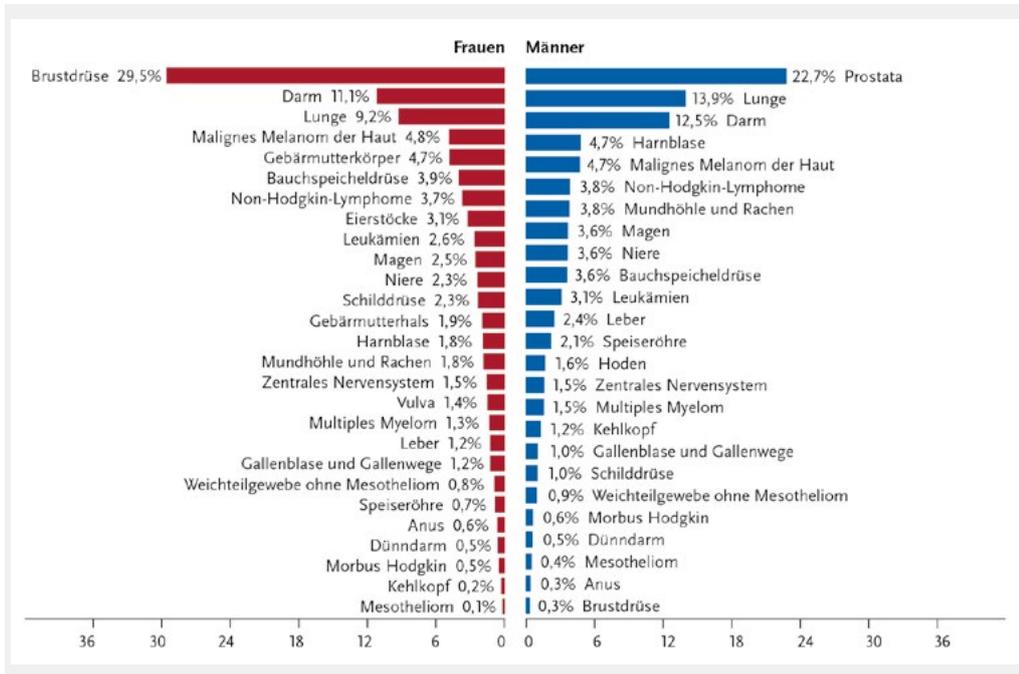


ABBILDUNG 2

Prozentualer Anteil der häufigsten Tumorlokalisationen an allen Krebsneuerkrankungen in Deutschland 2016 (ohne hellen Hautkrebs).
 Quelle: RKI, GEKID 2019.

Maßgeblich daran beteiligt ist die günstige Entwicklung der Krebsneuerkrankungsraten des Magens und des Darms mit einem Rückgang um mehr als 20 Prozent. Der Unterschied in der Entwicklung zwischen den Geschlechtern ist überwiegend durch die gegenläufigen Entwicklungen beim Lungenkrebs und anderen durch das Zigarettenrauchen geförderten Krebskrankheiten bedingt.

Krebserkrankungen der Haut, des Hodens sowie der Schilddrüse sind im Mittel mit hohen Überlebenschancen verbunden, umgekehrt ist die Prognose für Krebserkrankungen der Lunge, der Bauchspeicheldrüse und der Leber in der Regel eher ungünstig. In 2017 sind rund 227.000 Menschen an einer Krebserkrankung verstorben, mit rund 20 Prozent hatte Lungenkrebs daran den größten Anteil.

ABBILDUNG 3

Absolute Zahl der Neuerkrankungs- und Sterbefälle nach Geschlecht, Deutschland 1999–2016/2017, Prognose (Inzidenz) bis 2020.
 Quelle: RKI, GEKID 2019.

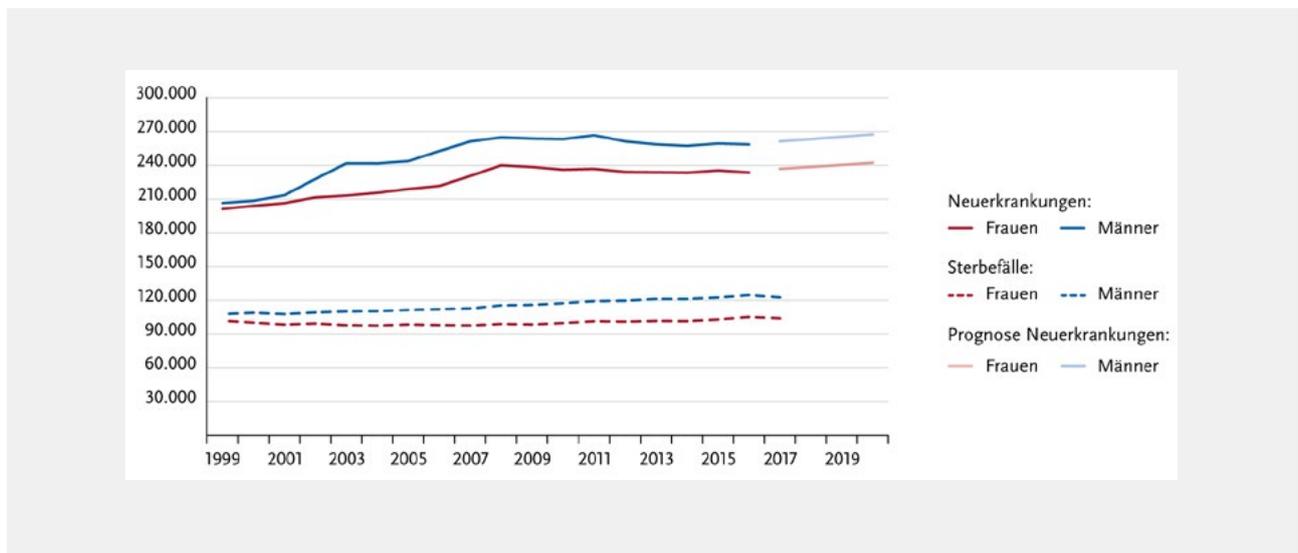


ABBILDUNG 4
Abfrageformular der
interaktiven Datenbank
unter www.krebsdaten.de/abfrage.

INTERNETANGEBOT DES ZfKD

Das Zentrum für Krebsregisterdaten bietet eine nach Diagnosen strukturierte Internetseite auf www.krebsdaten.de an, auf der die aktuellen Ergebnisse für jede in der Broschüre „Krebs in Deutschland“ vorhandene Krebsart zur Verfügung gestellt werden. Für einige der 30 Tumorlokalisationen sind online noch zusätzliche Auswertungen verfügbar.

Die aktuelle Ausgabe des Berichts „Krebs in Deutschland für 2015/2016“ steht auf der Internetseite in deutscher und englischer Sprache als PDF-Datei zum Download zur Verfügung, ist aber auch kostenfrei als Printversion über [krebsdaten\[at\]rki.de](mailto:krebsdaten[at]rki.de) bestellbar. Zudem erhält man über die Webseite des ZfKD Zugriff auf eine Datenbank, die eine interaktive Abfrage zu Erkrankungs- und Sterberaten sowie Prävalenz und Überleben für unterschiedlichste Krebserkrankungen ermöglicht (ABBILDUNG 4). Diese wird jährlich aktualisiert. ●

LITERATUR

Bundesgesetzblatt (2009): Begleitgesetz zur zweiten Föderalismusreform. Art. 5 Bundeskrebsregisterdatengesetz (BKRG). BGBl. I Nr. 53 S: 2707–2708, ausgegeben zu Bonn am 17. August 2009.

RKI, GEKID (2019): Krebs in Deutschland für 2015/2016. 12. Ausgabe. Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (Hrsg). Berlin, 2019.

KONTAKT

Nina Buttmann-Schweiger
Robert Koch-Institut
Zentrum für Krebsregisterdaten
General-Pape-Straße 62–66
12101 Berlin
E-Mail: [krebsdaten\[at\]rki.de](mailto:krebsdaten[at]rki.de)

[RKI]

Die Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen – Neues zur Anerkennung von Mitteln und Verfahren nach § 18 Infektionsschutzgesetz

Control of Health Pest Organisms – news for recognition of products according to § 18 German Infection Protection Act

ZUSAMMENFASSUNG

Globale Veränderungen beeinflussen auch das Vorkommen und die Verbreitung von Gesundheitsschädlingen, Krätzmilben und Kopfläusen. Eine Bekämpfung bei behördlich angeordneten Maßnahmen in Deutschland wird durch das Infektionsschutzgesetz (IfSG) geregelt. Unter anderem dürfen bei angeordneten Bekämpfungsmaßnahmen nur Mittel und Verfahren verwendet werden, die in einer entsprechenden Liste gemäß § 18 IfSG aufgeführt sind. Durch die Novellierung des IfSG ist das Listungsverfahren neu geregelt worden. Wesentliche Änderungen sind die Veröffentlichung der Liste im Internet mit der Möglichkeit einer raschen Aktualisierung, die Berücksichtigung bestehender Zulassungen von Bioziden, Pflanzenschutzmitteln und Arzneimitteln für den Listungsprozess und die Regelung der Aberkennung aufgrund neuer Tatsachen und Erkenntnisse. In der aktuellen Liste finden sich nun auch Medikamente gegen Skabies, Insektizide gegen Stechmücken zur Anwendung im Flugzeug und nicht-chemische Verfahren zur Nagetierbekämpfung.

BETTINA ROTHE,
CAROLA KUHN,
ERIK SCHMOLZ

ABSTRACT

Global changes influence the occurrence and distribution of health pest organisms, scabies mites and head lice. Officially ordered pest control operations against health pest organisms fall under the regulation of the German Infection Protection Act (IfSG, Infektionsschutzgesetz). Amongst other issues, for officially ordered pest control operations, only products must be applied which are included in a list according to article 18 of the IfSG. The listing procedure has been changed after a recent amendment of the IfSG. The main changes are the publication of the list on the Internet with the possibility of a rapid update, the consideration of existing authorisations of biocides, plant protection products and medicinal products for the listing process and the regulation of withdrawal from the list when new facts and findings emerge. The current list now also includes drugs against scabies, insecticides against mosquitoes for use in aircraft and non-chemical methods of rodent control.

EINLEITUNG

Die Verbreitung und das Auftreten von Gesundheitsschädlingen werden zunehmend durch Klimawandel, den globalen Warentransport, wachsende Touristenströme sowie die Unwirksamkeit von Bekämpfungsmitteln durch Resistenzbildung beeinflusst. In

Deutschland regelt das Infektionsschutzgesetz (IfSG) die gesetzlichen Pflichten zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen. Hierunter fällt auch die Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen, also Tieren, die Krankheitserreger auf den Menschen übertragen können, sowie von Krätzmilben und Kopfläusen. Bekämpfungs-



Asiatische Tigermücke.
Quelle: James Gathany
via CDC.

maßnahmen werden von den zuständigen Behörden gemäß § 17 IfSG angeordnet, wobei nur Mittel und Verfahren verwendet werden dürfen, die durch das Umweltbundesamt (UBA) gemäß § 18 IfSG als hinreichend wirksam und ohne unverträgliche Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit anerkannt und in der § 18 Liste IfSG veröffentlicht werden. Auf die Veränderungen des § 18 IfSG durch die Novellierung des Infektionsschutzgesetzes im Sommer 2017 soll im Folgenden genauer eingegangen werden.

ÄNDERUNGEN IM ANERKENNUNGS- VERFAHREN

Seit der Novellierung des IfSG im Jahr 2017 ist das UBA federführende Behörde für die Anerkennung von Mitteln und Verfahren zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen, Kopfläusen und Krätzmilben gemäß § 18 IfSG (im Folgenden als „§ 18 Liste IfSG“ bezeichnet). Aktuelle Informationen hierzu befinden sich im Internet auf der Infektionsschutzseite des UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/infektionsschutz>.

Ein Link zur aktuellen § 18 Liste IfSG ist unter der Rubrik „Links“ an erster Stelle zu finden. Um [schneller auf aktuelle Veränderungen reagieren](#) zu können, wird die § 18 Liste IfSG nicht mehr als Bekanntmachung im Bundesgesundheitsblatt, sondern als PDF-Datei im Internet mit Datumsangabe veröffentlicht und stellt immer den aktuellen Stand dar. Zusätzlich sind Informationen für Antragsteller und Angaben zu den rechtlichen Grundlagen eingestellt worden.

Aktualisierungen der § 18 Liste IfSG finden nach Bedarf und nicht nach einem zeitlich festgelegten Intervall statt. Die letzte Veröffentlichung im Bundesgesundheitsblatt von 2016 (Bd. 59: 690–701) ist nicht mehr gültig.

Neu ist die Regelung, dass für behördliche Anordnungen nach § 17 IfSG neben den anerkannten und in die § 18 Liste IfSG aufgenommenen Mitteln auch nicht gelistete Produkte verwendet werden dürfen, wenn die anordnende Behörde dies mit Zustimmung des UBA zulässt (§ 18 IfSG Absatz 1). So kann [bei neu oder nur selten auftretenden Gesundheitsschädlingen schneller rechtsicher reagiert werden](#) (z. B. bei Auftreten eines neuen Vektors oder der gestiegenen Bedeutung desselben).

[Doppelarbeit soll vermieden werden](#), indem auf eine Wirksamkeitsprüfung für die Anerkennung gemäß § 18 IfSG Absatz 6 durch das UBA verzichtet werden kann, sofern eine ausreichende Wirksamkeit nachvollziehbar in einem anderen Zulassungsverfahren belegt ist. Dies betrifft zugelassene Arzneimittel, Biozidprodukte und Pflanzenschutzmittel, wobei die Wirksamkeitskriterien für Biozidprodukte und Pflanzenschutzmittel teilweise nicht für eine Anerkennung gemäß § 18 IfSG ausreichen. Die Prüfung der Auswirkungen auf Umwelt und menschliche Gesundheit kann jedoch übernommen werden.

Auch der [Widerruf einer Anerkennung ist nun eindeutig geregelt](#): Die Anerkennung ist zu widerrufen, wenn das Umweltbundesamt davon Kenntnis erlangt, dass eine nach ande-

ren Gesetzen erforderliche Verkehrsfähigkeit in Deutschland für das Mittel oder Verfahren nicht mehr besteht. Sie kann auch widerrufen werden, wenn nach aktuellen Erkenntnissen und Bewertungsmaßstäben die Voraussetzungen der Wirksamkeit nicht mehr erfüllt sind (§ 18 IfSG Absatz 7).

WELCHE INDIKATIONS LÜCKEN KONNTEN GESCHLOSSEN WERDEN?

Mit der Novellierung des IfSG im Jahr 2017 sind [Krätzmilben als Indikation](#) explizit im § 18 IfSG benannt worden. Analog zu den Empfehlungen der S1-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie der Krätze (Skabies) sind zwei topische Arzneimittel mit dem Wirkstoff Permethrin sowie ein Ivermectinhaltiges Arzneimittel zur systemischen Therapie in die neue § 18 Liste IfSG aufgenommen worden.

So konnte eine wichtige Indikationslücke geschlossen werden. Unter Indikationslücken sind im Zusammenhang mit der § 18 Liste IfSG fehlende Mittel und Verfahren bezogen auf Zielorganismus und Anwendungsbereich zu verstehen.

Skabies wurde in den vergangenen Jahren auffallend häufig diagnostiziert und auch der Verbrauch an Antiskabiosa ist deutlich gestiegen (Sunderkötter et al. 2018). Die Diagnostik ist aber nach wie vor schwierig und verlässliche Zahlen zum Auftreten der Skabies mit gesicherter Diagnose liegen nur begrenzt vor. Insbesondere in Gemeinschaftsunterkünften gestaltet sich die Therapie äußerst schwierig, da der Kreis an zu behandelnden Kontaktpersonen oft schwer erfassbar ist.

Außerdem wurden neue [Mittel gegen Stechmücken](#) in die § 18 Liste IfSG aufgenommen. Stechmücken sind klassische Vektoren – wohl am bekanntesten sind die Mücken der Gattung *Anopheles* als Überträger der Malaria. Doch obwohl Malaria in Deutschland noch bis vor hundert Jahren in Teilen Deutschlands endemisch war (Ostfriesland), besteht

kaum Anlass zur Sorge, dass sich diese Krankheit hierzulande wieder ausbreiten wird – unabhängig vom Wandel des Klimas. Besonders in jüngerer Zeit rücken stattdessen andere Erkrankungen in den Vordergrund: Dengue-, Chikungunya-, Zika- und West-Nil-Fieber.

Die Einschleppung von Asiatischen Tigermücken (*Aedes albopictus*) zunächst in Südwestdeutschland und mittlerweile auch weiter nordwärts hat dazu geführt, dass sich ein bedeutsamer potenzieller Vektor für zum Beispiel Zika- und Chikungunyaviren auch in Deutschland lokal etabliert hat. In Italien, Frankreich und mittlerweile auch Spanien sind bereits Chikungunya-Ausbrüche verzeichnet worden, die auf autochthone Übertragungen des Virus durch *Aedes albopictus* zurückzuführen sind, das heißt im Land selbst erworben wurden. Die Asiatische Tigermücke als tagaktive, sehr stechlustige Mückenart kann auch in kleinsten Wasseransammlungen ihre Eier ablegen. Larven dieser Mückenart können durch Produkte mit *Bacillus thuringiensis israelensis* (B. t. i.) als Wirkstoff wirksam bekämpft werden. Entsprechend ist nun ein solches Präparat in die § 18 Liste IfSG aufgenommen worden. Der Einsatz von Adultiziden gegen Stechmücken im Flugzeug hat mit der massiven Ausbreitung des Zika-Virus, insbesondere in Mittel- und Südamerika, eine ganz neue Relevanz bekommen. 2019 ist nun auch ein Adultizid für die Anwendung im Flugzeug (Flugzeugdesinsektion) gelistet worden.

Neben Bioziden sind auch neue Geräte zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen in die § 18 Liste IfSG aufgenommen worden:

Bei der Bekämpfung von Nagetieren werden zunehmend Fallensysteme eingesetzt (Fischer et al. 2019). Dies liegt einerseits daran, dass die bislang zur Verfügung stehenden Bekämpfungsmittel als Wirkstoffe Antikoagulanzen beinhalten, gegen die nicht nur teilweise Resistenzen bestehen, sondern die auch ein Problem aus Sicht des Umweltschut-

zes darstellen: Die meisten der eingesetzten antikoagulanten Wirkstoffe sind in der Umwelt persistent, bioakkumulierend und toxisch für Nicht-Zielorganismen, Haustiere und den Menschen. Als ernstzunehmende Alternativen stehen Fallen zur Verfügung, die sowohl in Gebäuden, Tierställen oder im Freiland als auch in der Kanalisation angewendet werden können und teilweise automatisch und über drahtlose Kommunikation vernetzt sind. Für die Wirksamkeit dieser Produkte werden die gleichen Maßstäbe angesetzt wie für Rodentizide. Zugleich ist aber eine Grundvoraussetzung für die Aufnahme von Fallen in die § 18 Liste IfSG ihre mit dem Tierschutzrecht konforme Tötungswirkung. Auch diese wird vor Aufnahme in die § 18 Liste IfSG geprüft. In Deutschland gibt es kein Zulassungsverfahren für Nagetierfallen. Die Hersteller von Fallensystemen haben durch die Anerkennung ihrer Fallen nach § 18 IfSG daher die Möglichkeit, sich die Wirksamkeit und tierschutzgerechte Tötungswirkung ihrer Produkte behördlich bestätigen zu lassen.

AUSBLICK

Globaler Warenhandel, gestiegenes Reiseaufkommen der Bevölkerung und nicht zuletzt der Klimawandel stellen den Öffentlichen Gesundheitsdienst vor neue Herausforderungen. Es ist damit zu rechnen, dass sich das Auftreten von Gesundheitsschädlingen und die von ihnen übertragenen Krankheitserreger immer schneller verändern werden. Eine neu geregelte Anerkennung von Mitteln und Verfahren gegen Gesundheitsschädlinge, Kopfläuse und Krätzmilben gemäß § 18 IfSG soll helfen, auch neu auftretende Gefahren für die menschliche Gesundheit wirksam zu bekämpfen, ohne Mensch und Umwelt zu gefährden. Hierfür müssen in Zukunft noch weitere Indikationslücken geschlossen werden. ●

LITERATURVERZEICHNIS

Fischer J, Friesen A, Hein S et al. (2019): EU Workshop on Non-Chemical Alternatives for Rodent Control (NoCheRo). Umweltbundesamt, DOKUMENTATIONEN 02/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/19_07_31_ws_nochero_report_final.pdf (Zugriff am: 29.01.2020).

IfSG – Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. Februar 2020 (BGBl. I S. 148) geändert worden ist.

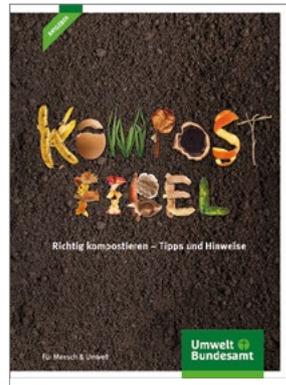
Sunderkötter C, Aebischer T, Neufeld M et al. (2018): Zunahme von Skabies in Deutschland und Entwicklung resistenter Krätzemilben? Evidenz und Konsequenz. J Dtsch Dermatol Ges. 17 (1): 15–24.

Sunderkötter C, Feldmeier H, Fölster-Holst R et al. (2016): S1-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie der Skabies, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF)-Registriernummer: 013–052.

KONTAKT

Bettina Rothe
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: lfsgl8@uba.de

[UBA]



DIESE PUBLIKATIONEN KÖNNEN SIE AUF DER INTERNETSEITE DES UMWELTBUNDESAMTES WWW.UMWELTBUNDESAMT.DE KOSTENFREI LESEN UND HERUNTERLADEN.