



AUS DEM INHALT:

○ **KLIMAWANDEL, HITZE UND GESUNDHEIT:
HITZEAKTIONSPLÄNE IN EUROPA |
HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR IHRE
ERARBEITUNG | UNTERSTÜTZUNGSBEDARF
IN LÄNDERN UND KOMMUNEN**

○ COVID 19:
SCHWERE DER ERKRANKUNGEN IN DER
I. WELLE | DESINFEKTION MIT UV-C-STRAHLUNG |
ABWASSERMONITORING | BFR-CORONA-MONITOR





● UMWELT + MENSCH INFORMATIONSDIENST

NR. 1/2021



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

IMPRESSUM IMPRINT

UMID – UMWELT + MENSCH
INFORMATIONSDIENST
Nr. 1/2021
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

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

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

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

GESAMTKOORDINATION

Denise Köhler
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: denise.köhler[at]uba.de

E-MAIL FÜR UMID

umid[at]uba.de

UMID IM INTERNET

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

LAYOUT

IKONUM Marken- und Webagentur
<https://ikonum.com>

DRUCK

Bonitasprint GmbH
www.bonitasprint.de

TITELBILD

The Builder / fotolia.com

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.

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

KLIMAWANDEL, HITZE UND GESUNDHEIT

7 **Die Wirksamkeit von Hitzeaktionsplänen in Europa**

The effectiveness of heat health action plans in Europe

DEA NIEBUHR, HENDRIK SIEBERT, HENNY A. GREWE

17 **Bund/Länder-Handlungsempfehlungen zur Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen: Bekanntheit und Rezeption in Bundesländern und Kommunen**

Recommendations for the preparation of heat-health action plans in Germany: awareness and reception in federal states, districts and municipalities

THERESA KAISER, CHRISTIAN KIND, LEONIE DUDDA

27 **Klimawandel, Hitze und Gesundheit: Stand der gesundheitlichen Hitzevorsorge in Deutschland und Unterstützungsbedarf der Bundesländer und Kommunen**

Climate change, heat and health: Status of heat prevention in Germany and need for support of federal states and municipalities

THERESA KAISER, CHRISTIAN KIND, LEONIE DUDDA, KIRSTEN SANDER

COVID 19

39 **Krankheitsschwere der ersten COVID-19-Welle in Deutschland basierend auf den Meldungen gemäß Infektionsschutzgesetz**

Disease severity of the first COVID-19 wave in Germany using reporting data from the national notification system

JULIA SCHILLING, ANN-SOPHIE LEHFELD, DIRK SCHUMACHER,
ALEXANDER ULLRICH, MICHAELA DIERCKE, SILKE BUDA, WALTER HAAS,
RKI COVID-19 STUDY GROUP

55 **Luftqualität während des Lockdowns im Frühjahr 2020**

Air quality during the German lockdown in springtime 2020

SUSAN KESSINGER

61 **Überwachung der Pandemieviren SARS-CoV-2 über Abwasseranalysen**

Monitoring of SARS-CoV-2 pandemic viruses via wastewater analyses

HANS-CHRISTOPH SELINKA

INHALT CONTENT

- 69 Strahlenschutzaspekte bei der Anwendung von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken**
Radiation protection aspects when using UV-C radiation for disinfection purposes
MONIKA ASMUS, SARAH SCHMIDT, DANIELA WEISKOPF

- 79 Der BfR-Corona-Monitor: Risikowahrnehmung in Zeiten von COVID-19**
The BfR-Corona-Monitor: Risk Perception in Times of COVID-19
JOHANNA GEPPERT, DR. ANN-KATHRIN LINDEMANN,
DR. FABIAN KIRSCH

WEITERE BEITRÄGE

- 85 Eine umweltmedizinische Begründung für die Bewertungsklassen und Beurteilungsschwellenwerte des Luftqualitätsindex (LQI) des Umweltbundesamtes**
The assessment classes and threshold values of the air quality index of the German Environment Agency – an environmental health approach
MYRIAM TOBOLLIK, HANS-GUIDO MÜCKE, WOLFGANG STRAFF

- 95 Infraschall von Windenergieanlagen**
Infrasound from wind turbines
THOMAS MYCK, JÖRDIS WOTHGE

- 105 Neue Forschungsergebnisse zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen im Gesundheitssektor**
New research results on the sustainable use of natural resources in the health sector
CHRISTOPHER MANSTEIN

- 117 Wie steht es um die Frauengesundheit? Neuer Bericht der Gesundheitsberichterstattung am RKI ist erschienen**
What is the status of women's health? The new Women's Health Report of the RKI has been published
ANKE-CHRISTINE SASS, LAURA KRAUSE, BIRTE HINTZPETER,
FRANZISKA PRÜTZ

Die Wirksamkeit von Hitzeaktionsplänen in Europa

The effectiveness of heat health action plans in Europe

ZUSAMMENFASSUNG

Die hohe Anzahl hitzeassoziierter Exzess-Sterbefälle im Sommer 2003 führte in Europa zu einer zunehmenden Entwicklung und Implementierung von Hitzeaktionsplänen (HAP). Kaum bekannt sind belastbare Aussagen zur Wirksamkeit solcher HAP zum Schutz vor den Effekten unter Hitzeexposition. Mit einer umfassenden Literaturrecherche in elektronischen Datenbanken wurden elf Studien zwischen 2008 und 2019 zum Wissensstand über HAP zur hitzebedingten Mortalität aus sechs europäischen Ländern identifiziert. Statistisch signifikante Ergebnisse liegen zur Verringerung der Gesamtmortalität und des Mortalitätsrisikos besonders bei älteren Personen und Frauen vor. Forschungsdesiderate bestehen bei sozioökonomisch gefährdeten Bevölkerungsgruppen. Generelle Aussagen zur Wirksamkeit von HAP sind derzeit nicht möglich. Dennoch sollte in Deutschland die Übertragbarkeit zielgruppenspezifischer Maßnahmen in Referenzländern intensiv geprüft und die Evaluation als integraler Bestandteil eines HAP geplant werden.

DEA NIEBUHR,
HENDRIK SIEBERT,
HENNY A. GREWE

ABSTRACT

The high number of heat-associated excess deaths during the summer of 2003 led to an increasing development and implementation of heat action plans (HAPs) in Europe. Little is known about the effectiveness of such HAPs in protecting against the effects under heat exposure. A comprehensive literature search of electronic databases identified eleven studies between 2008 and 2019 on the state of knowledge of HAPs for heat-related mortality from six European countries. Statistically significant results are due to the reduction of all-cause mortality and mortality risk, especially in the elderly and women. Research desiderata exist for socioeconomically vulnerable population groups. General statements on the effectiveness of HAPs are not possible at present. Nevertheless, the feasibility of transferring target group-specific interventions in reference countries should be intensively analysed and evaluation should be planned as an integral part of a HAP in Germany.

HINTERGRUND

Die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) geleitete Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (GAK) erarbeitete im Jahr 2017 Handlungsempfehlungen für die Erstellung von regionalen Hitzeaktionsplä-

nen (HAP) zum Schutz der menschlichen Gesundheit (BMU 2017), die sich an acht Kernelementen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) orientieren (Matthies et al. 2008). Die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen, die dem Schutz der Bevölkerung gegenüber Belastungen durch Hitzeereignisse dienen sollen, obliegen vor allem den Ländern und Kommunen beziehungs-



Hitzewelle über
Europa. Quelle:
limbitech / Deposit-
photos.com.

weise den Trägern von Einrichtungen und der Selbstverwaltung (Deutscher Bundestag 2019; BMU 2017). Systematisch entwickelte HAP in den Bundesländern oder in den Kommunen sind bislang kaum umgesetzt (Grewe, Blättner 2020).

Im Hitzesommer 2003 starben in Europa über 70.000 Menschen zusätzlich hitzeassoziiert auch aufgrund fehlender Public Health-Maßnahmen und folgenschwerer Versorgungsengpässe in den Gesundheits-/Pflegesystemen (Robine et al. 2008). Auf europäischer Ebene zeichnet sich ein starker Trend zur Entwicklung von HAP ab: Hatten im Jahr 2013 lediglich 18 von 53 Mitgliedstaaten in der Europäischen WHO-Region HAP eingeführt

(Bittner et al. 2013), wurden im Jahr 2017 bereits 35 nationale oder subnationale Hitzeaktionspläne identifiziert (WHO 2019). Werden die Empfehlungen der WHO als Referenz angesetzt, unterscheiden sich die europäischen HAP erheblich im Umfang der umgesetzten Kern- und Subelemente, im Ablauf der Phasen sowie der sektorenübergreifenden mittel- und langfristigen Maßnahmen. Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Surveillance, das heißt einer systematischen, kontinuierlichen Beobachtung hitzebedingter Gesundheitsfolgen oder zur Evaluation der Effektivität dieser Programme oft nur fragmentarisch durchgeführt oder fehlen (Vanderplanken et al. 2020; Bittner et al. 2013).

Weitgehend unbeantwortet ist nach wie vor die Frage, ob HAP die Bevölkerung wirksam vor den Gesundheitsfolgen unter Hitzeexposition schützen können. Das härteste Kriterium für „Wirksamkeit“ im Kontext von Hitzeperioden ist der Einfluss von HAP auf die Mortalität. Eine systematische Literaturrecherche in den elektronischen Datenbanken The Cochrane Library, PubMed, Embase und Web of Science im November 2019 ergab 2.534 Treffer, darunter elf Studien mit Bezug zu europäischen HAP und dem Zielkriterium Mortalität sowie zwei systematische Reviews (Boeckmann, Rohn 2014; Toloo et al. 2013). Beide systematischen Reviews lassen keine sicheren Aussagen über die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen bei Hitze für das Zielkriterium Mortalität zu. Dieser Beitrag fasst den Erkenntnisstand aus sechs europäischen Ländern, publiziert in elf Studien zwischen 2008 und 2019, in einer systematischen Übersicht zusammen.

WIRKSAMKEIT VON HITZEAKTIONSPLÄNEN

Aus Frankreich, Spanien, Italien, England, der Schweiz und Deutschland (Hessen) liegen Studien zum Mortalitätsgeschehen vor und nach der Implementierung eines mit Maßnahmen gekoppelten Hitzewarnsystems beziehungsweise eines HAP vor. **TABELLE I** fasst die zentralen Länder-Charakteristika entlang der identifizierten Studien zusammen.

FRANKREICH

Fouillet et al. (2008) evaluierten die Wirksamkeit des im Jahr 2004 eingeführten „Plan National Canicule“, der auf einem dreistufigen Hitzewarnsystem (HWS) fußt. Im Alarmfall treten Notfallpläne für Alten-/Pflegeheime sowie für die Betreuung isolierter und gefährdeter Personen in den Kommunen in Kraft, die Klimatisierung in Krankenhäusern und Alten-/Pflegeheimen wird intensiviert,

TABELLE I
Jahr der Einführung von Hitzewarnsystemen und Elementen von Hitzeaktionsplänen (HAP).

LAND	EINFÜHRUNG HWS, REICHWEITE (ANBIETER)	WARNKRITERIUM	HAP ODER HAP-ELEMENTE	JAHR DER EINFÜHRUNG HAP ODER EMPFEHLUNGEN: BEZEICHNUNG
Frankreich	2004 landesweit (Météo-France)	Tmax/Tmin; HSI 3 Tage	landesweit in Städten	4/2004: Plan National Canicule
Spanien	2004 landesweit (AEMET)	Tmax/Tmin	in allen 50 Provinzen	5/2004: Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud
Italien	2004 landesweit (METEOAM)	Luftmasse/ Tappmax	in größeren Städten	5/2004: Piano Operativo Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute; ab 2009 in 34 Städten
England	2004 landesweit (Met Office)	Tmax/Tmin; 3 Stufen	landesweit	2004: Heatwave Plan for England
Schweiz	2004 landesweit (MeteoSchweiz)	HI; 2 Stufen mind. 3 oder 5 Tage	in 6 Kantonen und im Tessin unterschiedlich	2014: regionale HAP 2017: Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox
Deutschland	2005 landesweit (DWD)	PT/Tmin; 2 Stufen mind. 2 Tage	Elemente regional in Hessen	2017: Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen

HI: Hitzeindex; HSI: Hitze-Stress-Index; HWS: Hitzewarnsystem

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología, DWD: Deutscher Wetterdienst, METEOAM: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Tappmax: maximale apparente Temperatur; Tmax: Tageshöchsttemperatur; Tmin: Tagesmindesttemperatur; PT: perceived temperature (gefühlte Temperatur)

Verhaltenstipps werden über die Medien verbreitet und eine Echtzeit-Surveillance der Gesundheitsdaten wird durchgeführt.

Auf Basis der Auswertung aller Sterbefälle in den Sommermonaten der Jahre 1975 bis 2003 wurden Erwartungswerte für die Jahre 2004 bis 2006 berechnet und die beobachtete mit der vorausberechneten Übersterblichkeit verglichen. Während der 18-tägigen Hitzewelle 2006 war die beobachtete Übersterblichkeit mit +9 Prozent (-4.388 Fälle) geringer im Vergleich zum prognostizierten Anstieg von +27 Prozent. Hierzu trug vor allem die Reduktion der Exzess-Mortalität von erwarteten +34 Prozent auf +8 Prozent in der Altersgruppe der über 75-Jährigen bei. Dieser Rückgang betraf Frauen signifikant stärker als Männer. Auch in der Altersgruppe der 55- bis 74-Jährigen war die Übersterblichkeit signifikant geringer als erwartet.

SPANIEN

Martínez-Solanas und Basagaña (2019) evaluierten den im Jahr 2004 eingeführten nationalen sowie die regionalen HAP, die in drei Stufen in Abhängigkeit von der Dauer der Überschreitung provinzspezifischer Temperaturschwellen aktiviert werden. Das Ausmaß der Umsetzung der WHO-Empfehlungen variierte in den regionalen HAP zwischen 6 und 31 Maßnahmen. In Katalonien wird ein Mortalitätsmonitoring umgesetzt. Die Analyse umfasst den Vergleich der Mortalität an Hitzetagen vor (1993 bis 2002) und nach der HAP-Implementierung (2004 bis 2013) in 50 spanischen Provinzen.

In Temperaturbereichen oberhalb der Alarmschwellen für das Inkrafttreten der HAP war die Mortalität mit Ausnahme von sechs Provinzen, darunter Barcelona, Las Palmas und Madrid, geringer. Die Mortalitätsreduktion galt bei extremer Hitze für 30 der 50 spanischen Provinzen, darunter sozioökonomisch benachteiligte Provinzen, aber auch Madrid und Barcelona. Bei moderater Hitze hingegen war in sechs Provinzen, unter anderem in Madrid und Barcelona, die Sterblichkeit in der Interventionsphase hö-

her. Bei extremer Hitze (regionale Temperaturen oberhalb der 97,5. Perzentile) zeigten Provinzen mit mehr umgesetzten Maßnahmen im HAP einen stärkeren Rückgang der Sterblichkeit. Die höchsten attributablen Fraktionen der Mortalitätsreduktionen wurden bei älteren Menschen, bei der Mortalität aufgrund kardiovaskulärer Ursachen und in Provinzen mit sehr heißen Temperaturen, mit mehr Klimaanlagen und hoher sozioökonomischer Vulnerabilität beobachtet. Bei dem im Rahmen einer Meta-Regression geprüften Zusammenhang zwischen dem Unterschied der attributablen Fraktionen im Vergleich beider Auswertungsperioden mit verschiedenen Variablen zeigte sich jedoch, dass nur bei isolierter Betrachtung die Anzahl der implementierten HAP-Subelemente für den Unterschied der attributablen Fraktionen signifikant war. Nach der Kontrolle mit weiteren Variablen (etwa der durchschnittlichen Temperaturmaxima oder dem Ausmaß an Klimatisierung) war dieser Zusammenhang zumeist nicht mehr signifikant.

Von fünf spanischen Provinzen konnte nur für drei (Ciudad Real, Guadalajara und Toledo) eine signifikante Verringerung der hitzebedingten Sterbefälle nach Einführung des nationalen HAP beobachtet werden (Linares et al. 2015).

Culqui et al. (2014) analysierten in Madrid den Anstieg der Mortalität pro °C der maximalen Tagestemperatur bei Überschreitung des Schwellenwertes von 36,5 °C in der Periode 1990 bis 2003 vor Einführung des HAP im Vergleich zur Periode 2004 bis 2009 nach dessen Einführung. Der HAP in Madrid umfasst Informationen für die Öffentlichkeit, Aktionspläne für Einrichtungen des Gesundheitswesens und die Betreuung gefährdeter Personengruppen.

Im gesamten Analysezeitraum ereigneten sich 75 Hitzetage. Der höchste Mortalitätsanstieg mit 45,7 Prozent pro °C oberhalb des Schwellenwertes war ein Jahr nach Implementierung des HAP im Jahr 2005 zu verzeichnen; während der Hitzewelle 2003 betrug er 22,4 Prozent pro °C oberhalb des Schwellenwertes. In den Jahren 1991, 1992,

1994, 2004 und 2009 waren die Auswirkungen der Hitzewellen auf die Mortalität geringer als im Jahr 2003.

ITALIEN

Der 2004 eingeführte nationale HAP bildet den Rahmen für die seit 2009 implementierten HAP in 34 Städten. Drei Alarmstufen nach regionalen Temperaturschwellen und drei Gefährdungsklassen für die ältere Bevölkerung werden unterschieden. Gefährdete Personen werden über sozioökonomische Gesundheitsdaten oder durch Direktmeldungen der Gesundheits- und Sozialdienste ermittelt. Die Maßnahmen reichen von zielgruppenspezifischen Informationen bis zu engmaschigen ärztlichen Hausbesuchen; Pflegeheime und Krankenhäuser halten Notfallpläne vor. Alle beteiligten Städte nehmen am überregional koordinierten Mortalitätsmonitoring teil.

De'Donato et al. (2018) untersuchten die hitzebedingte Mortalität bei über 65-Jährigen in 23 italienischen Städten von 1999 bis 2016. Mit der schrittweisen Einführung von HAP verringerte sich das Mortalitätsrisiko signifikant bei heißen und extrem heißen Temperaturen seit 2005 in sieben Großstädten (Bologna, Mailand, Turin, Rom, Genua, Florenz, Palermo) und seit 2009 in allen untersuchten Städten. Die attributable Fraktion hitzebedingter Sterbefälle bei Extremtemperaturen (99. vs. 75. Perzentile) sank kontinuierlich von 6,3 Prozent in der Kontrollperiode auf 4,1 Prozent im Zeitabschnitt 2013 bis 2016. Insgesamt wurden zwischen 2009 und 2016 geschtzt 4.041 hitzebedingte Sterbefälle im Vergleich zur Periode von 1999 bis 2002 verhindert. Demgegenüber war bei milder Hitze (75. vs. 20. Perzentile) eine geringe, nicht statistisch signifikante Zunahme der attributablen Fraktion zu beobachten (von 2,8 % auf 2,9 %).

Morabito et al. (2012) evaluierten im Rahmen des Projekts „Active Surveillance of the Frail Elderly“ die Mortalität bei über 65-Jährigen vor (1999 bis 2002) und nach der Implementierung (2004 bis 2007) des HAP in 18 Gemeinden der Florentinerregion (Toskana). Unter Betrachtung der maximalen gefühlten

Tagestemperatur (ATmax) wurde eine kontinuierliche signifikante Verringerung der hitzebedingten Mortalität bei über 75-Jährigen beobachtet. Zwischen 1999 bis 2002 und 2004 bis 2005 sank das Odds Ratio der Mortalität von 1,23 (95 % KI: 1,14; 1,33) nicht signifikant auf 1,21 (95 % KI: 1,07; 1,36), wobei der HAP seit 2004 nur in Florenz aktiv war, und in der Periode 2006 bis 2007 nicht signifikant auf 1,12 (95 % KI: 1,02; 1,23) mit einem inzwischen in der gesamten Toskana aktiven HAP. Ein signifikanter Zusammenhang der ATmax mit der Mortalität bei 65- bis 74-Jährigen konnte nicht gezeigt werden.

Schifano et al. (2012) analysierten die hitzebedingten Sterbefälle der über 65-Jährigen in 16 italienischen Städten während der Periode von 1998 bis 2002 im Vergleich zur Periode von 2006 bis 2010. Die Jahre 2003 bis 2005 wurden aufgrund der extremen Wetterbedingungen beziehungsweise der unvollständigen Einführung des HAP ausgeschlossen. Die Analyse umfasst die prozentuale Veränderung des hitzebedingten Mortalitätsrisikos in Intervallen pro 3 °C über einem stadt spezifisch festgelegten Grenzwert (25. Perzentile). Erst ab 6 °C über dem Grenzwert war der Anstieg der Sterbefälle sowohl in der Kontroll- als auch der Vergleichsperiode für jedes 3 °C-Intervall statistisch signifikant. Ab 9 °C über dem Grenzwert war nach Einführung des HAP der Anstieg der hitzebedingten Sterbefälle mit 13,3 Prozent signifikant geringer im Vergleich zur Kontrollperiode mit 36,8 Prozent.

ENGLAND

Green et al. (2016) verglichen die Auswirkungen von Hitze auf die Mortalität in England vor und nach dem im Jahr 2004 eingeführten Heatwave Plan. Gewarnt wird in drei Stufen, wenn mindestens 60 Prozent der regionalen Temperaturen die regionsspezifischen Schwellenwerte erreichen. Maßnahmen umfassen das Informieren der Öffentlichkeit, die Überwachung des Gesundheitszustands gefährdeter Personen sowie die Aktivierung von Notfallplänen in Pflege- und Gesundheitseinrichtungen.

Für die Jahre 2003, 2006 sowie 2009 bis 2013 wurden die erwartete Mortalität und die beobachtete Mortalität an Tagen mit Überschreitung der Schwellenwerte für Hitzealarm verglichen. In der Hitzewelle 2010 wurde der nächtliche Schwellenwert nicht überschritten, sodass es in keiner Altersgruppe zu einer signifikanten Übersterblichkeit kam. Während der Hitzewelle im Jahr 2013 betrugen die beobachteten Exzess-Sterbefälle nur etwa ein Fünftel der auf Basis einer modellbasierten Schätzung erwarteten Übersterblichkeit. Die Exzess-Sterbefälle waren weder für die unter noch für die mindestens 65-Jährigen signifikant erhöht. Die Übersterblichkeit in der Altersgruppe ab 65 Jahren war in den Hitzeperioden der Jahre 2009 bis 2013 signifikant geringer als in den Hitzewellen 2003 und 2006 und entsprach in etwa der während der kürzeren Hitzeperioden in den Jahren 2009 und 2011.

SCHWEIZ

Ragettli et al. (2017) untersuchten den Zusammenhang des hitzebedingten Mortalitätsrisikos mit Hitzeschutzmaßnahmen in der Schweiz unter Betrachtung verschiedener Temperaturmaße (T_{mean} , T_{min} , T_{max} und T_{appmax}). Drei von acht untersuchten Städten lagen in Kantonen, die zwischen 2004 und 2013 HAP eingeführt hatten (Ragettli et al. 2016). Der Untersuchungszeitraum wurde in Periode 1 (1995 bis 2002) und Periode 2 (2004 bis 2013) eingeteilt.

Hohe Temperaturen hatten auf das Mortalitätsrisiko im gesamten Untersuchungszeitraum signifikanten Einfluss, insbesondere bei den über 74-Jährigen und deutlich bei Frauen dieser Altersgruppe über alle Temperaturmaße hinweg. Der höchste Anstieg der Mortalität konnte am ersten Tag einer Hitzewelle festgestellt werden. Das hitzebedingte Sterberisiko war im Frühsommer (Mai bis Juni) im Vergleich zum Spätsommer (August bis September) signifikant höher. Im Vergleich der beiden Zeitperioden wurde eine signifikante Verringerung des hitzebedingten Sterberisikos nur für die Städte mit einem bereits im-

plementierten HAP beobachtet (Lugano, Genf und Lausanne). In der Gesamtauswertung für alle acht Städte zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied.

DEUTSCHLAND (HESSEN)

In Deutschland verfügt bislang kein Bundesland über einen HAP, ausgenommen Hessen mit einzelnen Maßnahmen. Das 2004 entwickelte und bundesweit implementierte Hitzewarnsystem (HWS) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) warnt kreisbezogen in zwei Stufen bei „starker“ und „extremer Wärmebelastung“. Das HWS in Hessen ist seit 2004 per Ministerialerlass mit einem Maßnahmenkatalog gekoppelt, dessen über die allgemeine Informationsweitergabe hinausgehende Anteile nur stationäre Betreuungs- und Pflegeeinrichtungen adressieren. Für letztere hat die Hessische Betreuungs- und Pflegeaufsicht 2004 Empfehlungen unter anderem für die Raumkühlung sowie für das Flüssigkeits- und Medikationsregime der Bewohnerinnen und Bewohner erarbeitet, deren Umsetzung seitdem durch die untere Aufsichtsbehörde begleitet wird (Krampen 2020).

Steul et al. (2018) verglichen die Sterbefälle in Frankfurt a. M. vor Einführung von Elementen des HAP im Bundesland Hessen im Jahr 2003 mit Daten aus den Jahren 2004 bis 2015. Heudorf und Schade (2014) verfolgten diesen Vergleich bis 2013 und analysierten zusätzlich die Effekte der Ozon- und Feinstaubkonzentration. Im Jahr 2003 war die Sterblichkeit der gesamten Bevölkerung in Hessen während der 12-tägigen Hitzewelle mit +77,8 Prozent signifikant erhöht. Die Übersterblichkeit bei den über 80-Jährigen lag bei +113,4 Prozent. Das Ausmaß der Übersterblichkeit verringerte sich in den Jahren 2010 (+22,7 %) und 2015 (+38,1 %) signifikant. Beobachtet wurde ein Rückgang der Übersterblichkeit bei Personen über 80 Jahren in den Jahren 2006 (+33,3 %), 2010 (+37,6 %) und 2015 (+77,8 %) (Steul et al. 2018). Die tägliche Mortalität korrelierte bei den über 80-Jährigen, wenn adjustiert für die

Feinstaubkonzentration (PM₁₀) und Ozonwerte, mit den Temperaturmaßen (T_{mean}, T_{min}, T_{max}) signifikant (Heudorf, Schade 2014).

IMPLIKATIONEN FÜR DIE PRAXIS UND FORSCHUNG

Der weitaus größte Anteil der Studien greift auf eine retrospektive Auswertung verfügbarer Routinedaten zur Gesamtmortalität im Rahmen von Zeitreihenanalysen zurück. Insgesamt erschweren die Heterogenität der Studienanlagen, der den Analysen zugrunde gelegten Variablen und die Bandbreite der statistischen Verfahren die Vergleichbarkeit sowie Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Die Untersuchungen in den oben genannten Ländern geben jedoch Hinweise auf eine Veränderung des Mortalitätsgeschehens seit 2003. Überwiegend wird für die meisten Hitzeereignisse seit Einführung eines HAP ein Rückgang der hitzeassoziierten Mortalität festgestellt, der insbesondere durch einen Rückgang in höheren Altersgruppen (ab 75 Jahre) bedingt ist und sich vor allem bei extremer Hitze zeigt. Dieses Muster trifft allerdings nicht für jede Hitzewelle zu: In Madrid war die erste Hitzewelle nach Einführung des HAP im Jahr 2005 mit dem höchsten Mortalitätsanstieg verbunden (Culqui et al. 2014). In einigen weiteren spanischen Provinzen und in Italien stieg die Mortalität nach Einführung des jeweiligen HAP bei milder beziehungsweise moderater Hitze (unterhalb der Warnschwelle) (Martínez-Solanas, Basagaña 2019; De'Donato et al. 2018). Nur drei der elf Studien differenzierten nach Geschlecht (Martínez-Solanas, Basagaña 2019; Raggettli et al. 2017; Fouillet et al. 2008). Einzig Martínez-Solanas und Basagaña (2019) schlossen auch sozioökonomische Kriterien in die Analyse ein.

Viele Faktoren schließen Kausalaussagen zur Wirksamkeit von HAP aus. So können etwa die Verbesserung der Lebensbedingungen und der Luftqualität wie auch die erhöhte Nutzung von Klimaanlagen dazu beigetragen

haben, die hitzebedingte Mortalität zu reduzieren (Martínez-Solanas, Basagaña 2019; Green et al. 2016; Heudorf, Schade 2014). Darüber hinaus beeinflussen etwa die Dauer von Hitzewellen, extrem hohe Temperaturen, Wärmeinseleffekte im urbanen Raum, Tropennächte, die Standorte der Wetterstationen etc. die Ergebnisse in einem nicht exakt zu bestimmenden Ausmaß. Oft ist auch nicht bekannt, in welchem Umfang die einzelnen Maßnahmen in den HAP von welchen Akteuren umgesetzt wurden. Die in **TABELLE 2** zusammengefassten Ergebnisse sind daher als erste Hinweise auf Optimierungspotenziale bestehender nationaler sowie regionaler HAP zu interpretieren.

Trotz dieser Beschränkungen sind die vor allem in England, Frankreich, Italien und Spanien generierten Erkenntnisse für die Entwicklung von HAP in Deutschland unter folgenden Aspekten hilfreich:

- Es liegen vielversprechende Befunde zur Verringerung der hitzebedingten Mortalität für ältere Personen nach Einführung eines HAP vor. Die in den regionalen HAP umgesetzten Maßnahmen scheinen diese Zielgruppe zu erreichen und könnten daher leitend für Entwicklungen in Deutschland sein.
- Nachgewiesene Mortalitätsanstiege bei moderater Hitze könnten auf eine zu hoch angesetzte Alarmschwelle hinweisen, die der Korrektur bedarf. HAP sollten daher als lernende Systeme mit integrierter kontinuierlicher Evaluation und mit Möglichkeiten der Nachjustierung von Einzelelementen angelegt werden.
- Die Ergebnisse legen nahe, dass sowohl nach Altersgruppen als auch nach Geschlecht differenzierte Maßnahmen in einem Hitzeaktionsplan entwickelt und regional-lokal angepasst werden sollten. Insbesondere ältere Frauen könnten von einem Hitzeaktionsplan profitieren.

TABELLE 2

Ergebnisse zur hitze-
bedingten Mortalität
nach Einführung eines
Hitzeaktionsplans.

OUTCOMES NACH EINFÜHRUNG HAP	LÄNDER*
Übersterblichkeit ab 55 Jahre geringer	Frankreich
Übersterblichkeit ab 65 Jahre geringer	England
Übersterblichkeit ab 75 Jahre geringer	Frankreich, Italien
Übersterblichkeit ab 80 Jahre geringer	Deutschland
Übersterblichkeit bei Frauen über 75 Jahre geringer	Frankreich
Gesamt mortalität bzw. Mortalitätsrisiko bei extremer Hitze oder an sehr heißen Tagen geringer	Spanien, Italien
Gesamt mortalität bei moderaten Temperaturen höher	Spanien, Italien
Gesamt mortalität bzw. Mortalitätsrisiko nicht geringer	England, Spanien, Italien, Schweiz
Gesamt mortalität in sozioökonomisch benachteiligten Regionen bei extremer Hitze geringer	Spanien
Gesamt mortalität mit steigender Anzahl von Klimaanlagen bei extremer Hitze geringer	Spanien
Gesamt mortalität bzw. Mortalitätsrisiko mit Anzahl der umgesetzten Elemente im HAP oder aufgrund dessen Ausbau geringer	Spanien Italien Schweiz
Mortalitätsrisiko bei Frauen höher	Schweiz
Mortalitätsrisiko im Frühsommer höher als im Spätsommer	Schweiz
*Mehrfachnennungen der Länder richten sich nach den in den elf Studien berichteten Ergebnissen.	

- o Nach wie vor ist wenig über die Wirksamkeit von HAP in sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen bekannt. Werden Hitzeaktionspläne als nicht oder kaum differenzierte Interventionen umgesetzt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sie gefährdete sozial benachteiligte Gruppen nicht erreichen, weniger wirksam sind oder soziale Ungleichheiten verstärken. In der gezielten Ausrichtung auf besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen liegt daher ein Potenzial sowohl für eine Verringerung der hitzebedingten Sterbefälle als auch für eine Verringerung der gesundheitlichen Chancenungleichheit.

Die Herausforderungen bei der Implementierung und Evaluation eines HAP ergeben sich vor allem aus der hohen Komplexität der Intervention selbst. In Deutschland hat bislang kein Bundesland einen HAP implementiert, der den Empfehlungen der GAK entspricht, jedoch sind in letzter Zeit ver-

stärkt Bemühungen auf Länder- und kommunaler Ebene zu verzeichnen, HAP zu entwickeln (Blättner et al. 2020).

FAZIT

Eine Reihe signifikanter Ergebnisse zur Verringerung der Gesamt mortalität und des Mortalitätsrisikos wurden besonders bei älteren Personen und Frauen identifiziert. Forschungsdesiderate bestehen bei sozioökonomisch gefährdeten Bevölkerungsgruppen. Generelle Aussagen zur Wirksamkeit dieser Programme sind allerdings mit der identifizierten Studienlage nicht möglich. Die Entwicklung von HAP in Deutschland könnte dennoch von den Erkenntnissen profitieren: Zum einen, indem bei der Planung eines HAP zielgruppenspezifische Public Health-Maßnahmen der europäischen Nachbarländer analysiert und ihre Übertragbarkeit auf angestrebte Personengruppen, Settings und Kon-

texte geprüft werden. Zum anderen, indem die kontinuierliche Evaluation auf kommunaler und auf Länderebene integraler Bestandteil eines jeden HAP wird.

LITERATUR

- Bittner MI, Matthies EF, Dalbokova D et al. (2013): Are European countries prepared for the next big heat-wave? *Eur J Public Health* 24(4): 615–619.
- Blättner B, Janson D, Roth A et al. (2020): Gesundheitsschutz bei Hitzeextremen in Deutschland: Was wird in Ländern und Kommunen bisher unternommen? *Bundesgesundheitsbl* 63: 1013–1019.
- BMUB – Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit: http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf (Zugriff am: 16.12.2020).
- Boeckmann M, Rohn I (2014): Is planned adaptation to heat reducing heat-related mortality and illness? A systematic review. *BMC Public Health* 14(1): 1112.
- Culqui DR, Diaz J, Simón F et al. (2014): Evaluation of the plan for surveillance and controlling of the effects of heat waves in Madrid. *Int J Biometeorol* 58(8): 1799–1802.
- de'Donato F, Scortichini M, De Sario M et al. (2018): Temporal variation in the effect of heat and the role of the Italian heat prevention plan. *Public Health* 161: 154–162.
- Deutscher Bundestag (2019): Drucksache 19/13035 vom 06.09.2019, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Harald Weinberg, Susanne Ferschl, Simone Barrientos, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE – Drucksache 19/12559 – Gesundheitliche Folgen von Hitzeperioden. <https://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/130/1913035.pdf> (Zugriff am: 16.12.2020).
- Fouillet A, Rey G, Wagner V et al. (2008): Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *Int J Epidemiol* 37: 309–317.
- Green HK, Andrews N, Armstrong B, Bickler G et al. (2016): Mortality During the 2013 Heatwave in England – How Did It Compare to Previous Heatwaves? A Retrospective Observational Study. *Environ Res* 147: 343–349.
- Grewe HA, Blättner B (2020): Systematischer Gesundheitsschutz bei Hitzeextremen. *Public Health Forum* 28/1: 33–36.
- Heudorf U, Schade M. (2014): Heat waves and mortality in Frankfurt am Main, Germany, 2003–2013: what effect do heat-health action plans and the heat warning system have? *Z Gerontol Geriatr* 47(6): 475–482.
- HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017): Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025, Wiesbaden. <https://umwelt.hessen.de/klima-stadt/hessischeklimaschutzpolitik/integrierter-klimaschutzplanhessen-2025> (Zugriff am: 16.12.2020).
- Krampe R (2020): Klimaextreme – Handlungsempfehlungen für Pflegeheime und deren ordnungsrechtliche Überprüfung am Beispiel Hessen. *Public Health Forum* 28/1: 37–39.
- Linares C, Sánchez R, Mirón I et al. (2015): Has there been a decrease in mortality due to heat waves in Spain? Findings from a multicity case study. *J Integr Environ Sciences* 12(2): 153–163.
- Martínez-Solanas É, Basagaña X (2019): Temporal changes in temperature-related mortality in Spain and effect of the implementation of a Heat Health Prevention Plan. *Environ Res* 169: 102–113.
- Matthies F, Bickler G, Cardeñosa Marín N et al. (2008): Heat-Health Action Plans. Guidance, WHO Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/95919/E91347.pdf (Zugriff am: 16.12.2020).
- Morabito M, Profili F, Crisci A et al. (2012): Heat-related mortality in the Florentine area (Italy) before and after the exceptional 2003 heat wave in Europe: an improved public health response? *Int J Biometeorol* 56(5): 801–810.
- Ragettli MS, Vicedo-Cabrera AM, Flückiger B et al. (2016): Evaluation kantonaler Hitzemassnahmenpläne und hitzebedingte Mortalität im Sommer 2015. Bericht zuhanden des Bundesamts für Gesundheit (BAG). <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/das-nccs/themenschwerpunkte/klimawandel-und-gesundheit.html> (Zugriff am: 23.12.2020).
- Ragettli MS, Vicedo-Cabrera AM, Schindler C et al. (2017): Exploring the Association Between Heat and Mortality in Switzerland Between 1995 and 2013. *Environ Res* 158: 703–709.
- Robine JM, Cheung SL, Le Roy S et al. (2008): Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol* 331(2): 171–178.
- Schifano P, Leone M, De Sario M et al. (2012): Changes in the Effects of Heat on Mortality Among the Elderly From 1998–2010: Results From a Multicenter Time Series Study in Italy. *Environ Health. A Glob Access Sci Source* 11(58): 1–10.
- Steul K, Schade M, Heudorf U (2018): Mortality during heatwaves 2003–2015 in Frankfurt-Main – the 2003 heatwave and its implications. *Int J Hyg Environ Health* 221(1): 81–86.

Toloo G, FitzGerald G, Aitken P et al. (2013): Evaluating the effectiveness of heat warning systems: Systematic review of epidemiological evidence. *Int J Public Health* 58: 667–681.

Vanderplanken K, van Loenhout J, Inac Y et al. (2020): Critical analysis of heat plans and interviews. Deliverable 2.4. Université catholique de Louvain, Institute of Health and Society, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Bruxelles. <https://www.evaplan.org/wp-content/uploads/2020/03/D-2.4-Critical-Analysis-of-Heat-Plans-and-Interviews.pdf> (Zugriff am: 23.12.2020).

WHO (2019): Updating the evidence related to heat-health action planning, Meeting report 21–22 November 2018, World Health Organization Regional Office for Europe, Bonn, Germany. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0015/405330/HHAP-report.pdf?ua=1 (Zugriff am: 16.12.2020).

KONTAKT

Prof. Dr. Dea Niebuhr
Hochschule Fulda
Fachbereich Pflege und Gesundheit
Leipziger Straße 123
36037 Fulda
E-Mail: [dea.niebuhr\[at\]pg.hs-fulda.de](mailto:dea.niebuhr[at]pg.hs-fulda.de)

[UBA]

Bund/Länder-Handlungsempfehlungen zur Erarbeitung von Hitzeaktionsplänen: Bekanntheit und Rezeption in Bundesländern und Kommunen

Recommendations for the preparation of heat-health action plans in Germany: awareness and reception in federal states, districts and municipalities

ZUSAMMENFASSUNG

Extrem heiße Sommer, die durch den Klimawandel künftig verstärkt auftreten können, haben einen erheblichen Einfluss auf die menschliche Gesundheit und stellen eine enorme Herausforderung für das Gesundheitswesen dar. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat die Bund/Länder Ad-Hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ 2017 Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit formuliert. Nun, drei Jahre nach Veröffentlichung dieser Handlungsempfehlungen, wird in einem Evaluationsvorhaben eine erste Bilanz gezogen. Wie bekannt sind die Handlungsempfehlungen in den Bundesländern und Kommunen, und welche Entwicklungen konnten bereits dadurch angestoßen werden? Erste Antworten auf diese Fragen liefert eine im Mai/Juni 2020 durchgeführte Online-Befragung unter Bundesländern und Kommunen in Deutschland.

THERESA KAISER,
CHRISTIAN KIND,
LEONIE DUDDA

ABSTRACT

Extremely hot summers, which may become more frequent in the future due to climate change, have a significant impact on human health and pose an enormous challenge to public health. In order to meet these challenges, a federal/state ad hoc working group on “Health adaptation to the consequences of climate change” has formulated recommendations for action in 2017 for the preparation of heat action plans to protect human health. Now, three years after the publication of these recommendations for action, a first assessment is being made in an evaluation project. How well known are the recommendations for action among the federal states, districts and municipalities and what developments have already been initiated as a result? Initial answers to these questions are provided by an online survey conducted in May/June 2020 in Germany.

DIE BUND/LÄNDER-HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Extrem heiße Sommer, wie in den Jahren 2003, 2010, 2015 oder 2018, können aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger auftreten – auch in Deutschland (Russo et al. 2014; Deutschländer et al. 2017). Diese extremen und langanhaltenden Hitzeereignisse haben einen erheblichen Einfluss auf

die menschliche Gesundheit und stellen eine enorme Herausforderung für das Gesundheitswesen dar. Aktuelle Schätzungen zufolge verstarben während der Hitzeperiode des Jahres 2003 allein in Deutschland etwa 7.500 Menschen, die Hitze des Sommers 2015 forderte circa 6.100 zusätzliche Todesfälle (An der Heiden et al. 2019).

Die Bundesregierung hat diese Herausforderung erkannt und das Thema „Menschliche Gesundheit“ als eines von 13 Handlungsfel-



Quelle: Sumekler /
pixabay.com.

dern in der 2008 verabschiedeten „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“ festgelegt. Im ersten DAS-Fortschrittsbericht und Aktionsplan Anpassung II (Bundesregierung 2015) zur Umsetzung der DAS von 2015 wurde die Notwendigkeit aufgezeigt, auch in Deutschland Hitzeaktionspläne zur Vorbereitung auf Hitzeereignisse zu erarbeiten, wie dies die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt (WHO 2008). Die seitens der Bundesministerien für Umwelt (BMU) und Gesundheit (BMG) eingerichtete gemeinsame Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (GAK) erarbeitete 2016 im Auftrag der Umweltministerkonferenz und auf Basis der

WHO-Leitlinien entsprechende „Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit“, die 2017 publiziert wurden (BMU 2017). Diese Handlungsempfehlungen (im Folgenden „GAK-Handlungsempfehlungen“) stellen eine abgestimmte, einheitliche Grundlage für die konkrete Erarbeitung und Etablierung von Hitzeaktionsplänen in Deutschland dar. Sie bestehen aus acht Kernelementen und beinhalten sowohl kurzfristige Sofortmaßnahmen, die während einer akuten Hitzeperiode umgesetzt werden sollen, als auch längerfristige Aktivitäten, die grundsätzlich in der Planung und Prävention berücksichtigt werden sollten.

In dem vom Umweltbundesamt (UBA) beauftragten BMU-Forschungsvorhaben „Analyse zur Wirksamkeit von gesundheitlichen Anpassungsmaßnahmen im Rahmen von Hitzeaktionsplänen sowie Klimaanpassungsdiensten“ (2019–2022; FKZ 3718 48 215 0; Link zur Projektseite: <https://www.hs-fulda.de/pflege-und-gesundheit/forschung/forschungsschwerpunkte/klimawandel-und-gesundheit/hitzeaktionsplaene/>) wird nun, drei Jahre nach Veröffentlichung der GAK-Handlungsempfehlungen, eine erste Bilanz gezogen: Sind die GAK-Handlungsempfehlungen bei den Ländern und Kommunen in Deutschland bekannt? Welche Entwicklungen haben sie angestoßen? Und wurden in den Ländern und Kommunen bereits Hitzeaktionspläne erarbeitet?

METHODIK

Um diese Fragen zu beantworten, führten die Projektnehmer (adelphi gGmbH, Berlin, Fachhochschule Fulda) im Mai/Juni 2020 eine bundesweite Online-Befragung unter den Bundesländern, Landkreisen, Städten und Gemeinden in Deutschland durch. Die Befragung wurde per E-Mail an 724 Adressen geschickt, davon 393 Gesundheitsämter auf allen Verwaltungs-Ebenen, 132 Umweltschwerpunktleitungen von Groß- und Mittelstädten, 178 Umwelt- und Klimaverantwortliche der Landkreise sowie an die 21 Mitglieder des Bund-/Länder-Behördendialogs „Gesundheit im Klimawandel“, dem GAK-Nachfolgegremium. Darüber hinaus wurde die Umfrage über Newsletter und Social-Media-Kanäle beworben (Newsletter und Webseite Deutscher Städte- und Gemeindebund, Newsletter und Webseite der Akademie für Öffentliches Gesundheitswesen Düsseldorf, Tweets von adelphi und BMU, Facebook-Posts von adelphi, UBA-Webseite).

Nach Bereinigung des Datensatzes (Entfernung von nicht-vollständig ausgefüllten Fragebögen, Entfernung von Doppelantworten) waren insgesamt 116 Fragebögen auswertbar.

Einschränkung: Die Angabe des Namens von Land, Kreis und Gemeinde war freiwillig. Deshalb können nicht alle Doppelantworten definitiv identifiziert werden. Es gab vereinzelt auch Städte, aus denen zwei Personen aus zwei unterschiedlichen Verwaltungseinheiten geantwortet haben (z.B. eine Person aus dem Gesundheitsamt und eine Person aus dem Umweltamt). Hier wurden beide Antworten gezählt.

Des Weiteren fiel der Zeitraum der Datenerhebung in die erste Phase der COVID-19-Pandemie. Die Verfügbarkeit der Hauptzielgruppe der Befragung (Personen aus Gesundheitsämtern und Personen aus der Kommunalverwaltung) war deshalb stark eingeschränkt. Der Rücklauf der Online-Befragung ist vor diesem besonderen Hintergrund zu bewerten.

Von den 116 Antworten sind 23 aus den Bundesländern, 59 von Städten und Gemeinden (davon 45 aus Großstädten über 100.000 Einwohner) und 34 von Landkreisen. Etwa 32 Prozent der Antwortenden ordneten sich selbst dem Gesundheitsbereich zu, circa 70 Prozent dem Umweltbereich (inklusive Klimaschutz- und Anpassungsmanagement). Weitere Antworten kamen aus den Bereichen Planung und Bauen, von Stabsstellen und Bürgermeisterämtern sowie aus dem Bereich Jugend-/Seniorenarbeit. Mehrfachzuordnungen waren hier möglich. Räumlich gesehen kamen die meisten Rückmeldungen aus Nordrhein-Westfalen (23), gefolgt von Baden-Württemberg (14), Hessen (12) und Bayern (11). Nur je ein auswertbarer Fragebogen liegt aus Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und dem Saarland vor. Diese auf den ersten Blick ungleiche Verteilung relativiert sich mit einem Blick auf den Bevölkerungsanteil der Bundesländer. So liegen beispielsweise aus NRW die meisten Antworten vor (knapp 20 %), allerdings leben auch 21 Prozent der Bevölkerung Deutschlands in diesem Bundesland.

BEKANNTHEIT DER GAK-HANDLUNGS- EMPFEHLUNGEN

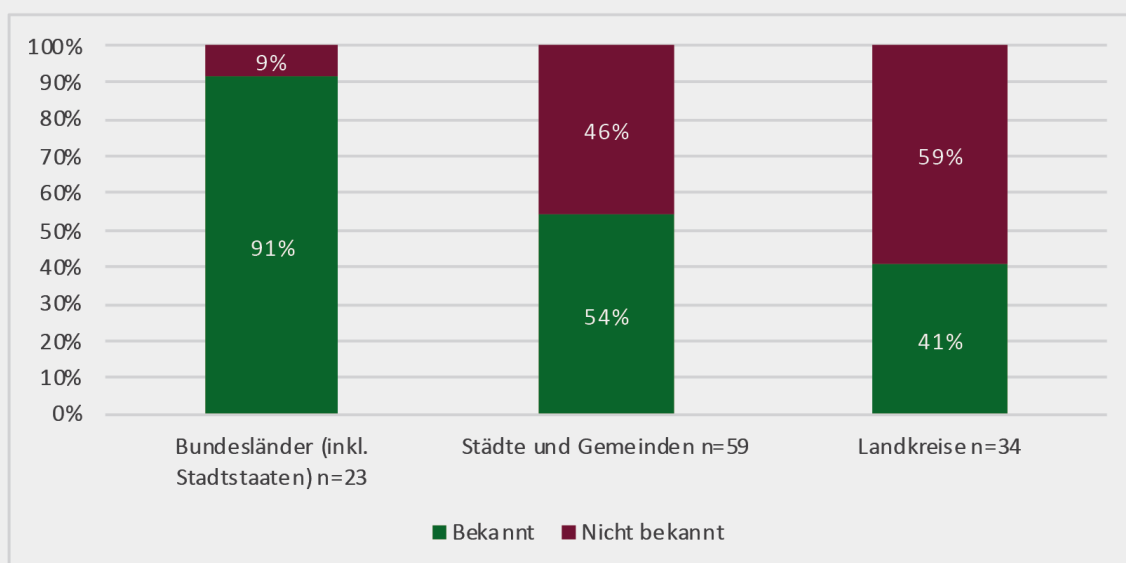
Über die Hälfte der Befragten (58 %) gab an, die GAK-Handlungsempfehlungen zu kennen. Die Autorinnen und Autoren der GAK-Handlungsempfehlungen schreiben in ihrer Einleitung, die Handlungsempfehlungen „richten sich in erster Linie an die Länder“. Entsprechend positiv fällt auf, dass in der Gruppe der Antwortenden aus den Bundesländern 91 Prozent der Befragten angaben, die GAK-Handlungsempfehlungen zu kennen. In der Gruppe der Städte und Gemeinden kennen etwas über die Hälfte (54 %) die Empfehlungen. Am wenigsten bekannt sind die GAK-Handlungsempfehlungen in der Gruppe der Landkreise. Hier kennen nur 41 Prozent der Antwortenden die Empfehlungen (ABBILDUNG 1).

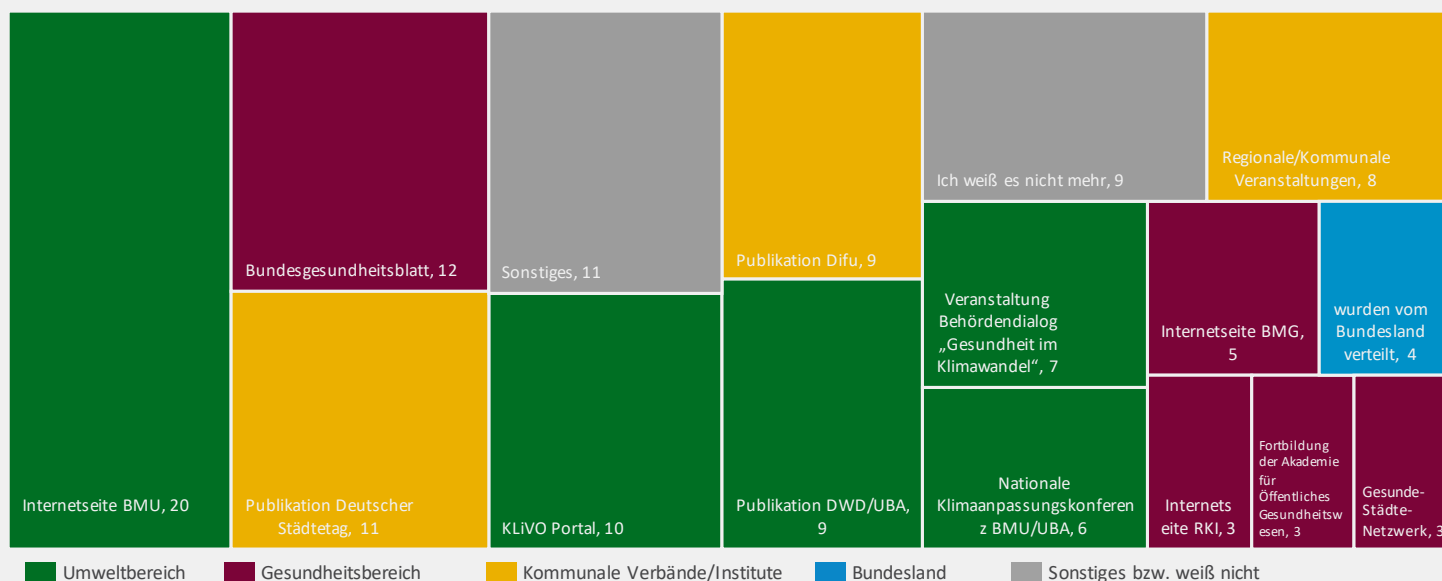
Betrachtet man die Gruppe der Städte und Gemeinden noch differenzierter, zeigt sich, dass vor allem im Bereich der Großstädte über 100.000 Einwohner die GAK-Handlungsempfehlungen bekannt sind (bei über 60 Prozent der antwortenden Großstädte), bei den Mittel- und Kleinstädten jedoch der Anteil derer, die die GAK-Handlungsempfehlungen nicht

kennen, überwiegt. Bei Personen, die sich selbst dem Gesundheitsbereich zugeordnet haben, sind die GAK-Handlungsempfehlungen besser bekannt als bei Personen aus dem Umweltbereich. Im Gesundheitsbereich gaben 78 Prozent der Antwortenden an, die Empfehlungen zu kennen, während es im Umweltbereich nur 56 Prozent waren. In anderen Verwaltungsbereichen, zum Beispiel im Bereich Planung und Bauen, lag die Bekanntheit der Handlungsempfehlungen nur bei 31 Prozent.

Die Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen wurden über viele Wege verteilt, auf diversen Veranstaltungen vorgestellt und in verschiedenen Publikationen veröffentlicht. ABBILDUNG 2 zeigt, auf welchem Weg die in der Online-Umfrage befragten Personen, die die Handlungsempfehlungen kennen, von diesen erfahren haben. Mehrfachnennungen waren möglich. Die Auswertung verdeutlicht, dass sowohl Kanäle des Umweltressorts als auch des Gesundheitsressorts bei der Verbreitung eine wichtige Rolle gespielt haben. Ebenso hervorzuheben sind die Publikationen der kommunalen Spitzenverbände (Städtetag) beziehungsweise Institute (z.B. Deutsches Institut für Urbanistik).

ABBILDUNG 1
Bekanntheit der GAK-
Handlungsempfehlungen
auf den unterschiedli-
chen Verwaltungsebenen.
GAK: Bund/Länder
Ad-hoc Arbeitsgruppe
„Gesundheitliche Anpas-
sung an die Folgen des
Klimawandels“.





IMPULSE DURCH DIE GAK-HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Unmittelbar an die Frage nach der Bekanntheit der GAK-Handlungsempfehlungen schließt die Frage nach dem Nutzen der Empfehlungen für die Bundesländer und Kommunen an (ABBILDUNG 3). Als wie hilfreich werden sie von Personen auf Bundesländer- und kommunaler Ebene wahrgenommen? Und was konnte durch die Handlungsempfehlungen auf Länder- und kommunaler Ebene angestoßen werden?

Von den Personen, die in der Online-Befragung angaben, die GAK-Handlungsempfehlungen zu kennen, beurteilen 81 Prozent die Handlungsempfehlungen sehr beziehungsweise eher hilfreich, nur 16 Prozent gaben an, dass die Handlungsempfehlungen für sie eher nicht oder gar nicht (3 %) hilfreich waren. Diejenigen, die die Empfehlungen als hilfreich bewerten, loben die konkrete Darstellung von Kernelementen und Maßnahmen (Anzahl der Nennungen jeweils in Klammern: 14), sie be-

zeichnen die Empfehlungen als eine gute und wertvolle Basis für ihre Arbeit (8) und als einen guten Leitfaden für die Erstellung eines eigenen Hitzeaktionsplans (5). Weitere Anmerkungen waren: Die Handlungsempfehlungen seien gut verständlich, strukturiert und übersichtlich (3), enthalten gute Informationen und Anregungen (3) und würden bei der praktischen Umsetzung helfen (3).

Kritische Anmerkungen hingegen bezeichnen die Handlungsempfehlungen als zu unkonkret beziehungsweise unspezifisch (6), bemängeln, dass es keine Angaben zu Finanzierung und Personal (wer soll das umsetzen?) gibt (4) und dass das Konzept erst noch übertragen werden müsse (4). Drei Befragte weisen darauf hin, dass die Handlungsempfehlungen speziell an Gesundheitsämter gerichtet werden müssten.

Unabhängig von der Einschätzung der Befragten, ob die GAK-Handlungsempfehlungen für sie hilfreich oder weniger hilfreich sind, zeigt die Auswertung der Befragung, dass die Handlungsempfehlungen in den teilnehmenden Ländern und Kommunen bereits eine

ABBILDUNG 2
Kanäle über die die Befragten von den GAK-Handlungsempfehlungen erfahren haben (n=67, Mehrfachnennungen waren möglich).
GAK: Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“.

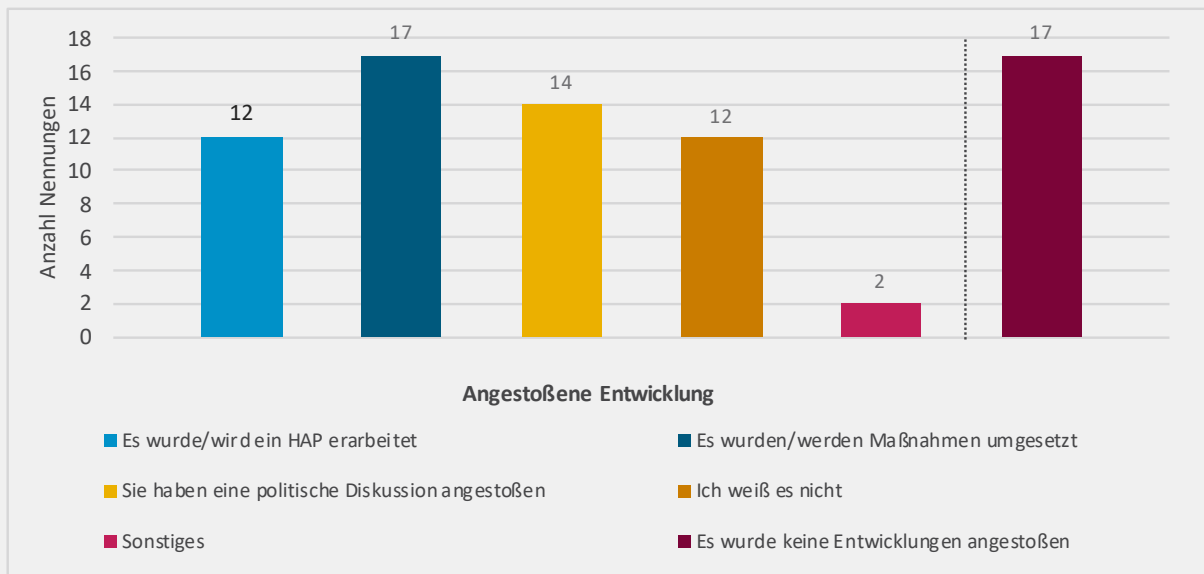


ABBILDUNG 3
Durch die GAK-Handlungsempfehlungen angestoßene Entwicklungen in Ländern und Kommunen (falls HE bekannt, n=67, Mehrfachnennungen waren möglich). HE: Handlungsempfehlungen.

Reihe von Entwicklungen angestoßen haben. Von den 67 Befragten, die antworteten, die Handlungsempfehlungen zu kennen, gaben circa zwei Drittel an, dass diese auch Impulse in ihren Ländern beziehungsweise Kommunen gesetzt hätten. In 17 Ländern/Kommunen wurden aufgrund der Handlungsempfehlungen Maßnahmen umgesetzt, in 14 wurde eine politische Diskussion zum Thema angestoßen, in 12 wurden beziehungsweise werden Hitzeaktionspläne erarbeitet.

STAND HITZEAKTIONSPLÄNE IN DEUTSCHLAND

Unabhängig davon, ob die Befragten die GAK-Handlungsempfehlungen kennen oder nicht, wurde gefragt, ob sie bereits einen Hitzeaktionsplan erstellt haben, derzeit einen erarbeiten oder in Zukunft die Erstellung eines Hitzeaktionsplans planen (ABBILDUNG 4). Von den 52 Befragten, die diese Frage mit ja beantworteten, gaben circa 13 Prozent an, dass die Hauptmotivation für die Erstellung eines Hitzeaktions-

plans die GAK-Handlungsempfehlungen waren. Weitere Faktoren waren: Der Hitzeaktionsplan ist Bestandteil eines Klimaanpassungspakets (40 %), ein zurückliegendes Hitzeereignis (25 %), politische Diskussionen zum Thema (8 %), die Durchführung einer Betroffenheitsanalyse (10 %).

52 der 116 Befragten (ca. 45 %) gaben an, dass auf ihrer Verwaltungsebene ein Hitzeaktionsplan bereits umgesetzt wurde, in Bearbeitung beziehungsweise geplant ist. In der Gruppe der Städte und Gemeinden sind dies sogar knapp über die Hälfte der Befragten, während in der Gruppe der Landkreise der Anteil derer, die keinen HAP planen, mit knapp 70 Prozent überwiegt (ABBILDUNG 5).

Die meisten Hitzeaktionspläne (52 %) sollen voraussichtlich in den nächsten zwei Jahren (bis 2022) fertiggestellt werden.

Etwas weniger als die Hälfte der Hitzeaktionspläne (umgesetzt, in Erarbeitung, in Planung) sind eigenständige Dokumente, die andere Hälfte (52,1 %) sind Teile anderer Pläne oder Strategien – zum Beispiel Teil einer Anpassungsstrategie, eines Klima(schutz)-Teilkonzeptes oder Teil eines Stadtentwicklungsplans.

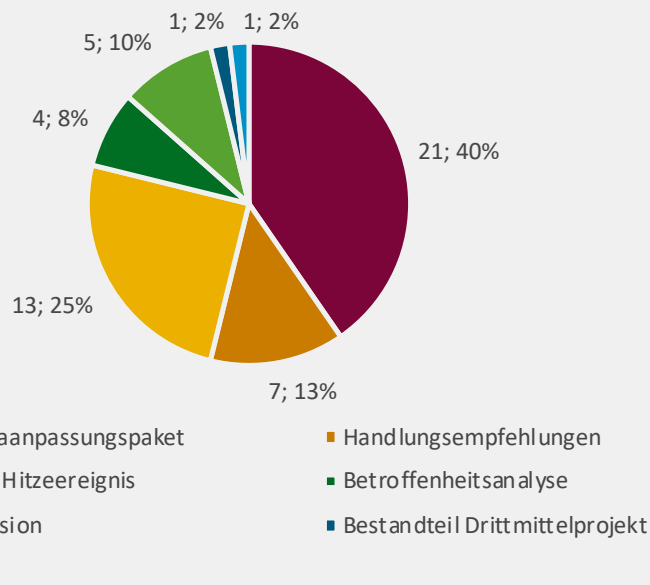


ABBILDUNG 4
Hauptmotivation für
die Erstellung eines
Hitzeaktionsplans (falls
HAP bereits umgesetzt,
in Bearbeitung oder in
Planung, n=52).
HAP: Hitzeaktionsplan.

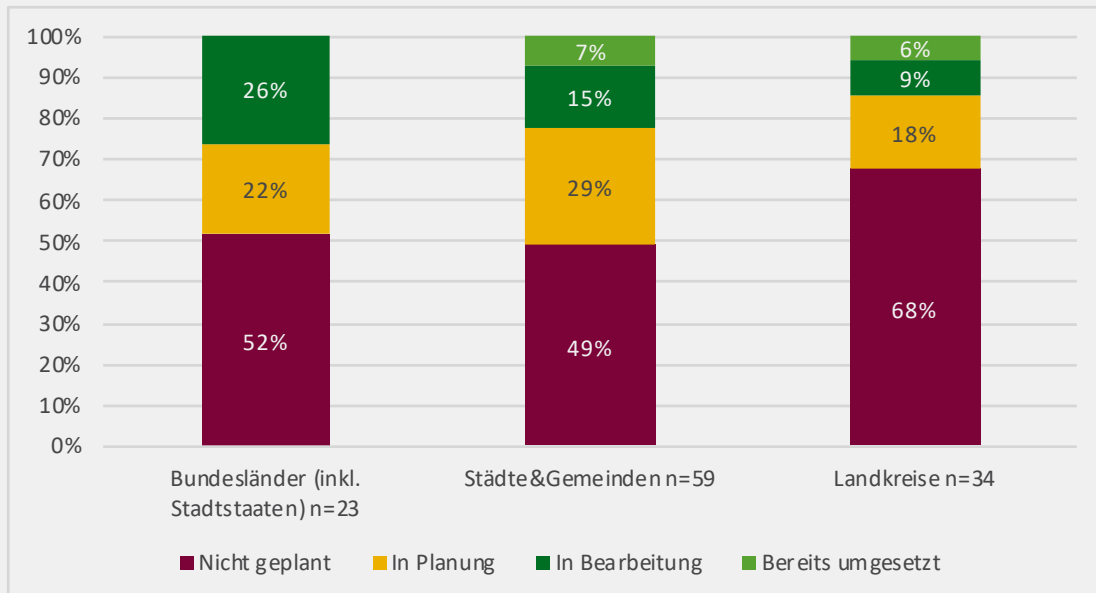


ABBILDUNG 5
Stand Hitzeaktionspläne
nach Verwaltungsebene.

WO BESTEHT UNTERSTÜTZUNGS- BEDARF?

Die Teilnehmenden der Online-Umfrage wurden außerdem gefragt, ob und wenn ja welche Art der Unterstützung sie für die Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans benötigen (ABBILDUNG 6). Ein Drittel der Befragten gab an, für die Entwicklung eines Hitzeaktionsplans sei mehr Personal erforderlich, ein Viertel braucht dafür finanzielle Unterstützung. Der Anteil derer, die für die Umsetzung eines Hitzeaktionsplans finanzielle Unterstützung benötigen, liegt bei knapp 30 Prozent der Befragten, also etwas höher als für die Entwicklung.

Auch Beratungsbedarf besteht bei den Teilnehmenden der Online-Befragung und zwar vor allem bei der Entwicklung eines Hitzeaktionsplans – hier geben 19 Prozent Unterstützungsbedarf an. Am wenigsten Be-

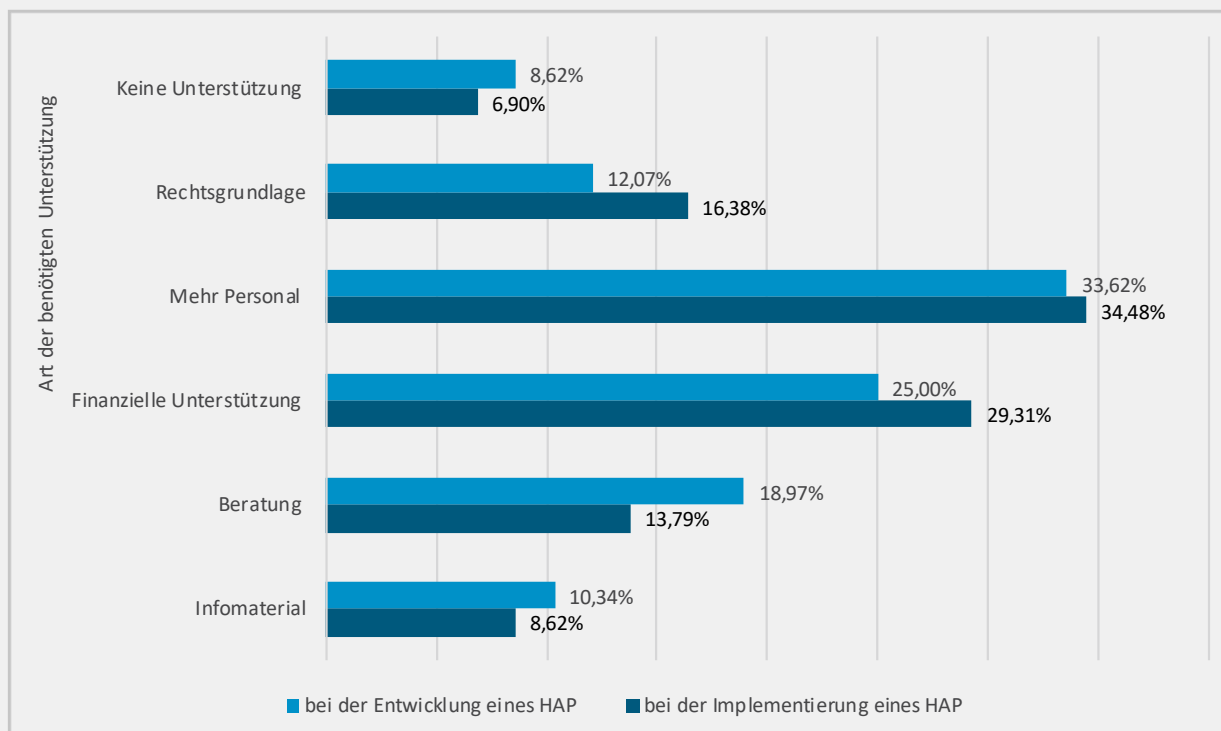
darf besteht bei Informationsmaterial, hier scheinen die Länder und Kommunen bereits gut versorgt zu sein. Sicherlich sind auch die GAK-Handlungsempfehlungen hierfür eine wertvolle Informationsquelle.

Insgesamt gaben nur knapp 9 Prozent der Befragten an, keine Unterstützung bei der Entwicklung (bzw. knapp 7 % bei der Implementierung) eines Hitzeaktionsplans zu benötigen. Diese Angabe zeigt, dass sich die meisten (91 %) der befragten Kommunen derzeit nicht in der Lage sehen „auf eigene Faust“ und ohne jegliche Unterstützung, einen Hitzeaktionsplan zu entwickeln oder umzusetzen.

FAZIT UND AUSBLICK

Die GAK-Handlungsempfehlungen zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen stellen wichtige Leitlinien für die Länder, Städte

ABBILDUNG 6
Benötigte Unterstützung
bei der Entwicklung
und Implementierung
eines Hitzeaktionsplans
(n=116).



und Kommunen dar, um künftige mit Hitzeereignissen besser umgehen zu können. Auch die Gesundheitsministerinnen und -minister und die Senatorinnen und Senatoren der Länder unterstreichen dies in einem Beschluss der 93. Gesundheitsministerkonferenz vom Oktober 2020 (GMK 2020: Top 5.1). Demnach sollen die Handlungsempfehlungen als Grundlage genutzt werden, um in den nächsten fünf Jahren flächendeckend Hitzeaktionspläne zu erstellen. Die Erstellung liegt, so sieht es der Beschluss vor, entsprechend dem Subsidiaritätsprinzip primär in der Hand der Kommunen und betroffenen Institute und soll „unter Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten und Spezifika“ erfolgen. Die Zusammenarbeit mit allen relevanten Akteuren des Gesundheitssektors ist hierfür unbedingt erforderlich.

Die Analyse der hier vorgestellten Befragungsergebnisse zeigt allerdings, dass allein die Existenz und Bekanntheit der Handlungsempfehlungen nicht ausreicht, damit Kommunen erfolgreich Hitzeaktionspläne erarbeiten können. So fehlt es einigen Kommunen etwa an Finanzmitteln und Personal, um Hitzeaktionspläne zu entwickeln und zu implementieren.

LITERATUR

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Version: 1.0. Bonn. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hap_handlungsempfehlungen_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_2_fortschrittsbericht_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Deutschländer T, Mchel H (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur G, Jacob D, Schuck-Zöller S, (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum: Berlin/Heidelberg: 47–56.

GMK – Gesundheitsministerkonferenz (2020): Beschluss der 93. Gesundheitsministerkonferenz. TOP 5.1: Der Klimawandel – eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitswesen. Teil 1. Hitzeaktionspläne. <https://www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&jahr> (Zugriff am: 24.11.2020).

An der Heiden M, Muthers S, Niemann H et al. (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. In: Bundesgesundheitsblatt 62: 571–579.

Russo S, Dosio A, Graversen RG et al. (2014): Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. In: J. Geophys. Res. Atmos. 119: 12500–12512.

WHO 2008: Heat-health action plans. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/95919/E91347.pdf (Zugriff am: 16.12.2020).

KONTAKT

Theresa Kaiser
adelphi gGmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
E-Mail: [kaiser\[at\]adelphi.de](mailto:kaiser[at]adelphi.de)

[UBA]

Klimawandel, Hitze und Gesundheit: Stand der gesundheitlichen Hitzevorsorge in Deutschland und Unterstützungsbedarf der Bundesländer und Kommunen

Climate change, heat and health: Status of heat prevention in Germany and need for support of federal states and municipalities

ZUSAMMENFASSUNG

Während der Bund für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels den Rahmen vorgibt, liegt die Umsetzung konkreter Anpassungsmaßnahmen häufig in der Zuständigkeit der Kommunen. Dies gilt auch für den Bereich Hitze und Gesundheit. Gerade in Städten ist die Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch den sogenannten Hitzeinseleffekt besonders groß. Die vergangenen Hitzesommer haben gezeigt, dass hier enormer Handlungsbedarf besteht. Eine im Mai/Juni 2020 durchgeführte Online-Befragung von Ländern und Kommunen liefert erste Erkenntnisse dazu, wie gut Kommunen in Deutschland bereits auf extreme Hitzeereignisse vorbereitet sind und welche Maßnahmen bereits umgesetzt werden.

THERESA KAISER,
CHRISTIAN KIND,
LEONIE DUDDA,
KIRSTEN SANDER

ABSTRACT

While the federal government provides the framework for adaptation to the consequences of climate change, the implementation of concrete adaptation measures is usually in the hands of the municipalities. This also applies to the area of public health. The impairment of human health by the so-called heat island effect is particularly severe in cities. The past hot summers have shown that there is an enormous need for action in this area. An online survey of states, districts and municipalities conducted in May/June 2020 provides initial findings on how well municipalities in Germany are already prepared for extreme heat events and which measures are already being implemented.

KLIMAWANDELANPASSUNG ALS GEMEINSCHAFTSAUFGABE

Die Anpassung an den Klimawandel ist eine Gemeinschaftsaufgabe – dies gilt auch für den Bereich Hitze und Gesundheit. Bund, Länder, Kommunen und nichtstaatliche Akteure sind hier gefragt. Der Bund gibt dabei den Rahmen vor, zum Beispiel mit der Deutschen Anpassungsstrategie von 2008 (Bundesregierung 2008) sowie den Fortschrittsberichten 2015 und 2020 und den dazugehörigen Aktionsplänen (Bundesregierung 2015 und 2020). Da die Folgen des Klimawandels aber nicht überall in Deutschland gleich sind, müs-

sen bei der Anpassung regionale und lokale Gegebenheiten berücksichtigt werden. Deshalb erfolgt Anpassung in Deutschland nach dem Subsidiaritätsprinzip: Maßnahmen sollen auf der am besten dafür geeigneten Ebene umgesetzt werden. So gibt der Bund zwar den Rahmen vor, die Umsetzung konkreter Aktivitäten liegt aber größtenteils in der Zuständigkeit und Verantwortung der Kommunen. Dies gilt auch für den Bereich Hitze und Gesundheit. Gerade in Städten ist die Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch den sogenannten Hitzeinseleffekt besonders groß. Die jüngsten Hitzesommer der Jahre 2018 bis 2020 haben gezeigt, dass enormer Handlungsbedarf besteht.



Quelle: MichaelGaida /
pixabay.com.

Doch wie gut sind Kommunen in Deutschland auf extreme Hitzeereignisse vorbereitet? Welche Maßnahmen werden bereits umgesetzt? Und wie schätzen die Kommunen selbst ihre Betroffenheit gegenüber extremer sommerlicher Hitze ein?

METHODIK

Um diese Fragen zu beantworten, führten die Projektnehmer (adelphi gGmbH, Berlin, Fachhochschule Fulda) im Mai/Juni 2020 eine bundesweite Online-Befragung unter den Bundesländern, Landkreisen, Städten und Gemeinden in Deutschland durch. Die Befragung wurde per E-Mail an 724 Adressen geschickt,

davon 393 Gesundheitsämter auf allen Verwaltungsebenen, 132 Umweltamtsleitungen von Groß- und Mittelstädten, 178 Umwelt- und Klimaverantwortliche der Landkreise sowie an die 21 Mitglieder des Bund-/Länder-Behördendialogs „Gesundheit im Klimawandel“, dem Nachfolgegremium der gemeinsamen Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (GAK). Darüber hinaus wurde die Umfrage über Newsletter und Social-Media-Kanäle beworben (Newsletter und Webseite Deutscher Städte- und Gemeindebund, Newsletter und Webseite der Akademie für Öffentliches Gesundheitswesen Düsseldorf, Tweets von adelphi und BMU, Facebook-Posts von adelphi, UBA-Webseite).

Nach Bereinigung des Datensatzes (Entfernung von nicht-vollständig ausgefüllten Fragebögen, Entfernung von Doppelantworten) waren insgesamt 116 Fragebögen auswertbar.

Einschränkung: Die Angabe des Namens von Land, Kreis und Gemeinde war freiwillig. Deshalb können nicht alle Doppelantworten definitiv identifiziert werden. Es gab vereinzelt auch Städte, aus denen zwei Personen aus zwei unterschiedlichen Verwaltungseinheiten geantwortet haben (z. B. eine Person aus dem Gesundheitsamt und eine Person aus dem Umweltamt). Hier wurden beide Antworten gezählt.

Des Weiteren fiel der Zeitraum der Daten-Erhebung in die erste Phase der COVID-19-Pandemie. Die Verfügbarkeit der Hauptzielgruppe der Befragung (Personen aus Gesundheitsämtern und Personen aus der Kommunalverwaltung) war deshalb stark eingeschränkt. Der Rücklauf der Online-Befragung ist vor diesem besonderen Hintergrund zu bewerten.

Von den 116 Antworten sind 23 aus den Bundesländern, 59 von Städten und Gemeinden (davon 45 aus Großstädten über 100.000 Einwohner) und 34 von Landkreisen. Etwa 32 Prozent der Antwortenden ordneten sich selbst dem Gesundheitsbereich zu, circa 70 Prozent dem Umweltbereich (inklusive Klimaschutz- und Anpassungsmanagement), weitere Antworten kamen aus den Bereichen Planung und Bauen, von Stabsstellen und Bürgermeisterämtern sowie aus dem Bereich Jugend-/Seniorenarbeit. Mehrfachzuordnungen waren hier möglich. Räumlich gesehen kamen die meisten Rückmeldungen aus Nordrhein-Westfalen (23), gefolgt von Baden-Württemberg (14), Hessen (12) und Bayern (11). Nur je ein auswertbarer Fragebogen liegt aus Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und dem Saarland vor. Diese auf den ersten Blick ungleiche Verteilung relativiert sich mit einem Blick auf den Bevölkerungsanteil der Bundesländer. So liegen beispielsweise aus NRW die meisten Antworten vor (knapp 20 Prozent), allerdings leben auch 21 Prozent der Bevölkerung Deutschlands in diesem Bundesland.

WAHRNEHMUNG UND VERANKERUNG DES THEMAS HITZE UND GESUNDHEIT

Wie auch auf Bundesebene ist das Thema Hitze und Gesundheit in Bundesländern und Kommunen ein Querschnittsthema, mit dem sich sowohl Umwelt- als auch Gesundheitsressorts befassen. Auf Ebene der befragten Bundesländer liegt die Federführung oft beim Gesundheitsministerium, in Städten und Gemeinden hingegen bei jeder zweiten Stadt im Umweltamt. Auch Klimaschutz- und Anpassungsbeauftragte haben auf kommunaler Ebene oft die Federführung für das Thema (bei 27 % der teilnehmenden Städte und Gemeinden, in 44 % der teilnehmenden Landkreise). Während auf Bundesländerebene hauptsächlich Umwelt- und Gesundheitsämter am Thema arbeiten, sind auf kommunaler Ebene teilweise Stadtplanungs- und Grünflächenamt, aber auch der Bau-, Energie- und Gebäudebereich involviert. In einigen der befragten Länder und Kommunen wurden auch gesonderte Stabsstellen eingerichtet, die das Thema bearbeiten.

Ungeachtet der Federführung wurden die Teilnehmenden nach dem Stellenwert des Themas Hitze und Gesundheit innerhalb ihres Bundeslandes/ihrer Kommune gefragt. Dafür wurde bei der Befragung zwischen dem Stellenwert bei politischen Entscheidungen und dem Stellenwert beim Verwaltungshandeln unterschieden. Die Befragten konnten den Stellenwert auf einer gestaffelten Skala angeben: 0 = Thema spielt keine Rolle, 1 = Thema wird diskutiert, 2 = Thema wird bei Entscheidungen in einem Handlungsbereich (z. B. Umwelt oder Gesundheit oder Stadtplanung) berücksichtigt, 3 = Thema wird bei Entscheidungen in vielen Handlungsbereichen (z. B. Umwelt, Stadt- und Bauleitplanung, Gesundheit, Grünflächenamt usw.) einbezogen.

Die Auswertung zeigt, dass das Thema Hitze und Gesundheit sowohl auf Bundesländer- als auch auf kommunaler Ebene in Politik und Verwaltung angekommen ist.

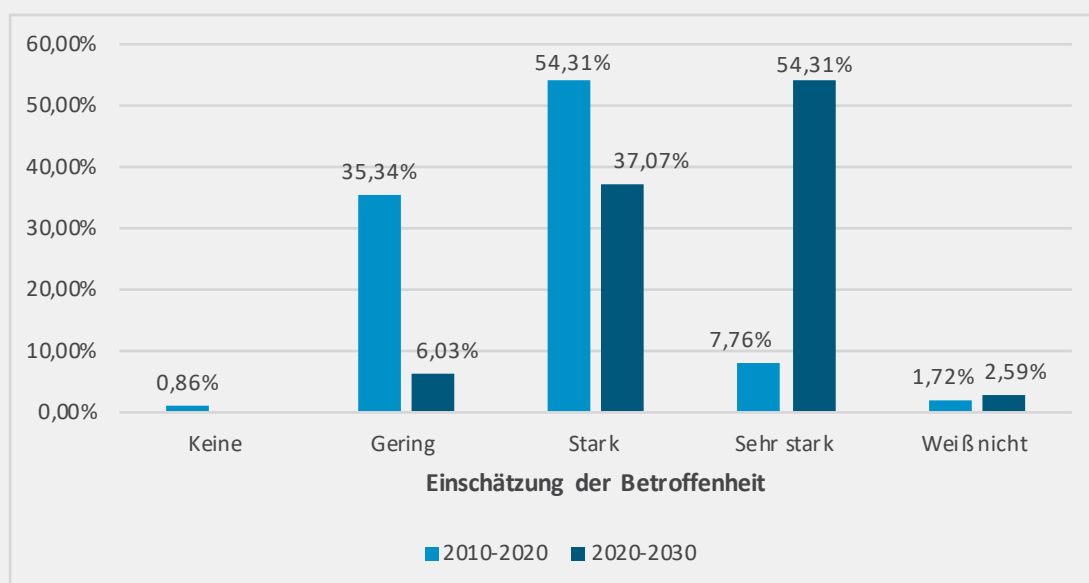
Während auf Bundesländerebene das Thema bei über der Hälfte der Befragten bereits bei politischen Entscheidungen berücksichtigt wird, ist auf kommunaler Ebene der Stellenwert vor allem beim Verwaltungshandeln hoch. 68 Prozent der befragten Kommunen gaben an, dass das Thema beim Verwaltungshandeln in mindestens einem Handlungsbereich einbezogen werde. In der Politik hingegen steckt das Thema bei fast der Hälfte der Städte und Gemeinden noch in der Diskussion fest (bei 47 Prozent) und wird weniger bei Entscheidungen berücksichtigt. Auf Ebene der Landkreise spielen Hitze- und Gesundheitsthemen im Vergleich zu Bundesländern, Städten und Gemeinden eine geringere Rolle. 21 Prozent der befragten Landkreise gaben an, das Thema spiele in Politik (und 18 Prozent in Verwaltung) keine Rolle.

Hier drängt sich die Frage nach den Gründen für die unterschiedliche Gewichtung des Themas in den Bundesländern und Kommunen auf. Ist der Stellenwert in bereits betroffenen Ländern und Kommunen gegebenenfalls höher als bei denen, die bisher noch kaum von Hitzewellen betroffen waren?

Um diese Frage zu beantworten, wurden die Befragten nach einer Einschätzung der Betroffenheit ihrer Kommune (ihres Bundeslandes) durch Hitze befragt. Die Analyse zeigt: Wenn die Betroffenheit von den Befragten als hoch eingeschätzt wird, wird das Thema (sowohl in Politik als auch in der Verwaltung) eher berücksichtigt oder diskutiert. Dennoch gibt es Antwortende, bei denen das Thema trotz hoher Betroffenheit keine Rolle in Politik oder Verwaltung spielt.

Die Befragten wurden gebeten, die Betroffenheit ihrer Kommune/ihres Bundeslandes hinsichtlich Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch extreme sommerliche Hitze sowohl für die letzten zehn Jahre (Vergangenheit) als auch für die nächsten zehn Jahre, bis 2030 (Zukunft) einzuschätzen (ABBILDUNG 1). Während nur knapp acht Prozent der Befragten die Betroffenheit ihres Bundeslandes/ihrer Kommune in der Vergangenheit als sehr stark einschätzen, sind es beim Blick in die Zukunft über die Hälfte (54 %), die von einer künftigen sehr starken Betroffenheit ausgehen.

ABBILDUNG 1
Einschätzung der Betroffenheit in Vergangenheit und Zukunft (n=116).



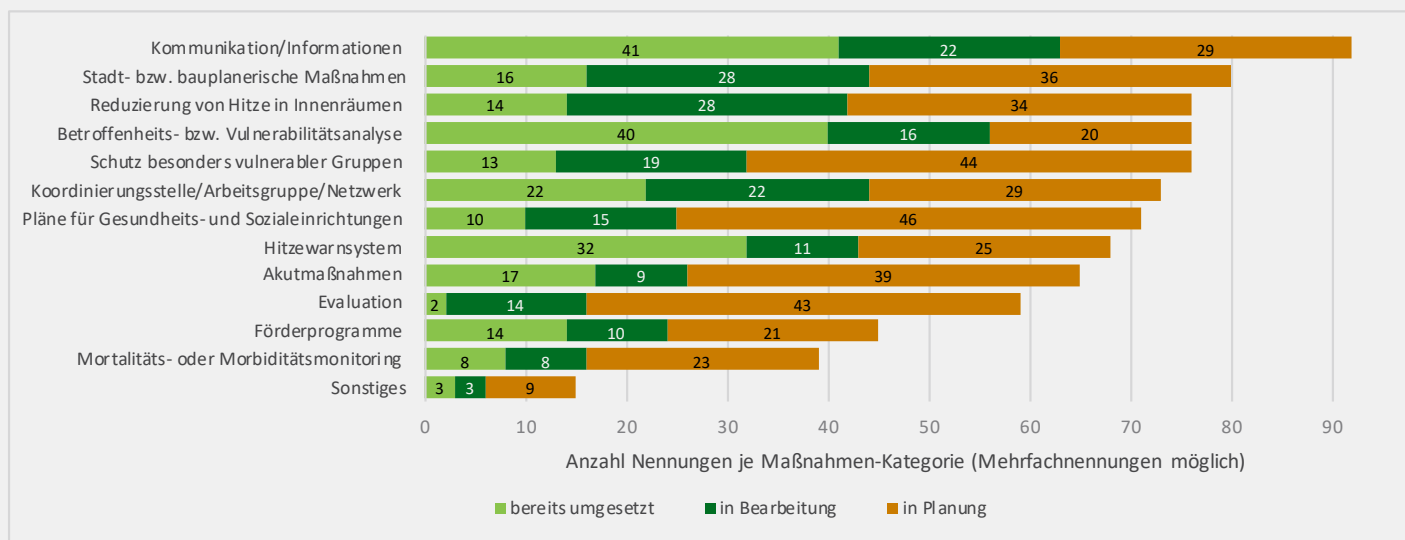
BEREITS UMGESETZTE MASSNAHMEN ZUM UMGANG MIT HITZE

Die Auswertung der Online-Befragung zeigt deutlich, dass die große Mehrheit der befragten Kommunen bereits begonnen hat, Maßnahmen im Themenbereich Hitze, Gesundheit und Klimawandel umzusetzen (ABBILDUNG 2). Dies deckt sich mit den Einschätzungen einer Datenbank- und Internetrecherche, die im Vorfeld dieser Online-Befragung durchgeführt wurden (Blättner et al. 2020). 80 Prozent der Befragten gaben an, dass in ihrem Bundesland/Landkreis/Stadt mindestens eine Maßnahme zum Thema Hitze und Gesundheit umgesetzt wurde oder in Bearbeitung ist. Am wenigsten aktiv ist bisher die Ebene der Landkreise – 44 Prozent der befragten Landkreise gaben an, dass noch keine Maßnahmen umgesetzt wurden. In der Gruppe der Städte und Gemeinden sind es nur 14 Prozent, die noch keine Maßnahmen umsetzen, und auf Ebene der Bundesländer werden bereits überall Maßnahmen umgesetzt.

Besonders aktiv sind die befragten Länder und Kommunen in der Umsetzung von Kommunikations- beziehungsweise Informationsmaßnahmen. Dabei handelt es sich oft um niedrigschwellige, leicht umzusetzende Kommunikationsmaßnahmen. Viele Städte listen beispielsweise auf ihren Webseiten Tipps zum richtigen Verhalten bei Hitze für ihre Bürgerinnen und Bürger auf.

Bei den Maßnahmen, die bereits umgesetzt wurden, belegen die Betroffenheits- beziehungsweise Vulnerabilitätsanalysen Platz zwei mit 40 Nennungen. Oft werden solche Betroffenheitsanalysen im Rahmen der Erstellung von Anpassungskonzepten durchgeführt (z. B. in der Landeshauptstadt Düsseldorf 2017) und adressieren mehrere Klimafolgen (etwa Starkregen und Hitze). Die Ergebnisse werden meist in Form von Karten veröffentlicht (bspw. Hitzebelastungskarte Wuppertal; Online-Karte: <https://www.wuppertal.de/microsite/klimaschutz/klimawandel/klimawandel.php>). Gerade in Bearbeitung sind in vielen Kommunen stadt- beziehungsweise bauplanerische Maßnahmen und Maßnahmen zur Reduzierung von Hitze in Innenräumen. Weniger getan wird hingegen

ABBILDUNG 2
In welchen Bereichen wurden Maßnahmen bereits umgesetzt bzw. sind in Bearbeitung oder in Planung.



in den Bereichen Monitoring und Evaluation (z. B. Mortalitätsmonitoring oder Evaluation von Maßnahmen).

Auffällig ist allerdings auch, dass die in **ABBILDUNG 2** orange dargestellten Balken „Maßnahmen in Planung“ für alle Maßnahmenbereiche sehr lang sind. Auch in Bereichen, in denen gerade noch vergleichsweise wenig umgesetzt wird, sind also Maßnahmen in der Planung. Dies lässt den Schluss zu, dass es bei dem Thema eine hohe Dynamik gibt und sich die Kommunen hier nach und nach auf den Weg machen, entsprechende Maßnahmen umzusetzen.

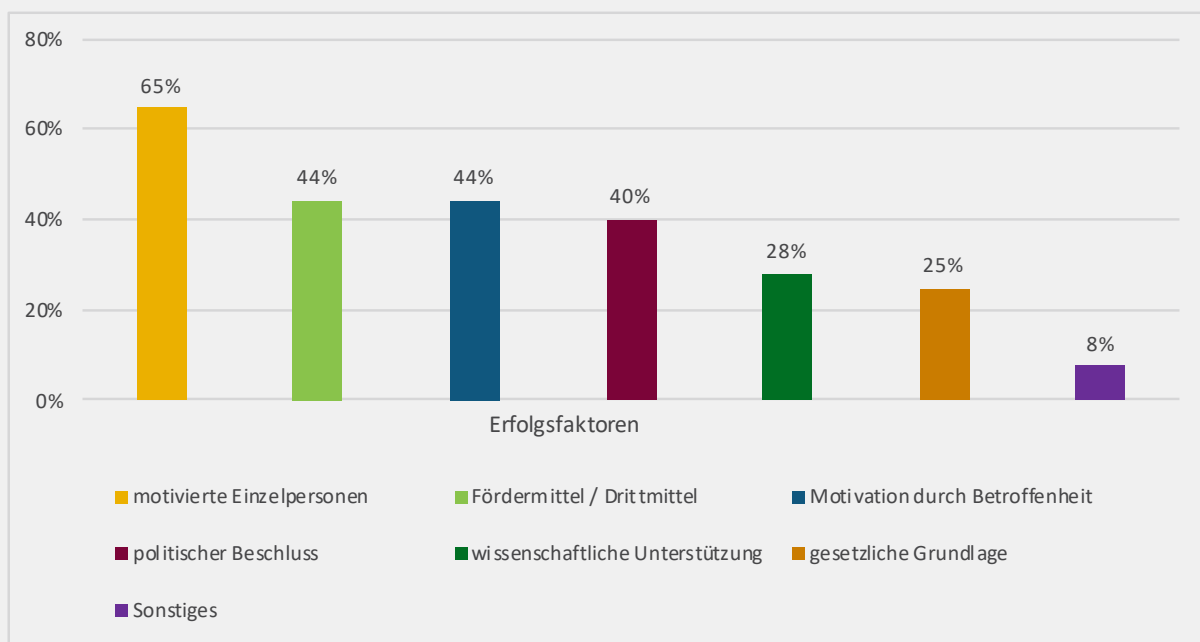
Die Analyse der Antworten zeigt zudem, dass die wahrgenommene Betroffenheit die Umsetzung von Maßnahmen beeinflusst. Dort, wo die Betroffenheit (sowohl in der Vergangenheit als auch in der Zukunft) als stark beziehungsweise sehr stark eingeschätzt wird, wurde auch häufiger mindestens eine Maßnahme umgesetzt bzw. ist in Bearbeitung. In der Gruppe derer, die ihre Betroffenheit in der Zukunft als gering einschätzen, ist der Anteil derer, die noch keine Maßnahme umgesetzt haben, besonders hoch. Außerdem zeigt die Analyse: je höher der Stellen-

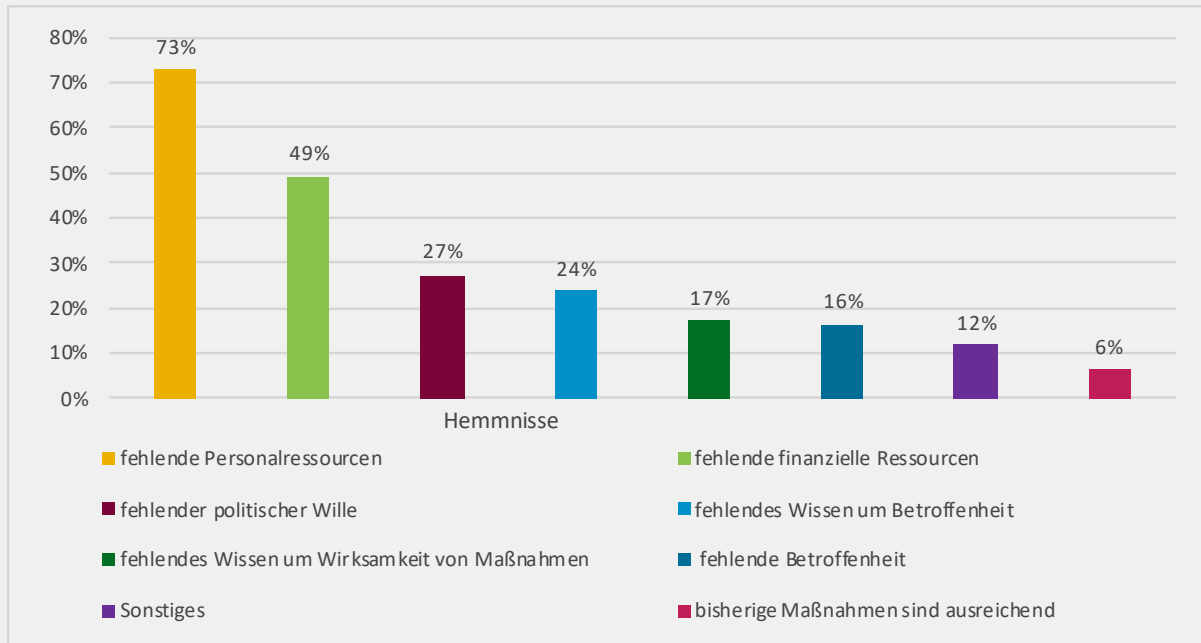
wert des Themas Hitze und Gesundheit in Politik und Verwaltung ist, desto häufiger wird in den jeweiligen Ländern/Kommunen mindestens eine Maßnahme umgesetzt oder aktuell bearbeitet.

ERFOLGSFAKTOREN UND HEMMNISSE

Sowohl die wahrgenommene Betroffenheit als auch der Stellenwert des Themas in Politik und Verwaltung scheinen die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Hitze in Ländern und Kommunen zu beeinflussen. Doch welche Faktoren spielen noch eine Rolle? Was sind Erfolgsfaktoren und was Hemmnisse, wenn es um die Umsetzung von Maßnahmen geht? Länder und Kommunen wurden zunächst nach einer rechtlichen Grundlage für ihr Verwaltungshandeln im Bereich Klimawandel und Gesundheit gefragt und daran anschließend gebeten, Erfolgsfaktoren und Hemmnisse bei der Umsetzung von Maßnahmen zu benennen (**ABBILDUNGEN 3 UND 4**).

ABBILDUNG 3
Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung von Maßnahmen (n=93, Mehrfachnennungen möglich).





GESETZLICHE GRUNDLAGE

Knapp 40 Prozent der Befragten gaben an, dass eine gesetzliche Grundlage existiert und sie diese für ihr Verwaltungshandeln im Bereich Klimawandel und Gesundheit kennen. Am häufigsten wurden hier die Landes-Klima(schutz)gesetze genannt (beispielsweise in Baden-Württemberg, Bremen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz), gefolgt von den landesspezifischen ÖGD-Gesetzen (Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst) und dem Bau-Gesetzbuch. Einige Personen gaben zudem die jeweiligen kommunalen Anpassungsstrategien an – die rein formal keine rechtliche Grundlage darstellen, aber im Verwaltungshandeln scheinbar dennoch eine wichtige Handlungsorientierung sind.

ERFOLGSFAKTOREN UND HEMMNISSE

Die Existenz einer gesetzlichen Grundlage wurde allerdings nur von einem Viertel der Befragten als Erfolgsfaktor für die Umsetzung von Maßnahmen genannt.

Wichtiger scheinen hingegen „motivierte Einzelpersonen“ (von 65 % der Befragten genannt). Das heißt, es braucht – trotz gesetzlicher Grundlagen, Betroffenheit und Handlungsdruck – Personen, die sich dieses Querschnittsthemas annehmen, es vorantreiben und sich für die Umsetzung von Maßnahmen einsetzen (sogenannte „Kümmerer“). Ebenfalls oft genannte Erfolgsfaktoren sind Fördermittel beziehungsweise Drittmittel für Maßnahmen, die Motivation durch Betroffenheit sowie ein politischer Beschluss. Etwas seltener genannt wurde der Erfolgsfaktor „wissenschaftliche Unterstützung“ bei der Umsetzung von Maßnahmen. Geantwortet haben hier nur die Befragten, die bereits mindestens eine Maßnahme umgesetzt hatten.

Passend zu den Erfolgsfaktoren steht auf der Liste der Hemmnisse der Punkt „fehlende Personalressourcen“ ganz oben in der Rangfolge der Nennungen (73 % der Befragten). Dem Erfolgsfaktor „Fördermittel“ steht das Hemmnis „fehlende finanzielle Ressourcen“ gegenüber, dem Erfolgsfaktor „politischer Beschluss“ der „fehlende politische Wille“, der bei 27 Prozent der Befragten ein

ABBILDUNG 4
Hemmnisse bei der Umsetzung von Maßnahmen (n=110, Mehrfachnennungen möglich).

Hemmnis bei der Umsetzung von Maßnahmen darstellt. Außerdem genannt wurden ein fehlendes Wissen um Betroffenheit, eine fehlende Betroffenheit, das fehlende Wissen um die Wirksamkeit von Maßnahmen sowie die Einschätzung, ob beziehungsweise dass bisherige Maßnahmen bereits ausreichen.

FINANZIERUNG DER MASSNAHMEN

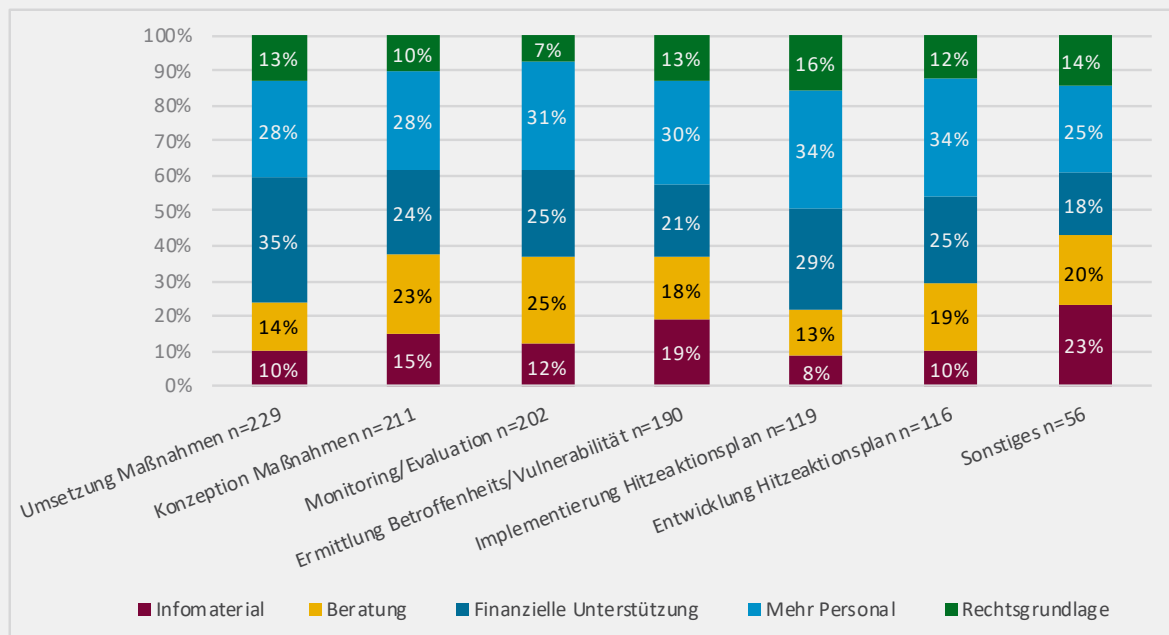
Knapp die Hälfte der Befragten gab als Grund für die Nicht-Umsetzung von Maßnahmen fehlende finanzielle Ressourcen an. Eine Analyse der Finanzierung von bereits umgesetzten beziehungsweise in Umsetzung befindlichen Maßnahmen zeigt, dass die Hälfte der Befragten Maßnahmen im Bereich Hitze und Gesundheit überwiegend aus Eigenmitteln finanziert. Weitere 33 Prozent gaben an, die Finanzierung teils aus Eigenmitteln und teils aus Drittmitteln zu stemmen. Nur etwa 10 Prozent der Befragten gaben an, dass die Maßnahmen überwiegend aus Drittmitteln finanziert wurden.

UNTERSTÜTZUNGSBEDARF

Die Befragten wurden darüber hinaus gebeten, Angaben zum Unterstützungsbedarf in sechs Handlungsfeldern zu machen (ABBILDUNG 5, x-Achse). Es wurden außerdem verschiedene Bereiche beziehungsweise Arten der Unterstützung abgefragt (ABBILDUNG 5, Säulenabschnitte).

Die große Mehrheit der Befragten gab in fast allen Handlungsfeldern in mindestens einem Bereich Unterstützungsbedarf an. 93 Prozent beziehungsweise 91 Prozent der Befragten haben Unterstützungsbedarf bei der Implementierung oder Entwicklung von Hitzeaktionsplänen. Der geringste Unterstützungsbedarf wurde mit 77 Prozent für die Ermittlung von Betroffenheit/Vulnerabilität angegeben. Innerhalb der einzelnen Handlungsfelder besteht besonders oft Unterstützungsbedarf im Bereich Personal (hellblau) und Finanzen (dunkelblau). Beratungsbedarf (gelb) besteht vor allem im Bereich Monitoring und Evaluation (hier wurden bislang vergleichsweise wenige Maßnahmen umgesetzt), im Bereich der Konzeption von Maßnahmen und bei der Ermittlung von Betroffenheit.

ABBILDUNG 5
Unterstützungsbedarf und Art des Bedarfs in verschiedenen Handlungsfeldern (n=116, Mehrfachnennungen möglich).



FAZIT DER ONLINE-BEFragung

Die Online-Befragung zeigt eine Momentaufnahme aus dem späten Frühjahr 2020. Begleitende Recherchen und die Analyse der Antworten zeigen, dass sich zum Thema Hitze und Gesundheit gerade viel bewegt. In vielen Städten steht das Thema auf der Agenda, und die Kommunen sind sich der Betroffenheit durchaus bewusst. Einiges wurde schon initiiert und umgesetzt, viel ist aber gerade auch noch in der Planung. Allerdings fehlt es den Kommunen oft an personellen Ressourcen, um das Thema anzugehen. Darüber hinaus wurden fehlende finanzielle Mittel häufig als hindernder Faktor dafür genannt, dass bisher noch keine oder nur wenige Maßnahmen umgesetzt werden konnten. Hier könnte der Bund zum Beispiel mit Förderprogrammen unterstützen.

Auch wird deutlich, dass bereits eine Vielzahl an Informationsmaterial zum Thema Hitze und Gesundheit zur Verfügung steht, dennoch gibt es bei vielen Kommunen Beratungsbedarf, sei es bei der Konzeption von Maßnahmen oder der Entwicklung von Hitzeaktionsplänen. Hier knüpft auch das laufende BMU-Vorhaben „Analyse der Wirksamkeit von gesundheitlichen Anpassungsmaßnahmen im Rahmen von Hitzeaktionsplänen sowie Klimaanpassungsdiensten“ (2019–2022; FKZ 3718 48 215 0 Link zur Projektseite: <https://www.hs-fulda.de/pflege-und-gesundheit/forschung/forschungsschwerpunkte/klimawandel-und-gesundheit/hitzeaktionsplaene/>) an, in dessen Rahmen nicht nur die hier vorgestellte Online-Befragung durchgeführt wurde, sondern auch Ressourcen für die Beratung von Kommunen eingeplant sind. Weiterhin ist eine bundesweite Vernetzung von Kommunen sinnvoll, um voneinander zu lernen und Erfahrungen zu teilen.

NEUE MITMACH-KAMPAGNE „SCHATTENSPENDER“

Die oben vorgestellten Umfrageergebnisse zeigen, dass einige Kommunen ihre Bevölkerung bereits auf Online-Portalen oder mit Informationsflyern über die gesundheitlichen Gefahren von Hitze informieren. Allerdings äußerten auch viele Kommunen weiteren Unterstützungsbedarf bei der umfassenden Kommunikation und Sensibilisierung zu dem Thema, beispielsweise mithilfe von Vorlagen für Kommunikationsprodukte. Eine weitere vertiefende Umfrage des Umweltbundesamtes (UBA) im Herbst 2020 hat diese Wünsche nach unterstützenden Kommunikationsmaßnahmen genauer unter die Lupe genommen und festgestellt, dass die überwiegende Mehrheit der 123 befragten Kommunen sich individualisierbare digitale Vorlagen und Aktions- und Ideenleitfäden wünscht. Auch Mustertexte und Vorschläge für Netzwerk- und Medienarbeit wurden als hilfreich bewertet.

Hier setzte das UBA an: Die Broschüre „Hitzeknigge“ (ABBILDUNG 6) wurde aktualisiert und die bislang einmalig durchgeführte „Aktion Schattenspender“ um ein individuell durchführbares Kampagnenkonzept und eigenständig nutzbare Materialien erweitert.

Die neue Mitmach-Kampagne „Schattenspender“ befähigt Gemeinden sowie interessierte Verbände und Privatpersonen, das Thema Hitzebelastung auf attraktive und öffentlichkeitswirksame Weise sichtbar zu machen. Dazu schlägt der Kampagnenleitfaden „Spenden Sie Schatten!“ (ABBILDUNG 7) vielfältige Aktionsideen zur Sensibilisierung der Bevölkerung vor Ort vor und stellt umfangreiche Kampagnenmaterialien bereit. Zentrales Element der Kampagne ist die 14-seitige Broschüre „Hitzeknigge“: eine einfach aber konkret formulierte Hilfe für die Bevölkerung und insbesondere für vulnerable Gruppen, die Hitzegefahren benennt, Empfehlungen zum Hitzeschutz, Angebote zur Beobachtung der eigenen Verhaltensweisen und Anregungen zur Veränderung gibt. Das Besondere dabei ist, dass Gemeinden diesen



ABBILDUNG 6
Titelseite der neuen Broschüre
„Hitzeknigge“.



ABBILDUNG 7
Titelseite des Kampagnen-Leitfadens
„Schattenspender“.

„Hitzeknigge“ selbstständig um ihr Logo, ihre Ansprechpersonen und auch eigene Inhalte beliebig erweitern können.

Neben der zentralen Hitzeknigge-Broschüre umfasst das Materialpaket Vorlagen für Poster, Postkarten, Aufkleber, genauso wie Online-Banner und Sharepics für die Sozialen Medien. Der Kampagnenleitfaden erklärt, wie diese Materialien eingesetzt werden können und enthält darüber hinaus Textbausteine und Hinweise für eine erfolgreiche Öffentlichkeits- und Pressearbeit. Damit Kommunen die Kampagne breit aufbauen können, gibt der Leitfaden auch Hilfestellungen für die Netzwerkarbeit und

die Einbindung anderer relevanter Akteure aus dem Gesundheits- und Umweltbereich. Abschließend werden auch Beispiele vorgestellt, wie Kommunen das Thema Hitze und Gesundheit bereits gut kommunizieren, so etwa das Hitzetelefon in Kassel oder die Coole Straße in Wien.

Der Kampagnenleitfaden, die Materialien sowie der Hitzeknigge sind auf der Webseite www.umweltbundesamt.de/schattenspender frei verfügbar. Die individualisierbare Variante des Hitzeknigge stellt das UBA gerne auf Anfrage bereit. ●

LITERATUR

Blättner B, Janson D, Roth A et al. (2020): Gesundheitschutz bei Hitzeextremen in Deutschland: Was wird in Ländern und Kommunen bisher unternommen?
In: Bundesgesundheitsblatt 63: 1013–1019.

Bundesregierung (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_2_fortschrittsbericht_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (Zugriff am: 12.01.2021).

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Zugriff am 12.01.2021).

Landeshauptstadt Düsseldorf (Hrsg.) (2017): KAK-DUS Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf. https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt19/umweltamt/klimaschutz/pdf/klimaanpassung/kurzfassung_klimaanpassungskonzept.pdf (Zugriff am: 17.11.2020).

KONTAKT

Theresa Kaiser
adelphi gGmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
E-Mail: [kaiser\[at\]adelphi.de](mailto:kaiser[at]adelphi.de)

Anfragen zum „Hitzeknigge“ und zur Kampagne „Schattenspender“ an:

Kirsten Sander
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.6 „Kompass – Klimafolgen und Anpassung in Deutschland“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
E-Mail: [kirsten.sander\[at\]uba.de](mailto:kirsten.sander[at]uba.de)

[UBA]

Krankheitsschwere der ersten COVID-19-Welle in Deutschland basierend auf den Meldungen gemäß Infektionsschutzgesetz*

Disease severity of the first COVID-19 wave in Germany using reporting data from the national notification system

ZUSAMMENFASSUNG

Ab dem 31. Dezember 2019 zirkulierten international erste Berichte über eine ungewöhnliche Häufung von Pneumonien unbekannter Ursache in China. Ende Januar 2020 wurden die ersten Erkrankungsfälle in Deutschland durch ein neuartiges Coronavirus, SARS-CoV-2, diagnostiziert. Mit einem Anteil von 80 Prozent war die Mehrzahl der Fälle mild erkrankt. Zugleich waren zwei Drittel der Fälle jünger als 60 Jahre (Altersmedian 50 Jahre). Schwere Erkrankungen wurden vor allem für männliche Fälle im Alter ab 60 Jahren mit mindestens einem Risikofaktor berichtet (insbesondere kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes, neurologische Störungen und/oder Lungenerkrankungen). Fälle im Alter von 40 bis 59 Jahren wiesen den längsten Zeitraum vom Erkrankungsbeginn bis zur stationären Aufnahme auf (Median: sechs Tage) und – bei Aufnahme auf einer Intensivstation – zugleich den längsten Zeitraum mit einer intensivpflichtigen Behandlung (Median: elf Tage).

ABSTRACT

As of December 31, 2019, initial reports circulated internationally of an unusual cluster of pneumonia of unknown cause in China. By the end of January 2020, the virus affected Germany with the first case confirmed on January 27, 2020. Most cases (80 %) were mild and two thirds of the cases were younger than 60 years (median age: 50 years). Severe cases were primarily reported among men aged 60 or over who had at least one risk factor (particularly cardiovascular disease, diabetes, neurological disorders and/or lung diseases). Cases between the ages of 40 and 59 years had the longest interval between symptom onset and hospitalisation (median: six days) and - if admitted to an intensive care unit (ICU) – also the longest ICU stay (median: eleven days).

EINLEITUNG

Ab dem 31. Dezember 2019 zirkulierten international erste Berichte über eine ungewöhnliche Häufung von Pneumonien (Lungenentzündungen) unbekannter Ursache in China (Promed 2019). Wenige Tage später am 9. Januar 2020 bestätigte die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization, WHO), dass es sich um ein neuartiges Coronavirus handelt (WHO 2020a).

Mit dem ersten laborbestätigten Fall einer SARS-CoV-2-Infektion am 27. Januar 2020 erreichte das Virus Deutschland (LGL, RKI 2020). Es war ein 33-jähriger Mann, der bei einem Unternehmen in Bayern tätig war (Böhmer et al. 2020; Rothe et al. 2020). Kurze Zeit später wurden unter Personen, die aus China repatriert (zurückgeholt) wurden, zwei Personen nach ihrer Ankunft in Deutschland positiv auf SARS-CoV-2 getestet (LGL, RKI 2020). Auf Basis dieser ersten Fälle in Deutschland wurden wertvolle In-

JULIA SCHILLING¹,
ANN-SOPHIE LEHFELD¹,
DIRK SCHUMACHER^{1,2},
ALEXANDER ULLRICH¹,
MICHAELA DIERCKE¹,
SILKE BUDA¹,
WALTER HAAS¹,
RKI COVID-19 STUDY
GROUP¹

- 1 Robert Koch-Institut, Berlin, Abteilung für Infektionsepidemiologie.
- 2 Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG), Berlin, Fachbereich Medizinische Biometrie und Statistik.

* Der Artikel wurde 2020 im Journal of Health Monitoring (Ausgabe 5 (S11), DOI: 10.25646/7169) veröffentlicht und liegt hier in leicht gekürzter Form vor.



Quelle: Michael Bührke /
pixelio.de.

formationen zur Übertragbarkeit des neuartigen Virus gewonnen. Die Dynamik des Geschehens zeigte sich dann ab Mitte Februar in Deutschland, als weitere Fälle in Zusammenhang mit Karnevalsfeiern und Rückreisen aus Skigebieten (RKI 2020a) bekannt wurden und sich die Lage Anfang März verschärfte. Nach umfangreichen Maßnahmen konnte die Übertragung des Virus bis Mitte Juni eingedämmt werden. Die Situation in Deutschland wurde seitdem kontinuierlich anhand des Pandemic Influenza Severity Assessment Tools (PISA) der WHO bewertet, in dem Informationen zur Übertragung des Virus, zur Krankheitsschwere sowie zur Belastung des Gesundheitssystems berücksichtigt wurden (WHO 2017).

Basierend auf den gemäß Infektionsschutzgesetz übermittelten Fällen wurde die erste COVID-19-Welle in Deutschland im Rahmen der Vorbereitung auf einen möglichen erneuten Anstieg der Fallzahlen im Herbst/Winter 2020 analysiert. Im Fokus der Auswertung steht die Bewertung der Krankheitsschwere in der ersten Welle als eine Komponente der Risikobewertung.

METHODEN

Der Krankheitsverdacht, die Erkrankung sowie der Tod in Bezug auf eine Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) sowie gemäß § 7 Abs.1 Nr. 44a Infektionsschutzge-

setz (IfSG) der direkte oder indirekte Nachweis von Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), soweit er auf eine akute Infektion hinweist, sind meldepflichtig (RKI 2020b). Von diesen Meldungen übermittelt das Gesundheitsamt gemäß § 11 Abs. 1 IfSG an die zuständige Landesbehörde nur Erkrankungs- oder Todesfälle und Erregernachweise, die der Falldefinition gemäß § 11 Abs. 2 IfSG entsprechen. Die folgende deskriptive, retrospektive Analyse basiert gemäß Referenzdefinition des Robert Koch-Instituts (RKI) auf laborbestätigten Fällen (Erregerisolierung, Nukleinsäurenachweis) mit einer SARS-CoV-2-Infektion, unabhängig von der Art der klinischen Symptomatik (ebd.). Es wurden Fälle mit Datenstand bis zum 26. Oktober 2020 eingeschlossen.

Bis zum 26. Oktober 2020 wurden insgesamt 437.866 COVID-19-Fälle an das RKI übermittelt. Auf den Zeitraum von Januar bis Mitte Juni (Meldewoche, MW, 25) entfallen davon 190.816 Fälle. Für die folgende Auswertung wurden nur Fälle eingeschlossen, zu denen eine Information zum Alter, zur Hospitalisierung sowie zum Tod vorlagen (n=166.662 bis MW 25). Darüber hinaus werden Informationen zum Aufnahme- und Entlassungsdatum benötigt, um ausgewählte Intervalle in Zusammenhang mit einer Hospitalisierung berechnen zu können. Diese Informationen lagen nur für rund die Hälfte der Fälle vor, mit einer kontinuierlichen Abnahme ab MW 20. Die Zahl schwerer Krankheitsverläufe und Todesfälle kann unterschätzt werden, wenn aktuelle Fallzahlen als Bezugsgröße genutzt werden. Aus diesem Grund sollte zur Beurteilung des epidemiologischen Schwereprofils bei der Berechnung der jeweiligen Anteile schwerer Krankheitsverläufe und Todesfälle an allen Fällen beachtet werden, dass Zähler und Nenner nur für Zeiträume genutzt werden, bei denen zu beiden Kenngrößen eine möglichst hohe Vollständigkeit der Angaben gegeben ist. Zum Zeitpunkt der Auswertung wurde davon ausgegangen, dass vorerst nicht mit einem zeitnahen Nachtrag der Informationen gerechnet werden kann. Für die Analyse

der ersten Welle wurden daher ausschließlich Fälle mit einem Meldedatum bis zur MW 20 eingeschlossen (n=152.984).

Für die Berechnung der Intervalle wurden zudem nur Fälle eingeschlossen, die nicht mehr als einen Krankenhausaufenthalt angegeben hatten. Für Intervalle mit Bezug zum Erkrankungsbeginn wurden nur Fälle berücksichtigt, deren Erkrankungsbeginn vor dem Hospitalisierungsbeginn beziehungsweise Aufnahme auf der Intensivstation (ITS) sowie vor dem Datenstand (26.10.2020) lag. Für den Zeitraum der Hospitalisierungsdauer beziehungsweise des Intensivaufenthalts wurden nur Fälle berücksichtigt, zu denen ein Aufnahme- und Entlassungsdatum vorlag und diese vor dem 26.10.2020 lagen. Für verstorbene Fälle, zu denen kein Entlassungsdatum vorlag, wurde alternativ das Sterbedatum gewählt.

Für die Berechnung von Inzidenzen wurde die Bevölkerungsstatistik mit Stand 31.12.2019 herangezogen. Die Auswertung wurde mit Hilfe von StataSE 15, Microsoft Excel 2010 und R (Version 3.6.1) durchgeführt.

Für die Darstellung von Anteilen werden bei Anteilen unter zehn Prozent eine Dezimalstelle, bei Anteilen über zehn Prozent keine Dezimalstellen angegeben („two meaningful digits“).

Für die Beschreibung der verschiedenen Krankheitsverläufe wurden milde, moderate, schwere und kritische Verläufe unterschieden (TABELLE 1), die sich allerdings nicht gegenseitig ausschließen. Diese Differenzierung basiert auf der initialen Verlaufsbeschreibung durch die WHO im Rahmen einer ersten Joint Mission in China (WHO 2020b) und einer vorläufigen Bewertung der Krankheitsschwere basierend auf den Meldedaten (Schilling et al. 2020).

In der Eingabemaske der Meldesoftware können unter dem Punkt „Klinische Informationen“ Symptome (z. B. Husten, Schnupfen) und Schwereparameter (z. B. Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS und Beatmung) angegeben werden (nur binär „ja“, „nein“; Standardeinstellung „nein“). Um eine bessere Differenzierung zwischen diesen

TABELLE I
Definition der verschiedenen Krankheitsverläufe.

KRANKHEITSVERLAUF	DEFINITION BASIEREND AUF DER EINGABEMASKE DER MELDESOFTWARE
mild	Angabe zu klinischen Informationen, keine Pneumonie, nicht hospitalisiert, nicht verstorben
moderat	Angaben zu klinischen Informationen, Pneumonie, nicht hospitalisiert, nicht verstorben
schwer	hospitalisiert (unabhängig von klinischen Informationen, Intensivpflicht und Versterben)
kritisch	hospitalisiert, intensivpflichtig (unabhängig von klinischen Informationen und Versterben), verstorben (unabhängig von klinischen Informationen und Hospitalisierung)

Angaben vornehmen zu können, wurde hier zuvor eine zusätzliche Angabe in der Fallmaske berücksichtigt – und zwar ob grundsätzlich eine Angabe zu klinischen Informationen („ja“, „nein“) vorliegt. Dies wurde für die Auswertung von milden und moderaten Krankheitsverläufen sowie Symptomen angewendet.

Todesfälle sind hier sowohl als Personen definiert, die unmittelbar an der Erkrankung verstorben sind („gestorben an“), als auch Personen mit Vorerkrankungen, die mit SARS-CoV-2 infiziert waren und bei denen sich nicht abschließend nachweisen lässt, was die Todesursache war („gestorben mit“).

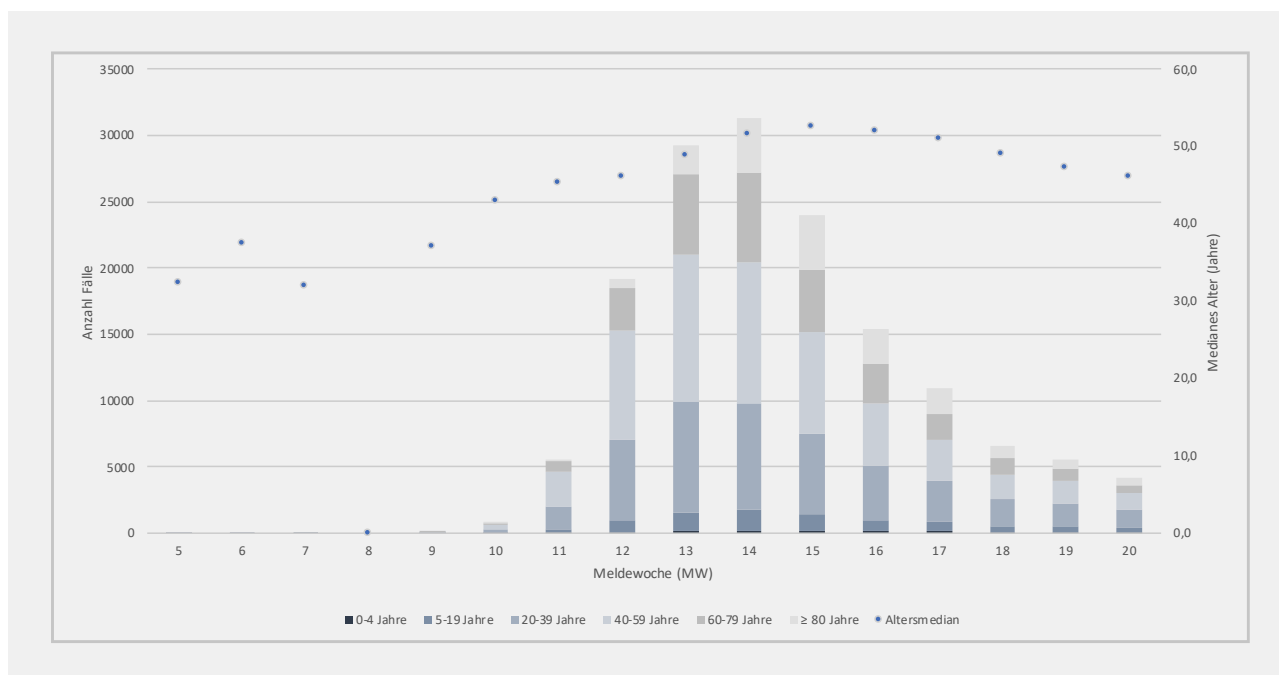
Die Beschreibung der Risikofaktoren basiert auf den Angaben, die für COVID-19-Fälle in der Meldesoftware erfasst werden können und umfasst Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, Diabetes, neurologische Störungen, Lungenerkrankungen, Nierenerkrankungen, Krebs, immunologische Störungen und Lebererkrankungen.

ERGEBNISSE

Während die ersten Fälle in Zusammenhang mit einem Cluster in Bayern und einer Häufung unter repatriierten Personen Ende Januar/Anfang Februar 2020 bekannt wurden, nahm die Dynamik des COVID-19-Geschehens insbesondere Anfang März zu und leitete die erste Welle ab MW 10 ein (ABBILDUNG I).

DEMOGRAFISCHE VERTEILUNG UND SYMPTOMATIK

Unter den 152.984 Fällen mit Informationen zum Alter, Hospitalisierungsstatus und Tod sowie mit einem Meldedatum bis zur MW 20 waren 52 Prozent weiblich. Waren zu Beginn der Welle noch etwas mehr Männer als Frauen betroffen, hat sich dieses Verhältnis ab MW 14 umgekehrt und der Anteil der weiblichen Fälle auf maximal 57 Prozent in MW 15 erhöht. Mit Blick auf die Altersgruppen war die Mehrzahl der Fälle (35 %, n = 53.392) 40 bis 59 Jahre alt, gefolgt von Fällen im Alter von 20 bis 39 Jahren (28 %, n = 42.801) und 60 bis 79 Jahren (19 %, n = 29.492). Der Anteil der Hochaltrigen (80 Jahre und älter) lag bei 12 Prozent (n = 17.822) aller Fälle, diese Gruppe war jedoch mit einer altersspezifischen kumulativen Inzidenz von 314 Fällen pro 100.000 Einwohner am stärksten betroffen, gefolgt von den 40- bis 59-Jährigen (226 pro 100.000 Einwohner) und den 20- bis 39-Jährigen (209 pro 100.000 Einwohner). Säuglinge, Kinder und Jugendliche waren grundsätzlich wenig betroffen: 0 bis 4 Jahre (n = 1.462): 1,0 Prozent, 37 pro 100.000 Einwohner sowie 5 bis 19 Jahre (n = 8.015): 5,2 Prozent, 70 pro 100.000 Einwohner. Im Verlauf der Welle ab MW 10 ist der Anteil der älteren Personen (ab 60 Jahren) gestiegen von zunächst rund 16 Prozent auf bis zu 37 Prozent in MW 15, wohingegen der Anteil der 40- bis 59-Jährigen von rund 48 Prozent in MW 11 gesunken



ist und sich bis MW 20 ebenso wie der Anteil der 20- bis 39-Jährigen bei je einem Drittel (40 bis 59 Jahre: 30 %, 20 bis 39 Jahre: 32 %) stabilisiert hat. Die Verteilung der Fälle auf die Altersgruppen im zeitlichen Verlauf wird auch am Altersmedian deutlich, der von 43 Jahren in MW 10 auf 53 Jahre in MW 15 gestiegen und bis MW 20 wieder auf 46 Jahre gesunken ist (ABBILDUNG 1). Insgesamt liegen sowohl der Median als auch der Mittelwert bei 50 Jahren.

Unter den 152.984 Fällen lagen für 138.464 Fälle Angaben zu klinischen Informationen vor. Über alle Altersgruppen hinweg wurden am häufigsten Husten (51 %, $n = 70.099$), Fieber (42 %, $n = 58.447$) und allgemeine Krankheitszeichen wie beispielsweise Schwäche und Muskel- und Gliederschmerzen (38 %, $n = 52.025$) genannt. Als weitere häufige respiratorische Symptome wurden Schnupfen (22 %, $n = 30.179$) und Halsschmerzen (19 %, $n = 26.961$) angegeben. Altersgruppenspezifisch traten Pneumonien und Dyspnoe (Atemnot) vor allem in den Altersgruppen ab 60 Jahren auf, Schnupfen dagegen deutlich häufiger in den jüngeren Altersgruppen (TABELLE 2). Seit der MW 17 können auch Geruchs- beziehungsweise Geschmacksverlust als Symptom

übermittelt werden. Mindestens eines dieser beiden Symptome wurde seitdem bei 9,1 Prozent (2.126 von 23.403) der Fälle mit Meldedatum bis zur MW 20 angegeben.

KRANKHEITSVERLÄUFE

Im Verlauf der ersten Welle wurden für 80 Prozent ($n = 110.789$) aller Fälle mit klinischen Informationen keine Hospitalisierung, Pneumonie oder Tod berichtet, sodass hier ein milder Krankheitsverlauf angenommen wird (TABELLE 3). Dieser Anteil war in den jüngeren Altersgruppen am höchsten und sinkt auf 62 Prozent bei den 60- bis 79-Jährigen und 38 Prozent bei Personen ab 80 Jahren. Dagegen war der Anteil der Fälle mit schwerem und kritischem Verlauf unter den Älteren am höchsten. Mit Blick auf vorhandene Risikofaktoren wurde bei 26 Prozent ($n = 12.478$) der Fälle mit mildem Krankheitsverlauf mindestens ein Risikofaktor angegeben (TABELLE 4). Der Anteil der Fälle mit Vorerkrankung stieg mit zunehmender Schwere des Krankheitsverlaufs und lag bei den Verstorbenen bei 89 Prozent ($n = 4.223$).

ABBILDUNG 1
Anzahl der Fälle in Deutschland je Altersgruppe (AG) im zeitlichen Verlauf, bis Meldewoche (MW) 20 ($n = 152.984$). Für die Meldewoche 8 wurden keine COVID-19-Fälle übermittelt.
Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

SYMPTOM	0 BIS 4 JAHRE	5 BIS 19 JAHRE	20 BIS 39 JAHRE	40 BIS 59 JAHRE	60 BIS 79 JAHRE	≥ 80 JAHRE	GESAMT
N (Angabe klinische Informationen)	1.251	7.012	39.023	49.451	26.788	14.939	138.464
N (Anzahl Nennungen)	1.835	11.230	76.902	102.149	52.097	23.213	267.426
Husten	40%	42%	52%	57%	50%	33%	51%
Fieber	48%	34%	39%	45%	45%	40%	42%
Allgemeine Krankheitszeichen	18%	30%	38%	40%	39%	33%	38%
Schnupfen	23%	25%	29%	24%	16%	6,90%	22%
Halsschmerzen	8,50%	21%	25%	22%	14%	5,10%	19%
Dyspnoe	2,20%	3,20%	7,10%	8,30%	13%	16%	9,30%
Diarrhoe	6,50%	4,70%	6,20%	7,90%	9,00%	6,60%	7,30%
Pneumonie	0,60%	0,20%	0,70%	2,00%	7,00%	11%	3,50%
ARDS	0,10%	0,10%	0,20%	0,60%	2,10%	2,50%	1,00%
Tachykardie	0,10%	0,00%	0,10%	0,20%	0,50%	0,50%	0,20%

*Geruchs- und Geschmacksverlust können erst seit Meldewoche 17 übermittelt werden, sie sind hier nicht dargestellt. ARDS = Acute Respiratory Distress Syndrome.

TABELLE 2

Altersspezifischer Anteil der übermittelten Symptome an Fällen mit Angaben zu klinischen Informationen (n = 138.464, Mehrfachnennungen möglich)*.

Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

SCHWERE KRANKHEITSVERLÄUFE

Insgesamt wurden 18 Prozent der Fälle (n = 27.466) stationär aufgenommen, mit dem höchsten altersspezifischen Anteil bei den Hochaltrigen (48 %, TABELLE 3). Im zeitlichen Verlauf war der Anteil der hospitalisierten Fälle insgesamt in MW 16 (22 %) und in den Altersgruppen unter 60 Jahren in MW 10 am höchsten (0 bis 4 Jahre: 25 %; 5 bis 19 Jahre: 13 %; 20 bis 39 Jahre: 13 %; 40 bis 59 Jahre: 20 %). Der höchste Anteil für Fälle im Alter von 60 bis 79 Jahren (43 %) trat in MW 18 und für Fälle ab 80 Jahren (65 %) in MW 12 auf. Von den männlichen Fällen wurden 21 Prozent stationär aufgenommen, von den weiblichen Fällen 15 Prozent (Anteil männlicher Fälle unter Hospitalisierten: 55 %, männlich zu weiblich = 1,2). Insgesamt sind 23 Prozent (n = 6.321) der hospitalisierten Fälle verstorben. Im zeitlichen Verlauf wurden die meisten Todesfälle unter hospitalisierten Fällen mit 26 Prozent in den MW 14 (n = 1.568) und 15 (n = 1.242) übermittelt.

Unter allen hospitalisierten Fällen lag für 52 Prozent (n = 14.245) eine Information zu

Risikofaktoren vor. Ein Drittel der hospitalisierten Fälle (30 %, n = 4.228) hatte keine Risikofaktoren (TABELLE 4). Insgesamt befinden sich vor allem Fälle mit mindestens einem bekannten Risikofaktor unter den hospitalisierten Fällen (70 %, n = 10.017). Am häufigsten wurden hier kardiovaskuläre Erkrankungen (67 %), Diabetes (29 %) und neurologische Störungen (29 %) genannt (TABELLE 5).

KRITISCHE KRANKHEITSVERLÄUFE (INTENSIVSTATION, VERSTORBEN)

Insgesamt war für 24.827 hospitalisierte Fälle bekannt, ob sie auf der Intensivstation (ITS) behandelt worden sind. Unter diesen waren im Verlauf 14 Prozent (n = 3.418) intensivpflichtig (TABELLE 3) und die Mehrzahl männlich (70 %, n = 2.396). Die höchste Anzahl an ITS-Fällen wurde in der MW 13 mit 859 Fällen (19 %) übermittelt. Unter den ITS-Fällen mit einer Angabe zu klinischen Informationen und folglich mit Informationen zum Beatmungsstatus (n = 3.290) wurden 23 Prozent beatmet. Darüber hinaus entwickelten 17 Prozent ein akutes Lungenver-

TABELLE 3
 Altersspezifische Verteilung nach Krankheitsverlauf (n = 152.984 Fälle). Angaben zu milden und moderaten Verläufen beziehen sich auf Fälle mit Angaben zu klinischen Informationen (n = 138.464).
 Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

	ANZAHL GESAMT (FÄLLE MIT ANGABE (JA, NEIN))	ANZAHL FÄLLE JE KRANKHEITSVERLAUF	ANTEIL (%) DER FÄLLE AN ALLEN FÄLLEN DIESER ALTERSGRUPPE JE KRANK- HEITSVERLAUF
Milder Verlauf (keine Pneumonie, nicht hospitalisiert, nicht verstorben)			
Gesamt	138.464	110.789	80
0 bis 4 Jahre	1.251	1.099	88
5 bis 19 Jahre	7.012	6.772	97
20 bis 39 Jahre	39.023	36.940	95
40 bis 59 Jahre	49.451	43.777	89
60 bis 79 Jahre	26.788	16.488	62
≥ 80 Jahre	14.939	5.713	38
Moderater Verlauf (Pneumonie, nicht hospitalisiert)			
Gesamt	138.464	442	0,3
0 bis 4 Jahre	1.251	1	0,1
5 bis 19 Jahre	7.012	11	0,2
20 bis 39 Jahre	39.023	101	0,3
40 bis 59 Jahre	49.451	195	0,4
60 bis 79 Jahre	26.788	101	0,4
≥ 80 Jahre	14.939	33	0,2
Schwerer Verlauf (Hospitalisierung unabhängig von Intensivpflicht und Tod)			
Gesamt	152.984	27.466	18
0 bis 4 Jahre	1.462	165	11
5 bis 19 Jahre	8.015	256	3,2
20 bis 39 Jahre	42.801	2.154	5
40 bis 59 Jahre	53.392	5.725	11
60 bis 79 Jahre	29.492	10.628	36
≥ 80 Jahre	17.822	8.538	48
Intensivstation (hospitalisiert, intensivpflichtig)			
Gesamt	24.827	3.418	14
0 bis 4 Jahre	142	7	4,9
5 bis 19 Jahre	199	4	2
20 bis 39 Jahre	1.769	99	5,6
40 bis 59 Jahre	5.037	695	14
60 bis 79 Jahre	9.746	1.833	19
≥ 80 Jahre	7.934	780	10
Verstorben (unabhängig von Symptomen und Hospitalisierung)			
Gesamt	152.984	8.616	5,6
0 bis 4 Jahre	1.462	1	0,1
5 bis 19 Jahre	8.015	1	0
20 bis 39 Jahre	42.801	31	0,1
40 bis 59 Jahre	53.392	374	0,7
60 bis 79 Jahre	29.492	2.819	9,6
≥ 80 Jahre	17.822	5.390	30

TABELLE 4

Altersspezifische Verteilung von Fällen mit Angaben zu Risikofaktoren (n = 65.872). ITS = Intensivstation.

Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

	ANZAHL GESAMT (FÄLLE MIT ANGABE (JA, NEIN))	KEIN RISIKOFAKTOR (%)	EIN RISIKOFAKTOR (%)	ZWEI RISIKOFAKTOREN (%)	DREI UND MEHR RISIKOFAKTOREN (%)
Milder Verlauf (keine Pneumonie, nicht hospitalisiert, nicht verstorben)					
Gesamt	47.767	35.289 (74)	8.282 (17)	3.092 (6,5)	1.104 (2,3)
0 bis 4 Jahre	460	429 (93)	22 (4,8)	6 (1,3)	3 (0,7)
5 bis 19 Jahre	2.865	2.673 (93)	172 (6,0)	17 (0,6)	3 (0,1)
20 bis 39 Jahre	15.780	14.097 (89)	1.426 (9,0)	228 (1,4)	29 (0,2)
40 bis 59 Jahre	18.781	13.817 (74)	3.636 (19)	1.069 (5,7)	259 (1,4)
60 bis 79 Jahre	7.390	3.675 (50)	2.210 (30)	1.116 (15)	389 (5,3)
≥ 80 Jahre	2.491	598 (24)	816 (33)	656 (26)	421 (17)
Moderater Verlauf (Pneumonie, nicht hospitalisiert)					
Gesamt	174	104 (60)	41 (24)	25 (14)	4 (2,3)
0 bis 4 Jahre	1	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
5 bis 19 Jahre	6	6 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
20 bis 39 Jahre	40	32 (80)	7 (18)	0 (0)	1 (2,5)
40 bis 59 Jahre	81	49 (60)	23 (28)	8 (9,9)	1 (1,2)
60 bis 79 Jahre	34	12 (35)	10 (29)	11 (32)	1 (2,9)
≥ 80 Jahre	12	4 (33)	1 (8,3)	6 (50)	1 (8,3)
Schwerer Verlauf (Hospitalisierung unabhängig von Intensivpflicht und Tod)					
Gesamt	14.245	4.228 (30)	4.500 (32)	3.137 (22)	2.380 (17)
0 bis 4 Jahre	68	58 (85)	5 (7,4)	5 (7,4)	0 (0)
5 bis 19 Jahre	119	86 (72)	19 (16)	11 (9,2)	3 (2,5)
20 bis 39 Jahre	989	730 (74)	192 (19)	55 (5,6)	12 (1,2)
40 bis 59 Jahre	2.822	1.418 (50)	847 (30)	377 (13)	180 (6,4)
60 bis 79 Jahre	5.644	1.226 (22)	1.969 (35)	1.388 (25)	1.061 (19)
≥ 80 Jahre	4.603	710 (15)	1.468 (32)	1.301 (28)	1.124 (24)
Intensivstation (hospitalisiert, intensivpflichtig)					
Gesamt	2.071	418 (20)	643 (31)	516 (25)	494 (24)
0 bis 4 Jahre	2	1 (50)	1 (50)	0 (0)	0 (0)
5 bis 19 Jahre	2	0 (0)	0 (0)	1 (50)	1 (50)
20 bis 39 Jahre	66	35 (53)	19 (29)	10 (15)	2 (3,0)
40 bis 59 Jahre	396	151 (38)	128 (32)	65 (16)	52 (13)
60 bis 79 Jahre	1.099	177 (16)	358 (33)	290 (26)	274 (25)
≥ 80 Jahre	506	54 (11)	137 (27)	150 (30)	165 (33)
Verstorben (unabhängig von Symptomen und Hospitalisierung)					
Gesamt	4.735	512 (11)	1.428 (30)	1.436 (30)	1.359 (29)
0 bis 4 Jahre	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
5 bis 19 Jahre	1	0 (0)	1 (100)	0 (0)	0 (0)
20 bis 39 Jahre	17	5 (29)	7 (41)	5 (29)	0 (0)
40 bis 59 Jahre	224	47 (21)	81 (36)	47 (21)	49 (22)
60 bis 79 Jahre	1.575	174 (11)	498 (32)	440 (28)	463 (29)
≥ 80 Jahre	2.918	286 (9,8)	841 (29)	944 (32)	847 (29)

RISIKOFAKTOREN	GESAMT		HOSPITALISIERT		INTENSIVSTATION		VERSTORBEN	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Fälle mit mind. einem Risikofaktor	24.085		10.017		1.653		4.223	
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	14.816	62	6.682	67	1.156	70	3.125	74
Neurologische Störungen	6.119	25	2.893	29	494	30	1.543	37
Diabetes	5.649	24	2.863	29	549	33	1.275	30
Lungenerkrankungen	5.309	22	2.171	22	418	25	914	22
Nierenerkrankungen	2.725	11	1.647	16	316	19	978	23
Immunologische Störungen	2.360	9,8	1.051	11	172	10	418	9,9
Krebs	2.425	10	1.297	13	218	13	620	15
Lebererkrankungen	683	2,8	352	3,5	75	4,5	160	3,8

sagen (Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS, von insgesamt 3.290 Fällen). Von insgesamt 3.418 ITS-Fällen sind 1.619 (47 %) im Verlauf verstorben und davon war für 523 bekannt, dass sie auf der Intensivstation verstorben sind (84 % von 626 mit entsprechenden Datumsangaben). Unter den intensivpflichtigen Fällen lag für 61 Prozent (2.071 von 3.418) eine Angabe zu bekannten Risikofaktoren vor. Unter ihnen hatten 20 Prozent (n = 418) keine und 49 Prozent (n = 1.010) mindestens zwei Risikofaktoren (TABELLE 4). Insgesamt hatte die Mehrzahl der intensivpflichtigen Fälle bekannte Risikofaktoren, es gibt jedoch altersspezifische Unterschiede. Unter den 20- bis 39-jährigen ITS-Fällen hatte mehr als die Hälfte (53 %, n = 35) keine bekannten Risikofaktoren. Dieser Anteil sank mit zunehmendem Alter auf 11 Prozent (n = 54) ohne Risikofaktoren bei den Fällen ab 80 Jahren. Unter den ITS-Fällen wurden vor allem kardiovaskuläre Erkrankungen berichtet (70 %), gefolgt von Diabetes (33 %) und neurologischen Störungen (30 %, TABELLE 5).

Insgesamt sind 5,6 Prozent (n = 8.616) der berücksichtigten Fälle verstorben (TABELLE 3). Unter den Verstorbenen waren mehrheitlich männliche Fälle (56 %, n = 4.833). Die betroffenen Fälle waren vornehmlich im Alter ab 60 Jahren (95 %), größtenteils sogar über

79 Jahre (63 %). Von insgesamt 8.616 Todesfällen waren zuvor 6.321 hospitalisiert (73 %) und unter diesen waren 1.619 intensivpflichtig (26 % der hospitalisierten Todesfälle). Angaben zu Risikofaktoren lagen für 55 Prozent (n = 4.735) der Todesfälle vor. Unter diesen hatten zu je rund einem Drittel einen, zwei beziehungsweise drei oder mehr Risikofaktoren und 11 Prozent hatten keinen Risikofaktor (TABELLE 4). Am häufigsten berichtet wurden kardiovaskuläre Erkrankungen (74 %) und neurologische Störungen (37 %) sowie Diabetes (30 %, TABELLE 5).

ZEITLICHE INTERVALLE IN ZUSAMMENHANG MIT EINER HOSPITALISIERUNG

Für die Berechnung der verschiedenen Intervalle wurden nur Fälle berücksichtigt, für die nicht mehr als ein Krankenhausaufenthalt übermittelt wurde (n = 151.014, 99 %) und zu denen je nach Intervall eine Angabe zum Erkrankungsbeginn, ein Datum zur Krankenhausaufnahme und/oder zum Versterben vorhanden war.

Insgesamt wurden 75 Prozent der Fälle innerhalb von acht Tagen nach Erkrankungsbeginn stationär aufgenommen, 50 Prozent bereits nach vier Tagen (TABELLE 6). Insbesondere bei den 0- bis 4-Jährigen und ab 80-Jäh-

TABELLE 5
Verteilung der berichteten Risikofaktoren nach schweren Krankheitsverläufen. Es wurden nur Fälle berücksichtigt, bei denen mind. ein Risikofaktor angegeben war (n = 24.085, Mehrfachnennungen möglich).
Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

rigen wurden 25 Prozent der Fälle bereits am Erkrankungstag stationär aufgenommen. Dagegen verging mit sechs Tagen (Median) in der Altersgruppe der 40- bis 59-Jährigen die längste Zeit vom Erkrankungsbeginn bis zur stationären Aufnahme.

Von 3.418 Intensivfällen konnten nur 723 Fälle (21 %) für die Berechnung des ITS-Aufenthaltes berücksichtigt werden (für die Mehrzahl der Fälle fehlten Angaben zum Datum). Im Mittel (Median) waren diese neun Tage auf einer Intensivstation (TABELLE 6).

	ERKRANKUNGS- BEGINN BIS HOSPI- TALISIERUNG		HOSPITALISIE- RUNGSDAUER		HOSPITALISIERUNG BIS ITS		ITS-DAUER		HOSPITALISIERUNG BIS VERSTERBEN IM KRANKENHAUS		ERKRANKUNGS- BEGINN BIS ZUM VERSTERBEN	
	n	Median t (IQA)	n	Median t (IQA)	n	Median t (IQA)	n	Median t (IQA)	n	Median t (IQA)	n	Median t (IQA)
Gesamt	14.043	4 (1–8)	11.504	9 (4–17)	723	0 (0–3)	723	9 (4–18)	4.532	9 (5–18)	5.888	11 (7–18)
Altersgruppen												
0 bis 4 Jahre	78	1 (0–3)	67	2 (1–4)	1	0 (0–0)	1	5 (5–5)	0	k. A.	0	k. A.
5 bis 19 Jahre	97	3 (1–7)	72	2 (1–5)	0	k. A.	0	k. A.	1	38 (38–38)	1	37 (37–37)
20 bis 39 Jahre	1023	5 (2–9)	685	4 (2–9)	15	0 (0–1)	15	5 (2–13)	15	16 (10–22)	21	20 (11–29)
40 bis 59 Jahre	3.325	6 (3–9)	2.165	7 (4–12)	108	0 (0–2)	108	11 (6–21)	216	15 (7–26)	264	17 (9–28)
60 bis 79 Jahre	5.463	4 (1–8)	4.302	11 (6–19)	393	0 (0–3)	393	10 (4–19)	1.686	12 (6–21)	1.931	14 (8–23)
≥ 80 Jahre	4.057	2 (0–6)	4.213	10 (5–18)	206	0 (0–4)	206	6 (3–11)	2.614	8 (4–15)	3.671	10 (6–16)
Geschlecht												
weiblich	6.026	4 (1–8)	5.038	9 (4–16)	206	0 (0–3)	206	8 (3–15)	1.745	8 (4–16)	2.532	10 (6–16)
männlich	8.011	4 (1–8)	6.416	9 (5–17)	517	0 (0–3)	517	9 (4–18)	2.786	10 (5–19)	3.355	12 (7–20)
Intensivstation												
ja	2.093	5 (1–8)	1.762	14 (7–25)					1.200	11 (6–21)	1.174	16 (9–25)
nein	11.950	4 (1–8)	9.742	8 (4–15)					3.332	9 (4–16)	3.014	11 (7–17)
Beatmung												
ja	696	4 (1–8)	609	16 (7–29)	161	0 (0–3)	161	12 (6–20)	437	12 (6–23)	456	16 (9–27)
nein	13.347	4 (1–8)	10.895	9 (4–16)	562	0 (0–3)	562	8 (3–17)	4.095	9 (4–17)	5.432	11 (6–17)
Verstorben												
ja	3.337	3 (0–6)	4.709	9 (5–18)	500	0 (0–3)	500	8 (3–16)				
nein	10.706	5 (1–9)	6.795	9 (4–16)	223	0 (0–3)	223	11 (5–21)				
*Leere Tabellenzellen: Für Intervalle mit Bezug zum Intensivaufenthalt wurde nicht nach ITS differenziert, da hier alle Fälle mit einem ITS-Aufenthalt einbezogen wurden. Differenzen in den einzelnen Kategorien zur Gesamtzahl ergeben sich durch fehlende Angaben. t = Tage, ITS = Intensivstation, IQA = Interquartilsabstand.												

TABELLE 6

Intervalle (in Tagen) in Zusammenhang mit Hospitalisierung und Tod, aufgeschlüsselt nach Altersgruppe, Geschlecht, Intensivstation (ITS), Beatmung und Versterben. Quelle: An das RKI übermittelte COVID-19-Fälle (Datenstand 26.10.2020, 0:00 Uhr).

Die Mehrzahl (75 %) lag nicht mehr als 18 Tage auf einer Intensivstation (Interquartilsabstand: 4 bis 18 Tage), davon lagen vor allem Männer etwas länger als Frauen auf der Intensivstation. Mit elf Tagen (Median) wurde für die Altersgruppe der 40- bis 59-Jährigen die längste Verweildauer angegeben, gefolgt von den 60- bis 79-Jährigen (Median: zehn Tage). Betrachtet man den Intensivaufenthalt ohne verstorbene Fälle (n = 223, Median elf Tage, Interquartilsabstand: 5 bis 21 Tage) lag ebenfalls die Altersgruppe der 40- bis 59-Jährigen mit im Median 13 Tagen (Interquartilsabstand: 8 bis 20) am längsten, gefolgt von Fällen ab 80 Jahren (Median zwölf Tage, Interquartilsabstand: 4 bis 29).

DISKUSSION

Ziel dieser Auswertung war die Beschreibung der übermittelten COVID-19-Fälle mit einer nachgewiesenen SARS-CoV-2-Infektion während der ersten Welle in Deutschland mit dem Fokus auf Krankheitsschwere.

DIE MEHRZAHL DER FÄLLE WAREN ERWACHSENE JUNGEN UND MITTLEREN ALTERS

Die erste Erkrankungswelle von COVID-19 in Deutschland war vor allem durch einen hohen Anteil an Fällen im Alter von 20 bis 59 Jahren geprägt (63 %). Mit einem Altersmedian von 50 Jahren für den gesamten Beobachtungszeitraum entspricht dies ersten Beschreibungen der Erkrankungswelle in China (Chen et al. 2020; Guan et al. 2020). Mit einer Inzidenz von 314 Fällen pro 100.000 Einwohnern waren Fälle ab 80 Jahren am stärksten betroffen. Eine mögliche Rolle könnte hier die Vielzahl an Ausbrüchen in Alten- und Pflegeheimen auf dem Höhepunkt der Erkrankungswelle im Frühjahr 2020 gespielt haben, die zu einer hohen Inzidenz in dieser Altersgruppe geführt haben können (Buda et al. 2020). Nach Buda et al. (2020) sind Ausbrüche in Altenheimen ab MW 13 kontinuierlich bis MW 22 angestiegen, hatten durchschnittlich rund 19 Fälle

pro Ausbruch und führten im Vergleich zu anderen Settings (z. B. Haushalt) häufiger zu Übertragungen.

IN DER MEHRZAHL WURDEN FÄLLE MIT EINEM MILDEN KRANKHEITSVERLAUF BEOBACHTET

Über alle Altersgruppen hinweg war die erste Welle vor allem durch milde Verläufe (80 %) geprägt, deren Anteil jedoch in den Altersgruppen ab 60 Jahren abnahm. Unter den Hochaltrigen (80 Jahre und älter) betrug dieser Anteil nur noch 38 Prozent. Dieses Bild deckt sich auch weiterhin mit den ersten Untersuchungsergebnissen zu COVID-19 aus China, wo ein hohes Alter ebenfalls als größter Risikofaktor für einen schweren oder tödlichen Krankheitsverlauf beschrieben wurde (Chen et al. 2020; Huang et al. 2020; Wu, McGoogan 2020; Tong et al. 2020; Yang et al. 2020). Neben einer hohen Anzahl an jüngeren Fällen, die vergleichsweise häufig mild erkrankten, wird auch die umfangreiche Teststrategie in Deutschland zur frühen, sensitiven Erkennung von Fällen eine Rolle gespielt haben. Diese wurde im Verlauf auch auf Kontaktpersonen in Ausbrüchen sowie auf Screeningmaßnahmen in bestimmten Bevölkerungsgruppen erweitert (RKI 2020c; 2020d; 2020e; Seifried et al. 2020), sodass auch mild und asymptomatisch erkrankte Fälle im Meldesystem erfasst wurden. Darüber hinaus könnten verstärkte Screeningmaßnahmen im Wissen um das hohe Risiko in Alten- und Pflegeeinrichtungen dazu geführt haben, dass ältere Erkrankte/Infizierte zu einem frühen Zeitpunkt im Erkrankungsstadium entdeckt und zeitnah behandelt wurden. Der kurze Zeitraum von Erkrankungsbeginn bis zur stationären Aufnahme in der Altersgruppe ab 80 Jahren (Median: zwei Tage) würde diese Annahme unterstützen.

SCHWERE FÄLLE WAREN VORNEHMlich ÄLTER, MÄNNLICH UND HATTEN MINDESTENS EINEN RISIKOFAKTOR

Der Anteil der Fälle mit schwerem Verlauf, der zu einer Hospitalisierung führte, betrug 18 Prozent, wovon 70 Prozent der Fälle mit

Angaben zu Risikofaktoren mindestens einen bekannten Risikofaktor aufwiesen. Im Vergleich zur ersten Bewertung der Krankheitsschwere (Schilling et al. 2020) ist im aktuellen Datensatz der Anteil der Fälle mit bekannten Risikofaktoren unter den Hospitalisierten von 50 auf 70 Prozent gestiegen. Im Verlauf der Pandemie wurde jedoch auch die Eingabemöglichkeit in der Meldesoftware erleichtert, sodass der Anstieg eher durch eine verbesserte Übermittlung von Risikofaktoren zu erklären ist. Die Risikofaktoren sind in den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich verteilt. Insbesondere Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene im Alter von 20 bis 39 Jahren trugen nur einen geringen Anteil unter den Hospitalisierten, wurden aber häufig auch ohne bekannte Vorerkrankungen stationär aufgenommen. Hier ist zu berücksichtigen, dass zu Beginn der Pandemie die stationäre Aufnahme für alle positiv getesteten Fälle (und damit vor allem auch mild erkrankter Fälle) zum Zweck der Isolation empfohlen wurde, was den hohen Anteil an Hospitalisierungen in den jungen Altersgruppen zu Beginn der Welle erklären würde. Im weiteren Verlauf wurden insbesondere Hochaltrige (nahezu die Hälfte) und ein Drittel der 60- bis 79-Jährigen stationär aufgenommen. In der deskriptiven Auswertung zeigten sich zudem geschlechtsspezifische Unterschiede unter schweren und kritischen Fällen. Bei den hospitalisierten Fällen betrug der Anteil der Männer 55 Prozent und stieg auf 70 Prozent unter den ITS-Fällen. Auch die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation war bei den männlichen Fällen im Median einen Tag länger. Dies deckt sich auch mit anderen Berichten aus dem klinischen Bereich, wo schwere Verläufe vor allem bei männlichen Fällen aufgetreten sind und wahrscheinlich auf geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Immunantwort zurückgeführt werden (Takahashi et al. 2020). Die Zusammenhänge zwischen COVID-19 und geschlechtsspezifischen Unterschieden sind bisher jedoch nicht eindeutig geklärt und werden weiterhin untersucht. Als häufigste Risikofaktoren wurden den Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Sys-

tems und Diabetes genannt. Im Vergleich zur ersten Auswertung der Krankheitsschwere (Schilling et al. 2020) hat sich der Anteil der Fälle mit neurologischen Störungen unter allen Fällen mit mindestens einem Risikofaktor erhöht. Diese waren mit 25 Prozent ähnlich häufig vertreten wie Fälle mit Diabetes. Ursächlich hierfür könnte der gestiegene Anteil älterer Menschen aus Alten- und Pflegeheimen sein, bei denen neurologische Störungen wie beispielsweise Demenz proportional häufiger vertreten sind (Buda et al. 2020; Hibbeler 2015; Jakob et al. 2002). Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems und Diabetes wurden auch in anderen Auswertungen zu Fällen in Deutschland als häufige Risikofaktoren für schwere Verläufe identifiziert (Cariou et al. 2020; Edler et al. 2020; Grasselli et al. 2020; Richardson et al. 2020; Zhang et al. 2020). Karagiannidis et al. (2020) haben diese in ihrer Studie ausführlich beschrieben und führten neben diesen auch Erkrankungen der Niere sowie Adipositas als häufige Risikofaktoren auf. Adipositas als Risikofaktor wird in den Meldedaten nicht erfasst und Nierenerkrankungen werden in den Meldedaten insgesamt weniger häufig benannt, scheinen aber insbesondere unter den Todesfällen eine stärkere Rolle zu spielen (Braun et al. 2020). Eine mögliche Erklärung für die Abweichungen zu Karagiannidis und Kollegen (2020) könnte die vornehmliche Beteiligung von Universitätskliniken an deren Studie sein. Diese sind auf schwere Fälle spezialisiert und versorgen aufgrund der therapeutischen Einsatzmöglichkeiten wie ECMO (extrakorporale Membranoxygenierung) und Nierenersatztherapien überproportional häufig schwere Fälle, die aufgrund ihrer Risikofaktoren von diesen Möglichkeiten profitieren können. Dies würde zugleich auch die etwas längere Verweildauer im Krankenhaus erklären, die bei Karagiannidis et al. (2020) im Median zehn Tage beträgt, gegenüber acht Tagen im Median bei Docherty et al. (2020) und neun Tagen in der aktuellen Auswertung. Dreher et al. (2020) haben in einer ersten Studie in Deutschland eine mediane Dauer von sieben Tagen angegeben. Deren Studienpopulation

umfasste jedoch nur 50 Fälle und schloss zudem keine intensivpflichtigen Patientinnen und Patienten ein. Mit Blick auf die mediane Verweildauer auf der Intensivstation von neun Tagen gibt es eine deutliche Abweichung zu Tolksdorf et al. (2020) mit im Median fünf Tagen. Der hohe Anteil an Verstorbenen in der Berechnung der ITS-Verweildauer (69 %) gegenüber 30 Prozent bei Tolksdorf et al. (2020) spricht für eine Überschätzung der kritischen Fälle in der vorliegenden Auswertung durch eine höhere Datenvollständigkeit unter kritischen Fällen, auch wenn diese Verläufe im Meldesystem eher untererfasst sind (vgl. Kapitel Limitationen).

DIE ALTERSGRUPPE VON 40 BIS 59 JAHREN WURDE SPÄT HOSPITALISIERT UND LAG IM MITTEL AM LÄNGSTEN AUF DER INTENSIVSTATION

Ein relevanter Aspekt für die klinische Ressourcenplanung ist der Zeitraum zwischen Erkrankungs- und Hospitalisierungsbeginn. In der Altersgruppe der 40- bis 59-Jährigen war dieser Zeitraum mit sechs Tagen (Median) am längsten. Zugleich ist die Dauer des Intensivaufenthalts von im Median elf Tagen in dieser Altersgruppe am längsten (mediane Gesamtdauer neun Tage). Demgegenüber könnte die im Median kürzere intensivmedizinische Versorgung von älteren Patientinnen und Patienten in Zusammenhang mit dem höheren Anteil Verstorbener in dieser Altersgruppe stehen. Aus diesem Grund wurde das Intervall zum Intensivaufenthalt zusätzlich unter Ausschluss verstorbener Fälle betrachtet. Hier verlängerte sich der Zeitraum unter den Hochaltrigen (80 Jahre und älter) von im Median sechs auf zwölf Tage. Dagegen verlängerte sich die Liegedauer unter den 40- bis 59-Jährigen deutlich weniger (um im Median zwei Tage) und war mit 13 Tagen (Median) nach wie vor das längste Intervall zum Intensivaufenthalt. Da sowohl das Intervall von Erkrankungsbeginn bis zur Hospitalisierung als auch die Dauer des Intensivaufenthalts in dieser Altersgruppe am längsten waren, könnte dies ein Hinweis sein, dass das Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf in die-

ser Altersgruppe unterschätzt wird und diese Patientinnen und Patienten erst in einem späteren und damit gegebenenfalls schwereren Stadium ins Krankenhaus eingewiesen werden. In der Folge wären möglicherweise aufgrund der fortgeschrittenen Erkrankung längere Krankenhausaufenthalte und eine längere intensivmedizinische Betreuung notwendig. Insgesamt konnten in der vorliegenden Auswertung jedoch nur wenige Fälle mit einem Intensivaufenthalt bewertet werden, sodass auch mit Blick auf die vorliegenden Limitationen hierzu nur eine begrenzte Aussage getroffen werden kann.

LIMITATIONEN

Die Limitationen dieser Auswertung sind vor allem durch die Charakteristika von Meldebeziehungsweise Surveillancedaten geprägt. Im Meldesystem werden in der Regel nur Fälle erfasst, die im medizinischen Versorgungssystem durch niedergelassene Ärztinnen und Ärzte, Krankenhäuser, Labore, Leitungen von Gemeinschaftseinrichtungen oder Testzentren erfasst und entsprechend den gesetzlichen Vorgaben gemeldet werden. Wenn demnach infizierte Personen mit einem milden oder asymptomatischen Verlauf keine Ärztinnen und Ärzte oder Testzentren aufsuchen und keine Diagnostik oder Meldung erfolgt, werden diese Fälle nicht erfasst. Darüber hinaus führen objektiv und subjektiv schwere Erkrankungen eher zu einem Arztbesuch und überdies steigt die Wahrscheinlichkeit in bestimmten Altersgruppen und mit zunehmender Schwere, dass eine Diagnostik durchgeführt wird. Aus diesen Gründen werden milde und asymptomatische Fälle im Meldesystem eher untererfasst und schwere Fälle sind überproportional vertreten. Der Anteil der milden Fälle deckt sich mit den internationalen Erfahrungen, ist aber ebenso abhängig von der jeweils empfohlenen und durchgeführten Teststrategie beziehungsweise den Testkapazitäten (die zu Beginn der ersten Welle erst aufgebaut werden mussten) und dem Surveillancesystem (einschließlich Falldefinitionen und der Berücksichtigung

von ausschließlich laborbestätigten Fällen in der Auswertung). Es ist davon auszugehen, dass sich im Anteil der milden Fälle auch die angewandte sensitive Teststrategie widerspiegelt. Der Vergleich mit anderen Studien in Deutschland zeigt, dass hospitalisierte Fälle im Meldesystem gut abgebildet werden, intensivpflichtige und damit auch beatmete Fälle aber deutlich untererfasst sind. So beträgt der Anteil der ITS-Fälle unter den Hospitalisierten bei Tolksdorf et al. (2020) und Karagiannidis et al. (2020) circa ein Drittel, während es in der vorliegenden Auswertung 12 Prozent sind. Darüber hinaus spricht der hohe Anteil an Verstorbenen unter den ITS-Fällen dafür, dass Intensivaufenthalte für Todesfälle oder Fälle mit langen Verweildauern im Meldesystem besser erfasst, zugleich damit aber auch überschätzt werden. Ein ähnliches Bild zeigt sich für Fälle mit vorhandenen Risikofaktoren. Die Datenvollständigkeit von 52 Prozent unter den Hospitalisierten, welche gut erfasst sind, spricht für eine Untererfassung der vorhandenen Risikofaktoren. Darüber hinaus ermöglicht das Meldesystem nur eine grobe Erfassung der vorhandenen Vorerkrankungen und kann nur eine Orientierung für weitere Forschung geben.

Nach initialer Meldung und Übermittlung der Fälle besteht die Schwierigkeit für die Gesundheitsämter, die Fälle nachzuverfolgen und über Änderungen im klinischen Verlauf informiert zu werden sowie diese aktualisierten Informationen nachzutragen und zu übermitteln. Dies kann dazu führen, dass insbesondere präzise Informationen zur Krankheitsschwere zeitverzögert oder nicht vorliegen. Wenn jedoch weitere Angaben zum Krankheitsverlauf vorliegen, dann insbesondere für schwere und kritische Fälle.

FAZIT

In der ersten COVID-19-Welle in Deutschland wurden in der Mehrzahl Fälle mit einem milden Krankheitsverlauf beobachtet. Der hohe Anteil an schweren Fällen bei älteren Personen ab 60 Jahren bestätigt die ersten Einschätzungen zum Zusammen-

hang der Erkrankungsschwere mit einem steigenden Lebensalter. Die Rolle der 40- bis 59-Jährigen, insbesondere unter den kritischen Fällen, könnte darauf hinweisen, dass das Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf früher ansteigt als bisher angenommen und sollte weiter untersucht werden. Als relevante Risikofaktoren wurden kardiovaskuläre Erkrankungen, Diabetes und neurologische Störungen berichtet. Aufgrund der Limitation dieser Surveillance-daten ist es jedoch nicht möglich, einen kausalen Zusammenhang zwischen Risikofaktoren und der Schwere der Erkrankung zu belegen. Die Analyse der Daten gibt jedoch wertvolle Hinweise zu Erkrankungsschwere und besonders betroffenen Gruppen. ●

LITERATUR

LGL, RKI – Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Robert Koch-Institut (2020): Beschreibung des bisherigen Ausbruchsgeschehens mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2 in Deutschland. Epidemiologisches Bulletin (7): 2. DOI: 10.25646/6476.

Böhmer MM, Buchholz U, Corman VM et al. (2020): Investigation of a COVID-19 outbreak in Germany resulting from a single travel-associated primary case: a case series. The Lancet Infectious Diseases 20(8): 920–928. DOI: 10.1016/s1473-3099(20)30314-5.

Braun F, Lütgehetmann M, Pfefferle SMT et al. (2020): SARS-CoV-2 renal tropism associates with acute kidney injury. The Lancet 396(10251): 597–598. DOI: 10.1016/s0140-6736(20)31759-1.

Buda S, An der Heiden M, Altmann D et al. (2020): Infektionsumfeld von erfassten COVID-19-Ausbrüchen in Deutschland. Epidemiologisches Bulletin (38): 3–12. DOI: 10.25646/7093.

Cariou B, Hadjadj S, Wargny M et al. (2020): Phenotypic characteristics and prognosis of inpatients with COVID-19 and diabetes: the CORONADO study. Diabetologia 63 (8): 1500–1515. DOI: 10.1007/s00125-020-05180-x.

Chen J, Qi T, Liu L et al. (2020): Clinical progression of patients with COVID-19 in Shanghai, China. J Infect 80(5): e1–e6. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.004.

Docherty AB, Harrison EM, Green CA et al. (2020): Features of 20 133 UK patients in hospital with covid-19 using the ISARIC WHO Clinical Characterisation Protocol: prospective observational cohort study. BMJ, 369, m1985. DOI: 10.1136/bmj.m1985.

- Dreher M, Kersten A, Bickenbach J et al. (2020): The Characteristics of 50 Hospitalized COVID-19 Patients With and Without ARDS. *Dtsch Arztebl Int* 117(16): 271–278. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0271.
- Edler C, Schroder AS, Aepfelbacher M et al. (2020): Dying with SARS-CoV-2 infection-an autopsy study of the first consecutive 80 cases in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med* 134(4): 1275–1284. DOI: 10.1007/s00414-020-02317-w.
- Grasselli G, Greco M, Zanella A et al. (2020): Risk Factors Associated With Mortality Among Patients With COVID-19 in Intensive Care Units in Lombardy, Italy. *JAMA Intern Med*. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.3539.
- Guan WJ, Ni ZY, Hu Y et al. (2020): Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med* 382(18): 1708–1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.
- Hibbeler B (2015): Demenz: Weltweit fast zehn Millionen Neuerkrankungen. *Dtsch Arztebl International* 112(37): 1470.
- Huang C, Wang Y, Li X et al. (2020): Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet* 395(10223): 497–506. DOI: 10.1016/s0140-6736(20)30183-5.
- Jakob A, Busse A, Riedel-Heller SG et al. (2002): [Prevalence and incidence of dementia among nursing home residents and residents in homes for the aged in comparison to private homes]. *Z Gerontol Geriatr* 35(5): 474–481. DOI: 10.1007/s00391-002-0066-9.
- Karagiannidis C, Mostert C, Hentschker C et al. (2020): Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study. *The Lancet Respiratory Medicine* 8(9): 853–862. DOI: 10.1016/s2213-2600(20)30316-7.
- ProMED-mail. (2019): Undiagnosed Pneumonia - China (Hubei). <https://promedmail.org/promed-post/?id=6864153> (Zugriff am: 12.08.2020).
- Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M et al. (2020): Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area. *Jama* 323(20): 2052–2059. DOI: 10.1001/jama.2020.6775.
- RKI – Robert Koch-Institut (2020a): Situation Report 04 March 2020. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-03-04-en.pdf (Zugriff am: 29.07.2020).
- RKI – Robert Koch-Institut (2020b): Coronavirus-Krankheit-2019. Falldefinition. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Falldefinition.pdf (Zugriff am: 29.07.2020).
- RKI – Robert Koch-Institut (2020c): COVID-19: Jetzt handeln, vorausschauend planen. Strategie-Ergänzung zu empfohlenen Infektionsschutzmaßnahmen und Zielen (2. Update). *Epidemiologisches Bulletin* (12): 4. DOI: 10.25646/6540.2.
- RKI – Robert Koch-Institut (2020d): Hinweise zur Testung von Patienten auf Infektion mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Vorl_Testung_nCoV.html (Zugriff am: 24.09.2020).
- RKI – Robert Koch-Institut (2020e): Nationale Teststrategie – wer wird in Deutschland getestet? https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Teststrategie/Nat-Teststrat.html (Zugriff am: 12.08.2020).
- Rothe C, Schunk M, Sothmann P et al. (2020): Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med* 382(10): 970–971. DOI: 10.1056/NEJMc2001468.
- Schilling J, Diercke M, Altmann D et al. (2020): Vorläufige Bewertung der Krankheitsschwere von COVID-19 in Deutschland basierend auf übermittelten Fällen gemäß Infektionsschutzgesetz. *Epidemiologisches Bulletin* (17): 7. DOI: 10.25646/6670.
- Seifried J, Böttcher S, Albrecht S et al. (2020): Erfassung der SARS-CoV-2-Testzahlen in Deutschland (Stand 9.9.2020). *Epidemiologisches Bulletin* (37): 4. DOI: 10.25646/7132.
- Takahashi T, Ellingson MK, Wong P et al. (2020): Sex differences in immune responses that underlie COVID-19 disease outcomes. *Nature*. DOI: 10.1038/s41586-020-2700-3.
- Tolksdorf K, Buda S, Schuler E et al. (2020): Eine höhere Letalität und lange Beatmungsdauer unterscheiden COVID-19 von schwer verlaufenden Atemwegsinfektionen in Grippewellen. *Epidemiologisches Bulletin* (41): 3–10. DOI: 10.25646/7111.
- WHO – World Health Organization (2020a): Timeline of WHO's response to COVID-19. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/detail/29-06-2020-covidtimeline> (Zugriff am: 29.07.2020).
- WHO – World Health Organization (2020b): Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Retrieved from <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf> (Zugriff am: 12.08.2020).
- WHO – World Health Organization (2017): Pandemic Influenza Severity Assessment (PISA). A WHO Guide to assess the severity of influenza in seasonal epidemics and pandemics. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259392/WHO-WHE-IHM-GIP-2017.2-eng.pdf> (Zugriff am: 24.09.2020).

Wu Z, McGoogan JM (2020): Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *Jama* 323(13): 1239–1242. DOI: 10.1001/jama.2020.2648.

Xie J, Tong Z, Guan X et al. (2020): Clinical Characteristics of Patients Who Died of Coronavirus Disease 2019 in China. *JAMA Netw Open* 3(4): e205619. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.5619.

Yang X, Yu Y, Xu J et al. (2020): Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *The Lancet Respiratory Medicine* 8(5): 475–481. DOI: 10.1016/s2213-2600(20)30079-5.

Zhang J, Wu J, Sun X et al. (2020): Association of hypertension with the severity and fatality of SARS-CoV-2 infection: A meta-analysis. *Epidemiol Infect* 148: e106. DOI: 10.1017/S095026882000117X.

KONTAKT

Julia Schilling
Robert Koch-Institut
Abteilung für Infektionsepidemiologie
Seestr. 10, 13353 Berlin
E-Mail: Schilling[at]rki.de

[RKI]

Luftqualität während des Lockdowns im Frühjahr 2020

Air quality during the German lockdown in springtime 2020

ZUSAMMENFASSUNG

SUSAN KESSINGER

Die Maßnahmen im Frühjahr 2020 zur Eindämmung der Corona-Pandemie hatten grundsätzlich einen positiven Effekt auf die Luftqualität in Deutschland. Die an verkehrsnahen Messstationen in Städten gemessenen NO_2 -Konzentrationen sanken im Zeitraum des Lockdowns, der Rückgang wurde jedoch durch ungünstige Ausbreitungsbedingungen gebremst. Wetterbereinigt wurden mittlere verkehrsnaherückgänge im Bereich von circa 20 bis 30 Prozent bestimmt. Europaweit lag Deutschland damit im Mittelfeld, die strengeren Lockdown-Maßnahmen Westeuropas führten dort zu deutlicheren Rückgängen.

ABSTRACT

In general, the measures to contain the Corona pandemic in springtime 2020 had a positive impact on air quality. NO_2 concentrations measured in cities close to traffic decreased during the lockdown, but the decrease was limited by disadvantageous weather conditions. Mean reductions of approximately 20–30 percent were determined that were caused by the reduced traffic numbers and not by weather. Compared to other European countries, Germany showed NO_2 reductions in the middle range, the stricter measures in Western Europe led to even higher reductions of the NO_2 pollution.

EINLEITUNG

Weniger Verkehr, weniger Produktion, weniger Schadstoffe: Durch die Corona-Krise nehmen Umweltbelastungen ab. Bezogen auf das Medium Luft wird dies anhand von Satellitenmessungen besonders eindrücklich sichtbar. Satellitendaten aus dem Frühjahr 2020 zeigen, dass sich die Schadstoffbelastung innerhalb der Atmosphäre in vielen Ländern der Erde verringert hat.

ABBILDUNG 1 zeigt, dass weite Teile Europas, vor allem Hotspots wie die Poebene, Madrid, Paris, Mailand und Rom, während der Monate des Lockdowns im Vergleich zum Vorjahr einen Rückgang des troposphärischen Stickstoffdioxids (NO_2) aufwiesen. Dieser betrug vielerorts mehr als 40 Prozent

(DLR 2020). Allerdings erfasst der Satellit die gesamte Schadstoffmenge zwischen dem Boden und dem Messinstrument. Die Schadstoffkonzentration variiert in dieser „Säule“ aber stark und nimmt gewöhnlich mit zunehmender Höhe ab. Ein Rückschluss auf die Luftqualität am Boden, also dort wo Menschen die Luft einatmen, ist daher nicht ohne weiteres möglich.

In Deutschland traten im März 2020 bundes- und landesweite Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie in Kraft. Kindergärten und Schulen wurden geschlossen, die Menschen arbeiteten verstärkt von zu Hause. Ab dem 23. März 2020 (Kalen-derwoche [KW] 13) galten bundesweit weitreichende Kontaktverbote, aufgrund derer das Haus nur noch aus triftigem Grund ver-

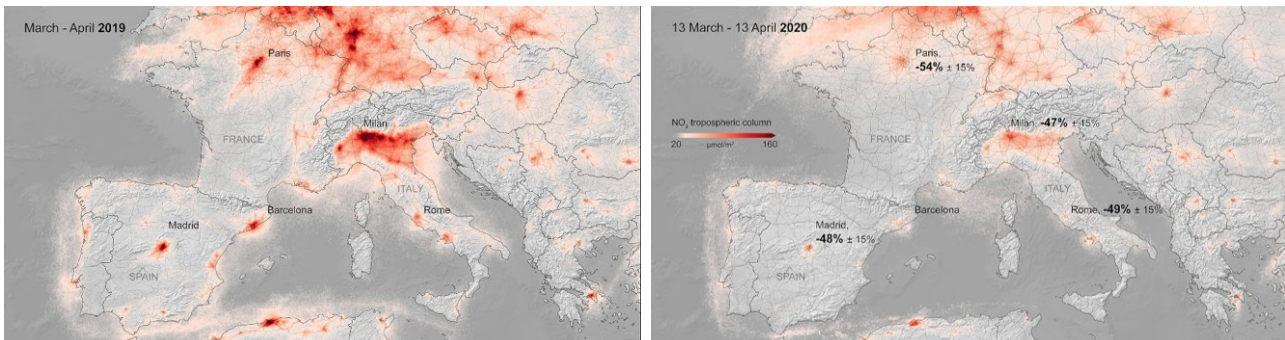


ABBILDUNG 1
Vergleich der NO₂-Belastung der gesamten Luftsäule in Europa zwischen März/April 2019 und 2020.

Quelle: DLR, <https://www.dlr.de/content/de/bilder/2020/02/earth-day-stickstoffkonzentration.html>, Zugriff am: 05.02.2021).

lassen werden durfte. Die Einschränkungen des öffentlichen Lebens haben während dieser Zeit zu einem deutlichen Rückgang von Mobilität/Straßenverkehr geführt.

VERRINGERUNG DER VERKEHRSZAHLEN

Anhand von Auswertungen der Bundesländer (siehe unten) lässt sich die Verringerung des Straßenverkehrs während des Lockdowns 2020 wie folgt quantifizieren: In Berlin sank die Zahl der als Pkw und kleine Lkw identifizierten Fahrzeuge um 20 bis 30 %, das Aufkommen an mittleren und großen Lkw blieb in etwa gleich. Messungen des Verkehrsaufkommens an drei hessischen Standorten zeigten, dass die Verkehrszahlen im Mittel um circa 30 bis 40 Prozent zurückgingen. Die täglichen Verkehrsmengen im niedersächsischen Oldenburg zeigten eine deutliche Abnahme der gesamten Verkehrsmenge (40–50 %), am deutlichsten bei den Pkw, aber auch die Zahl von Kleintransportern, LKW und Bussen nahm ab. Nach Abschätzungen aus Nordrhein-Westfalen nahm der Straßenverkehr um 30 bis 50 Prozent ab. In Dresden wurde an einer Zählstelle ein Rückgang des gesamten Verkehrs um 42 Prozent, des PKW-Verkehrs um 44 Prozent und des Lieferverkehrs um 25 Prozent registriert. Diese exemplarischen Daten zeigen, dass der Verkehr durch den Lockdown deutlich reduziert war, jedoch nicht komplett zum Erliegen kam. Busse im ÖPNV

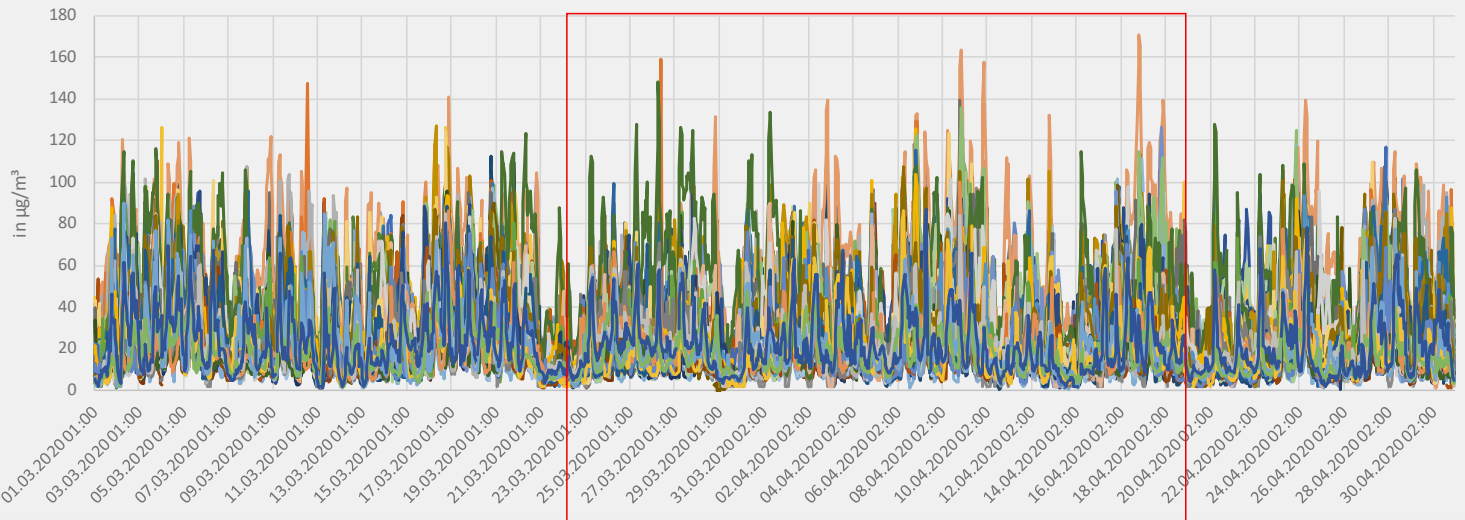
und private Pkw waren nach wie vor in den Städten unterwegs. Für den Lieferverkehr muss sogar von einem zeitweise erhöhten Aufkommen ausgegangen werden. Auch ist davon auszugehen, dass aus Ansteckungsgründen vielfach der ÖPNV vermieden und verstärkt Pkw genutzt wurden. Zudem sind weitere Emissionseffekte denkbar, zum Beispiel bedingt durch verstärktes Arbeiten im HomeOffice.

AUSWIRKUNGEN AUF DIE STICKSTOFFDIOXID-BELASTUNG

Die Hauptquellen der Stickstoffdioxid-Belastung sind der Straßenverkehr und die Energieerzeugung. In Ballungsräumen und Städten werden die höchsten NO₂-Konzentrationen typischerweise nahe der Hauptemissionsquelle, an viel befahrenen Straßen gemessen. **ABBILDUNG 2** zeigt den stündlichen Verlauf der NO₂-Konzentrationen an allen verkehrsnahen Messstationen für die Monate März und April 2020. Auf den ersten Blick ist – entgegen den Erwartungen aufgrund der verringerten Verkehrszahlen – kein Rückgang der Konzentrationen während des markierten Lockdown-Zeitraumes erkennbar.

Bei näherer Betrachtung der Daten weisen die mittleren Tagesgänge (**ABBILDUNG 3**) über alle verkehrsnahen Stationen jedoch eine Besonderheit auf: Die mittlere Belastung in den Nachmittagsstunden (13–18 Uhr, werktags) lag niedriger als im gesamten restli-

Verkehrsnaher NO₂-Konzentrationen im März und April 2020



chen Jahr. Dieser Effekt ist regional und lokal unterschiedlich stark ausgeprägt: Vor allem in Berlin, Bayern, Niedersachsen und Sachsen lag die nachmittägliche Belastung während des Lockdowns besonders deutlich unter dem Schnitt des Jahres 2020.

Wertet man alle automatisch messenden verkehrsnahen Stationen einzeln aus, ergibt sich ein deutliches Bild: 42 Prozent aller Stationen registrierten während des Lockdown-Zeitraums ihre niedrigste nachmittägliche Belastung (gemittelt über Mo–Fr, 13–18 Uhr), knapp 20 Prozent der Stationen registrierten ihre niedrigste nachmittägliche Belastung in den direkt auf den Lockdown folgenden Kalenderwochen (KW17–KW20; 20.04.–17.05.2020), die noch von Schul-/Kitaschließungen geprägt waren.

METEOROLOGISCHE BEDINGUNGEN WÄHREND DES FRÜHJAHR-LOCKDOWNS

Die Quantifizierung der Auswirkungen der Corona-Maßnahmen auf die NO₂-Konzentrationen lässt sich nicht unmittelbar aus den Messdaten ableiten, denn neben den Emissionen haben die meteorologischen Bedingungen einen hohen Einfluss auf die Konzentration der Schadstoffe.

Eine die Ausbreitung von Luftschadstoffen begünstigende Tiefdruckwetterlage mit hauptsächlich westlichen Strömungen, viel Wind und viel Niederschlag prägten den Februar und die ersten Wochen des März 2020. Nahezu zeitgleich mit dem Lockdown stellte sich die Großwetterlage ab Mitte März um: Es herrschten größtenteils ungünstige Austauschbedingungen aufgrund von Hochdruckwetterlagen mit wenig Wind und geringem vertikalen Luftaustausch. Dies führte im Zeitraum des Lockdowns dazu, dass vielerorts der Rückgang der Emissionen durch eine Verringerung des

ABBILDUNG 2

Stündliche NO₂-Verläufe im März und April 2020 für alle stündlich messenden, verkehrsnahen Stationen. Lockdown-Zeitraum markiert. Quelle: UBA.

Mittlere verkehrsnahe NO₂-Tagesgänge

Jahr 2020, Mo-Fr, ganz Deutschland

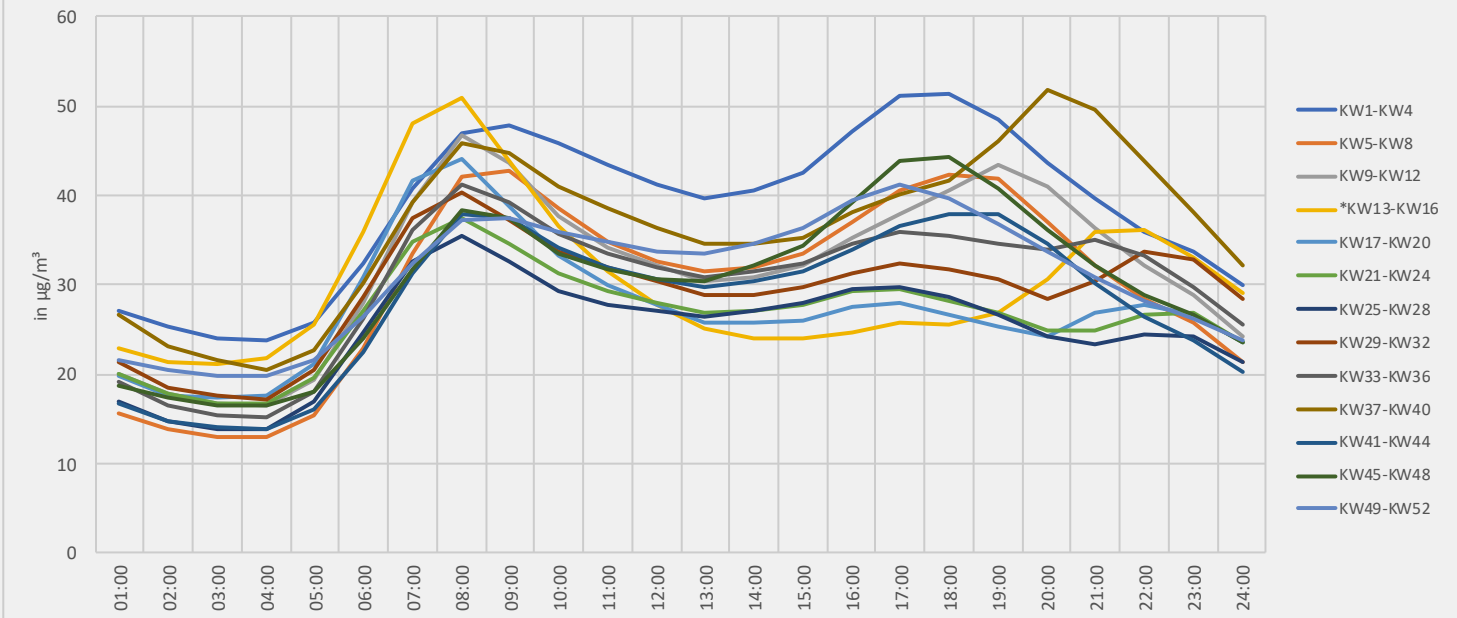


ABBILDUNG 3
Mittlere verkehrsnahe NO₂-Tagesgänge für Deutschland, Lockdown-Zeitraum: *KW13-KW16. Quelle: UBA.

Straßenverkehrs durch meteorologische Einflüsse kompensiert wurde, wobei der Effekt zeitlich und räumlich unterschiedlich stark auftrat.

Ein unmittelbarer Schluss von einer Emissionsminderung auf eine Konzentrationsminderung ist erst nach einer „Wetterbereinigung“ zulässig. „Wetterbereinigt“ bedeutet, dass die meteorologischen Effekte aus den Konzentrationsänderungen herausgerechnet werden. Auswertungen der Landesumweltverwaltungen (siehe unten), die 99 Prozent aller deutschen Messstationen betreiben, kommen unter Berücksichtigung der meteorologischen Effekte zu einem verkehrsnahe NO₂-Rückgang von 15–35 Prozent, der auf den Lockdown und nicht auf witterungsbedingte Einflüsse zurückzuführen ist. Mit Berechnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurde ein Lockdown-bedingter NO₂-Rückgang von 23 ± 6 Prozent ermittelt (DWD 2020). Auch Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) zeigen Rückgänge

der verkehrsnahen NO₂-Belastung im Bereich von 2 bis 24 Prozent auf (UBA 2021), die dem verringerten Verkehr im Frühjahr zuzuschreiben sind.

AUSWIRKUNGEN AUF DIE FEINSTAUBBELASTUNG

Die hohe Zahl und Dichte von Quellen – vor allem Hausfeuerungsanlagen, Gewerbebetriebe, industrielle Anlagen und der Straßenverkehr – führen in Ballungsräumen und Städten zu einer erhöhten Feinstaubkonzentration. Allerdings stellt der Straßenverkehr – anders als beim Stickstoffdioxid – eine kleinere Quelle für die Feinstaubbelastung dar. Insbesondere im Frühjahr kommt mit der Landwirtschaft eine weitere bedeutende Feinstaubquelle hinzu: Bei der Düngung der Felder wird aus gasförmigen Vorläuferstoffen Feinstaub gebildet, der mit dem Wind auch in die Städte transportiert wird. Zudem kann Feinstaub auch na-

türlichen Ursprungs sein – beispielsweise Saharastaub oder als Folge von Bodenerosion, Wald- und Buschfeuern – und kann über weite Entfernungen nach Deutschland herantransportiert werden. Zu solch einem Transportprozess kam es Ende März 2020, als Saharastaub aus Nordafrika bis nach Deutschland gelangte: Für diesen Zeitraum weist der DWD Tage mit hohem Saharastaub-Index aus. Dieser Ferntransport hat auch hier in Deutschland zu erhöhten PM_{10} -Werten geführt und dies mitten im Zeitraum des Lockdowns. Dieses Beispiel zeigt, wie leicht eventuelle Lockdown-bedingte PM_{10} -Rückgänge von atmosphärischen Einflüssen überkompensiert werden können.

deutlich, dass es an nahezu allen (99 %) der hier ausgewerteten europäischen Stationen im April 2020 zu rückläufigen Konzentrationen kam, die nicht auf witterungsbedingte Schwankungen zurückzuführen sind, sondern den Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie zugeschrieben werden können. Konsistent mit den vergleichsweise strengen Maßnahmen zeigen sich in den Ländern Spanien, Frankreich, Italien und Portugal die größten Rückgänge. Tschechien, Ungarn und Polen hingegen weisen die geringsten Rückgänge auf. Deutschland liegt mit einem mittleren NO_2 -Rückgang von circa 30 Prozent im mittleren Bereich.

BLICK NACH EUROPA

Die Punkte in der Karte in **ABBILDUNG 4** zeigen in grün/gelb die Lockdown-bedingten NO_2 -Rückgänge an den Stationen und in Rottönen die Zunahmen. Die Karte macht

FAZIT

Es stellt sich noch die Frage, ob sich die Rückgänge im Frühjahr signifikant auf die langfristige Stickstoffdioxid-Belastung ausgewirkt haben: Der auf das Jahresmittel bezogene Grenzwert von $40 \mu g/m^3$ wurde

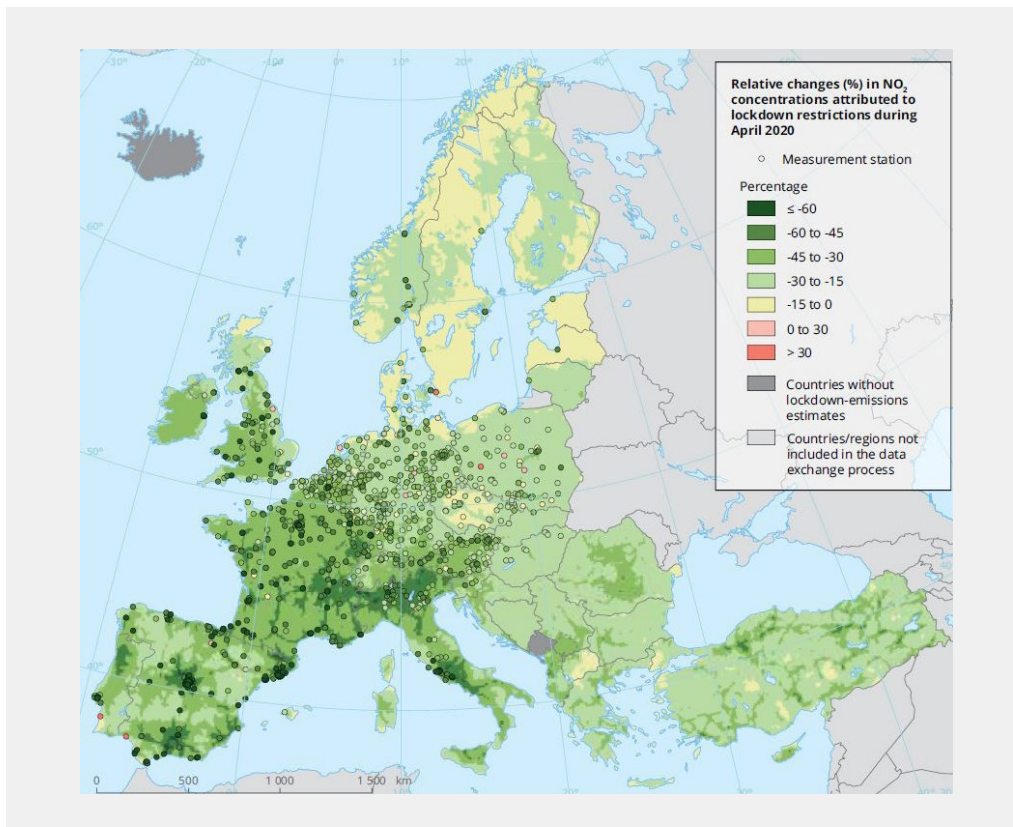


ABBILDUNG 4
Relative Änderungen der NO_2 -Konzentrationen aufgrund der Lockdown-Einschränkungen im April 2020.

Quelle: EEA, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report> (Zugriff am: 05.02.2021).

in den letzten Jahren in Deutschland noch an zahlreichen verkehrsnahen Messstationen überschritten. Bezogen auf das gesamte Jahresmittel 2020 hatte der vergleichsweise kurze Lockdown-Zeitraum von circa vier Wochen jedoch nur einen untergeordneten Einfluss. Vielmehr sind gezielte Luftreinhaltemaßnahmen in den Städten und die Flottenerneuerung die maßgeblichen Treiber des seit einigen Jahren beobachteten deutlichen Rückgangs der verkehrsnah gemessenen NO₂-Konzentrationen. ●

AUSWERTUNGEN DER BUNDESLÄNDER

- Berlin: <https://www.berlin.de/sen/uvk/presse/weitere-meldungen/2020/ist-die-luft-wegen-der-corona-beschaenkungen-besser-geworden-929793.php> (Zugriff am: 7.12.2020).
- Hessen: <https://www.hlnug.de/dossiers/sauberere-luft-durch-corona> (Zugriff am: 7.12.2020).
- Niedersachsen: https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/luftqualitaet/luftthygienische_uberwachung_niedersachsen/berichte/sonderberichte/stickstoffdioxid-belastung-in-niedersachsen-vor-und-waehrend-der-corona-pandemie-187854.html (Zugriff am: 7.12.2020).
- Nordrhein-Westfalen: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/immissionen/ber_trend/Auswirkungen_Covid19_Luftqualitaet_C3%A4t.pdf (Zugriff am: 7.12.2020).
- Mecklenburg-Vorpommern: <http://www.lung.mv-regierung.de/umwelt/luft/lume.htm> (Zugriff am: 7.12.2020).
- Rheinland-Pfalz: <https://lfu.rlp.de/de/startseite/geringere-schadstoffbelastung-durch-corona/> (Zugriff am: 7.12.2020).
- Sachsen: https://www.luft.sachsen.de/download/Fachbeitrag_2020_06_22.pdf (Zugriff am: 7.12.2020).

INTERNETSEITEN

- Themenseite Luft, Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft> (Zugriff am: 05.02.2021).
- FAQ: Auswirkungen der Corona-Krise auf die Luftqualität, Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/faq-auswirkungen-der-corona-krise-auf-die-welche-auswirkungen-hat-die-corona-krise-auf-die-feinstaub-pm10-belastung> (Zugriff am: 05.02.2021).
- Link der zeitnahen Jahresauswertung 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2020>.
- Saharastaub-Index, Deutscher Wetterdienst: https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/aerosol/inh_nav/saharastaubindex_node.html (Zugriff am: 05.02.2021).

LITERATUR

- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2020): Trotz Wettereinfluss – Corona-Effekt auf die Luftqualität nun eindeutig. Pressemitteilung vom 05.05.2020. https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/02/20200505_corona-effekt-auf-luftqualitaet-eindeutig.html (Zugriff am: 05.02.2021).
- DWD – Deutscher Wetterdienst (2020): Die Stickoxid-Konzentrationen in deutschen Großstädten sanken durch den Corona-Lockdown deutlich – obwohl Wettereinflüsse das verschleiern. DWD Aktuell vom 17.07.2020. https://www.dwd.de/DE/Home/_functions/aktuelles/2020/20200717_hintergrundbericht_gaw.html (Zugriff am: 05.02.2021).
- EEA – Europäische Umweltagentur (2020): Air quality in Europe — 2020 report. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report> (Zugriff am: 05.02.2021).

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]

Überwachung der Pandemieviren SARS-CoV-2 über Abwasseranalysen

Monitoring of SARS-CoV-2 pandemic viruses via wastewater analyses

ZUSAMMENFASSUNG

HANS-CHRISTOPH
SELINKA

Wie die COVID-19-Pandemie 2019/2020/2021 zeigt, können durch die Globalisierung jederzeit Pathogene, in diesem Fall das neue SARS-Coronavirus-2 (SARS-CoV-2), in Deutschland eingeschleppt und zu einer ernsten Gefahr für die Öffentliche Gesundheit werden. Das SARS-CoV-2 wird hauptsächlich über die Luft durch Tröpfchen und Aerosole sowie durch kontaminierte Oberflächen übertragen. Infizierte Personen scheiden das Virus und Abbauprodukte der Viren aber auch über den Stuhl aus. Mit Hilfe molekularbiologischer Analysen können diese Bestandteile im Abwasser nachgewiesen werden. Abwasseruntersuchungen auf SARS-CoV-2 können daher hilfreiche Informationen über den aktuellen Infektionszustand der Population geben, von der das Abwasser stammt und in Kombination mit der klinischen Diagnostik zur zeitnahen Planung und Umsetzung von Maßnahmen zum Infektionsschutz beitragen.

ABSTRACT

As shown by the COVID-19 pandemic 2019/2020/2021, pathogens, in this case the new SARS coronavirus-2 (SARS-CoV-2) may be introduced to Germany due to globalization and pose a serious threat to public health. The main transmission pathway of SARS-CoV-2 occurs by air via droplet infections, aerosols, as well as via contaminated surfaces. However, infected individuals also excrete viruses and debris of these viruses via feces, and viral components can be detected by molecular wastewater analysis. Wastewater monitoring of SARS-CoV-2 may therefore provide helpful information of the actual state of infection of the population producing this wastewater and, in addition to clinical diagnostics, contribute to timely initiation of measures for health protection.

DAS SARS-COV-2 UND DER WEG ÜBER DAS ABWASSER

Die Ende 2019 in der chinesischen Großstadt Wuhan (Provinz Guangdong) aufgetretene Epidemie mit schweren Viruserkrankungen, verursacht durch ein neues Coronavirus (2019-nCoV; ICTV 2020), verbreitete sich danach sehr schnell über mehrere Kontinente. Im März 2020 wurde sie von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur COVID-19-Pandemie (COVID-19: coronavirus disease 2019) erklärt, die im Verlauf eines Jahres weltweit

bereits mehr als 100 Millionen Infektionen und mehr als 2 Millionen Todesfälle verursacht hat und weiterhin anhält.

Coronaviren sind behüllte, zoonotische RNA-Viren, die sowohl Tiere als auch Menschen infizieren können. Unter Betrachtung im Elektronenmikroskop weisen diese Viren eine Oberflächenstruktur auf, die aufgrund hervorstehender Proteine (Spikes) aus der Hüllmembran eine Kronen-ähnliche (lateinisch: corona) Struktur aufweisen. Bisher waren sechs Arten der Coronaviren bekannt, die im Menschen Erkrankungen auslösen können.



Vorklärbecken einer
Kläranlage. Foto: Selinka.

Neben den vier Arten (HCoV-OC43, HCoV-HKU1, HCoV-229E und HCoV-NL63), die beim Menschen relativ milde Infektionen verursachen, haben bisher vor allem das SARS-Coronavirus-1 und das im mittleren Osten aufgetretene MERS-Coronavirus (Middle east respiratory syndrom) die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da sie für Pandemien in den Jahren 2003 (SARS) und 2017 (MERS) mit jeweils circa 800 Todesfällen verantwortlich waren. Die Bezeichnung SARS-Viren bezieht sich darauf, dass diese Viren schwere akut-respiratorische Symptome (severe acute respiratory syndroms, SARS), also schwere Infektionen der Atemwege, verursachen. Das neu aufgetretene Pandemievirus SARS-CoV-2 ist die siebte Art der humanpathogenen Coronaviren.

Die Übertragung dieser respiratorischen Coronaviren erfolgt hauptsächlich über Tröpfchen, Aerosole und durch direkten engen Kontakt. Als bekannt wurde, dass einige infizierte Patienten auch infektiöse Viren über ihre Fäkalien ausscheiden können (Xiao et al. 2020), verbreitete sich die Sorge einer Übertragung über den fäkal-oralen Infektionsweg. Da Coronaviren mit einer empfindlichen Hüllmembran umgeben sind (sogenannte „behüllte Viren“), sind sie aber in der Umwelt nicht so stabil wie unbehüllte Viren und werden im Abwasser schon auf dem Weg zur Kläranlage größtenteils beschädigt und dadurch inaktiv. Bereits frühere Untersuchungen mit anderen Coronaviren haben gezeigt, dass diese behüllten Viren im warmen Abwasser nur sehr kurze Zeit überleben und innerhalb von 48 bis 72 Stunden um mehr als drei

Zehnerpotenzen reduziert werden (Gundy et al. 2009). Zusätzlich erfolgt in der Kläranlage für die meisten Viren eine deutliche Reduktion von Viruspartikeln um circa ein bis zwei Zehnerpotenzen, unter anderem durch die Entfernung suspendierter Feststoffe, an die behüllte Viren eine stärkere Bindung aufweisen als nicht-behüllte Viren (Ye et al. 2016). Im Ablauf von Kläranlagen wurden daher bisher keine infektiösen SARS-CoV-2 nachgewiesen und Infektionen über den Wasserkreislauf erscheinen derzeit, auch nach Einschätzung der WHO, sehr unwahrscheinlich.

Ein regelmäßiges Monitoring von SARS-CoV-2 im behandelten Abwasser erscheint daher aus infektionsepidemiologischer Sicht nicht notwendig. Durch den molekularbiologischen Nachweis von Viren im unbehandelten Abwasser kann man aber einen guten Überblick über die Infektionssituation in der von der Kläranlage erfassten Bevölkerung gewinnen.

NACHWEIS VON VIREN IM ABWASSER

Viren, die von Menschen ausgeschieden werden, können über das Abwasser zurück in die Umwelt gelangen, können sich dort aber ohne Wirtszellen nicht weiter vermehren. Das Abwasser kann daher, abhängig vom Eintrag der Viren, zahlreiche humanpathogene Viren in sehr unterschiedlichen Konzentrationen enthalten. Die häufigsten Nachweise humanpathogener Viren im Abwasser betreffen unbehüllte enterale Viren mit RNA-Genom (z. B. Noroviren, Enteroviren, Rotaviren, Astroviren sowie Hepatitis-A- und Hepatitis-E-Viren) oder stabile unbehüllte Viren mit DNA-Genom (z. B.: Adenoviren, Parvoviren, Papillomaviren oder Polyomaviren), die bei der Ausscheidung über den Magen-Darm-Trakt nicht vollständig zerstört werden.

Über behüllte Viren wie das SARS-CoV-2 im Abwasser ist dagegen weit weniger bekannt. Behüllte Viren sind aufgrund ihrer empfindlichen Hüllmembran in der Umwelt deutlich weniger stabil als unbehüllte Viren,

obwohl gerade diese behüllten Viren in viele Krankheitsausbrüche der letzten Jahrzehnte involviert waren, jedoch nie direkt über den Wasserweg (Ye et al. 2016). Daher wurden die meisten Methoden zum Nachweis von Viren aus der Umwelt für unbehüllte Viren optimiert, während es für behüllte Viren noch keine zuverlässigen Nachweisverfahren gibt.

Nachweise von Viren in der aquatischen Umwelt erfolgen in zwei prinzipiellen Schritten. Zunächst muss aufgrund der meist geringen Virenkonzentrationen im Wasser eine Aufkonzentrierung der Viren erfolgen. Dabei werden oft mehrere Liter Wasser auf wenige Milliliter aufkonzentriert. Dies ist ein kritischer Schritt, da es bisher kein Verfahren gibt, das für alle Viren anwendbar ist und die Aufkonzentrierung daher für jedes Virus optimiert werden muss. Im zweiten Schritt erfolgt dann der eigentliche Nachweis der Viren mit virologischen (Zellkultur) und molekularbiologischen Methoden.

METHODEN ZUM NACHWEIS VON SARS-COV-2 IN WASSERPROBEN

Die Konzentrationen an Viren und Genfragmenten von SARS-CoV-2 im Abwasser weisen aufgrund sehr variabler Ausscheidungsraten in Abhängigkeit vom Infektionszustand der Personen, der Anzahl infizierter Personen sowie der Qualität und den Fließbedingungen der Abwassersysteme eine große Variabilität auf. Im Gegensatz zu intakten Viruspartikeln können RNA-Genomfragmente der SARS-CoV-2 nicht mehr zu Infektionen führen. Viren und Genfragmente treten auch im Abwasser oft nur in sehr geringen Konzentrationen auf. Daher kommt beim Nachweis von SARS-CoV-2 der Aufkonzentrierung der Wasserproben eine große Bedeutung zu. Seit März 2020 wurden zahlreiche Methoden zur Aufkonzentrierung dieser behüllten Viren aus Wasserproben, zum Beispiel über Präzipitation mit Polyethylenglycol (PEG), Ultrazentrifugation oder Filtration über spezielle Filtersäulen beschrieben und weltweit erste

SARS-CoV-2-Prävalenzdaten in der Umwelt ermittelt (Corpuz et al. 2020; Ahmed et al. 2020; Kumar et al. 2020; Medema et al. 2020; Westhaus et al. 2020).

Die molekularbiologischen Nachweise durch Amplifikation viraler Genbereiche erfolgen dabei meist über PCR-Testsysteme, wie sie auch in der klinischen Diagnostik verwendet werden. Zielbereiche dieser Tests liegen in Genabschnitten, in denen sich SARS-CoV-2 von anderen Coronaviren unterscheidet, zum Beispiel im Bereich des Nukleokapsids (N), des Spike-Proteins (S), der Polymerase-Region (E) und anderer Genbereiche (Stange et al. 2021). Dabei muss immer darauf geachtet werden, dass mindestens zwei verschiedene Genbereiche der Viren (z. B. zwei Genbereiche der N-Region, N1 und N2, oder zwei Abschnitte der N- und E-Genbereiche der Viren) amplifiziert werden, damit eine eindeutige Unterscheidung zwischen dem SARS-CoV-2-Pandemievirus und anderen bereits vorhandenen harmlosen humanen Coronaviren gewährleistet ist (Corman et al. 2020).

Mit diesen Methoden können SARS-CoV-2 auch in Abwasser nachgewiesen werden. Die Methoden liefern – je nach Fragestellung – einfache Positiv-/Negativ-Ergebnisse oder Messdaten, die in komplexe Methoden der Abwasser-basierten Epidemiologie einfließen.

ABWASSER-BASIERTE EPIDEMIOLOGIE

Die Abwasser-basierte Epidemiologie (engl. wastewater-based epidemiology, WBE), die sich in den letzten 20 Jahren rapide fortentwickelt hat, ist eine Methodik der Umweltwissenschaften, die durch das Monitoring von chemischen und mikrobiologischen Parametern, die über Ausscheidungen der Menschen in das Abwasser gelangen, wertvolle Informationen über den Gesundheitszustand einer Population ermitteln kann. Diese Methodik erzielte bisher ihre größten Erfolge in den Gebieten des Drogen-Screenings im Abwasser (Gushgari et al. 2019), in der Frü-

herkennung von Infektionsausbrüchen durch Hepatitis-A-Viren und Noroviren (Hellmer et al. 2014) sowie der Erkennung eines klinisch unerkannten Poliovirusausbruchs in Israel im Jahr 2018 (Brouwer al. 2018).

Wie in **ABBILDUNG 1** schematisch dargestellt ist, kann durch den Nachweis bestimmter humanpathogener Viren (z. B. SARS-CoV-2) im kommunalen Abwasser gezeigt werden, dass in der Population, von der das Abwasser stammt, bereits Infektionen mit diesem Virus aufgetreten sind, ohne die Personen selbst zu testen. Dieser Ansatz einer Wasser-beziehungsweise Abwasser-basierten Epidemiologie kann als kosteneffektive und nicht-invasive Voruntersuchung dem öffentlichen Gesundheitsdienst frühzeitig wichtige erste Informationen über die Ausbreitung einer Infektion geben, bevor schwere Erkrankungen über Arzt- und Krankenhausbesuche offensichtlich werden. Über molekularbiologische Abwasseranalysen als Grundlage der WBE können also wertvolle Erkenntnisse für die Erkennung und Überwachung eines lokalen Infektionsgeschehens erhalten und für die Planung effizienter Maßnahmen des Gesundheitsschutzes verwendet werden (**TABELLE 1**).

Mit den oben genannten Methoden zum Nachweis von SARS-CoV-2 in Wasserproben wurden auch in Deutschland vom Umweltbundesamt (UBA) und anderen Institutionen Abwasserproben untersucht. Dabei konnte der bisherige Verlauf der Pandemie zeitnah durch ein Abwassermonitoring verfolgt werden. Zum Abwassermonitoring von SARS-CoV-2 bildeten sich in kürzester Zeit nationale und internationale Netzwerke aus Forschung, Technik und Politik, wie zum Beispiel die Zusammenarbeit deutscher Forschungsinstitutionen durch Initiativen des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), die JCR Umbrella Studie der Europäischen Kommission (EU Science Hub, 2020) und Expertenkonsultationen der WHO.

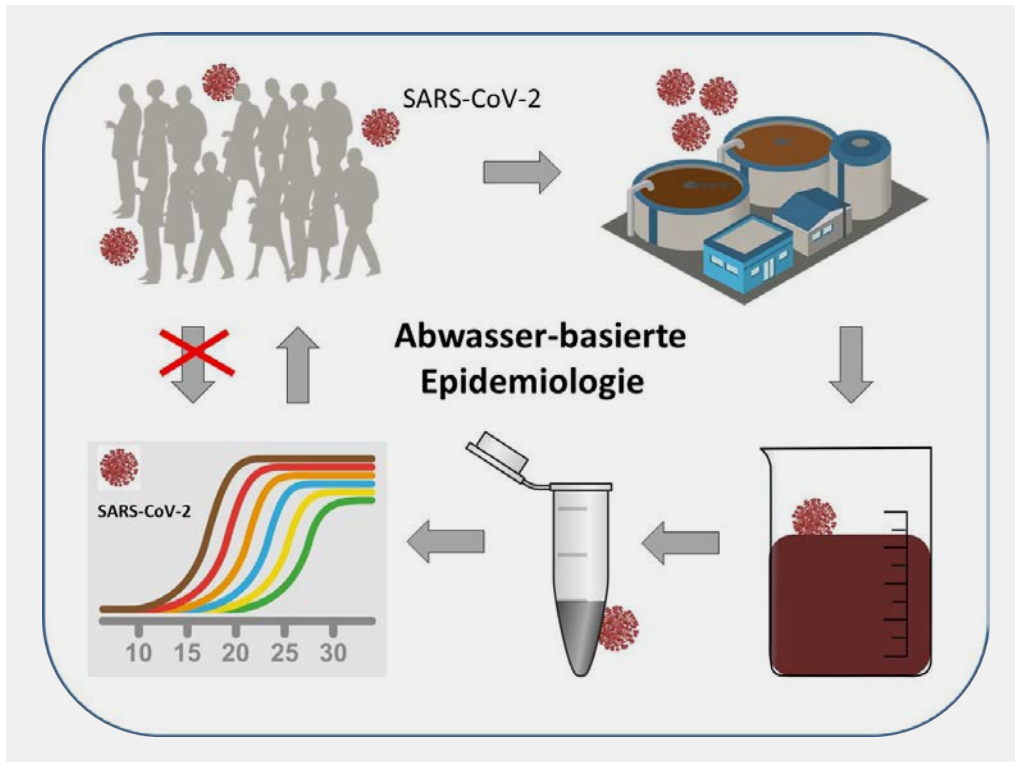


ABBILDUNG I
Nachweis von SARS-2-Coronaviren im Abwasser zur frühzeitigen Erfassung von Infektionen in einer Population ohne Durchführung direkter Infektionstests.

Symptomatisch und asymptomatisch infizierte Personen scheiden Viren und Genfragmente der Viren über ihre Fäkalien aus. Durch die Aufreinigung und die Analyse viraler Genfragmente aus dem Abwasser können wertvolle Information über den Infektionszustand der an die Kläranlage angeschlossenen Population erhalten werden.

BEREICH	ERKENNTNISSE AUS MOLEKULARBIOLOGISCHEN ABWASSERANALYSEN
Prävalenz	Der Nachweis von Genfragmenten bestimmter Infektionserreger (z. B. SARS-CoV-2) im Abwasser einer kommunalen Kläranlage kann Auskunft darüber geben, ob der Erreger/das Virus in der an die Kläranlage angeschlossenen Population gerade zirkuliert.
	Die untersuchten Proben geben keine Auskunft über einzelne Individuen, sondern sind für eine ganze lokale Population repräsentativ, ohne eine Vielzahl klinischer Untersuchungen durchführen zu müssen.
	Die Höhe der nachgewiesenen Genkopien der untersuchten Erreger im Abwasser kann unter Einbeziehung von abwassertechnischen und erregerspezifischen Daten über die ungefähre Anzahl an infizierten Personen Auskunft geben.
Gesundheitsvorsorge	Durch Probenahmen im Zulauf der Kläranlagen und an strategisch wichtigen Standorten, z. B. Pumpwerken im Kanalsystem, kann das lokale Infektionsgeschehen (Hotspots) früh erkannt und eingegrenzt werden.
	Während einer Epidemie oder Pandemie können über regelmäßig durchgeführte molekularbiologische Abwasseranalysen Veränderungen im lokalen Infektionsverlauf frühzeitig erkannt werden und wertvolle Informationen für die zu treffenden Maßnahmen der Politik und des Gesundheitssystems liefern.

TABELLE I
Überwachung des Infektionsgeschehens in einer lokalen Population über Abwasseranalysen.

HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ETABLIERUNG EINES WBE-BASIERTEN FRÜHWARNSYSTEMS FÜR SARS-COV-2

Die Gewinnung epidemiologisch zuverlässiger Daten zur Überwachung und frühzeitigen Steuerung des SARS-CoV-2-Infektionsgeschehens durch molekularbiologische Abwasseranalysen beruht auf einer Reihe sehr komplexer Verfahren, deren Korrektheit und praxisnahe Anwendbarkeit auf jeder Ebene gewährleistet sein muss. Dies gilt für die Verfahren der Probenahme, der Virenaufkonzentrierungsverfahren, der SARS-CoV-2-Nachweisverfahren, der Normalisierung der Messdaten durch Einbeziehung von Wasserqualitätsparametern, der komplexen Modellierung der Daten für Vorhersagen und für den Abgleich mit klinischen Messdaten, bis hin zur Präsentation der WBE-Daten in „Online-tools“ und „Dashboards“ (Bivins et al. 2020; Thompson et al. 2020).

Um aussagekräftige und für Vorhersagen verwendbare Messdaten zu erhalten, müssen die Probenahmeorte und -verfahren je nach lokalen Bedingungen strategisch gut ausgewählt werden. Aufkonzentrierungsverfahren für Viren sind bei der Verwendung großvolumiger Wasserproben essenziell, können aber für die Vielzahl an Viren sehr unterschiedliche Effizienzen aufweisen. Auch in den unterschiedlichen Phasen einer Pandemie sind die vorkommenden Konzentrationen sehr variabel und es wechseln sich hohe mit teilweise sehr geringen Konzentrationen ab, bei denen dem Aufkonzentrierungsschritt für den Nachweis eine besonders hohe Bedeutung zukommt. Die für SARS-COV-2 verwendeten Verfahren sollten daher durch Vergleichstests in unterschiedlichen Laboratorien auf ihre Eignung geprüft und standardisiert werden.

Damit quantitative Nachweise von SARS-CoV-2 im Rahmen der WBE angewandt werden können, muss sichergestellt sein, dass die molekularbiologischen Verfahren (QPCR) hinsichtlich ihrer Spezifität, ihrer Sensitivität und der Verwendung von Kontrollen zuverlässig

und vergleichbar sind. Dabei müssen auch die in Umweltproben häufig vorkommenden inhibitorischen Stoffe (z. B. Huminstoffe), die zu einer Beeinträchtigung der PCR-Verfahren führen können, berücksichtigt werden. Anzustreben sind standardisierte Nachweisverfahren, mit denen auch nach der Pandemie längerfristig eine Überwachung über das Abwasser möglich ist.

Im Idealfall können mit Hilfe einer guten Grundlage an Datensätzen aus dem Abwassermonitoring, Abwasser-technischen Informationen, virologischen Informationen und klinischen Daten durch mechanistische, deterministische und statistische Modellierungen spezifische Vorhersagen auf lokaler Ebene getroffen werden. Für die weitere Verarbeitung und praxisnahe Verwendung der Daten ist eine enge Zusammenarbeit mit Kommunen, Umweltbehörden, Gesundheitsbehörden und Politik erforderlich, um darauf basierende konkrete Maßnahmen zu treffen und ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Da sich die Prävalenz der Viren in klinischen Tests vor allem auf erkrankte Patienten mit deutlichen Symptomen bezieht, während die Messdaten aus dem Abwasser zusätzlich auch die ausgeschiedenen SARS-CoV-2-Genomfragmente klinisch inapparenter Infektionen erfassen, können Infektionen auf lokaler Ebene mit Hilfe der SARS-CoV-2-WBE bis zu sechs Tage früher erkannt werden (Medema et al. 2020). Diese Eigenschaft der WBE-basierten Testung hat auch in Zukunft großes Potenzial eventuell wiederauftretende Infektionen mit dem SARS-CoV-2 oder gefährlicheren Mutanten dieses Virus bereits auf lokaler Ebene frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen, um weitere Infektionen zu verhindern (Medema et al. 2020).

FAZIT

Pandemien hat es schon immer gegeben und durch die zunehmende weltweite Vernetzung wird die Ausbreitung von Krankheitserregern über Kontinente immer schneller und wahrscheinlicher.

Das bekannte, aber wenig beachtete, Potenzial der Virenüberwachung im Abwasser und die Möglichkeiten der Abwasser-basierten Epidemiologie als Informationssystem über die Präsenz von Krankheitserregern in einer Population kann auch für SARS-CoV-2 genutzt werden. Allerdings ist das SARS-CoV-2 ein behülltes Virus mit geringer Umweltresistenz. Hinsichtlich der Etablierung eines Detektionssystems mit Frühwarnfunktion für dieses Virus müssen daher bereits kleinste Veränderungen an ansteigenden oder abnehmenden Konzentrationen der viralen Signale in Wasserproben erkannt werden, um frühzeitig bereits auf lokaler Ebene Maßnahmen für den Gesundheitsschutz zu ergreifen. Dazu müssen die entwickelten Methoden zum Virusnachweis ebenso wie die sehr komplexen weiteren Schritte der digitalen Verarbeitung und Bewertung der Messdaten noch weiter optimiert und standardisiert werden. Erste Abwasseruntersuchungen auf SARS-CoV-2 in den ersten beiden Wellen der Pandemie lieferten bereits interessante umweltvirologische Erkenntnisse für den Gesundheitsschutz, die im weiteren Verlauf der Pandemie sehr nützlich sein können und sicherlich auch in der post-pandemischen Phase weiterhin Anwendung finden werden. ●

LITERATUR

- Ahmed W, Angel N, Edson J et al. (2020): First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Total Environ* 728: 1. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138764.
- Bivins A, North D, Ahmad A et al. (2020): Wastewater-based epidemiology: global collaborative to maximize contributions in the fight against COVID-19. *Environ Sci Technol Lett* 13: 7754–7757. DOI: 10.1021/acs.est.0c02388.
- Brouwer AF, Eisenberg JN, Pomeroy CD et al. (2018): Epidemiology of the silent polio outbreak in Rahat, Israel, based on modeling of environmental surveillance data. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115: 10625–10633. DOI: 10.1073/pnas.1808798115.
- Corman VM, Landt O, Kaiser M et al. (2020): Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill.* 25: 2000045. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045.
- Corpuz MVA, Buonerba A, Vigliotta G et al. (2020): Viruses in wastewater: occurrence, abundance and detection methods. *Sci Total Environ*, 745: 140910. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140910.
- EU Science Hub (2020): SARS-CoV-2 Surveillance employing sewers. EU Umbrella Study – status update. <https://ec.europa.eu/jrc/en>.
- Gundy PM, Gerba CP, Pepper IL (2009): Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food Environm. Virol.* 1: 10. DOI: 10.1007/s12560-008-9001-6.
- Gushgari AJ, Venkatesan AK, Chen J et al. (2019): Long-term tracking of opioid consumption in two United States cities using wastewater-based epidemiology approach. *Water Res.* 161: 171–180. DOI: 10.1016/j.watres.2019.06.003.
- Hellmér M, Paxéus N, Magnus L. et al. (2014): Detection of pathogenic viruses in sewage provided early warnings of hepatitis A virus and norovirus outbreaks. *Appl Environ Microbiol* 80: 6771–6781. DOI: 10.1128/AEM.01981-14.
- ICTV – Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses (2020): The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol* 5: 536–544. DOI: 10.1038/s41564-020-0695-z.
- Kumar M, Patel AK, Shah AV et al. (2020): The first proof of the capability of wastewater surveillance for COVID-19 in India through the detection of the genetic material of SARS-CoV-2. *Sci Total Environ* 746: 141326. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141326.
- Medema G, Heijnen L, Elsinga, R et al. (2020): Presence of SARS-coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in The Netherlands. *Environ Sci Technol Lett* 7: 511–516. DOI: 10.1021/acs.estlett.0c00357.
- Stange C, Ho J, Tiehm A (2021): Nachweisverfahren und Relevanz von SARS-Coronavirus-2 in der Wasserwirtschaft. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 68/1. DOI: 10.3242/kae2021.01.002.
- Thompson JR, Nanchaiah YV, Gu X et al. (2020): Making waves: Wastewater surveillance of SARS-CoV-2 for population-based health management. *Water research* 184: 116181. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116181.
- Westhaus S, Weber FA, Schiwy S et al. (2021): Detection of SARS-CoV-2 in raw and treated wastewater in Germany – suitability for COVID-19 surveillance and potential transmission risks. *Sci Total Environ* 751: 141750. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141750.

Xiao F, Sun J, Xu Y et al. (2020): Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe COVID-19. *Emerg. Infect. Dis.* 26:1920–1922. DOI: 10.3201/eid2608.200681.

Ye Y, Ellenberg RM, Graham KE et al. (2016): Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater. *Environ. Sci. Technol.* 50: 5077–5085. DOI: 10.1021/acs.est.6b00876.

KONTAKT

Dr. Hans-Christoph Selinka
Umweltbundesamt
Fachgebiet III.4 Mikrobiologische Risiken
Corrensplatz 1
141 95 Berlin
Email: hans-christoph.selinka[at]uba.de

[UBA]

Strahlenschutzaspekte bei der Anwendung von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken

Radiation protection aspects when using UV-C radiation for disinfection purposes

ZUSAMMENFASSUNG

In Zeiten der SARS-CoV-2-Pandemie ist es verständlich, dass große Hoffnungen auf Maßnahmen zur Desinfektion insbesondere von Raumluft und Oberflächen gesetzt werden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von UV-C-Strahlung. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist jedoch Vorsicht geboten. Es bestehen Risiken für die Haut und die Augen. Bei der Verwendung von Desinfektionssystemen mit UV-Strahlung muss daher auf die Anwendungssicherheit geachtet werden. Dies gilt auch für aufkommende UV-C-Desinfektionssysteme, die mit kurzwelliger UV-C-Strahlung (Fern-UVC) arbeiten.

MONIKA ASMUS,
SARAH SCHMIDT,
DANIELA WEISKOPF

ABSTRACT

In times of the SARS-CoV-2 pandemic, it is understandable that high hopes are placed on measures for disinfection, especially for indoor air and surfaces. One possibility is the use of UV-C radiation. However, from a radiation protection perspective caution is required. There are risks to the skin and to the eyes. Therefore, when using disinfection systems with UV radiation, attention must be paid to application safety. This also applies to emerging UV-C disinfection systems that use short-wave UV-C radiation (Far-UVC).

EINLEITUNG

Mit der SARS-CoV-2 Pandemie rückt die Anwendung von UV-Strahlung, insbesondere von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken, in den Fokus. Angeboten werden sowohl professionelle Anlagen beispielsweise zur Raumluftdesinfektion als auch eine Vielzahl von Geräten für den Hausgebrauch. Bei der Anwendung von UV-Strahlung bestehen jedoch Risiken für die Haut und für die Augen. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf den mit der Anwendung von UV-Strahlung verbundenen Strahlenschutzaspekten und auf Fragen der Anwendungssicherheit. Die Bewertung derartiger Produkte im Hinblick auf die desinfizierende Wirkung liegt nicht im Aufgabenbereich des BfS. **Das BfS führt keine Produktprüfungen durch und gibt auch keine Empfehlungen ab.**

UV-Strahlung ist der energiereichste Teil der optischen Strahlung. Während UV-A-Strahlung in den sichtbaren Teil der optischen Strahlung („Licht“) übergeht, stellt UV-C-Strahlung den Übergang zur ionisierenden Strahlung dar. Die stärkste natürliche Quelle für UV-Strahlung ist die Sonne. UV-A-Strahlung erreicht fast vollständig die Erdoberfläche. Der größte Anteil der UV-B-Strahlung wird von der Atmosphäre absorbiert. Vor solarer UV-C-Strahlung ist die Erdoberfläche durch die Atmosphäre geschützt. Zur Desinfektion eingesetzte UV-C-Strahlung stammt also immer aus künstlichen Quellen.

Die Aufteilung der UV-Strahlung in Wellenlängenbereiche ist in [TABELLE I](#) dargestellt.



UV-Desinfektionskammer.
Quelle: LeafenLin/iStock/
GettyimagesPlus.

WIE WIRKT UV-STRALHUNG?

Die gesamte UV-Strahlung inklusive UV-C wurde von der Internationalen Agentur für Krebsforschung in die Gruppe 1 „krebs-erregend beim Menschen“ eingestuft. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Strahlung aus natürlichen oder künstlichen Quellen stammt (IARC 2012). Grundlage dieser Einstufung

ist die schädigende Wirkung von UV-Strahlung auf die Erbsubstanz. Wird die Photonen-Energie der UV-Strahlung direkt vom DNA-Molekül absorbiert, können Doppelbindungen gelöst und Einfachbindungen zwischen benachbarten Basen geknüpft werden. Es entstehen sogenannte Cyclobutan-Pyrimidin-Dimere (CPD). Diese Schäden werden häufig als Endpunkt untersucht, wenn es darum geht, UV-bedingte DNA-Schäden nachzuweisen. Durch UV-A-Strahlung werden über die Bildung reaktiver Sauerstoffverbindungen vorwiegend oxidative Basenschäden verursacht. Werden die Schäden von den Zellen nicht oder nicht korrekt repariert, können bleibende Veränderungen der Erbinformationen (Mutatio-

TABELLE I
Einteilung der UV-Strahlung nach Wellenlängen.

BEZEICHNUNG	WELLENLÄNGE
UV-A	400–315 nm
UV-B	315–280 nm
UV-C	280–100 nm

nen) entstehen, die an Tochterzellen weitergegeben werden. Langfristig wird so das Risiko für die Entstehung von Krebszellen erhöht. UV-Strahlung ist der wichtigste Risikofaktor bei der Entstehung von Hautkrebs. Für weitere Informationen zu Wirkungen von UV-Strahlung und zum Schutz insbesondere vor solarer UV-Strahlung siehe https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv_node.html.

Zwar stellt die Haut das größte Zielorgan für UV-Strahlung dar, es müssen jedoch auch die Wirkungen auf die Augen bedacht werden. Je kurzwelliger die Strahlung ist, desto größer ist der Anteil, der von den vorderen Augenmedien wie Hornhaut und Linse absorbiert wird. Bis zur Netzhaut gelangt nur ein kleiner Teil der UV-A-Strahlung. Akut können bei Überschreitung von Schwellenwerten Photokeratitis und Photokonjunktivitis (Entzündungen von Hornhaut und Bindehaut) auftreten. Im Hinblick auf chronische Wirkungen weisen sowohl tierexperimentelle Studien als auch epidemiologische Untersuchungen auf Zusammenhänge zwischen solarer UV-Strahlung und der Entstehung von Linsentrübung (Katarakt, Grauer Star) hin. Die Assoziation zwischen beruflicher Sonnenexposition und Katarakt stellen Modenese und Gobba in einem systematischen Review dar (Modenese, Gobba 2018).

Ein zentraler Punkt bei der Wirkung von UV-Strahlung ist die Eindringtiefe in den Zielgewebe. Sie bestimmt, welche Strukturen erreicht und gegebenenfalls geschädigt werden. Die Eindringtiefe von UV-C-Strahlung ist deutlich geringer als die von UV-B- und UV-A-Strahlung. Allerdings hängt es nicht nur von den Wellenlängen der UV-Strahlung und von individuellen Bedingungen wie Hauttyp und Dicke der Epidermis ab, welche Zellschichten tatsächlich erreicht werden, sondern auch von der applizierten Dosis. Je höher die Dosis, desto eher können Anteile der Strahlung auch tieferliegende Zellschichten wie die Basalschicht der Epidermis erreichen, in der Stammzellen lokalisiert sind.

EINSATZ VON UV-C- STRAHLUNG ZU DESINFIZIERUNGSZWECKEN

UV-C-Strahlung wird bereits seit Jahrzehnten beispielsweise zur Desinfektion von Oberflächen, Trinkwasser oder Raumluft eingesetzt. Auch einige Lebensmittel werden mit Hilfe von UV-C-Strahlung desinfiziert.

Die gleichen Effekte auf die Erbsubstanz, die zur Einstufung der IARC geführt haben, ermöglichen die desinfizierende Wirkung auf Mikroorganismen und Viren. Wird ihre DNA oder RNA ausreichend geschädigt, führt dies zu Abtötung oder Inaktivierung. Nukleinsäuren absorbieren mit ihren Basen im UV-Bereich von circa 180 nm bis 300 nm. Ein Absorptionsmaximum liegt bei circa 260 nm. Zu Desinfektionszwecken wird daher vor allem UV-C-Strahlung mit Wellenlängen von 200 nm bis 280 nm genutzt, derzeit in der Regel Wellenlängen um 254 nm.

Entscheidend für die Wirkung von UV-Strahlung ist jedoch die Dosis. Die Bestrahlungsstärke muss groß genug und die Bestrahlungszeit lang genug sein, um Mikroorganismen und Viren im gewünschten Umfang abtöten oder inaktivieren zu können. Die hierfür erforderlichen Dosen hängen von der Empfindlichkeit der Zielorganismen ab und können sehr unterschiedlich sein. Ausreichende Dosis vorausgesetzt, ist die desinfizierende Wirkung von UV-C-Strahlung jedoch durch zahlreiche Publikationen belegt. Auch die Wirksamkeit gegenüber Corona-Viren wird beschrieben (Darnell et al. 2004; Buonanno et al. 2020). Mittlerweile liegen auch Studien speziell zu SARS-CoV-2 vor (Kitagawa et al. 2020; Heilingloh et al. 2020).

DESINFIZIERUNGSSYSTEME/ ANWENDUNGSSZENARIEN

Im Hinblick auf die bei der Desinfektion mit UV-C-Strahlung eingesetzten Systeme beziehungsweise Anwendungsszenarien ergeben sich bezüglich der Sicherheit folgende Unterscheidungen:

- 1 Geschlossene Systeme, bei denen praktisch keine UV-Strahlung austritt. Hierzu gehören geschlossene Kammern, in denen Gegenstände desinfiziert werden sollen, UV-C-Quellen, die beispielsweise im Inneren von Förderbändern oder Rolltreppen verbaut sind oder Raumluftdesinfektionsgeräte und raumlufttechnische Anlagen, bei denen die Luft durch eine geschlossene Einheit geführt wird, in der sich die UV-C-Quelle befindet. Aus Sicht des Strahlenschutzes sind solche Systeme grundsätzlich unbedenklich. Allerdings sollten seitens des Herstellers möglichst konkrete Informationen über gegebenenfalls austretende Rest-UV-Strahlung bereitgestellt werden. Generell gilt: Die Sicherheit von Produkten liegt in der Verantwortung des Herstellers.
- 2 Systeme, bei denen der Austritt von UV-C-Strahlung beabsichtigt ist, die jedoch nur in Abwesenheit von Personen aktiv sind beziehungsweise sein sollen. Betrachtet man Fälle, bei denen Schäden an Augen oder Haut durch UV-C-Strahlung verursacht wurden, handelt es sich meistens um Unfälle und Unachtsamkeit. Oft wurde nicht bemerkt, dass eine UV-C-Quelle aktiv ist. So erlitten in einem südkoreanischen Geflügelschlachthof 26 Arbeiter Augenschäden, weil eine UV-Desinfektionslampe nicht ordnungsgemäß ausgeschaltet war (Kwon et al. 2016). In einem anderen Fall trugen zwei Personen während ihrer Arbeit an einer Sterilbank im Labor länger anhaltende Entzündungen an Hornhaut und Bindehaut (Photokeratokonjunktivitis) sowie Erytheme davon. Sie hatten nicht bemerkt, dass die

INFOBOX
UV-C-Lampentypen.

UV-C-LAMPENTYPEN

- Zur Erzeugung von UV-C-Strahlung kommen Niederdruck- und Hochdruck-Quecksilberlampen, gepulste Xenon-Lampen, Excimer-Lampen und zukünftig auch Licht emittierende Dioden (LEDs) zum Einsatz. Je nach Lampentyp können sehr spezifische Wellenlängen im UV-C-Bereich abgestrahlt oder auch zusätzlich Wellenlängen im sichtbaren und infraroten Bereich emittiert werden. Durch den Einsatz von sogenannten optischen Filtern kann bei Bedarf, je nach Einsatzzweck oder Anwendung, der ausgesandte Wellenlängenbereich beschränkt werden.
- Die **Niederdruck-Quecksilberlampe** war bis dato der gebräuchlichste Lampentyp, um UV-C-Strahlung zu erzeugen. Die Hauptemission mit mehr als 90 Prozent liegt hier bei Wellenlängen von 253,7 nm. Zusätzlich werden jedoch auch andere Wellenlängen im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Bereich abgegeben.
- **Hochdruck-Quecksilberlampen** sind im Gegensatz zur Niederdruck-Quecksilberlampe keine Linienstrahler, sondern breitbandige UV-C-Strahler. Dieser Lampentyp ist ebenfalls eine sehr intensive Strahlungsquelle. Ihr Einsatzgebiet liegt meist im industriellen Bereich, beispielsweise in der Wasseraufbereitung.
- Bei den gepulsten **Xenon-Lampen** handelt es sich um Lampen, die einen kurzen Impuls mit breitem Spektrum aussenden, das den ultravioletten, sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich umfasst. Durch entsprechende Filterung des Spektrums emittieren diese Lampen hauptsächlich UV-C-Strahlung. Sie werden zum Beispiel in Krankenhäusern eingesetzt, um Oberflächen in Operationssälen oder anderen Räumen zu behandeln.
- Zu den neueren Lampentypen, die zur UV-C-Desinfektion eingesetzt werden, gehört die **Excimer-Lampe**. Diese wird auch als Fern-UV-C-Lampe bezeichnet. Hierbei handelt es sich um quasimonochromatische Lichtquellen, das heißt, es wird in schmalen Bändern UV-C-Strahlung einer bestimmten Wellenlänge emittiert. Bei einer Krypton-Chlor-Excimer-Lampe beispielsweise liegt die Wellenlänge bei 222 nm, bei einer Argon-Chlor-Excimer-Lampe bei 175 nm.
- Im Rahmen eines Programms des Bundesforschungsministeriums (BMBF) „Advanced UV for Life“ werden **UVC-LED** entwickelt, die ebenfalls im Fern-UV-C-Bereich emittieren. Zukünftig ist weiterhin der Einsatz von LEDs zu erwarten, die im Wellenlängenbereich von 265 nm bis 270 nm emittieren.

UV-C-Desinfektionslampe der Sterilbank aktiv war (Zaffina et al. 2012). Derartige Unfälle sollten unbedingt vermieden werden. Einschlägige Vorschriften des Arbeitsschutzes sind zu beachten.

- 3 Systeme, bei denen beabsichtigt ist, dass sich Menschen während der Desinfektion im Raum aufhalten. Ein frühes Beispiel für eine Raumluft-Desinfektion mit UV-C-Strahlung bei Anwesenheit von Personen beschreibt die TUSS-Studie (Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study), die im Zeitraum von 1997–2004 in den USA in Obdachlosenheimen durchgeführt wurde. Ziel war die Eindämmung von Tuberkulose. Vor Installation der UV-C-Lampen wurde berechnet, in welcher Höhe sie angebracht werden müssen und wie hoch ihre Leistung sein darf, damit die im Raum befindlichen Menschen nur mit einer als ungefährlich betrachteten Dosis exponiert werden. Abgefragt wurden in der Studie akute Augen- und Hautsymptome, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontrolle und Exposition festgestellt wurden (Nardell et al. 2008). Allerdings zeigt diese Studie auch, wie wichtig ausreichende Abstände zur Strahlungsquelle sind. Nachdem in einem Raum statt normaler Betten Stockbetten aufgestellt wurden, traten Fälle von Photokeratokonjunktivitis und Photodermatitis auf. Ursache war, dass in den oberen Betten liegende Personen wegen des zu geringen Abstands zur Strahlungsquelle überexponiert wurden (Brickner, Vincent 2013).

Bei dieser Art von Systemen rät das BfS zur Vorsicht. Akute Effekte auf Augen und Haut müssen vermieden und das Risiko für Langzeitwirkungen muss minimiert werden, beispielsweise durch Montage der Strahlungsquelle an hohen Decken. Eine einfache Lösung „von der Stange“ gibt es hier nicht. Installationen müssen fachgerecht und auf die jeweiligen Anforderungen und die Gegebenheiten vor Ort zugeschnitten sein und

es sind Messungen der Bestrahlungsstärke erforderlich, die eine Abschätzung der Risiken für die im Raum befindlichen Personen ermöglichen.

Bei UV-Strahlung emittierenden Anlagen an Arbeitsplätzen müssen Anforderungen des Arbeitsschutzes beachtet und eingehalten werden.

In der Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) ist der Emissionsgrenzwert für UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 180–400 nm festgelegt. Der Grenzwert für die effektive Bestrahlung H_{eff} liegt bei 30 J m⁻² (Tageswert 8 Stunden). Dieser Wert ist als Expositionsgrenzwert in der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung – OstrV verankert (OstrV 2010). Er beruht auf Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP 2010). Bei einer Gefährdungsbeurteilung müssen auch die Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten, die besonders gefährdeten Gruppen angehören, berücksichtigt werden. Das Thema UV-C-Desinfektionsgeräte wird derzeit auch im Bereich der Normung diskutiert.

Für Fragen zum Thema „Sichere Anwendung von UV-Bestrahlungsgeräten im beruflichen Umfeld“ sind die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) oder die Berufsgenossenschaften geeignete Ansprechpartner.

Zum Thema Raumluftdesinfektion siehe zum Beispiel:

- o Umweltbundesamt (UBA) Kommission Innenraumlufthygiene: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-innenraumlufthygiene>

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Antworten auf häufig gestellte Fragen zur Lüftung: https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Coronavirus/FAQ/03-FAQ_node.html

IST KURZWELLIGE UV-C-STRALUNG („FERN-UV-C“) SICHER?

Angesichts der SARS-CoV-2-Pandemie gewinnt die Vorstellung einer durchgehenden Raumluftdesinfektion mit UV-C-Strahlung bei Anwesenheit von Personen an Attraktivität. Dabei wird nicht nur an Krankenhäuser, Hotels und Restaurants, Flughafen-terminals, Bahnhöfe, öffentliche Gebäude, öffentliche Verkehrsmittel oder industriell genutzte Räume wie Fabrikhallen gedacht, sondern auch an Schulen und Kindertagesstätten. Allerdings sind die gesundheitlichen Risiken, die mit UV-C-Strahlung verbunden sein können, bekannt. Dass Wellenlängen um 254 nm nicht harmlos sind, sondern DNA-Schäden in der Epidermis der Versuchstiere verursachen, belegen aktuelle tierexperimentelle Studien (Buonanno et al. 2016, 2017; Narita et al. 2018). Wie also könnten desinfizierende Wirkungen auf Mikroorganismen und Viren einerseits und Sicherheit für Menschen – oder zumindest Risikominderung – andererseits verbunden werden? Die Hoffnung ruht hier auf Lampen, die kurzwellige UV-C-Strahlung im Bereich um 222 nm („Fern-UV-C“) abgeben. Postuliert wird, dass die Eindringtiefe in der Haut und den Augen so gering ist, dass praktisch keine Schäden in lebenden Zellen entstehen, während die desinfizierende Wirkung auf Bakterien und Viren, die sehr viel kleiner als menschliche Zellen sind, weiterhin gegeben ist. Die desinfizierende Wirkung von Fern-UV-C-Strahlung bestätigen mehrere Arbeiten (Buonanno et al. 2017, 2020; Welch et al. 2018; Kitagawa et al. 2020; Narita et al. 2020).

Aktuelle Studien zur Sicherheit – überwiegend tierexperimentelle Untersuchungen an Nacktmäusen – belegen tatsächlich die Unterschiede zur herkömmlichen 254-nm-Strahlung an der Haut (u. a. Buonanno 2016, 2017; Narita 2018; Yamano 2020). Meistens wurden akute Effekte wie DNA-Schäden (Induktion von CPD) untersucht. Es wurde gezeigt, dass bei der Exposition mit kurzwelligem UV-C – abhängig von der Dosis – keine oder nur wenige Schäden in der Epidermis entstehen. Die Ergebnisse einer in der Arbeitsgruppe Brenner an der Columbia-Universität laufenden tierexperimentellen Langzeitstudie zum Endpunkt Hautkrebs stehen zum aktuellen Zeitpunkt noch aus.

In einer Probandenstudie erfolgte die Exposition mit Dosen von 500–5000 J/m² (222 nm-UV-C), ohne dass Erytheme (Hautrötungen) auftraten. Nur bei der höchsten Dosis fand sich eine zwar geringe, aber signifikante Zunahme von DNA-Schäden (CPD) verglichen mit nicht-bestrahlter Haut (Fukui et al. 2020). In einer Pilotstudie an Probanden hingegen wurden in Stanzbiopsien DNA-Schäden (CPD) nach Exposition mit einer 222-nm-Quelle nachgewiesen, bei zwei Probanden auch in der Basalschicht der Epidermis. Die Autoren führen diese Effekte allerdings auf die längerwelligen Anteile des von der Lampe emittierten Spektrums zurück (Woods 2014). Auch in anderen Untersuchungen wird auf die Bedeutung des abgegebenen UV-Spektrums hingewiesen, beziehungsweise auf die Notwendigkeit, längerwellige Anteile herauszufiltern.

Nur wenige Untersuchungen befassen sich mit Wirkungen von 222 nm UV-C auf die Augen. In tierexperimentellen Untersuchungen wurden bei Exposition mit 222 nm – anders als bei 254 nm – keine Hinweise auf akute Effekte wie Keratitis oder Schäden an der Hornhaut gefunden (Kaidzu et al. 2019; Yamano et al. 2020).

Insgesamt lassen die vorliegenden Ergebnisse dennoch derzeit keine befriedigende Einschätzung der Risiken für die Allgemeinbevölkerung zu. Sie ermöglichen beispielsweise keine belastbaren Erkenntnisse über

Wirkungen regelmäßiger oder chronischer Exposition an verletzter oder geschädigter Haut oder auf empfindliche Personengruppen wie Kinder. Die Ergebnisse einer laufenden Langzeituntersuchung bleiben abzuwarten. Zudem spielt das abgegebene Spektrum der Desinfektionslampen eine wichtige Rolle. In den meisten der aktuellen Studien wurden UV-C-Quellen verwendet, bei denen die längerwelligen Anteile des UV-C-Spektrums konsequent herausgefiltert wurden. Ist dies nicht der Fall, muss davon ausgegangen werden, dass zumindest die längerwelligen Anteile der UV-C-Strahlung Schäden setzen können. Das BfS rät daher auch bei Geräten, die mit „Fern-UV-C“-Quellen arbeiten, zur Vorsicht. Selbstverständlich müssen auch bei diesen Wellenlängen die Anforderungen des Arbeitsschutzes eingehalten werden.

ANWENDUNGEN VON KURZWELLEM UV-C IN DER MEDIZIN

Auch in der Medizin ruhen Hoffnungen auf den neuen „Fern-UV-C“-Quellen, beispielsweise bei der Bekämpfung multiresistenter Keime direkt am Patienten. Anders als bei der Exposition der Allgemeinbevölkerung wird hier jedoch durch die behandelnde Ärztin oder den behandelnden Arzt im Einzelfall eine Abwägung von Vorteilen und Risiken vorgenommen. Das ist ein entscheidender Unterschied gegenüber Szenarien, bei denen die Allgemeinbevölkerung exponiert wird. Anwendungsfelder werden beispielsweise in der Dermatologie, der Chirurgie und der Krankenhaushygiene gesehen. Mit der Entwicklung geeigneter UV-C-LED-Lampen und der Untersuchung von Wirkungen der Fern-UV-C-Exposition in der Haut befasst sich das vom Bundesforschungsministerium (BMBF) geförderte Projekt „VIMRE – Verhinderung der Infektion mit multiresistenten Erregern über in-vivo UVC-Bestrahlung (<https://www.innovation-strukturwandel.de/de/mit-uvc-licht-gegen-krankheitserre->

[ger-2755.html](https://www.innovation-strukturwandel.de/de/mit-uvc-licht-gegen-krankheitserre-ger-2755.html)). Tierversuche zur Verhinderung einer Infektion von oberflächlichen Wunden mit Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus Bakterien (MRSA) wurden bereits mit positiven Ergebnissen durchgeführt (Ponnaya et al. 2018).

ANWENDUNGEN VON UV-C-STRahlungsQUELLEN IM PRIVATEN BEREICH

Verstärkt durch die Corona-Pandemie expandiert das Marktangebot an UV-C-Entkeimungslampen als Heim-Geräte für Jedermann. Verkauft werden beispielsweise Desinfektionsstäbe zur Oberflächen-desinfektion, Desinfektionskammern für Gegenstände wie Mobiltelefone sowie die unterschiedlichsten Geräte zur Raumluft-desinfektion in praktisch allen Preisklassen. Sofern es sich nicht um geschlossene Systeme handelt, aus denen keine UV-Strahlung austritt, gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

- 1 Das Gerät emittiert tatsächlich UV-Strahlung (meist mit der Hauptemission bei 254 nm) mit einer zu Desinfektionszwecken ausreichenden Bestrahlungsstärke. Dann bestehen Risiken für die Augen und die Haut.
- 2 Das Gerät ist unwirksam, weil es nur wenig oder gar keine UV-Strahlung emittiert. Dann besteht das Risiko darin, dass sich die Anwendenden unter Umständen in falscher Sicherheit wiegen und auf wirksame Methoden des Infektionsschutzes verzichten.

Leider ist es für Laien kaum möglich, eins vom anderen zu unterscheiden. Aus Sicht des Strahlenschutzes sollten Verbraucherinnen und Verbraucher jedoch davon ausgehen, dass tatsächlich UV-Strahlung emittiert wird. Das führt zu folgenden Empfehlungen:

EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE

- Schützen Sie sich selbst und Dritte vor schädlicher UV-Strahlung. Setzen Sie UV-Strahlung nicht am Körper ein. Bestrahlen Sie weder die Augen noch die Haut.
- Nutzen Sie offene Geräte, also Geräte, die UV-Strahlung in den Raum abgeben, vorsorglich nur dann, wenn sich keine Personen im Raum aufhalten.
- Richten Sie bei der Desinfektion von Oberflächen frei bewegliche Geräte nur auf die zu desinfizierende Fläche.
- Für die Sicherheit seiner Produkte ist der Hersteller verantwortlich. Beachten Sie die Herstelleranweisungen zur sicheren Handhabung.
- **UV-Bestrahlungsgeräte sind kein Spielzeug. Sie gehören nicht in Kinderhände.**

Weitere Hinweise zum Thema finden Sie unter <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-alltag-technik/uv/uv-c-strahlung/uv-c-desinfektion.html?nn=12011418> und <https://www.bfs.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BfS/DE/2020/0414-uv-corona.html>. ●

LITERATUR

Brickner PW, Vincent RL (2013): Ultraviolet Germicidal Irradiation Safety Concerns: A Lesson from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study - Murphy's Law Affirmed. *Photochemistry and Photobiology* 88: 819–821. DOI: 10.1111/php.12034.

Buonanno M, Stanislaukas M, Ponnaiya B et al. (2016): 207-nm UV Light – A Promising Tool for Safe Low-cost Reduction of Surgical Site Infections. II: In vivo Safety Studies. *PLOS ONE* 11 (6): e0138418. DOI: 10.1371/journal.pone.0138418.

Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D et al. (2017): Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. *Rad Res* 187: 493–501. DOI: 10.1667/RR0010CC.1.

Buonanno M, Welch D, Shuryak I et al. (2020): Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci Rep* 10: 10285. DOI: 10.1038/s441598-020-67211-2.

Darnell MER, Subbarao K, Feinstone SM et al. (2004): Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of Virological Methods* 121: 85–91. DOI: 10.1016/j.jviromet.2004.06.006.

Fukui T, Niikura T, Oda T et al. (2020): Exploratory clinical trial on the safety and bactericidal effect of 222-nm ultraviolet C irradiation in healthy humans. *PLOS One* 15(8): e0235948. DOI: 10.1371/journal.pone.0235948.

Heilingloh CS, Aufderhorst UW, Schipper L et al. (2020): Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation. *American Journal of Infection Control* 48: 1273–1275. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.07.031.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP (2010): Statement on Protection of workers against ultraviolet radiation. *Health Physics* 99(1): 66–87. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181d85908.

International Agency for Research on Cancer (IARC) (2012): IARC Monograph Radiation Volume 100D, A review of human carcinogens. ISBN 978 92 832 1321.

Kaidzu S, Sugihara K, Sasaki M et al. (2019): Evaluation of acute corneal damage induced by 222-nm and 254-nm ultraviolet light in Sprague-Dawley rats. *Free Radic Res* 53(6): 611–617. DOI: 10.1080/10715762.2019.1603378.

Kitagawa H, Nomura T, Nazmu T et al. (2020): Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2. *American Journal of Infection Control* S0196-6553(20) 30809-9. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.08.022.

Kwon DH, Moon JD, Park WJ et al. (2016): Case series of keratitis in poultry abattoir workers induced by exposure to the ultraviolet disinfection lamp. *Annals of Occupational and Environmental Medicine* 28: 3. DOI: 10.1186/s40557-015-0087-7.

Modenese A, Gobba F (2018): Cataract frequency and subtypes involved in workers assessed for their solar radiation exposure: a systematic review. *Acta Ophthalmol* 96: 779–788. DOI: 10.1111/aos.13734.

Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PW et al. (2008): Safety of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Air Disinfection for Room Occupants: Results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Report* 123(1): 52–60. DOI: 10.1177/003335490812300108.

Narita K, Asano K, Morimoto Y et al. (2018): Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses. *PLOS ONE* 13(7): e0201259. DOI: 10.1371/journal.pone.0201259.

Narita K, Asano K, Naito K et al. (2020): Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *Journal of Hospital Infection* 105: 459–467. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.03.030.

Ponnaiya B, Buonanno M, Welch D et al. (2018): Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo. *PLOS ONE* 13(2): e0192053. DOI: 10.1371/journal.pone.0192053.

OStrV-Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV) vom 19.07.2010 (BGBl. I Nr. 38 vom 26.07.2010, 960-967).

Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0025> (Zugriff am: 01.02.2021).

Welch D, Buonanno M, Grilj V et al. (2018): Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Scientific Reports* 8: 2752–2758. DOI: 10.1038/s41598-018-21058.

Woods JA, Evans E, Forbes PD et al. (2014): The effect of 222-nm UVC phototesting on healthy volunteer skin: a pilot study. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 31: 159–166. DOI: 10.1111/phpp.12156.

Yamano N, Kunisada M, Kaidzu S et al. (2020): Long-term Effects of 222-nm ultraviolet radiation C Sterilizing Lamps on Mice Susceptible to Ultraviolet Radiation. *Photochemistry and Photobiology* 96: 853–862. DOI: 10.1111/php.13269.

Zaffina S, Camisa V, Lembo M et al. (2012): Accidental Exposure to UV Radiation Produced by Germicidal Lamp: Case Report and Risk Assessment. *Photochemistry and Photobiology* 88(4): 1001–1004. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2012.01151.x.

KONTAKT

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachgebiet WR 4 – Optische Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: masmuss@bfs.de

[BfS]

Der BfR-Corona-Monitor: Risikowahrnehmung in Zeiten von COVID-19

The BfR-Corona-Monitor: Risk Perception in Times of COVID-19

ZUSAMMENFASSUNG

Im Frühjahr 2020 konfrontierte die Coronavirus-Pandemie die Bevölkerung in Deutschland mit einer gänzlich neuen Situation, die mit vielen Unsicherheiten verbunden ist. Um das Geschehen einschätzen und darauf reagieren zu können, ist es unter anderem für öffentliche Institutionen, Politik und Medien wichtig zu wissen, wie die Bevölkerung mit der Situation umgeht und wie sie darüber denkt. Wie sehr sehen die Menschen ihre Gesundheit bedroht? Wie groß ist ihre Sorge um die wirtschaftliche Situation? Welche persönlichen Maßnahmen werden umgesetzt und wie werden die Bund-Länder-Vereinbarungen bewertet? Um Antworten auf solche und ähnliche Fragen zu geben, konzipierte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) eine wiederkehrende Umfrage: den BfR-Corona-Monitor. Dieser ermöglicht seit dem 24. März 2020 Einblicke in das Verhalten und die Einstellungen der Bevölkerung und bildet langfristig deren Entwicklung ab.

JOHANNA GEPPERT,
DR. ANN-KATHRIN
LINDEMANN,
DR. FABIAN KIRSCH

ABSTRACT

In spring 2020, the coronavirus pandemic confronted the population in Germany with a completely new situation that was associated with many uncertainties. To assess and respond to what is happening, it is essential for public institutions, politicians and the media, among others, to know how the population is dealing with the situation and what they think about it. To what extent do people see their health threatened? How concerned are they about the economic situation? What personal measures have they implemented and how do they evaluate the agreements between the Federation and the Länder? To provide answers to these and related questions, the German Federal Institute for Risk Assessment (BfR) designed a recurring survey: the BfR-Corona-Monitor. Since March 24, 2020, it has provided insights into the behaviour and attitudes of the population and maps their development over time.

METHODIK

Die Daten des BfR-Corona-Monitors werden im Rahmen bevölkerungsrepräsentativer Telefonbefragungen erhoben. Es handelt sich dabei um eine Dual-Frame-Stichprobe nach den Standards des Arbeitskreises Deutscher Marktforschungsinstitute (ADM), bei der zu 80 Prozent Festnetznummern und zu 20 Prozent Mobilfunknummern in die Stichprobe einfließen. Um der sich schnell ändernden Situation zu Beginn gerecht zu

werden, wurden wöchentlich jeweils 500 zufällig ausgewählte Personen in deutschen Haushalten ab 14 Jahren befragt. Als sich die Entwicklungen verlangsamten, wurde die Erhebung ab Juni 2020 alle zwei Wochen mit jeweils 1.000 Personen durchgeführt. Die Daten werden nach jeder Befragung ausgewertet und als digitale Informationsbroschüre auf der Website des BfR zur Verfügung gestellt (https://www.bfr.bund.de/de/bfr_corona_monitor-244782.html, Zugriff am: 05.02.2021).



Quelle: mathisworks /
GettyImages.

Aufgrund der Dynamik der Pandemie wird der Fragebogen des BfR-Corona-Monitors stets den aktuellen Entwicklungen angepasst und um neu aufkommende Aspekte erweitert. Insbesondere die Frage nach der Akzeptanz der vom Bund und den Ländern angeordneten Maßnahmen zur Eindämmung des Coronavirus wird nahezu jede Woche an die geltenden Regeln angepasst. Die Frage umfasst einerseits Maßnahmen wie die Kontaktbeschränkung, die seit Beginn der Krise gilt, beinhaltet andererseits aber auch kurzfristig auftretende Maßnahmen wie das Feuerwerksverbot zu Silvester.

Viele Fragen sind über die Dauer der Erhebung jedoch auch unverändert geblieben und erlauben somit Rückschlüsse über den zeitlichen Verlauf. Ein Beispiel hierfür ist die subjektive Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, sich über verschiedene Übertragungswege, wie Lebensmittel oder die Nähe zu anderen Menschen, mit dem Virus zu infizieren. Bei

anderen Themenschwerpunkten des BfR-Corona-Monitors, wie etwa dem Informationsverhalten der Bevölkerung, wurde die Art der Fragestellung im Laufe der Erhebung kontinuierlich weiterentwickelt. Um hierüber detaillierte Aussagen treffen zu können, wurden die Befragten in den ersten Erhebungswochen zunächst gebeten, die Quellen offen zu benennen, über die sie sich konkret über das Geschehen zum Coronavirus informierten. Die Antworten wurden gruppiert und in den Erhebungen ab Juni in geschlossenen Antwortkategorien abgefragt. Später, seit Ende Oktober 2020, wurde dieser Aspekt weiter ausdifferenziert, indem die Häufigkeit erhoben wurde, mit der Personen verschiedene Informationskanäle nutzen. Auf diese Weise lässt sich das Informationsverhalten umfangreich abbilden. Die genauen Fragen der jeweiligen Erhebungen können auf der Website des BfR eingesehen werden (<https://www.bfr.bund>).

de/de/bfr_corona_monitor-244782.html, Zugriff am: 05.02.2021).

Die zusätzliche Erhebung soziodemografischer Daten ermöglicht weiterhin, Unterschiede zwischen verschiedenen Personengruppen zu untersuchen. So veröffentlicht das BfR die Ergebnisse einer jeden Befragung ebenfalls aufgeschlüsselt nach Altersgruppen, was beispielsweise gezielte Aussagen über die altersbedingte Risikogruppe der Generation 60+ zulässt.

ERGEBNISSE DER STUDIENREIHE

Zu Beginn der Pandemie gab es nur sehr wenige Informationen zu den Auswirkungen des neuartigen Coronavirus. Daher war von besonderem Interesse, wie die Bevölkerung die Auswirkungen des Virus für die eigene Gesundheit einschätzte. Die Ergebnisse der ersten Wochen zeigten, dass die Bevölkerung die gesundheitlichen Auswirkungen durch eine Erkrankung mit dem Coronavirus nur etwa halb so häufig als hoch einschätzte wie die einer Krebserkrankung. Gleichzeitig wurden die Auswirkungen einer Corona-Er-

krankung aber etwa zwei- bis dreimal so häufig als hoch eingeschätzt wie die einer Grippe. Die wichtigsten Informationsquellen, die die Befragten offen nannten, waren klassische Medien, wie Fernsehen, Internet, Printmedien oder Radio. Daneben wurden jedoch auch private und berufliche Kontakte sowie – insbesondere in den ersten Wochen der Befragung im März und April – das Robert Koch-Institut aufgezählt.

AKZEPTANZ DER MASSNAHMEN INSGESAMT HOCH

Als im März die ersten Maßnahmen zur Eindämmung des Coronavirus eingeführt wurden, stießen diese beim Großteil der Bevölkerung auf hohe Zustimmung. Jeweils über 90 Prozent der Befragten bewerteten das Schließen von Kultureinrichtungen, das Absagen von Veranstaltungen, die Einschränkung der Reiseaktivität, die Grenzkontrollen und die Kontaktbeschränkungen als angemessen (ABBILDUNG 1). Aber auch weitere Maßnahmen wie die Maskenpflicht, die im April 2020 die bestehenden Maßnahmen ergänzte, wurden von der überwiegenden Mehrheit der Bevölkerung mitgetragen.

ABBILDUNG 1
Angemessenheit der Maßnahmen nach Einführung „Wie beurteilen Sie die folgenden Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung des neuartigen Coronavirus?“.



Antwortoptionen: „angemessen“, „nicht angemessen“

Angaben in Prozent. Basis: 501–507. ^a Daten vom 24. März 2020 ^b Daten vom 21. April 2020.

MASSNAHMEN IM JAHRESVERLAUF

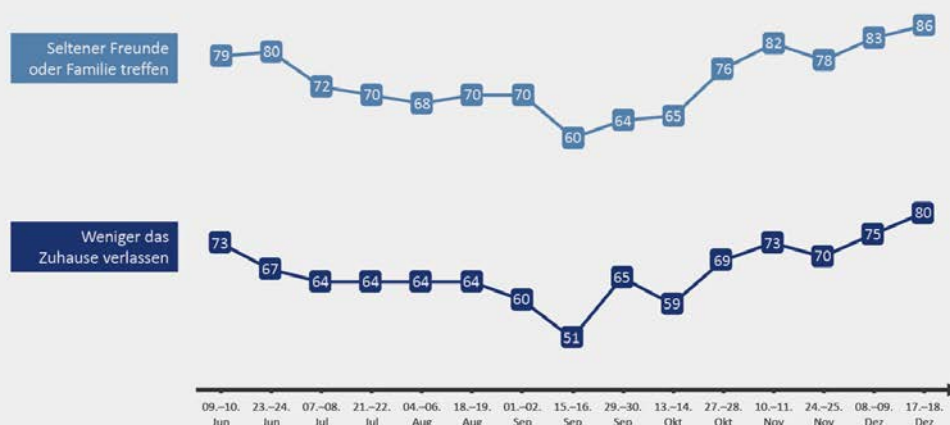
Einige Maßnahmen, wie etwa das Schließen von Kultureinrichtungen oder der Gastronomie, waren über den Sommer und teilweise bis in den Herbst hinein gelockert oder ganz ausgesetzt worden. Während die Akzeptanz für dauerhafte Vorgaben wie die Abstandsregelung oder das Tragen von Masken konstant hoch blieb, fiel die Zustimmung beim erneuten Inkrafttreten einiger Maßnahmen im zweiten „Teil-Lockdown“ Anfang November 2020 deutlich geringer aus. Bewerteten Ende März fast alle Befragten (96 %) die Schließung von Kultureinrichtungen als angemessen, waren es Anfang November nur noch knapp die Hälfte (49 %). Die Ergebnisse des BfR-Corona-Monitors zeigen auch, dass die gängigen Schutzmaßnahmen im Sinne der AHA-Formel – Abstand, Hygiene, Alltagsmaske – seit Sommer 2020 recht konstant von 88 bis 98 Prozent der Bevölkerung umgesetzt werden. Andere Maßnahmen zeigten einen deutlich dynamischeren Verlauf. So ließ sich etwa beobachten, dass die Reduktion sozialer Kontakte und das Vermeiden von Außer-Haus-Aktivitäten über den Sommer und Spätsommer tendenziell

von weniger Menschen umgesetzt wurden (ABBILDUNG 2). Nach einem starken Anstieg der Infektionszahlen im Spätherbst 2020 wurden diese Maßnahmen dann jedoch wieder vermehrt aufgenommen.

MEHRHEIT DER BEVÖLKERUNG IST NICHT BEUNRUHIGT

Im Zeitverlauf zeigt sich weiterhin, dass seit dem Sommer tendenziell mehr Menschen beunruhigt über die Auswirkungen der Pandemie auf zentrale Lebensbereiche sind. Waren Anfang Juni 10 Prozent über ihre psychische Gesundheit beunruhigt, waren es Ende November mit 23 Prozent mehr als doppelt so viele. Zum gleichen Zeitpunkt waren 34 Prozent besorgt über ihre sozialen Beziehungen, 24 Prozent über ihre wirtschaftliche Situation und 23 Prozent über ihre körperliche Gesundheit. Trotz der erkennbaren Steigerung im Zeitverlauf zeigen die Ergebnisse im Umkehrschluss, dass ein Großteil der Bevölkerung bezüglich dieser Themen nicht beunruhigt ist. Auch fühlen sich die meisten gut über das Geschehen informiert und schätzen die Medienberichterstattung insgesamt als angemessen ein.

ABBILDUNG 2
Schutzmaßnahmen der Befragten im Zeitverlauf
„Welche der folgenden Maßnahmen haben Sie ergriffen, um sich oder Ihre Familie vor dem neuartigen Coronavirus zu schützen?“



Mehrfachauswahl.

Angaben in Prozent. Basis: 997–1.037 Befragte. Bestandteil des Fragebogens seit Juni 2020.

AUSBLICK

Der BfR-Corona-Monitor wird im Jahr 2021 weitergeführt und begleitet somit auch das künftige Geschehen während der COVID-19-Pandemie. Die gewonnenen Daten werden detailliert ausgewertet und unterstützen so – zusammen mit den Ergebnissen anderer, nationaler und internationaler Umfragen zum Corona-Ausbruchsgeschehen – die Erstellung eines Lagebilds zur Risikowahrnehmung und zum Risikoverhalten sowie eine daran angepasste Krisen- und Risikokommunikation. ●

KONTAKT

Johanna Geppert
Bundesinstitut für Risikobewertung
Fachgruppe Krisenprävention und -koordination
Max-Dohrn-Str. 8–10
15089 Berlin
E-Mail: johanna.geppert[at]bfr.bund.de

[BfR]

Eine umweltmedizinische Begründung für die Bewertungsklassen und Beurteilungs-Schwellenwerte des Luftqualitätsindex (LQI) des Umweltbundesamtes

The assessment classes and threshold values of the air quality index of the German Environment Agency – an environmental health approach

ZUSAMMENFASSUNG

Die App „Luftqualität“ und das Luftportal des Umweltbundesamtes (UBA) stellen aktuelle Messwerte für die gesundheitsschädlichen Luftschadstoffe Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃) zur Verfügung. Zur gesundheitlichen Einschätzung werden diese Werte in Bewertungsklassen eingeteilt und darauf basierende Gesundheitstipps für Aktivitäten im Freien gegeben. Der Artikel erläutert die gesundheitlichen Begründungen für die Bewertungsklassen, wie auch ihre Beurteilungs-Schwellenwerte. Fünf Klassen wurden gebildet, sie reichen von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“. Sie beziehen ähnlich wie der Europäische Luftqualitätsindex bestehende Ziel- und Grenzwerte sowie Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) mit ein. Da eine gesundheitliche Wirkungsschwelle für diese Luftschadstoffe nicht bekannt ist, erfolgt die Einteilung zum Teil präventionsorientiert pragmatisch. Die Beurteilung umfasst sowohl kurzfristige als auch langfristige gesundheitliche Wirkungen. Es ist beabsichtigt die Schwellenwerteinteilung zu aktualisieren, sobald die Überarbeitung der WHO-Luftqualitätsrichtlinien abgeschlossen ist.

MYRIAM TOBOLLIK,
HANS-GUIDO MÜCKE,
WOLFGANG STRAFF

ABSTRACT

The app „Luftqualität“ and the air quality portal of the UBA provide current information on the concentrations of the harmful air pollutants particulate matter (PM₁₀), nitrogen dioxide (NO₂) and ozone (O₃). In addition, these values are classified into assessment classes and health advises for outdoor activities are given for every class. This article explains the rationale for the air quality index, as well as the assessment threshold values. The five classes range from „very good“ to „very poor“, and are based on a European Air Quality Index that incorporates existing threshold, limit and WHO guideline values. However, due to the lack of an effect threshold for these air pollutants, the classifications are in part pragmatic in a prevention-oriented manner. The assessment includes both short-term and long-term health effects. It is intended to update the air quality indices as soon as the revision of the WHO air quality guidelines is completed.

AUSGANGSLAGE – BEDARF AN INFORMATIONEN ZUR ORTSSPEZIFISCHEN EINORDNUNG DER LUFTHYGIENISCHEN SITUATION

Aktuelle Informationen zur Luftqualität im Lebensumfeld sind für viele Bürgerinnen und Bürger von Interesse, was sich in einer

Vielzahl von Anfragen an das Umweltbundesamt (UBA) zu dem Thema zeigt. Um diesem Interesse nachzukommen, hat das UBA eine elektronische Plattform für einen Luftbelastungsindex (LQI) sowohl für seine Internetseite <https://www.umweltbundesamt.de/berechnungsgrundlagen-luftqualitaets-index> als auch für die Android- und iPhone-App „Luftqualität“ entwickeln lassen. Die Android- und iOS-App „Luftqualität“ wurde



Quelle: andreas160578 /
pixabay.com.

im August 2019 veröffentlicht. Mit diesen Angeboten werden stündlich aktualisierte Daten für die gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffe Feinstaub (PM_{10}), Stickstoffdioxid (NO_2) und Ozon (O_3) zur Verfügung gestellt. Die Daten stammen von über 400 Luftmessstationen aus den 16 Bundesländern. Es handelt sich um Messstationen des städtischen Hintergrunds, verkehrsnahe Messstellen und Hintergrundmessstellen im ländlichen Bereich. Weitere Informationen zum Datenangebot und der App sind bei Minkos (2020) und Kessinger, Mues (2020) zu finden.

Mit der Entwicklung des LQI für die Anwendung einer App „Luftqualität“ und der Neufassung des Luftportals auf der UBA-Internetseite entstand der Bedarf, die

aktuell gemessenen Konzentrationen der drei Luftschadstoffe und deren erwartbare Entwicklung aus gesundheitlicher Sicht Bewertungskategorien zuzuordnen, eine zusammenfassende Bewertungsmatrix zu erstellen und Empfehlungen für ein gesundheitsbezogenes Verhalten zu geben. Auch der Empfang von Warnhinweisen kann in der App aktiviert werden, um bei schlechter Luftqualität schnell informiert zu sein.

Der Anspruch, Informationen über die aktuelle Luftqualität mit einer gesundheitlichen Bewertung in Verbindung mit Empfehlungen für ein an die Luftqualitätssituation angepasstes Verhalten zu geben, führte dazu, dass die Beurteilung sowohl kurzfristige als auch langfristige gesundheitliche Wirkungen abdecken soll. Der Grund dafür ist, dass

der Mensch nicht nur in dieser einen vergangenen Stunde (auf die sich der angegebene Messwert bezieht) den Luftschadstoffen ausgesetzt war, sondern sich vermutlich auch in einem mehr oder weniger langen zukünftigen Zeitraum dort aufhalten wird. Es muss davon ausgegangen werden, dass Wohn-, Arbeits- und Erholungsorte für die sich interessierenden Personen von besonderem Interesse sind. Daher wäre im Sinne der Prävention eine ausschließlich momentane Betrachtung einzelner Konzentrationswerte nicht lebensnah und wenig hilfreich für die Nutzenden. In den Empfehlungen für ein gesundheitsbezogenes Verhalten wird zudem darauf hingewiesen, dass sich kurzfristige und langfristige Konsequenzen hinsichtlich zu erwartender gesundheitlicher Folgen unterscheiden können (siehe auch WHO 2013). Dies betrifft insbesondere die Bewertung einer „mäßigen“ Luftqualität.

Für gesundheitliche Wirkungen umfasst „kurzfristig“ einen Zeitraum von wenigen Stunden, das heißt die Wirkungen könnten auch sofort auftreten. Im Gegensatz zu den Langzeitgrenzwerten der Luftqualitätsrichtlinie (Jahresgrenzwert), die genau ein Kalenderjahr betrachten, kann „langfristig“ aus umweltmedizinischer Sicht hingegen einen Zeitraum von Monaten bis Jahren umfassen. Hintergrund ist, dass die Wirkungen sich zeitraumbezogen nicht immer klar voneinander trennen lassen, weil wiederholte kurzfristige Wirkungen auch einen nachhaltigen, langfristigen Effekt bedeuten können und umgekehrt auch die meist chronischen Wirkungen einer Dauerbelastung in kurzfristigen Belastungsepisoden eine besondere Bedeutung entfalten können (z. B. länger anhaltende bis dauerhafte Verschlechterung einer bestehenden Grunderkrankung). Das bedeutet beispielsweise, dass der Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 als Orientierung herangezogen wird, wenn es um die Charakterisierung des Übergangs von „guter“ zu „mäßiger“ Luftqualität geht, auch wenn diese Beurteilungsschwelle erst im Jahresmittel relevant wird. Würde nur die momentane

Wirkung im Augenblick der Datenabfrage einer solchen Luftbelastung betrachtet, könnte diese noch nicht als „mäßig“ bewertet werden. Diese Bewertung ergibt sich erst aus der oben schon erwähnten Bedeutung auch für die generelle und längerfristige Luftqualität am interessierenden Ort. Deshalb wurden für die Festlegung der Schwellenwerte sowohl kurzfristige als auch langfristige Grenz- und Zielwerte sowie WHO-Empfehlungen in Kombination verwendet. Eine grafische Darstellung der den LQI bestimmenden Werte einer Woche im Januar 2021 für eine Messstation (hier Berlin, Mariendorfer Damm) ist als Beispiel in **ABBILDUNG 1** dargestellt. Die Bewertung erfolgt stündlich anhand der Konzentrationen der drei Schadstoffe. Die gesundheitlich bedeutsamste der drei gemessenen Konzentrationen bestimmt das Gesamtergebnis zum jeweiligen Abrufzeitpunkt. Es findet weder eine Summenbildung, noch eine andere Verrechnung der Konzentrationen einzelner Luftschadstoffe untereinander statt. Fehlt an einer Station mindestens einer der für den LQI betrachteten drei Messwerte, wird dies durch einen unvollständigen Kreis angezeigt. Diese Information ist von Bedeutung, denn an einer solchen Station basieren die Bewertung und Verhaltensempfehlungen auf den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Daten (Kessinger, Mues 2020), also auf dann nur einer beziehungsweise zwei der drei Konzentrationen. Hierdurch kann unter Umständen fälschlicherweise eine bessere Luftqualität ausgewiesen werden, als tatsächlich vorherrscht. Dennoch bietet eine Bewertung aufgrund eingeschränkter vorhandener Daten einen Vorteil für die Nutzenden.

Der LQI sollte den heutigen Ansprüchen der Nutzenden gerecht werden, die in den meisten Fällen mit einem Smartphone oder einem Tablet ausgestattet sind und somit erwarten, aktuelle Messergebnisse für den jeweiligen Standort angezeigt zu bekommen. Hier sind besonders die dem interessierenden Standort umliegenden Messstationen von Bedeutung, da deren Messergebnisse

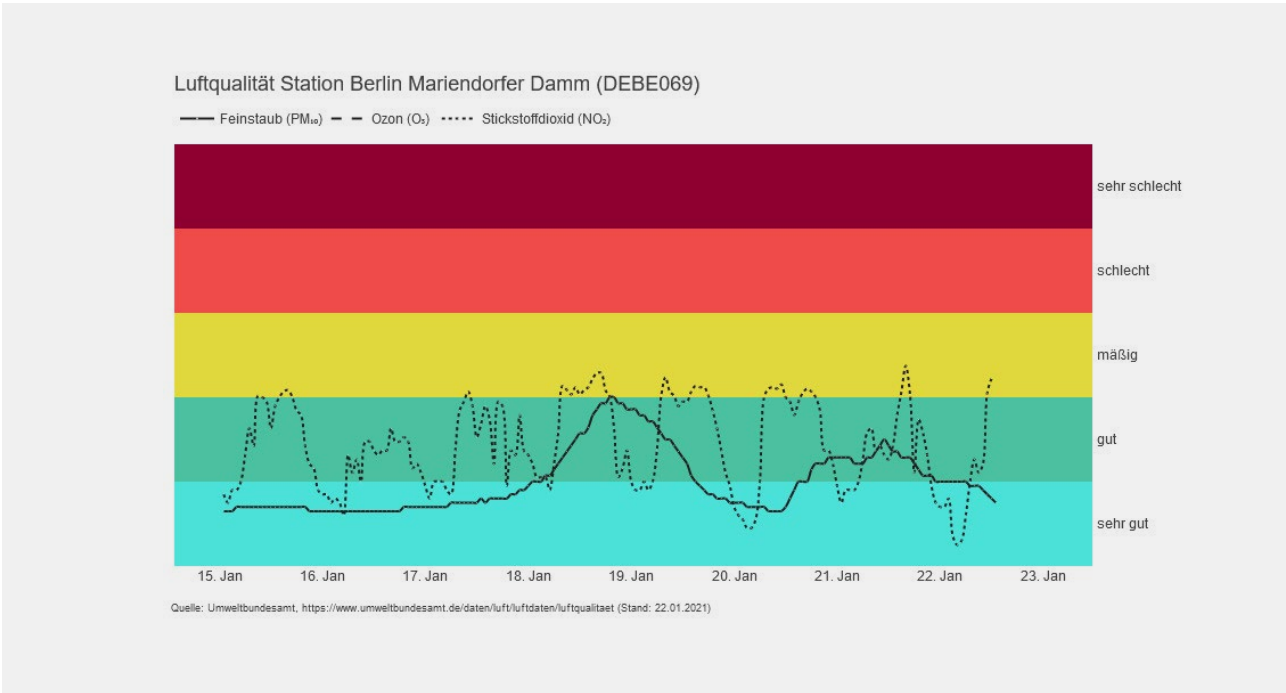


ABBILDUNG 1
LQI Berlin, Mariendorfer
Damm vom 15. bis
23. Januar 2021.

mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von gesundheitlicher Bedeutung für die Nutzen-
den sind. Ein Screenshot der App ist in
ABBILDUNG 2 dargestellt.

Im Folgenden werden der Hintergrund zu
den gesundheitsbezogenen Schwellenwer-
ten, die Basis der fünfstufigen LQI-Klassen-
einteilung sowie die Einzelbetrachtungen
für die drei Luftschadstoffe und ihre abge-
leiteten Schwellenwerte zum Schutz der
menschlichen Gesundheit vorgestellt.

HINTERGRUND DER GESUNDHEITSBEZOGENEN LQI-SCHWELLENWERTE

Bei den bewerteten Luftschadstoffkonzentra-
tionen handelt es sich um eine Mischung ver-
schiedener Parameter und Beurteilungszeit-
räume. Die NO_2 - und Ozon-Konzentrationen
basieren auf 1-Stundenmittelwerten, PM_{10}
auf einem gleitenden 24-Stundenmittelwert.
In TABELLE 1 sind die LQI-Bewertungsklassen
für die drei Luftschadstoffe angegeben.

Den Schwellen liegen präventiv-medizini-
sche Überlegungen zugrunde, die die Gesamt-
situation der Luftqualität berücksichtigen.

TABELLE 1
LQI-Bewertungsklassen.

BEWERTUNGSKLASSE	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1h-MW	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h-MW	O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1h-MW
Sehr gut	0–20	0–20	0–60
Gut	> 20–40	> 20–35	> 60–120
Mäßig	> 40–100	> 35–50	> 120–180
Schlecht	> 100–200	> 50–100	> 180–240
Sehr schlecht	> 200	> 100	> 240
MW: Mittelwert.			

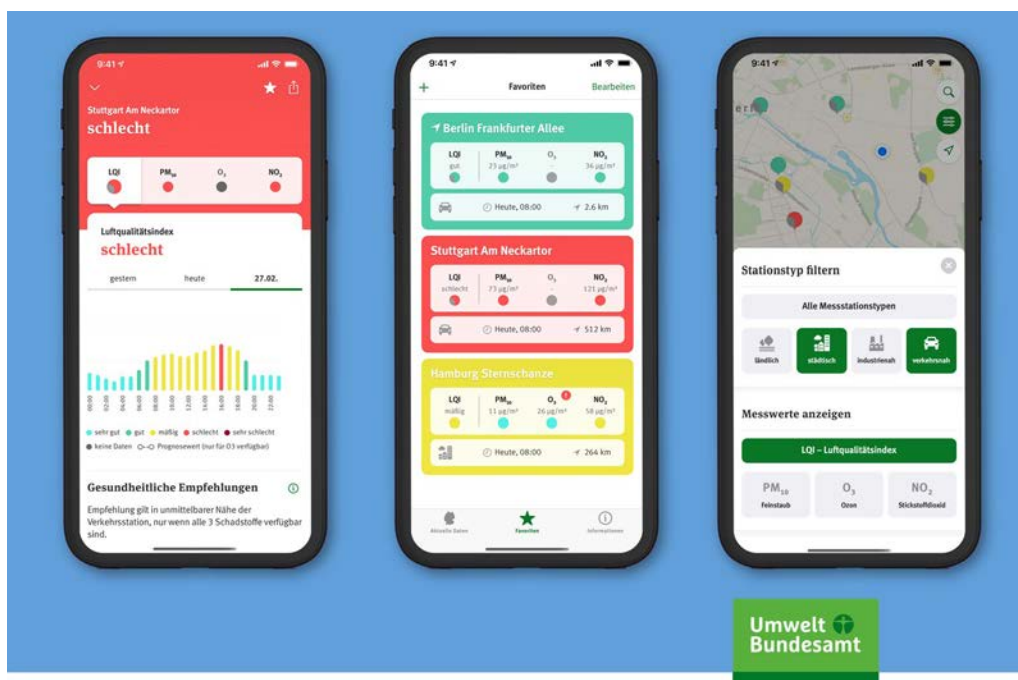


ABBILDUNG 2
 Screenshots der
 UBA-App Luftqualität.

Das heißt, die ausgewählten Schadstoffe stellen nicht nur Teilbewertungsparameter dar, sondern sie dienen jeweils auch als Indikator für einen insgesamt schädlichen Schadstoffmix. Die hier gesetzten LQI-Schwellenwerte orientieren sich an gängigen Beurteilungskonzentrationen der europäischen und nationalen Luftreinhalte (EU RL 2008/50/EG und 39. BImSchV), welche aber unabhängig vom eigentlichen Bezug (Stunden-, Tages- oder Jahresmittel) der etablierten Grenz-, Ziel- und Empfehlungswerte Anwendung finden.

Da es laut derzeitiger Studienlage aus gesundheitlicher Sicht keine Wirkungsschwelle für PM_{10} , NO_2 und Ozon gibt (U.S. EPA 2019; WHO 2013), handelt es sich bei den gewählten Schwellenwerten zum Teil um präventionsorientiert pragmatische Festsetzungen. Dies betrifft insbesondere die Schwellen in den niedrigen Konzentrationsbereichen.

Der Gesamtansatz der Bestimmung der LQI-Schwellenwerte orientiert sich an den Präventionsempfehlungen der Luftgüteleitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO 2006) und am Europäischen Luftqualitätsindex (Fraser 2016). Die Ver-

haltensempfehlungen gelten für die Gesamtbevölkerung, inklusive empfindlicher Personengruppen.

BASIS DER FÜNFSTUFIGEN LQI-KLASSENEINTEILUNG

Für den UBA-LQI wurde eine fünfstufige Klasseneinteilung für die gesundheitliche Beurteilung gewählt (sehr gut, gut, mäßig, schlecht und sehr schlecht). Der Ursprung dieser fünfstufigen Index-Skala basiert auf einem EU-Projekt der Jahre 2015/16 zur Entwicklung eines europaweit harmonisierten Luftqualitätsindex, durchgeführt von der Britischen Umweltinstitution RICARDO-AEA (Fraser 2016; Loader 2016).

Auf der Grundlage einer Erhebung von unterschiedlichen zu der damaligen Zeit bereits existierenden Luftqualitätsindizes und eines Workshops schuf das Projekt einen Prototyp für einen European Air Quality Index (EAQI, früher EU-AQI), der anschließend in und mit verschiedenen EU-Staaten getestet wurde, so auch in Deutschland. Das UBA war seinerzeit in die Testung des EAQI eingebunden. Der EAQI gab den Nutzenden

eine Information über die Konzentrationen der gemessenen Luftschadstoffe (Ozon, NO₂, Particulate Matter PM₁₀/PM_{2,5} und ggf. Schwefeldioxid) und die Zuordnung in eine der fünf Klassen sowie eine einfache gesundheitliche Einordnung mit gesundheitsbezogenen Verhaltensempfehlungen (Fraser 2016; Loader 2016). Das UBA übernahm bei seiner Entwicklung des LQI für Deutschland die Farbgebung des europäischen Fünfstufenansatzes; seine Klasseneinteilung unterscheidet sich für NO₂ und Ozon. Zwischenzeitlich wurde von der Europäischen Umweltagentur (EEA) ein sechsstufiger EAQI eingeführt, der auf der Internetseite zu diesem Index zur Verfügung gestellt wird (EEA 2020). Ein wichtiger Unterschied in der Klasseneinteilung im Vergleich der beiden aktuellen Indices (UBA-LQI und EAQI) besteht darin, dass die EEA auf eine Kategorie „sehr gut“ verzichtet, dafür eine Kategorie „fair“ (nach „gut“) einfügte und noch die Kategorie „extrem schlecht“ („extremely poor“, nach „sehr schlecht“/„very poor“) einführte. Die Index-Klassen des LQI entsprechen in ihrer Farbgebung den Klassen des EAQI bis auf das Fehlen der Klasse „extrem schlecht“. „Extrem schlecht“ beschreibt eine Luftqualität, die so gesundheitsschädlich ist, dass selbst für die nicht empfindliche Allgemeinbevölkerung eine Reduzierung der Aktivitäten in der Außenluft empfohlen werden muss. In Deutschland ist eine solch

extrem schlechte Luftqualität seit geraumer Zeit nicht mehr aufgetreten und aktuell auch nicht zu erwarten, weswegen auf die Klasse verzichtet wurde.

Außerdem wurden für den LQI die Angaben zur gesundheitlichen Einschätzung und zu den gesundheitsbezogenen Verhaltensempfehlungen weiterentwickelt und angepasst. An einigen Stellen wurden auch Anpassungen bei der Schwellenwertsetzung vorgenommen. Die Begründungen für die gesundheitlichen Empfehlungen des LQI vom UBA sind in **TABLELE 2** zusammengefasst.

ERLÄUTERUNG DER ABGELEITETEN SCHWELLENWERTE

FEINSTAUB (PM₁₀):

Zeitbezug des Messwerts: Dargestellt und zur gesundheitlichen Beurteilung herangezogen wird der stündlich gleitende Tagesmittelwert der Feinstaubfraktion PM₁₀ in µg/m³.

Grenz- und Richtwerte: Für PM₁₀ gilt ein EU-Grenzwert von 50 µg/m³ als Tagesmittelwert, der nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (EU RL 2008/50/EG). Dieser Wert wird auch in den Luftgüteleitlinien der WHO als Tagesmittelwert mit

INFOBOX: ANFORDERUNGEN AN DIE BEWERTUNGSMATRIX UND DIE SCHWELLENWERTFESTSETZUNG

- möglichst einfach zu vermitteln, verständlich auch für Laien
- möglichst einfach zu operationalisieren
- **eine** Einschätzung (sehr gut bis sehr schlecht) für die drei Luftschadstoffe
- primär zur Beurteilung der kurzfristigen Messwerte einer Messstelle; die Bewertungsmatrix wie auch die Schwellenwerte sollen aber auch für eine mit dieser Messstelle vergleichbare, sich in der Nähe befindliche städtische oder ländliche Region oder Situation gelten (z. B. vergleichbare innerstädtische Verkehrsbelastung oder ländlicher Raum)
- die Einschätzung gilt zum aktuellen Zeitpunkt (um ca. 1 Stunde verzögert), kann aber eine darüber hinausgehende längerfristige Relevanz haben (z. B. bei Wohnort oder Arbeitsstelle)
- das Vorsorgeprinzip wird angewendet, Berücksichtigung von vulnerablen Gruppen
- zusätzlich gilt für die Empfehlungen: Primum non nocere (keinesfalls Schaden anrichten, Abwägung der Risiken der Verhaltensempfehlungen)

maximal drei Überschreitungen empfohlen (WHO 2006). Zudem gibt es einen EU-Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert (EU RL 2008/50/EG) sowie einen Luftgütleitwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert (WHO 2006).

Schwellenwerte und Klassen: Die Klasse bester Luftqualität von PM_{10} „sehr gut“ reicht von 0 bis $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In diesem Bereich werden

keine kurzfristigen negativen gesundheitlichen Wirkungen erwartet. Der Schwellenwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ basiert auf den Luftgütleitlinien der WHO im Jahresmittel. Die Klasse „gut“ umfasst Werte von über 20 bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Schwellenwerte von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind auch präventionsorientiert pragmatisch gesetzt, um Schwellen zwischen der Klasse „sehr gut“, „gut“ und „mäßig“ darzustellen. Bei Werten über 35 und bis $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Klasse „mäßig“) kann langfristig

TABELLE 2
 Begründung für die gesundheitlichen Empfehlungen in Bezug auf die LQI-Bewertungsklassen.

BEWERTUNGS-KLASSE	GESUNDHEITLICHE EMPFEHLUNGEN ZU DEN LQI-WERTEN	BEGRÜNDUNG
sehr gut	Beste Voraussetzungen, um sich ausgiebig im Freien aufzuhalten.	Bei einer sehr guten Außenluftqualität sind nicht nur keine nachteiligen Wirkungen zu erwarten, sondern es kann als gesundheitlich förderlich angesehen werden, sich der Außenluft gegenüber zu exponieren.
gut	Genießen Sie Ihre Aktivitäten im Freien, gesundheitlich nachteilige Wirkungen sind nicht zu erwarten.	Bei einer guten Außenluftqualität sind keine nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen zu erwarten. Vor dem Hintergrund des Überwiegens der gesundheitsförderlichen Aspekte von Aktivitäten im Freien wird hier darauf hingewiesen, dass auch wenn die Luftqualität nicht optimal ist, trotzdem eine Aktivität im Freien für alle Personengruppen empfohlen werden kann.
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, sodass Effekte bei empfindlichen Personengruppen (z. B. Asthmatikern) wahrscheinlicher werden.	Die Bezeichnung „mäßige Luftqualität“ bezeichnet vor dem Hintergrund einer gesundheitlichen Bedeutung einen Bereich, in dem erste gesundheitliche Wirkungen auftreten können, sofern bestimmte zusätzliche Voraussetzungen gegeben sind (Mitglied einer empfindlichen Gruppe, Kombinationseffekte und längerfristige Exposition) (WHO 2013).
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 Menschen auf die Luftbelastung reagieren.	Bei schlechter Luftqualität werden insbesondere bei Vorliegen zusätzlicher Faktoren (Mitglied einer empfindlichen Gruppe, Kombinationseffekte und längerfristige Exposition) negative gesundheitliche Effekte wahrscheinlich. Zudem sind kurzfristige Effekte von Luftschadstoffgemischen bei empfindlichen Personen möglich.
sehr schlecht	Negative gesundheitliche Auswirkungen können auftreten. Wer empfindlich ist oder vorgeschädigte Atemwege hat, sollte körperliche Anstrengungen im Freien vermeiden.	Bei sehr schlechter Luftqualität werden auch ohne das Vorliegen zusätzlicher Faktoren (Mitglied einer empfindlichen Gruppe, Kombinationseffekte und längerfristige Exposition) negative gesundheitliche Effekte wahrscheinlich (WHO 2013). Sehr schlechte Luftqualität ist in Deutschland selten. Deswegen wurde davon abgesehen, innerhalb dieser Kategorie noch einmal zu differenzieren. Sollte sich in der Zukunft jedoch eine deutliche Verschlechterung der Luftqualität abzeichnen, so müsste ab einer weiteren Schwelle generell vor dem Aufenthalt im Freien ohne Schutzmaßnahmen gewarnt werden.

von negativen gesundheitlichen Wirkungen ausgegangen werden, wie sie auch in den WHO-Luftgüte Interim Targets 2 und 3 beschrieben werden (WHO 2006). Bei Werten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert EU) sind auch kurzfristige negative gesundheitliche Effekte möglich. Die Klasse „schlecht“ reicht von über 50 bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Werte über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind als dauerhaft sehr schädlich anzusehen. Auch kurzfristige Effekte sind wahrscheinlich. Diese Klasse ist mit „sehr schlecht“ betitelt.

STICKSTOFFDIOXID (NO_2):

Zeitbezug des Messwerts: Dargestellt und zur gesundheitlichen Beurteilung herangezogen wird der 1-Stundenmittelwert von NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grenz- und Richtwerte: Für NO_2 empfiehlt die WHO hinsichtlich einer kurzzeitig hohen Belastung einen Leitwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stundenmittelwert (WHO 2006). Dieser Wert ist auch mit 18 zulässigen Überschreitungen in der EU-Richtlinie festgeschrieben (EU RL 2008/50/EG). Für die Langzeitbelastung hat die WHO einen Luftgüteleitwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert empfohlen, der auch als EU-Grenzwert übernommen wurde (EU RL 2008/50/EG).

Schwellenwerte und Klassen: Unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird die Luftqualität bezogen auf NO_2 als „sehr gut“ eingeschätzt. Über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ können langfristig negative gesundheitliche Effekte nicht ausgeschlossen werden, weshalb dies die Schwelle zur nächsten Klasse dar-

stellt (die WHO empfiehlt, gesundheitliche Effekte ab dem Wert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zu berechnen (WHO 2006). Der Bereich von über 20 bis $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ umfasst die Klasse „gut“. Der Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde als Schwelle gesetzt, ab der nicht mehr von guter Luftqualität insbesondere bei längerfristiger Belastung ausgegangen werden kann. Die Klasse „mäßig“ reicht von über 40 bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Da es sich bei NO_2 auch um einen Indikator für Luftverschmutzung infolge des Straßenverkehrs handelt, können Konzentrationen über 40 und bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ darauf hinweisen, dass eine Belastung mit mehreren (durch den Verkehr verursachten) Luftschadstoffen vorliegt, die in der Summe für empfindliche Individuen von gesundheitlicher Relevanz sind. Die Klasse „schlecht“ reicht von über 100 bis $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind gesundheitliche Wirkungen insbesondere bei empfindlichen Personen sowie durch Kombinationswirkungen von NO_2 mit anderen Luftschadstoffen wahrscheinlich, wenn diese Konzentration über längere Zeit bestehen bleibt. Zudem hat eine Arbeitsgruppe der Kommission Reinhaltung der Luft im Verein Deutscher Ingenieure einen gesundheitsbezogenen Wert für NO_2 bei einstündiger Exposition von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorgeschlagen (Kraft 2004). Über $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ muss von einer auch bei kurzfristiger Exposition gesundheitsschädlichen Belastung ausgegangen werden, weswegen ab dieser Schwelle die Luftqualität als „sehr schlecht“ bezeichnet wird.

ÜBERSICHT SCHWELLENWERT-BEGRÜNDUNG FÜR FEINSTAUB

$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à	Empfehlung (Jahresmittelwert) der WHO-Luftgüteleitlinie (WHO 2006)
$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à	präventionsorientiert pragmatisch gesetzter Schwellenwert
$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à	Empfehlung (Tagesmittelwert) der WHO-Luftgüteleitlinie (WHO 2006) Grenzwert (Tagesmittelwert) der EU (EU RL 2008/50/EG)
$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à	doppelte Überschreitung des Grenzwertes (Tagesmittelwert); aus gesundheitlicher Sicht nicht mehr akzeptabel, Schutzmaßnahmen sinnvoll; präventionsorientiert pragmatisch gesetzter Schwellenwert

OZON (O₃):

Zeitbezug des Messwerts: Dargestellt und zur gesundheitlichen Beurteilung herangezogen wird der 1-Stundenmittelwert von Ozon in µg/m³.

Ziel- und weitere Werte: Für Ozon wurden in der EU-Richtlinie zur Luftqualität und sauberen Luft (EU RL 2008/50/EG) ein Zielwert von 120 µg/m³ (höchster 8-Stundenmittelwert pro Tag, der höchstens an 25 Kalendertagen im Jahr überschritten werden darf, gemittelt über drei Jahre), ein zukünftiges, langfristiges Ziel von 120 µg/m³ (8-Stundenmittelwert) ohne Überschreitungen, ein Informationsschwellenwert von 180 µg/m³ (1-Stundenwert) und ein Alarmschwellenwert von 240 µg/m³ (1-Stundenwert) festgeschrieben (EU RL 2008/50/EG).

Schwellenwerte und Klassen: Die beste Luftgüteklasse „sehr gut“ reicht von 0 bis 60 µg/m³. Die Schwelle von 60 µg/m³ wurde präventionsorientiert pragmatisch gewählt, weil bis 60 µg/m³ auch bei langfristiger Belastung keine gesundheitlichen Wirkungen

von Ozon zu erwarten sind. Die Klasse „gut“ reicht von über 60 bis 120 µg/m³. 120 µg/m³ ist der EU-Zielwert (8-Stundenmittelwert). Von über 120 bis 180 µg/m³ reicht die Klasse „mäßig“. Die Informationsschwelle von 180 µg/m³ stellt damit den Schwellenwert zur Klasse „schlecht“ dar, welche von über 180 bis 240 µg/m³ reicht. Über 240 µg/m³ beginnt die Klasse „sehr schlecht“. Hierbei handelt es sich um die Alarmschwelle (1-Stundenmittelwert).

AUSBLICK

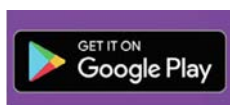
Die Wissensbasis des vorliegenden LQI umfasst den Erkenntnisstand Dezember 2016. Es ist geplant, den LQI an aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse anzupassen und weiterzuentwickeln. Eine Aktualisierung ist geplant, sobald die derzeit in Überarbeitung befindlichen Luftgüteleitwerte der WHO vorliegen. ●

ÜBERSICHT SCHWELLENWERT-BEGRÜNDUNG FÜR STICKSTOFFDIOXID

20 µg/m ³ à	Kurzfristig unbedenklich, Studien gehen von gesundheitlichen Effekten ab 20 µg/m ³ bei langfristiger Belastung aus (WHO 2006)
40 µg/m ³ à	Empfehlung (Jahresmittelwert) der WHO-Luftgüteleitlinie Grenzwert (Jahresmittelwert) der EU (EU RL 2008/50/EG); präventionsorientiert pragmatisch gesetzter Schwellenwert bei längerfristiger Belastung
100 µg/m ³ à	Gesundheitsbezogener Wert für NO ₂ bei einstündiger Exposition, vorgeschlagen von der Arbeitsgruppe der Kommission Reinhaltung der Luft im Verein Deutscher Ingenieure (Kraft 2004)
200 µg/m ³ à	Empfehlung (1-Stundenmittelwert) der WHO-Luftgüteleitlinie Grenzwert (1-Stundenmittelwert) der EU (EU RL 2008/50/EG)

ÜBERSICHT SCHWELLENWERT-BEGRÜNDUNG FÜR OZON

60 µg/m ³ à	präventionsorientiert pragmatisch gesetzter Schwellenwert
120 µg/m ³ à	Langfristiges Ziel und Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit (8-Stundenmittelwert) (EU RL 2008/50/EG)
180 µg/m ³ à	Informationsschwelle (EU RL 2008/50/EG)
240 µg/m ³ à	Alarmschwelle (EU RL 2008/50/EG)



LITERATUR

39. BImSchV – Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 02.08.2010. http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_39/index.html (Zugriff am: 05.02.2021).

EEA – European Environment Agency (2020): European Air Quality Index. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index> (Zugriff am: 29.12.2020).

EU RL 2008/50/EG – Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.5.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050> (Zugriff am: 05.02.2021).

Fraser A, Loader A, Pang Y et al. (2016): Services to develop an EU Air Quality Index. EU AQI Final report – Issue 1.1. Im Auftrag der European Commission DG ENV. Ricardo Energy & Environment. Harwell.

Kessinger S, Mues A (2020): Luftqualität für unterwegs: Die UBA-App „Luftqualität“. UMID 1: 59–64. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umid-012020> (Zugriff am: 08.02.2021).

Kraft M, Eikmann T, Kappos A et al. (2004): Wirkungen von Stickstoffdioxid auf die menschliche Gesundheit – Ableitung eines gesundheitsbezogenen Kurz- und Langzeitwertes. Umweltmed. Forsch. Prax. 9: 65–77.

Loader A, Pang Y, Stewart R et al. (2016): Services to develop an EU Air Quality Index and a Specific Source Pollution (Smog) Index First Interim report – Issue Number 1.1. Im Auftrag der European Commission DG ENV. Ricardo Energy & Environment. Harwell.

Minkos A, Dauert U, Feigenspan S et al. (2020): Luftqualität 2019 Vorläufige Auswertung. Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt.

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency (2019): Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019). Washington, DC.

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. Kopenhagen.

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2006): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Geneva.

KONTAKT

Dr. Wolfgang Straff
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 „Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung“
Corrensplatz 1 | 14195 Berlin
E-Mail: [wolfgangstraff\[at\]uba.de](mailto:wolfgangstraff[at]uba.de)

[UBA]

Infraschall von Windenergieanlagen

Infrasound from wind turbines

ZUSAMMENFASSUNG

Windenergieanlagen sind für eine nachhaltige Energieversorgung wichtig. Bei der Errichtung und dem Betrieb dieser Anlagen stehen die gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall häufig im Fokus öffentlicher Diskussionen. Geräuschemessungen und Lärmwirkungsstudien zeigen, dass die Infraschallpegel von Windenergieanlagen unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegen. Nach dem derzeitigen Stand der Forschung gibt es keine Evidenz dafür, dass durch Infraschall von Windenergieanlagen gesundheitliche Beeinträchtigungen verursacht werden. Allerdings liegen bisher nur die Ergebnisse von Querschnittstudien und experimentellen Untersuchungen vor. Es sollten daher epidemiologische Langzeitstudien in der Umgebung von Windenergieanlagen durchgeführt werden, um mögliche bislang nicht bekannte Langzeiteffekte zu identifizieren. Das Umweltbundesamt (UBA) beabsichtigt, im Jahr 2021 ein vorbereitendes Forschungsvorhaben für eine solche Untersuchung zu vergeben.

THOMAS MYCK,
JÖRDIS WOTHGE

ABSTRACT

Wind turbines are important for a sustainable energy supply. The health effects of infrasound are often the focus of public discussion during the construction and operation of these installations. Noise measurements and noise impact studies indicate that infrasound levels from wind turbines are well below the human perception threshold. According to the current state of research, there is no evidence that infrasound from wind turbines causes adverse health effects. However, so far only the results of cross-sectional studies and experimental investigations are available. Therefore, long-term epidemiological studies in the vicinity of wind turbines should be carried out to identify possible long-term effects not yet known. The German Environment Agency intends to award a preparatory research project for such an investigation in 2021.

EINLEITUNG

Die Windenergie ist für das Gelingen der Energiewende von zentraler Bedeutung. Windenergieanlagen sind ein Hauptelement einer nachhaltigen Energieversorgung und tragen zum Erreichen der Klimaschutzziele bei. Die Anzahl der Windenergieanlagen nimmt in Deutschland weiter zu, auch wenn die Ausbaurate in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Mitte des Jahres 2020 waren in Deutschland

insgesamt 29.546 Windenergieanlagen an Land mit einer installierten Gesamtleistung von 54.418 Megawatt (MW) in Betrieb (Deutsche WindGuard 2020).

Bei der Errichtung und dem Betrieb von Windenergieanlagen wird in der Öffentlichkeit häufig über das Thema Infraschall kontrovers diskutiert. Infraschall sind Luftschallwellen im tieffrequenten Bereich von 1 bis 20 Hertz (Hz), der sowohl von technischen als auch natürlichen Geräuschquellen erzeugt



Quelle: usdfk /
pixabay.com.

werden kann (ISO 7196). Im natürlichen Umfeld können zum Beispiel der Wind oder die Meeresbrandung tieffrequente Geräusche – einschließlich Infraschall – verursachen. Auch Windenergieanlagen emittieren Infraschall, der durch einen periodischen Wecheldruck beim Drehen der Rotorblätter entsteht. Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere technische Infraschallquellen. Hierzu gehören beispielsweise Heizungs- und Klimaanlage sowie Pumpen. Aber auch der Straßen- und der Schienenverkehr emittieren Infraschall. Infraschall ist somit nahezu überall vorhanden.

INFRASCHALLIMMISSIONEN VON WINDENERGIEANLAGEN

Weltweit sind verschiedene Geräuschmessungen an Windenergieanlagen durchgeführt worden (Søndergaard 2015; Tonin 2017).

Beispielsweise erfolgten in den Jahren 2013 bis 2015 Messungen an Windenergieanlagen in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Bayern (LUBW 2016). Diese Messungen wurden an sechs unterschiedlichen Windenergieanlagen in verschiedenen Distanzen vorgenommen, und zwar im Nahbereich von 150 bis 180 m, in einem Abstand von 300 m und in Entfernungen von 650 bis 700 m. Davon ist insbesondere der letztgenannte Entfernungsbereich interessant, weil in Deutschland dort häufig die Wohnbebauung im Umfeld von Windenergieanlagen beginnt. In Abhängigkeit von der Anlagenleistung und der Frequenz des Infraschallsignals betragen in dieser Entfernung die gemessenen Schalldruckpegel ungefähr 40 bis 60 dB(Z). Der Buchstabe „Z“ steht für „Zero“ und bedeutet, dass die frequenzabhängigen Schalldruckpegel nicht an die menschliche Hörempfindung angepasst, also „unbewertet“ sind. In Entfernungen über 700 m konnte das von den

Windenergieanlagen ausgehende Infrasschallsignal messtechnisch kaum noch vom Hintergrundgeräusch unterschieden werden. Die Ergebnisse dieser Messungen deuten darauf hin, dass ein Infrasschallereignis ab diesen Entfernungen kaum davon beeinflusst wird, ob eine Windenergieanlage in Betrieb ist oder nicht.

GERÄUSCHBEURTEILUNG VON WINDENERGIE- ANLAGEN

Windenergieanlagen sind Anlagen im Sinne von § 3 Abs. 5 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Sind die Windenergieanlagen höher als 50 m, fallen sie unter die Nummer 1.6 des Anhangs zur 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV). Das bedeutet, dass für diese Anlagen eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung erforderlich ist. Die immissionsschutzrechtliche Zulässigkeit ist gegeben, wenn die Genehmigungsvoraussetzungen nach § 6 BImSchG erfüllt sind. Hierzu gehört insbesondere, dass durch die Errichtung oder den Betrieb der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden. Die Beurteilung, ob schädliche Umweltauswirkungen in Form von erheblichen Belästigungen durch Geräuschemissionen zu erwarten sind, erfolgt auf der Grundlage der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm 1998). In der TA Lärm ist das Beurteilungsverfahren für Anlagengeräusche detailliert beschrieben. Das Verfahren berücksichtigt wichtige Beurteilungsgrößen, wie Zeitpunkt, Dauer und Intensität der Geräusche, sowie besondere Geräuschmerkmale. Nach der TA Lärm ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung am maßgeblichen Immissionsort die in dieser Vorschrift enthaltenen Immissionsrichtwerte nicht überschreitet. Diese Werte sind als Beurteilungspegel für den Tag und für die

Nacht ($L_{r, \text{Tag}}$ und $L_{r, \text{Nacht}}$) angegeben und hängen von der jeweiligen Gebietsnutzung ab, die in der Baunutzungsverordnung (BauNVO) festgelegt ist. Die Immissionsrichtwerte sind in TABELLE I zusammengestellt.

GEBIETSKATEGORIE	$L_{r, \text{Tag}}$	$L_{r, \text{Nacht}}$
Industriegebiete	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiete	65 dB(A)	50 dB(A)
Urbane Gebiete	63 dB(A)	45 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
Reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurzegebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)
$L_{r, \text{Tag}}$: Beurteilungspegel für den Tag, $L_{r, \text{Nacht}}$: Beurteilungspegel für die Nacht		

Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm dürfen beim Betrieb der Windenergieanlage mit Nennleistung und unter Berücksichtigung der Vorbelastung durch andere relevante Anlagen nicht überschritten werden. In der Regel ist der Nachtwert für die Genehmigung der Anlage entscheidend, weil dieser deutlich geringer ist als der Immissionsrichtwert für den Tag. Diese Lärmschutzanforderung kann häufig durch einen ausreichenden Abstand der Windenergieanlage zur Wohnbebauung umgesetzt werden. Falls dies nicht möglich ist, müssen zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen ergriffen werden. Eine mögliche Minderungsmaßnahme ist eine Reduzierung der Drehzahl der Windenergieanlage während der Nachtzeit, wodurch sich jedoch die Anlagenleistung und damit der Energieertrag verringert (UBA 2019).

Hinsichtlich der Beurteilung tieffrequenter Geräusche verweist die TA Lärm auf die DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft“ und das zugehörige Beiblatt 1 (DIN 1997a und 1997b). Die DIN 45680 beschreibt ein Messverfahren im Frequenzbereich von 8 bis 100 Hz, das in Innenräumen durchgeführt wird. Das Verfahren umfasst

TABELLE I
Immissionsrichtwerte
gemäß TA Lärm.
Quelle: TA Lärm 1998.

somit auch Teile des Infraschallbereichs, und zwar von 8 bis 20 Hz. Ob die Messergebnisse auf eine erhebliche Belästigung durch tieffrequente Geräusche hinweisen, wird nach dem Verfahren des zugehörigen Beiblatts 1 beurteilt. Dies ist der Fall, wenn die im Beiblatt angegebenen Anhaltswerte für den Tag oder die Nacht überschritten werden. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) hat im Jahr 2005 mit einer Überarbeitung der DIN 45680 begonnen. Im Rahmen dieser Aktivität wurden 2011 und 2013 Normen-Entwürfe vorgelegt, die aufgrund schwerwiegender Einsprüche nicht zur Verabschiedung einer neuen Fassung der DIN 45680 geführt haben. Am 22. Mai 2020 hat das DIN einen weiteren Norm-Entwurf zur Überarbeitung der DIN 45680 veröffentlicht (DIN 2020). Bis zum 22. September 2020 hatte die Öffentlichkeit die Möglichkeit, den Norm-Entwurf zu kommentieren sowie Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zu unterbreiten. Nach Einschätzung des Umweltbundesamtes (UBA) wird durch den Norm-Entwurf das derzeitige Niveau zum Schutz vor tieffrequenten Geräuschemissionen erhöht. Zudem wurde der Infraschallbereich von bisher 8 Hz nach unten bis 1 Hz erweitert. Zum Norm-Entwurf sind zahlreiche Stellungnahmen beim DIN eingegangen, die derzeit ausgewertet werden.

Die vorstehend dargestellten Regelwerke werden durch die „Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz“ (LAI) ergänzt (LAI 2016). Die LAI-Hinweise wurden 2016 aktualisiert und enthalten seitdem ein weiterentwickeltes Verfahren zur Modellierung der Schallausbreitung bei Windenergieanlagen, das sogenannte Interimsverfahren. Dieses Verfahren berücksichtigt die zunehmende Höhe moderner Windenergieanlagen bei der Berechnung der Schallausbreitung und ist in einem Entwurf der VDI-Richtlinie 4101 Blatt 2 beschrieben (VDI 2020).

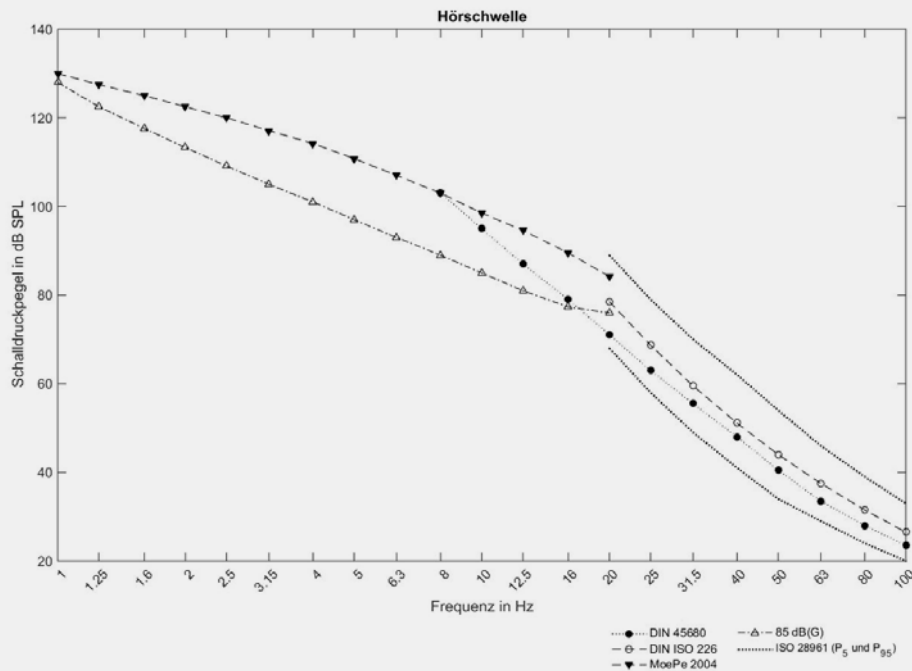
WAHRNEHMBARKEIT VON INFRASCHALL

Im Infraschallbereich ist die menschliche Hörempfindung eingeschränkt, weil die Tonhöhenwahrnehmung fehlt (RKI 2007). Infraschall mit hinreichendem Schalldruck kann jedoch über den gesamten Körper wahrgenommen werden. In der wissenschaftlichen Literatur sind verschiedene frequenzabhängige Wahrnehmungsschwellen angegeben (Schmidt 2015). In **ABBILDUNG 1** sind beispielsweise die Verläufe der Wahrnehmungsschwellen von Møller und Pedersen (2004) und verschiedener Regelwerke zur Beurteilung tieffrequenter Geräusche dargestellt.

ABBILDUNG 1 veranschaulicht den generellen Zusammenhang zwischen tiefen Frequenzen und Schalldruckpegeln: Je tiefer die Frequenz ist, umso höher muss der Schalldruckpegel sein, um von Menschen wahrgenommen zu werden. Ein exemplarischer Vergleich der Wahrnehmungsschwelle mit Ergebnissen von Infraschallmessungen an Windenergieanlagen zeigt, dass die Messergebnisse wesentlich unter der Wahrnehmungsschwelle liegen (LUBW 2016). Dies verdeutlicht ein Beispiel: In einer Entfernung von 180 m von einer 3,2-MW-Windenergieanlage wurde bei einer Frequenz von 1 Hz ein Schalldruckpegel von 60 dB(Z) gemessen (LUBW 2016). Nach den Erkenntnissen von Møller und Pedersen (2004) liegt die Wahrnehmungsschwelle von Infraschallgeräuschen mit einer Frequenz von 1 Hz bei einem Schalldruckpegel von 130 dB(Z).

AUSWIRKUNGEN VON INFRASCHALL AUF DIE MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall lassen sich grundsätzlich in aurale und extra-aurale Auswirkungen unterscheiden. Aurale Auswirkungen beziehen sich direkt auf das Hör-Organ, während extra-au-



rale Wirkungen den gesamten menschlichen Organismus betreffen.

In verschiedenen Studien zu auralen Wirkungen von Infraschall wurden Probandinnen und Probanden kurzzeitig hohen Infraschallpegeln über 120 dB(Z) ausgesetzt, die bei den Personen einen Druck in den Ohren hervorriefen (Krahé et al. 2014). Noch stärkere und längere Geräuscheinwirkungen können darüber hinaus das Gehör schädigen (Schmidt 2016). Aufgrund des wesentlich geringeren Schalldruckpegels des Infraschalls von Windenergieanlagen (LUBW 2016) ist eine aurale Beeinträchtigung durch den Infraschall nicht zu erwarten.

Wissenschaftliche Untersuchungen zu extra-auralen Wirkungen von Infraschallgeräuschen zeigen, dass Infraschall mit hinreichendem Schalldruck die Atemfrequenz verlangsamen, das Herz-Kreislaufsystem beeinflussen und das Gleichgewichtsorgan stören kann (UBA 2016; Krahé et al. 2014). Darüber hinaus wurden in Studien über tieffrequente Geräusche eine verminderte Kon-

zentrationfähigkeit, Leistungsminderungen und psychovegetative Störungen festgestellt (UBA 2016; Krahé et al. 2014 und 2020).

Von besonders hoher Relevanz für den Immissionsschutz sind die möglichen Auswirkungen von Infraschall um die Wahrnehmungsschwelle. Die Auswirkungen von Infraschall im Bereich der Wahrnehmungsschwelle wurden bereits in verschiedenen Studien untersucht (van Kamp, van den Berg 2020; Krahé et al. 2020; Majjala et al. 2020; Carlile et al. 2018; Weichenberger et al. 2017; Schmidt 2016). In den letzten Jahren wurde hierbei vermehrt auch der Einfluss von Infraschall auf die Gehirnaktivität erforscht (z.B. Jurardo, Marquardt 2020; Koch 2017). Die meisten Studien zeigen dabei, dass Infraschall und hörbare Geräusche in den gleichen Bereichen des Gehirns verarbeitet werden (van Kamp, van den Berg 2020). Bislang wurde nur in einer Studie bei einer Infraschallexposition knapp unterhalb der individuellen Hörschwelle eine unterschiedliche Informationsverarbeitung festgestellt;

ABBILDUNG 1
Verläufe verschiedener Wahrnehmungsschwellen. Die Werte nach Møller und Pedersen (2004) sind teilweise interpoliert. Quelle: Krahé et al. 2020.

und zwar im anterioren cingulären Cortex und in der Amygdala (Weichenberger et al. 2017). Hierbei handelt es sich um Bereiche im Gehirn, die zum Beispiel an der Steuerung autonomer Funktionen, wie Atmung und Blutdruck, Impulskontrolle, sowie an der emotionalen Bewertung von Reizen, wie zum Beispiel an der Angstreaktion, beteiligt sind.

Auch in einer aktuellen Studie im Auftrag des UBA wurde der Zusammenhang zwischen einer kurzzeitigen Infraschallexposition unter und um die Wahrnehmungsschwelle und akuten körperlichen Reaktionen sowie dem Lästigkeitsempfinden untersucht. Im Rahmen einer experimentellen Laboruntersuchung wurden insgesamt 44 Versuchspersonen vier verschiedene Infraschallszenarien in randomisierter Reihenfolge für je 30 Minuten dargeboten. Zeitgleich wurden sowohl akute körperliche Reaktionen wie die Herzfrequenz, der Blutdruck, die Hirnrindenaktivität und die Gleichgewichtswahrnehmung mit validierten Messmethoden bestimmt als auch das Belästigungsempfinden durch die Infraschallgeräusche erfragt. Zu den Messmethoden gehörten unter anderem zwei Blutdruckmessungen pro Geräuscheszenario, ein Elektrokardiogramm (EKG), ein Elektroenzephalogramm (EEG), eine Nystagmusmessung mittels Frenzel-Brille sowie der Kopfpulstest. Dabei konnte keine statistisch signifikante Veränderung der körperlichen Parameter gezeigt werden, die auf den dargebotenen Infraschall zurückzuführen war. Die Lästigkeit der Geräusche wurde als „etwas“ bis „mittelmäßig“ eingestuft, wobei die Lärmbelästigung höher eingeschätzt wurde, je näher die Geräuschstimuli an die Wahrnehmungsschwelle sowie in den tieffrequenten Hörschallbereich rückten. Eine Vorbelastung mit tieffrequenten Geräuschen oder Infraschall im Wohnumfeld hatte darüber hinaus keinen Einfluss auf die körperlichen Reaktionen und das Lästigkeitsempfinden. Die dargebotenen Infraschallgeräusche lagen im Frequenzbereich von 3 bis 18 Hz mit Schalldruckpegeln zwischen 105 und 85 dB(Z). Die Geräusche bildeten somit ein Spektrum unterhalb, nah an der und knapp

oberhalb der derzeit definierten Wahrnehmungsschwelle ab. Eines der Geräusche war amplitudenmoduliert. Amplitudenmodulationen können zum Beispiel bei Geräuschen von Windenergieanlagen auftreten. Da in der Studie die Auswirkungen von Infraschallimmissionen um die menschliche Wahrnehmungsschwelle erforscht werden sollten, wurde das amplitudenmodulierte Geräusch mit einem deutlich höheren Schalldruckpegel dargeboten als im Umfeld einer Windenergieanlage zu erwarten wäre. Es ist daher davon auszugehen, dass bei einer Infraschallexposition mit niedrigeren Schalldruckpegeln auch geringere beziehungsweise zumindest keine größeren Wirkungseffekte festzustellen sind (Krahé et al. 2020).

Speziell mit den gesundheitlichen Effekten, die durch die Geräusche von Windenergieanlagen ausgelöst werden können, haben sich unter anderem van Kamp und van den Berg (2020; 2017) befasst. Zu dieser Thematik haben sie 2017 eine systematische Übersichtsarbeit publiziert, die im Jahr 2020 aktualisiert wurde (van Kamp, van den Berg 2020; 2017). Beide Übersichtsarbeiten berücksichtigen insgesamt 39 Studien und 12 Literaturanalysen zu den möglichen gesundheitlichen Auswirkungen sowie dem Lärmbelästigungsempfinden durch Hörschall, tieffrequente Geräusche und Infraschall von Windenergieanlagen. Die gesundheitlichen Auswirkungen von tieffrequenten Geräuschen – einschließlich Infraschall – werden hierbei gesondert betrachtet. Beruhend auf ihren Meta- und Literaturanalysen kommen van Kamp und van den Berg zu dem Schluss, dass nach derzeitigem Stand der Wissenschaft kein Nachweis für negative gesundheitliche Auswirkungen vorliegt, die durch Infraschall von Windenergieanlagen verursacht werden (2020; 2017). Sie halten darüber hinaus fest, dass der Dauerschallpegel sowie mögliche Amplitudenmodulation einen Einfluss auf ein erhöhtes Lärmbelästigungserleben durch Windenergieanlagen haben können, nicht aber der Infraschall (van Kamp, van den Berg 2020). Einschränkung ist zu erwähnen, dass diese Erkenntnisse bislang nur auf den Er-

gebnissen von Querschnittsstudien und experimentellen Untersuchungen beruhen.

Die Studienergebnisse von van Kamp und van den Berg (2020; 2017) stehen im Einklang mit einer aktuellen finnischen Laborstudie zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall durch Windenergieanlagen (Maijala et al. 2020). In der Laboruntersuchung wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen akuten körperlichen Reaktionen (Herzrate, Herzratenvariabilität, Hautleitfähigkeit) sowie dem unmittelbaren Lärmbelästigungsempfinden und verschiedenen Infraschallgeräuschen von Windenergieanlagen erforscht. Im Einklang mit den Forschungsergebnissen der Laborstudie von Krahé et al. (2020) zeigen auch die Ergebnisse der finnischen Laboruntersuchung keine statistisch signifikanten Veränderungen der akuten körperlichen Reaktionen, die auf die Exposition mit Infraschall von Windenergieanlagen zurückzuführen sind. Darüber hinaus wurde in der Studie kein statistisch signifikant erhöhtes Lärmbelästigungsempfinden durch Infraschall von Windenergieanlagen gefunden. Es wurde jedoch im Verlauf des Versuchs beobachtet, dass das selbstberichtete Stresslevel der Versuchsgruppe, die in ihrem Wohnumfeld vor der Untersuchung schon einmal körperliche Symptome durch Infraschall von Windenergieanlagen bei sich wahrgenommen hatte, signifikant gegenüber dem der Kontrollgruppe anstieg, die bisher keine körperlichen Symptome durch Infraschall von Windenergieanlagen bei sich festgestellt hatte.

Abschließend ist einschränkend festzuhalten, dass sowohl die finnische Laboruntersuchung (Maijala et al. 2020) als auch die Studie von Krahé et al. (2020) mit einer kleinen Anzahl an Probandinnen und Probanden und unter weitgehend kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt wurde. Eine Generalisierung der Ergebnisse hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Effekte durch eine langjährige niedrigschwellige Infraschallbelastung im Wohnumfeld ist daher nicht zulässig. Hierfür ist zusätzlich eine Langzeituntersuchung im Kohorten-Design – also eine

Längsschnittstudie, bei der über längere Zeit in regelmäßigen Abständen dieselbe Personengruppe untersucht wird – erforderlich.

FORSCHUNGSKONZEPT DES UBA ZU INFRASCHALL

Das UBA hat schon frühzeitig ein Forschungskonzept zum Thema Infraschall entwickelt, das aus drei Hauptkomponenten besteht:

- 1 Zunächst wurde in einem Forschungsvorhaben der Stand des Wissens über die Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen systematisch ermittelt und bewertet (Krahé et al. 2014). In dem Vorhaben wurden rund 1.200 Publikationen zu den Themen Infraschall und tieffrequente Geräusche recherchiert und analysiert. Dabei wurde noch Forschungsbedarf bezüglich des Auftretens von Belästigungen und möglichen Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch tieffrequente Geräusche festgestellt.
- 2 In einer Nachfolgestudie wurde daher der Zusammenhang zwischen kurzzeitiger Infraschallexposition und akuten körperlichen Reaktionen sowie dem Lästigkeitsempfinden in einer Laborstudie untersucht (Krahé et al. 2020). Die Forschungsergebnisse deuten einerseits darauf hin, dass eine Infraschallexposition im Bereich der Wahrnehmungsschwelle nicht zu akuten physiologischen Reaktionen führt. Andererseits zeigen sie, dass das Lästigkeitserleben steigt je näher die Geräusche an die Grenze zum tieffrequenten Hörschallbereich rücken und je dichter sie an oder oberhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen.
- 3 Um mögliche bislang nicht bekannte Langzeiteffekte zu identifizieren, bedarf es noch einer epidemiologischen Langzeitstudie im Wohnumfeld. Das UBA beabsichtigt, im laufenden Jahr 2021 ein vorbereitendes Forschungsvorhaben für eine Langzeituntersuchung zu vergeben.

Das Forschungskonzept des UBA zu den Lärmwirkungen von Infraschall leistet einen wichtigen Beitrag zur Vertiefung der wissenschaftlichen Erkenntnisse auf diesem Gebiet und unterstützt damit die laufenden internationalen Forschungsaktivitäten (Hansen, Hansen 2020).

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen sind die Pegelhöhe und die Expositionsdauer wichtige Kenngrößen. Generell gilt: Je tiefer die Frequenz ist, umso höher muss der Schalldruckpegel sein, um von Menschen wahrgenommen zu werden. In zahlreichen Lärmwirkungsstudien wurden hohe Infraschallpegel verwendet, die von Windenergieanlagen nicht generiert werden. Diese Studien ergaben beispielsweise, dass eine hohe Infraschallexposition als Pulsation wahrgenommen wird und die Atemfrequenz sowie das Herz-Kreislauf-System beeinflussen kann. Für den Immissionsschutz ist insbesondere die Infraschallbelastung um die Wahrnehmungsschwelle von großem Interesse. Im Einklang mit der Entwicklung des Lärmbelästigungserlebens im Hörschallbereich weisen Laboruntersuchungen darauf hin, dass Infraschall auf und oberhalb der Wahrnehmungsgrenze erhöhte Belastungsreaktionen zur Folge haben kann.

Messungen von Infraschallpegeln an Windenergieanlagen und Untersuchungen zur Wahrnehmungsschwelle von Infraschallgeräuschen zeigen, dass diese in der Regel deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegen. Des Weiteren gibt es nach dem derzeitigen Stand der nationalen und internationalen Forschung keine Evidenz dafür, dass durch Infraschall von Windenergieanlagen negative gesundheitliche Beeinträchtigungen verursacht werden. Allerdings liegen bisher nur die Ergebnisse von Querschnittstudien und experimentellen Untersuchungen sowie wissenschaftliche Erkenntnisse aus Übersichtsarbeiten vor. Es

sollte daher noch eine Langzeituntersuchung im Kohorten-Design in der Umgebung von Windenergieanlagen durchgeführt werden, um mögliche bislang nicht bekannte Langzeiteffekte zu identifizieren. Das UBA beabsichtigt im Jahr 2021 ein vorbereitendes Forschungsvorhaben für eine solche Untersuchung zu vergeben. ●

LITERATUR

BauNVO – Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786).

BlmSchG – Bundes-Immissionsschutzgesetz (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BlmSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist.

4. BlmSchV – Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BlmSchV) vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440).

Carlile S, Davy JL, Hillman D et al. (2018): Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Wind Turbine Noise. Trends in Hearing. 22: 1–10. DOI: 10.1177/2331216518789551.

Deutsche WindGuard (2020): Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, Erstes Halbjahr 2020. 1. Halbjahr 2020 - Deutsche WindGuard GmbH (Zugriff am: 29.01.2021).

DIN – Deutsches Institut für Normung (2020): DIN 45680:2020-06 – Entwurf Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschemissionen. Beuth Verlag, Berlin.

DIN – Deutsches Institut für Normung (1997a): DIN 45680:1997 – Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft. Beuth Verlag, Berlin.

DIN – Deutsches Institut für Normung (1997b): DIN 45680 Beiblatt 1:1997 – Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen. Beuth Verlag, Berlin.

Hansen C, Hansen K (2020): Recent Advances in Wind Turbine Noise Research. Acoustics 2(1): 171–206. DOI:10.3390/acoustics2010013. <https://www.mdpi.com/2624-599X/2/1/13> (Zugriff am: 29.01.2021).

ISO – International Organization for Standardization (1995): ISO 7196:1995-03 – Acoustics – Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements. Beuth Verlag, Berlin.

Jurado C, Marquardt T (2020): Brain's Frequency Following Responses to Low-Frequency and Infrasound. *Archives of Acoustics* 45(2): 313–319.

Krahé D, Alaimo Di Loro A, Müller U et al. (2020): Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen. Forschungskennzahl 3714 51 100 0. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. UBA-Texte 163. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen> (Zugriff am: 29.01.2021).

Krahé D, Schreckenber D, Möhler U et al. (2014): Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall: Entwicklung von Untersuchungsdesigns für die Ermittlung der Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen durch unterschiedliche Quellen. Forschungskennzahl 3711 54 19. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. UBA-Texte 40. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_40_2014_machbarkeitsstudie_zu_wirkungen_von_infraschall.pdf (Zugriff am: 29.01.2021).

Koch (2017): Hearing beyond the limit: Measurement, perception and impact of infrasound and ultrasonic noise. 12th ICBEN Congress on noise as a public health problem. <https://www.wind-watch.org/documents/12th-icben-congress-on-noise-as-a-public-health-problem/> (Zugriff am: 10.02.2021).

LAI – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (2016): Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen (VKA). Überarbeiteter Entwurf vom 17.03.2016 mit Änderungen PhysE vom 23.06.2016, Stand 30.06.2016, https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/2017/1201-top09_1_anlage_lai_hinweise_wka-stand_2016_06_30_veroeffentlich_2_1512116255.pdf (Zugriff am: 29.01.2021).

LUBW – Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.) (2016): Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen. Bericht über Ergebnisse des Messprojektes 2013-2015. 3. Auflage Februar 2020, Stand 2016. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/84558> (Zugriff am: 29.01.2021).

Maijala P, Turunen A, Kurki I et al. (2020): Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines, Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2020:34. Prime Minister's Office. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-907-3> (Zugriff am: 29.01.2021).

Møller H, Pedersen CS (2004): Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise and Health* 6: 37–57.

RKI – Robert Koch-Institut (2007): Infraschall und tieffrequenter Schall – ein Thema für den umweltbezogenen Gesundheitsschutz in Deutschland? In: Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 50: 1582–1589. DOI: 10.1007/s00103-007-0407-3.

Schmidt M (2016): Forschungsvorhaben zur Messung und Prognose der Einwirkung tieffrequenter Schalle an Immissionsorten für DIN 45680: Abschlussbericht Nr. M111460/05. Müller-BBM im Auftrag des DIN. München. <https://www.din.de/resource/blob/186474/d594186130efc9d7ae9c1ba9e2968298/abschlussbericht-mueller-bbm-data.pdf> (Zugriff am: 29.01.2021).

Schmidt M (2015): Forschungsprojekt zu Kurven gleicher Lautstärke für die DIN 45680: Abschlussbericht Nr. M111460/04. Müller-BBM im Auftrag des DIN. München. Microsoft Word - M111460_04_Ber_2D_Endfassung.doc (din.de) (Zugriff am: 29.01.2021).

Søndergaard B (2015): Low Frequency Noise from Wind Turbines: Do the Danish Regulations Have Any Impact? An Analysis of Noise Measurements. *International Journal of Aeroacoustics* 14(5-6): 909–915. DOI: 10.1260/1475-472X.14.5-6.909 (Zugriff am: 29.01.2021).

TA Lärm (1998) – Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm, vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), zuletzt geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 1. Juni 2017 (BANz AT 08.06.2017 B5).

Tonin, RA (2018): Review of Wind Turbine-Generated Infrasound: Source, Measurement and Effect on Health. *Acoustics Australia* 46: 69–86. DOI: 10.1007/s40857-017-0098-3.

van Kamp I, van den Berg F (2017): Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound. *Acoustics Australia* 46: 31–57. DOI: 10.1007/s40857-017-0115-6.

van Kamp I, van den Berg GP (2020): Health effects related to wind turbine sound: an update. National Institute for Public Health and the Environment, RIVM. DOI: 10.21945/RIVM-2020-0150.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Hintergrund – Technische Maßnahmen zur Minderung akzeptanzhemmender Faktoren der Windenergienutzung an Land. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/technische-massnahmen-zur-minderung> (Zugriff am: 29.01.2021).

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Position – Mögliche gesundheitliche Effekte von Windenergieanlagen. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/moegliche-gesundheitliche-effekte-von> (Zugriff am: 29.01.2021).

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2020): VDI 4101
Blatt 2:2020-04 – Entwurf Schallausbreitung im Freien
unter Berücksichtigung meteorologischer und topogra-
phischer Bedingungen - Blatt 2: Windkraftanlagen. Beuth
Verlag, Berlin.

Weichenberger M, Bauer M, Kühler R et al. (2017):
Altered cortical and subcortical connectivity due to
infrasound administered near the hearing threshold -
Evidence from fMRI. PLOS ONE 12(4): e0174420. DOI:
10.1371/journal.pone.0174420.

KONTAKT

Thomas Myck
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 2.4 Lärminderung bei Anlagen und
Produkten, Lärmwirkungen
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
E-Mail: thomas.myck[at]uba.de

[UBA]

Neue Forschungsergebnisse zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen im Gesundheitssektor

New research results on the sustainable use of natural resources in the health sector

ZUSAMMENFASSUNG

Der deutsche Gesundheitssektor ist für eine jährliche Inanspruchnahme von rund 107 Millionen Tonnen natürlicher Rohstoffe (Biomasse, fossile Energieträger, Metallerze und nicht-metallische Mineralien) verantwortlich, wobei etwa ein Drittel aus heimischer Rohstoffentnahme und zwei Drittel aus Importen stammen. Damit entfallen circa fünf Prozent des gesamten Rohstoffkonsums in Deutschland direkt oder indirekt auf Dienstleistungen des Gesundheitssektors. Seit 1995 zeigt sich dabei eine erhebliche Dynamik: Der Rohstoffkonsum des deutschen Gesundheitssektors nahm bis zum Jahr 2016 um etwa 80 Prozent zu. Der Artikel stellt Ergebnisse aus dem UBA-Forschungsvorhaben „Ressourcenschonung im Gesundheitssektor“ vor (Ostertag et al. 2021). Ziel des Vorhabens war die Analyse und Erschließung von Synergien und Potenzialen zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit. Ausgehend von einer quantitativen Analyse hat das Vorhaben in einem Screening die wichtigsten Stakeholdergruppen des Gesundheitswesens mit Bezug zum Thema Ressourcenschonung identifiziert und charakterisiert. Für vier Handlungsfelder – Arzneimittel, Medizinprodukte, Bautätigkeit sowie Lebensmittel- und Getränkeversorgung – werden strategische Handlungsoptionen für mehr Ressourcenschonung benannt.

CHRISTOPHER
MANSTEIN

ABSTRACT

The German health sector is responsible for the annual consumption of about 107 million tons of natural raw materials (biomass, fossil fuels, metal ores and non-metallic minerals), with about 1/3 coming from domestic raw material extraction and 2/3 from imports. Services in the health sector account for approximately five percent of total German raw material consumption. There has been considerable dynamics since 1995: raw material consumption in the German health sector has increased by 80 percent till 2016. The article presents final results from the UBA research project "Sustainable resource use in the health sector" and summarizes the final project report (Ostertag et al. 2021). The aim of the project was to analyse and develop synergies and potential between the policy areas of resource conservation and health. Based on a quantitative analysis, the project identified and characterized in a screening the most important stakeholder groups in the health care system in the context of the topic sustainable resource use. Strategic options for action towards a more sustainable resource use are identified for four fields – pharmaceuticals, medical devices, construction, and food and beverage supply.

NACHHALTIGE NUTZUNG NATÜRLICHER RESSOURCEN

Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen wie Rohstoffe, Wasser oder Land ist eine wesentliche Kernstrategie für die nachhaltige

Entwicklung unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Die Mehrzahl der von den Vereinten Nationen (UN) verabschiedeten „Sustainable Development Goals“ (SDG) hängt direkt oder indirekt mit dem schonenden und sorgsamen Umgang mit Naturressourcen zusammen.



Quelle: Jan-Mallander /
pixabay.com.

Auf politischer Ebene findet das Thema Ressourcennutzung und seine Entkopplung von negativen Umweltwirkungen seit vielen Jahren große Beachtung. Auf internationaler Ebene veröffentlichte das „International Resource Panel“ der Vereinten Nationen verschiedene Arbeiten über den aktuellen Stand und die Möglichkeiten einer effizienten Nutzung von Ressourcen, darunter der „Global Resources Outlook 2019“ (UNEP 2019). Die G7 hat das Thema Ressourceneffizienz im Jahr 2015 in ihre Agenda aufgenommen (BMU 2020a). Im Jahr 2017 wurde von der G20 ein Ressourceneffizienzdialog ins Leben gerufen, um Erfahrungen auszutauschen, Erkenntnisse über politische Optionen zu teilen und die wissenschaftliche Basis zu verbessern (BMU 2020b). Die Europäische Kommission hat einen „Circular Economy Action Plan“ entwickelt, der im Rahmen des

„European Green Deal“ (EC 2019) verortet ist. Europa- und weltweit haben viele Einzelstaaten Ressourceneffizienzpolitiken und entsprechende Instrumente entwickelt (EEA 2019; UBA 2019).

Mit der Verabschiedung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess) hat sich Deutschland im Februar 2012 auf Ziele, Leitideen und Handlungsansätze zum Schutz der natürlichen Ressourcen festgelegt. Die Bundesregierung ist verpflichtet, dem Deutschen Bundestag alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuschreiben. Diese Fortschreibung erfolgte erstmals am 2. März 2016 mit ProgRess II. Das aktuelle deutsche Ressourceneffizienzprogramm III wurde am 17. Juni 2020 vom Bundeskabinett verabschiedet (BMU 2020c). Weitere wichtige

Schnittstellen zum Thema Ressourcenschonung ergeben sich auf politischer Ebene unter anderem im Kreislaufwirtschaftsgesetz, im Abfallvermeidungsprogramm oder in der Rohstoffstrategie.

Das Umweltbundesamt (UBA) beschäftigt sich mit dem Thema Ressourcenschonung seit vielen Jahren und in vielfältiger Weise. Im Jahr 2017 hat das UBA im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) mit der Bearbeitung des Forschungsvorhabens „Ressourcenschonung im Gesundheitssektor“ beauftragt (Bearbeitung: Juni 2017 bis August 2020).

HINTERGRUND UND ZIEL DES FORSCHUNGSVORHABENS

Die Vorbereitungen zu diesem Vorhaben und seine wissenschaftliche Bearbeitung fanden im Kern zeitlich noch weit vor dem Auftreten der Covid-19-Pandemie statt, weshalb die wissenschaftlichen Arbeiten nicht explizit auf dieses Thema eingehen konnten. In der Ergebniszusammenstellung (Ostertag et al. 2021) werden aber an mehreren Stellen Zusammenhänge zwischen einer nachhaltigen Ressourcennutzung und einem nachhaltigen Gesundheitssystem im Kontext von Covid-19 deutlich.

Ziel des Vorhabens war es, Synergien und Potenziale zwischen den beiden Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit zu erschließen sowie Handlungsoptionen und Politikempfehlungen zu entwickeln. Das Nexus-Thema „Ressourcenschonung im Gesundheitssektor“ hat dabei besondere Herausforderungen: An Schnittstellen zwischen Politikfeldern sind immer Zielkonflikte zu erwarten, sie brauchen aber eine besonders sorgfältige Abwägung, wenn die menschliche Gesundheit betroffen ist. Ansätze zur Ressourcenschonung im Gesundheitssystem dürfen daher die Qualität der

Gesundheitsversorgung (Wirksamkeit von Therapien, Einhaltung von Hygieneanforderungen etc.) nicht mindern, zudem sind Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit zu beachten, die im Gesundheitssektor eine dominierende Rolle spielt.

Mit diesem Forschungsvorhaben wurde fachlich Neuland betreten, auch, weil das Gesundheitssystem bisher nur rudimentär auf die Schnittstellen zum Themenfeld Ressourcenschonung hin wissenschaftlich untersucht wurde und die Frage nach den negativen Umweltwirkungen aufgrund der Ressourceninanspruchnahme bisher noch wenig betrachtet wurde.

Das UBA ist im Rahmen seiner strategischen Forschungsplanungen schon seit Längerem auf die möglichen Schnittstellen zwischen den Themenfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit aufmerksam geworden. Der im Jahr 2016 erstmals veröffentlichte „Ressourcenbericht für Deutschland“ (Lutter et al. 2016; Lutter et al. 2018) stellte dar, dass das „Bedarfsfeld Gesundheit“ für einen signifikanten Anteil des Rohstoffkonsums privater Haushalte verantwortlich ist und dass es zwischen den Jahren 1995 und 2011 zu einem erheblichen Anstieg der Rohstoffinanspruchnahme gekommen ist. Die öffentliche Hand war zudem im Jahre 2011 im Bereich „Gesundheits- und Sozialleistungen“ für den zweithöchsten Posten am öffentlichen Rohstoffkonsum in Deutschland insgesamt verantwortlich.

QUANTITATIVE ANALYSE DES ROHSTOFFKONSUMS DES DEUTSCHEN GESUNDHEITSEKTORS

Für die quantitativen Berechnungen und Analysen in diesem Forschungsvorhaben wurde ein Top-down-Ansatz gewählt und eine multiregionale Input-Output (MRIO) Datenbank EXIO-BASE (www.exiobase.eu) verwendet (Tukker et al. 2013; Wood et al. 2015; Stadler et al. 2018).

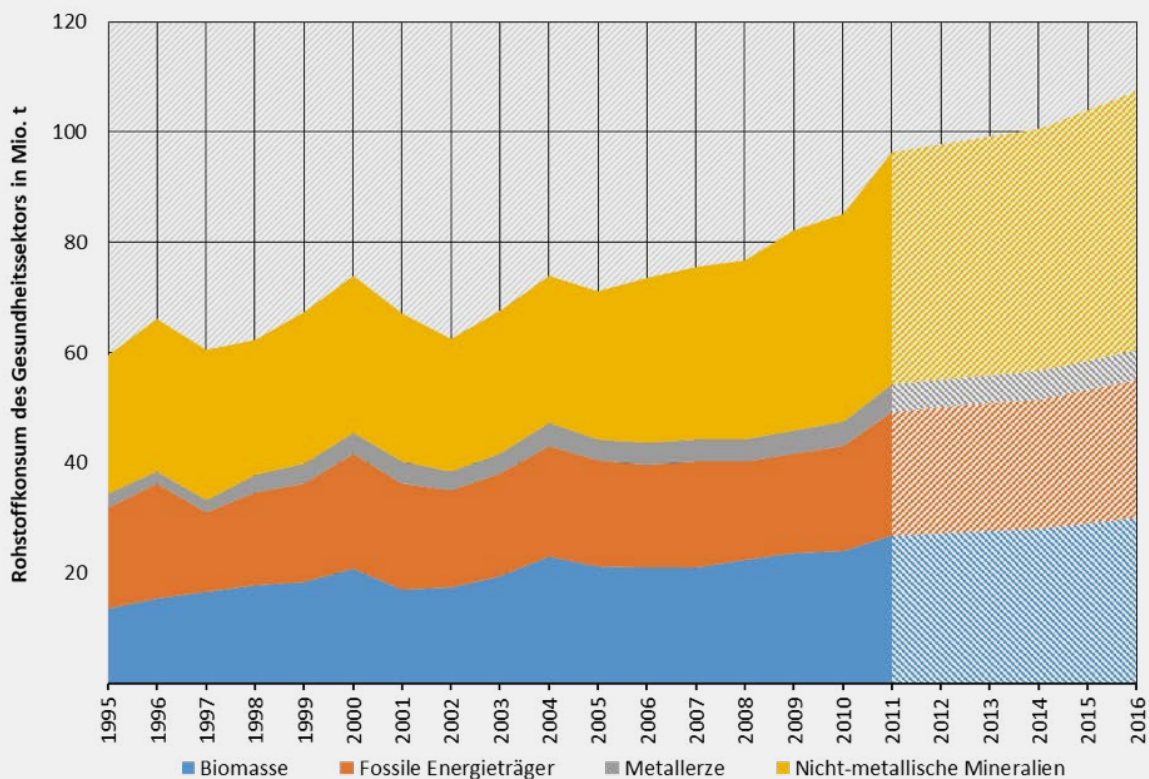
Input-Output-Datenbanken bilden die Lieferbeziehungen zwischen Wirtschaftsbereichen und von diesen an die Endnachfrage (Konsum, Investitionen etc.) ab. Multiregionale Versionen stellen die Wirtschafts- und Endnachfragebereiche einzelner Länder beziehungsweise Weltregionen zueinander in Beziehung und erlauben somit die Betrachtung komplexer internationaler Lieferketten.

Die verwendete Version (v3.3) von EXIOBASE enthält Tabellen für die Jahre 1995 bis 2011; die Werte wurden in diesem Vorhaben bis 2016 linear extrapoliert. EXIOBASE unterteilt die globale Wirtschaft in 49 Länder/Weltregionen und unterscheidet zwischen 200 Produktgruppen. Mithilfe detaillierter Umwelterweiterungen kann der Rohstoffkonsum einzelner Wirtschaftsbereiche (Hersteller der 200 unterschiedlichen Produktgruppen) entlang der Kategorien

der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) des Statistischen Bundesamtes ermittelt werden. Diese Kategorien sind: Biomasse, fossile Energieträger, Metallerze und nicht-metallische Mineralien.

Der deutsche Gesundheitssektor ist für eine jährliche Inanspruchnahme von rund 107 Millionen Tonnen Rohstoffe (1,3 Tonnen pro Kopf) verantwortlich (ABBILDUNG 1), wobei etwa 1/3 aus heimischer Rohstoffentnahme und 2/3 aus Importen stammen. Seit 1995 zeigt sich dabei eine erhebliche Dynamik: Der Rohstoffkonsum des deutschen Gesundheitssektors nahm bis 2016 um über 80 Prozent zu. Insgesamt entfallen circa fünf Prozent des Rohstoffkonsums in Deutschland direkt oder indirekt auf Dienstleistungen des Gesundheitssektors (vgl. auch Lutter et al. 2018). Im Vergleich zu anderen Ländern liegt Deutschland damit über ent-

ABBILDUNG 1
Zeitlicher Verlauf
(1995–2011, Daten bis
2016 linear extrapoliert)
des Rohstoffkonsums
des deutschen Gesund-
heitssektors (Millionen
Tonnen), unterschieden
nach Rohstoffkategorien.
Quelle: Ostertag et al.
2021.



sprechenden Werten von Ländern wie Österreich (4%) oder den USA (3%) und weit unter den Werten beispielsweise von Schweden (22%) oder Japan (13%).

ABBILDUNG 2 stellt die Inanspruchnahmen der Rohstoffe im deutschen Gesundheitssektor nach Rohstoffkategorien und heimischen beziehungsweise importierten Anteilen im Jahr 2016 dar.

Der Rohstoffkonsum des Gesundheitssektors kann zudem nach Ursprungssektoren aufgeschlüsselt werden (ABBILDUNG 3).

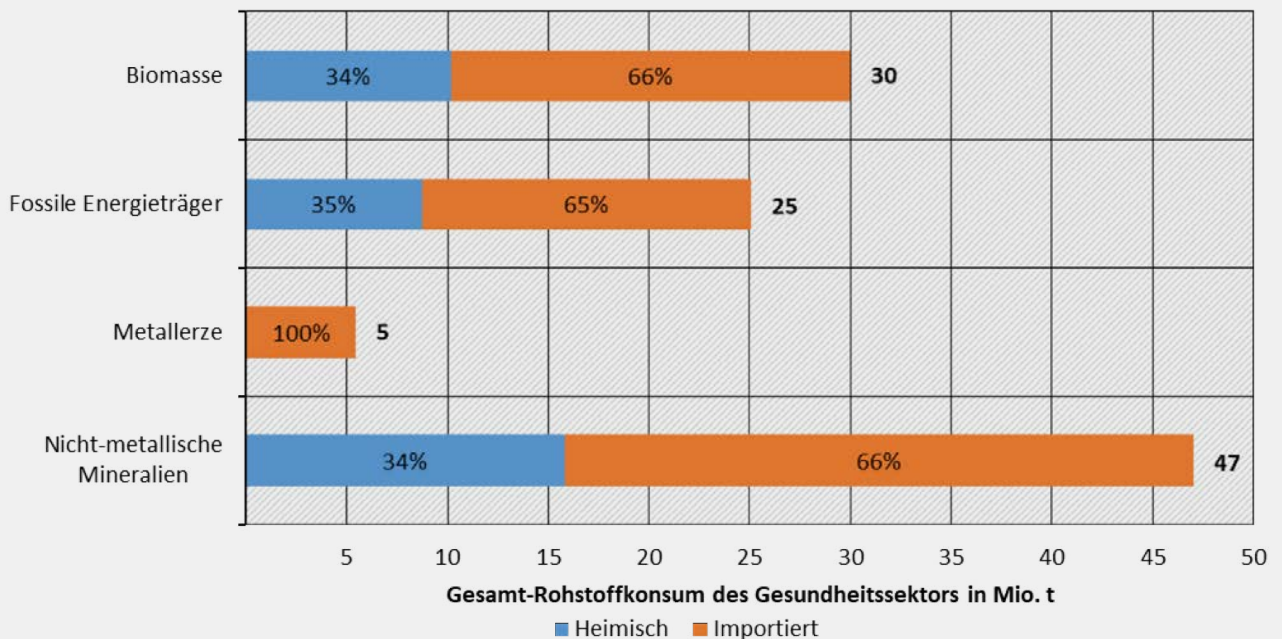
Die größte Rohstoffinanspruchnahme des Gesundheitssektors entsteht mit 29 Prozent oder 31,5 Millionen Tonnen über Vorleistungen in Form von chemischen Erzeugnissen, die in der EXIOBASE-Datenbank als stark aggregierter Mischsektor dargestellt sind (Pharmazeutika und andere chemische Produkte), was eine Interpretation dieser Zahl etwas erschwert. An zweiter Stelle liegt der Bereich Nahrungsmittel und Getränke mit rund 27 Prozent und einem erwartungs-

gemäß hohen Anteil an Biomasse, gefolgt von den Bereichen Energie und Brennstoffe (überwiegend fossile Energieträger), Bauarbeiten (dominiert durch nicht-metallische Mineralien, also Baustoffe) und medizintechnische Geräte (bedeutend hier: Metallerze).

SCREENING VON STAKEHOLDERGRUPPEN

Ausgehend von den dargestellten Berechnungen wurde im Vorhaben im Rahmen eines Screenings (Recherchen, Interviews, schriftliche Breitenerhebung) ein Überblick über die Akteurs-Landschaft im deutschen Gesundheitssystem mit Bezug zum Thema Ressourcenschonung erarbeitet. Die wichtigsten Stakeholdergruppen wurden identifiziert und charakterisiert (ABBILDUNG 4). Im Zentrum stehen die Leistungserbringer der (teil-)stationären und ambulanten Versorgung. Sie arbeiten eingebettet in eine

ABBILDUNG 2
Rohstoffkonsum
(Millionen Tonnen und
Prozent) des Gesund-
heitssektors aufgeteilt
in Kategorien der
Umweltökonomischen
Gesamtrechnung (UGR)
des Bundes, Stand 2016.
Quelle: Ostertag et al.
2021.



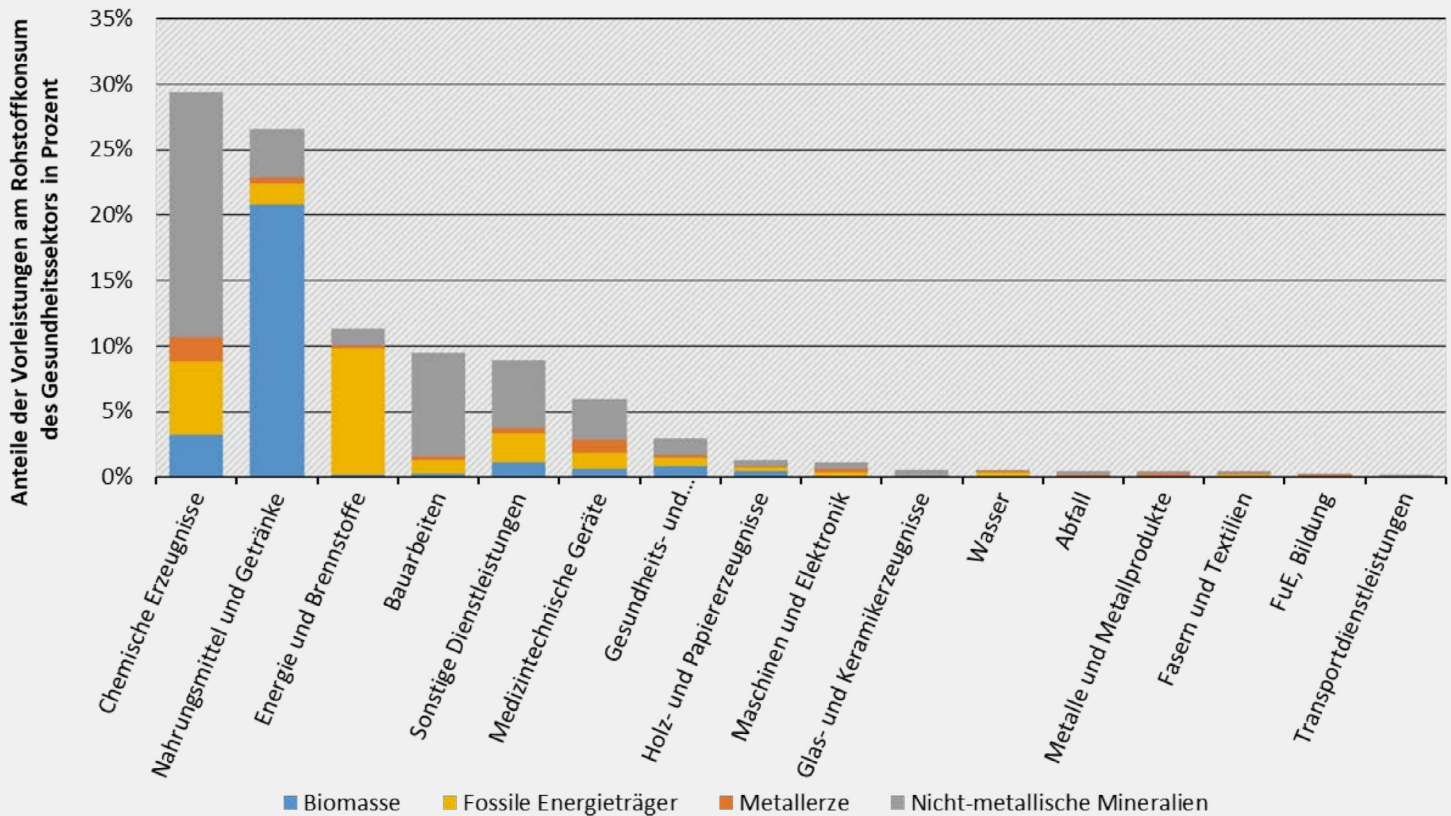


ABBILDUNG 3
Relativer Rohstoff-
konsum des Gesund-
heitssektors im Jahr
2016 unterteilt nach
Vorleistungssektoren.
Quelle: Ostertag et al.
2021.

Infrastruktur aus spezifischen Zulieferern, Dienstleistern, Laboren und Versicherungen.

Aus den Interviews und der Breiten-
erhebung lässt sich ein relativ eindeutiges
Bild über den derzeitigen Status des Themas
Ressourcenschonung im Gesundheitssektor
einschließlich der Hemmnisse und Treiber
gewinnen: Das Thema spielt für den Großteil
der Akteure eine eher untergeordnete Rolle.
Zwar wird Ressourcenschonung auf einer all-
gemeinen Ebene positiv bewertet, aufgrund
anderer Prioritäten wie wirtschaftlicher
Zwänge, Zeitdruck und Personalengpässe
mangelt es aber an Anreizen beziehungsweise
Handlungsdruck, über den erreichten Status
quo wesentlich hinauszugehen. Auch wird
das Thema Ressourcenschonung als im Kon-
flikt stehend mit einer qualitativ hochwer-

gen Versorgung, geltenden Hygienevorschrif-
ten oder wirtschaftlichen Anforderungen
gesehen.

Das größte Potenzial für die Umsetzung
von Ressourcenschonung im Gesund-
heits-
system sehen die analysierten Stakehol-
dergruppen am ehesten darin, das Thema
stärker auf die politische Agenda zu setzen
und strategisch besser zu verorten. Für die
Implementierung konkreter ressourcen-
schonender Maßnahmen scheint es nicht
an einschlägigem Wissen zu mangeln,
sondern eher an der Zusammenführung
der verstreut vorliegenden Informa-
tionen. Benötigt werden Maßnahmen zur Sen-
sibilisierung der Entscheidungsträgerinnen
und Entscheidungsträger in den jeweiligen
Organisationen und ihre Motivierung für die

Umsetzung konkreter Maßnahmen. Synergien mit Kosteneinsparungen, der Qualität der Versorgung oder der Personalgewinnung und -haltung können dabei wichtige Anreize darstellen. Darüber hinaus kann das Thema Ressourcenschonung auch im Kontext eines Paradigmenwechsels hin zu einer präventiven Gesundheitsversorgung und gesundheitsfördernder Lebensstile gedacht werden.

HANDLUNGSFELDER

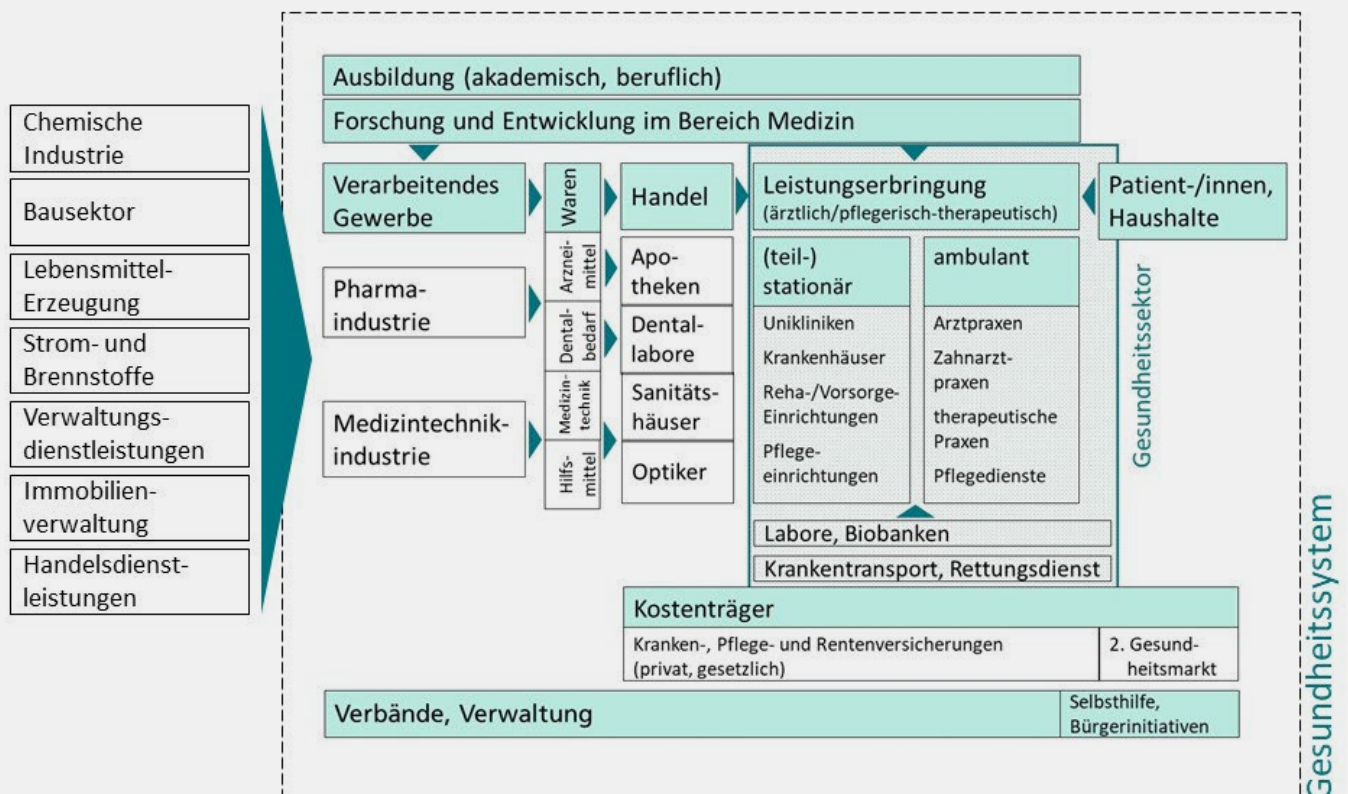
Aus den Analysen dieses Forschungsvorhabens wurden vier sektorale Handlungsfelder abgeleitet, die für die strategische Förderung von Ressourcenschonung im Gesundheitssystem prioritär sind: Chemikalien mit Fokus

auf Arzneimitteln, Medizinprodukten, das Bauwesen sowie die Lebensmittel- und Getränkeversorgung.

HANDLUNGSFELD ARZNEIMITTEL

Chemikalien wurden in der quantitativen Analyse als der größte Verursacher (29%) für den Ressourcenkonsum des Gesundheitssektors identifiziert, und es ist davon auszugehen, dass Arzneimittel daran einen wesentlichen Anteil ausmachen. Aus der Perspektive des Gesundheitssektors sind Ressourceneinsparungen bei Arzneimitteln von Relevanz, weil sie einerseits einen hohen Anteil an den monetären Gesundheitsausgaben ausmachen, andererseits Über- und Fehlversorgungen mit Arzneimitteln mit negativen

ABBILDUNG 4
Strukturen und Institutionen des Gesundheitssystems in Deutschland an der Schnittstelle Ressourcenschonung.
Quelle: Ostertag et al. 2021.



Gesundheitswirkungen bekannt sind, sodass eine Verringerung des arzneimittelabhängigen Ressourcenkonsums die Qualität der Versorgung synergistisch verbessern könnte.

In der Arzneimittelproduktion liegt der Schwerpunkt der Ressourcenschonung aktuell auf der Wasser- und Energieeffizienz, seltener stehen Rohstoffe als Ressourcen im Fokus. Weil Arzneimittelwirkstoffe in die Umwelt gelangen können, gewinnt die Entwicklung von Wirkstoffen an Bedeutung, die in der Umwelt gut abbaubar sind. Zusätzlich können Ressourcen durch die Arzneimittelhersteller dadurch geschont werden, dass sie durch Informationen die korrekte Einnahme und Entsorgung von Arzneimitteln in der Gesundheitsversorgung unterstützen sowie die Arzneimittel in verbrauchsgerechten Packungsgrößen bereitstellen.

Die gesundheitliche Versorgung bietet zahlreiche ungenutzte Potenziale für die Ressourcenschonung im Arzneimittelbereich. Dazu zählen:

- die Förderung der Entwicklung ressourcenschonender Wirkstoffe und Herstellungsverfahren,
- Maßnahmen zur Förderung der Wirksamkeit von Arzneimitteln und zur Reduzierung von Arzneimittelabfällen,
- die stärkere Ausrichtung der Versorgung auf Prävention und Gesundheitsförderung und
- die Förderung eines ressourcenschonenden Verordnungs- und Einnahmeverhaltens.

HANDLUNGSFELD MEDIZINPRODUKTE

Im Bereich der Medizinprodukte liegen viele bislang ungenutzte Potenziale zur Ressourcenschonung. Dazu zählen beispielsweise Verbandmittel, Hilfsmittel, OP-Material, Implantate oder Geräte für Diagnostik, Chirurgie, Intensivmedizin und Krankenversorgung. Allein die medizintechnischen Geräte tragen circa sechs Prozent zum Gesamtrohstoffkonsum des Gesundheitssektors bei (ABBILDUNG 3).

Die Diskussion in Wissenschaft und Praxis über den Ressourcenverbrauch von Medizinprodukten dauert bereits länger an, sie ist jedoch in den letzten Jahren sehr stark von anderen Entwicklungen im Gesundheitssystem, insbesondere der Kostendiskussion, überlagert worden. Die im Rahmen der Stakeholder/-innen-Analyse in diesem Vorhaben durchgeführten Gespräche mit Expertinnen und Experten haben dementsprechend ergeben, dass derzeit nur ein geringes Bewusstsein hinsichtlich der Implikationen der Medizintechnik für den Ressourcenverbrauch jenseits des Energieverbrauchs der Geräte existiert.

Sowohl für komplexe medizintechnische Geräte, zum Beispiel für bildgebende Verfahren wie Röntgen, Computer- oder Magnetresonanztomographen (CT, MRT), als auch für einfache Einwegprodukte lassen sich entlang ihrer jeweiligen Lebenszyklen geeignete Ansatzpunkte und Beispiele guter Praxis identifizieren. Über produktspezifische Maßnahmen zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs hinaus bieten auch Veränderungen bei den Prozessen und Abläufen der Leistungserbringer Möglichkeiten, um den Ressourcenkonsum zu verringern. Handlungsoptionen sind:

- Verlängerung der Nutzungsdauer medizintechnischer Geräte,
- Nutzungsintensivierung bei medizintechnischen Geräten durch Sharing,
- Wiederverwendung und Recycling von Medizinprodukten,
- Ressourceneffizienz bei Einkauf und Prozessen.

HANDLUNGSFELD BAUWESEN

Für Bautätigkeiten im Gesundheitssektor belief sich der Ressourcenkonsum 2016 auf 10 Millionen Tonnen, das ist ein Anteil von rund zehn Prozent am gesamten Ressourcenkonsum des Gesundheitssektors. Dieses Handlungsfeld ist von der Art der eingesetzten Ressourcen her für eine Reihe verschiedener Rohstoffströme mengenmäßig bedeutsam: nicht-metallische Mineralien,

fossile Energieträger und mit Blick auf den Reinigungsbedarf auch für Chemikalien. Das Bauvolumen ist stabil hoch, trotz der Schließung von Krankenhäusern. Denn oft sind Schließungen verbunden mit (Erweiterungs- oder Neu-)Bauaktivitäten am Ersatzstandort. Der überwiegende Teil der Bauaktivitäten entfällt jedoch auf Vorsorge-, Reha- und Pflegeeinrichtungen, die von den Krankenhausschließungen nicht betroffen sind. Die Ansatzpunkte zur Ressourcenschonung sind generisch für Gebäude im Allgemeinen gültig: Fundierte Bedarfsanalysen zur Optimierung der Flächennutzung, Auswahl von Material und Bauweise und Auswahl der (auch technischen) Gebäudeausstattung.

Spezifische Herausforderungen des Gesundheitssektors liegen in der hohen Komplexität der Bauvorhaben, sowohl technisch als auch mit Blick auf Akteurskonstellationen. Dies beeinflusst die Art, wie Planungsprozesse idealerweise ablaufen sollten. Bestimmte Segmente des Gesundheitssektors – insbesondere private Träger und generell Vorsorge-/Reha- und Pflegeeinrichtungen – scheinen als Zielgruppe leichter zugänglich, unter anderem, weil sie ihre Aktivitäten zur Ressourcenschonung für das Marketing nutzen können. Weitere Handlungsoptionen sind:

- Aufbau von vorhandenem Wissen über ressourcenschonendes Bauen in der Breite,
- Anreize für freiwilliges Handeln und Stärkung der Nachfrage für ressourceneffizientes Bauen (Förderprogramme),
- Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen und Normen (z. B. Holzbau).

HANDLUNGSFELD LEBENSMITTEL- UND GETRÄNKEVERSORGUNG

Für Verpflegungsleistungen, die in stationären Einrichtungen und durch Cateringunternehmen, z. B. Menü-Bringdienste im Gesundheitssektor erbracht wurden, belief sich der Ressourcenkonsum 2016 auf 28,5 Millionen Tonnen, das ist ein Anteil von 26,6 Prozent am gesamten Ressourcenkonsum des Gesundheitssektors.

Ansatzpunkte zur Verringerung des Ressourcenkonsums in der Gemeinschaftsverpflegung liegen etwa in der Verringerung von Lebensmittelabfällen, in der Erhöhung des Anteils ressourceneffizienter Lebensmittel zu Lasten ressourcenintensiver Lebensmittel und in der Verringerung unnötiger Lebensmittel- und Getränkeverpackungen. Weitere Handlungsoptionen sind:

- Gesundheitssektor als Vorreiter für eine ressourcenschonende Lebensmittel- und Getränkeversorgung und eine nachhaltige Ernährung,
- Good Practice in der Breite implementieren und gezielte Anreize setzen,
- Anreize für die Implementierung, zum Beispiel Investitionszuschüsse für technische Erfassungssysteme für Lebensmittelabfälle oder für ressourceneffiziente Produktionssysteme bieten

Die **INFOBOX** gibt einen Überblick über die in diesem Forschungsvorhaben recherchierten 30 Good Practice-Beispiele in den vier betrachteten Handlungsbereichen (ergänzend: übergreifende Beispiele, siehe auch im Folgenden „Übergreifende Handlungsoptionen“).

ÜBERGREIFENDE HANDLUNGSOPTIONEN

Strategische Handlungsoptionen über die vier zuvor dargestellten sektoralen Handlungsfelder hinaus sieht das Forschungsvorhaben „Ressourcenschonung im Gesundheitsektor“ in den zentralen Handlungsfeldern Agenda Setting, Information/Vernetzung/Qualifizierung sowie in der Förderung der Implementierung.

Agenda Setting: kann von verschiedenen Stakeholdergruppen betrieben werden, zum Beispiel von Verbänden, Kammern oder der Politik, aber auch von Seiten der Forschung und von Seiten der Leistungserbringer selbst.

Information/Vernetzung/Qualifizierung: Die Untersuchungen in diesem Vorhaben zeigen, dass bereits viel Wissen vorhanden ist,

wie der Ressourcenkonsum im Gesundheitssektor effizienter gestaltet werden kann. Es ist aber noch nicht in der Breite rezipiert. Deshalb sind Information, Vernetzung und Qualifizierung wichtige Hebel, um die Ressourcenschonung im Gesundheitssektor voranzubringen.

Förderung der Implementierung: Die Implementierung ressourcenschonender Maßnahmen ist das Ziel, auf das die beiden bereits genannten Handlungsfelder hinführen sollen. Die Implementierung muss aber auch direkt gefördert werden. Dabei sind freiwillige und stärker bindende Handlungsoptionen denkbar. Die Diskussion hierüber ist noch relativ jung und für viele denkbare Handlungsoptionen gilt es zunächst noch Akzeptanz zu schaffen oder auch, sie in weiteren Dialogen mit Stakeholderinnen und Stakeholdern zu präzisieren und anzupassen. Beispielhafte Ansatzpunkte dazu sind:

- Selbstverpflichtung zur Einführung eines Umweltmanagementsystems (z. B. EMAS) für Einrichtungen ab einer bestimmten Größe,
- Einführung von Labeln für nachhaltige Medizinprodukte und Arzneimittel,
- Institutionalisierung der Umweltschutz- und Ressourcenschonungskompetenz in der Geschäftsführung stationärer Einrichtungen,
- Überarbeitung von Dienstanweisungen („standard operating procedures“) sowie Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der durch die einschlägigen Sozialgesetzbücher und die Erstattungsbeträge der gesetzlichen Krankenkassen und Rentenversicherungsträger geprägten Anreizstrukturen.

INFOBOX

30 Good Practice-Beispiele für Ressourcenschonung im deutschen Gesundheitssystem. Details siehe: Ostertag et al. 2021.

ARZNEIMITTEL

- Pfizer-Standort Freiburg
- Projekt CHEM21 der Innovative Medicines Initiative
- SaferPharma
- Choosing Wisely
- PRISCUS-Liste für potenziell ungeeignete Wirkstoffe für ältere Menschen

BAUWESEN

- Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) – Profil Gesundheitsbau
- REGIONALMED Klinikum Lichtenfels
- EffMon – Effizientes Monitoring und optimierte Betriebsführung von Liegenschaften
- Branchen.Kompass Krankenhaus (EN.Kompass)
- Innovation Cluster for Energy Efficient Healthcare

MEDIZINPRODUKTE

- Wiederverwendung von Laborgeräten und -chemikalien am Uniklinikum Freiburg
- Recycling chirurgischer Einweginstrumente
- Otto Wagner Spital Wien – Weaning Centre
- Windel-Recycling
- Blutkonservenbehälter ohne PVC

ÜBERGREIFENDE BEISPIELE

- Klimamanager für Kliniken KLIK green
- Viamedica Stiftung für eine gesunde Medizin
- Viamedica Karolinska Universitätsklinikum
- Healthcare without Harm
- Sustainable Development Unit UK
- Zertifiziertes Umweltmanagementsystem nach EMAS

LEBENSMITTEL- UND GETRÄNKEVERSORGUNG:

- Analysetools zur Ermittlung und Leitfäden zur Verringerung von Lebensmittelabfällen
- Verringerung von Lebensmittelabfällen in den LWL-Kliniken Münster und Lengerich
- Dialogforum Außer-Haus-Verpflegung im Rahmen der Nationalen Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung
- Praxisleitfaden für die öffentliche Beschaffung von Lebensmitteln aus biologischer Landwirtschaft
- Copenhagen House of Food and The Copenhagen Model
- Nordic Center for Sustainable Healthcare
- Arbeitskreise zum Umweltschutz im Krankenhaus
- Ökoprofit Workshopreihe

RESÜMEE, POLITIKEMPFEHLUNGEN, WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Das UBA-Forschungsvorhaben „Ressourcenschonung im Gesundheitssektor“ stellt erstmals systematische quantitative Analysen über die Rohstoffinanspruchnahme im deutschen Gesundheitssystem zur Verfügung. Davon ausgehend wurden wichtige Stakeholderinnen und Stakeholder im Hinblick auf das Forschungsthema identifiziert und charakterisiert sowie Handlungsfelder und -optionen zur Steigerung der Ressourceneffizienz benannt. Eine Good Practice-Sammlung stellt im Schlussbericht (Ostertag et al. 2021) zudem 30 umgesetzte Beispiele für erfolgreiche Ressourcenschonungs-Strategien in der Praxis dar, die Leuchtturmcharakter haben (INFOBOX).

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeigen, dass die Analyse von Schnittstellen des Themas Ressourceneffizienz zu anderen Politikbereichen sinnvoll und vom Ansatz her vielversprechend ist (Stichwort „Nexus“). Dieser Forschungsansatz hilft, Synergien aufzufinden und mögliches Konfliktpotenzial zu überwinden. Weiterer Forschungsbedarf besteht daher unter anderem in der Übertragung des gewählten Forschungsansatzes auf weitere Bedarfsfelder wie „Kommunikation“ (Digitalisierung), „Freizeit“, „Wohnen“ oder „Mobilität“.

Das Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) der deutschen Bundesregierung sieht in seiner aktuellen Fassung ProgRess III (BMU 2020c) vor, die Einrichtung eines „Round Table Gesundheit und nachhaltige Ressourcenschonung“ zu prüfen, in dem wichtige Expertinnen und Experten aus beiden Politikfeldern gemeinsam über weitere Ressourcenschonungsstrategien beraten sollen. Diese politische Maßnahme knüpft an die Arbeiten und Resultate dieses Forschungsvorhabens an. ●

LITERATUR

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020a): Ressourceneffizienz in der G7. <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/> (Zugriff am: 25.08.2020).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020b): Ressourceneffizienz in der G20. <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/> (Zugriff am: 25.08.2020).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020c): Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm> (Zugriff am: 25.08.2020).

EC – European Commission (2019): Communication on The European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal_en (Zugriff am: 25.08.2020).

EEA – European Environment Agency (2019): Resource efficiency and the circular economy in Europe 2019 – even more from less. An overview of the policies, approaches and targets of 32 European countries. EEA Report No 26/2019.

Lutter S, Giljum S, Gözet B et al. (2018): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2018. Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht2018 (Zugriff am: 25.08.2020).

Lutter S, Giljum S, Lieber M et al. (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2016. Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht2016> (Zugriff am: 25.08.2020).

Ostertag K, Bratan T, Gandenberger C et al. (2021): Ressourcenschonung im Gesundheitssektor: Erschließung von Synergien zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit. Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes. Abschlussbericht. UBA-Texte 15. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ressourcenschonung-im-gesundheitssektor> (Zugriff am: 02.02.2021).

Stadler K, Wood R, Bulavskaya T et al. (2018): EXIOBASE 3. Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology* 45 (3): 539. DOI: 10.1111/jiec.12715.

Tukker A, Koning A, Wood R et al. (2013): EXIOPOL – Development and illustrative analyses of a detailed global MR EE SUT/IOT. *Economic Systems Research* 25 (1): 50–70. DOI: 10.1080/09535314.2012.761952.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Internationale Wege zu mehr Ressourceneffizienz. Politiken und Trends in ausgewählten Ländern. Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/internationale-wege-zu-mehr-ressourceneffizienz> (Zugriff am: 31.08.2020).

UNEP – United Nations Environment Programme (2019): International Resource Panel.
www.resourcepanel.org/ (Zugriff am: 25.08.2020).

Wood R, Stadler K, Bulavskaya T (2015): Global Sustainability Accounting—Developing EXIOBASE for Multi-Regional Footprint Analysis. Sustainability 7 (1): 138–163.
DOI: 10.3390/su7010138.

KONTAKT

Christopher Manstein
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.1 „Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressourcenschonung“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [christopher.manstein\[at\]uba.de](mailto:christopher.manstein[at]uba.de)

[UBA]

Wie steht es um die Frauengesundheit? Neuer Bericht der Gesundheitsberichterstattung am RKI ist erschienen*

What is the status of women's health? The new Women's Health Report of the RKI has been published

ZUSAMMENFASSUNG

Der Bericht „Gesundheitliche Lage der Frauen in Deutschland“ ist im Dezember 2020 erschienen. Er enthält umfassende und aktuelle Informationen zum Gesundheitszustand, Gesundheitsverhalten und zur Gesundheitsversorgung von Frauen in Deutschland. Berichtet wird über Frauen aller Altersgruppen, ein Kapitel widmet sich der Gesundheit von Mädchen. Fokuskapitel nehmen spezielle Gesundheitsthemen in den Blick. Eine breite Datengrundlage wurde genutzt, um sowohl Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Gesundheit von Frauen und Männern („differences between“) als auch innerhalb der Gruppe der Frauen („differences within“) aufzuzeigen. Der Bericht wurde von der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE) am Robert Koch-Institut (RKI) unter Mitarbeit zahlreicher externer Expertinnen und Experten erstellt. Er liefert die empirischen Grundlagen zu vielen Themen der Frauengesundheit und will dazu beitragen, die Sensibilisierung in Politik, Wissenschaft und Praxis weiter voranzutreiben und damit die Gesundheit von Frauen zu erhalten und zu fördern.

ANKE-CHRISTINE
SASS, LAURA KRAUSE,
BIRTE HINTZPETER,
FRANZISKA PRÜTZ

ABSTRACT

The 'Health Situation of Women in Germany' report was published in December 2020. It provides comprehensive and up-to-date information on the health status, health behaviour and health care of women in Germany. Information on women of all age groups is provided and one chapter is devoted to the health of girls. The focus chapters consider the health of specific groups of women. The report uses a broad data basis to highlight differences and similarities between the health of women and men ('differences between') as well as within the group of women ('differences within'). This report was prepared by Federal Health Reporting (GBE) at the Robert Koch Institute (RKI) with the assistance of numerous external experts. The GBE 'Health Situation of Women in Germany' report provides an empirical basis for many issues related to women's health and aims to contribute to raising awareness in politics, science and professional practice and therefore to maintaining and promoting women's health.

Am 9.12.2020 wurde der neue Frauengesundheitsbericht des Robert Koch-Instituts (RKI) mit einer gemeinsamen Pressemitteilung vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und RKI publiziert. Der 400-seitige Bericht entstand im Rahmen der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE). Mehr als 120 Personen waren beteiligt: Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der GBE und

des RKI sowie zahlreiche externe Expertinnen und Experten. Eine enge Kooperation bestand mit dem Statistischen Bundesamt.

Der folgende Beitrag beschreibt kurz Hintergrund und Aufbau des Berichtes. Drei große Themen – Gesundheitsverhalten von Frauen, gesundheitliche Versorgung und der Zusammenhang von sozialer und gesundheitlicher Lage – werden exemplarisch an-

* Rechtlicher Hinweis:
Der Artikel wurde
im Epidemiologi-
schen Bulletin im
Februar 2021 erst-
veröffentlicht (Aus-
gabe 8: 24–29, DOI:
10.25646/7961) und
liegt hier in einer
leicht ergänzten
Fassung vor.

GESUNDHEITSBERICHTERSTATTUNG DES BUNDES GEMEINSAM GETRAGEN VON RKI UND DESTATIS

Gesundheitliche Lage der Frauen in Deutschland

Quelle: RKI.

hand wichtiger Ergebnisse vorgestellt. Eine kurze Zusammenfassung der Berichtsinhalte mit Schlussfolgerungen schließt sich an.

WARUM DER BLICK SPEZIELL AUF FRAUENGESUNDHEIT?

Der große Einfluss von Geschlecht auf die Gesundheit ist inzwischen gut untersucht und belegt. Neben unterschiedlichen Erkrankungshäufigkeiten gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung und Kommunikation von Symptomen, im gesundheitsrelevanten Verhalten und in der Inanspruchnahme von Versorgungsangeboten. Die Ursachen sind vor allem sozialer und gesellschaftlicher Natur. Sie sind eng mit biologischen Geschlechterunterschieden verknüpft. Ausgehend von der Frauengesundheitsbewegung, die sich in den 1970er-Jahren formierte, ist geschlechterbezogene gesundheitliche Ungleichheit

inzwischen ein wichtiges Thema auf der Agenda von Gesundheitsforschung und Gesundheitspolitik. Neben Unterschieden (*differences between*) und Gemeinsamkeiten in der Gesundheit von Frauen und Männern widmet sich der Bericht auch den Unterschieden innerhalb der Gruppe der Frauen (*differences within*). Mehr als 35 Millionen erwachsene Frauen leben in Deutschland, ihre Lebenslagen sind sehr unterschiedlich. Alter, Bildung, Berufstätigkeit, Einkommen, Familienform, kultureller Hintergrund und viele weitere Aspekte tragen dazu bei. All diese Faktoren beeinflussen auch die Gesundheit.

Der erste Frauengesundheitsbericht für Deutschland erschien 2001 unter der Federführung des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ). Der nun vorliegende Bericht schreibt viele Themen mit aktuellen Daten fort, zum Beispiel zum Gesundheitsverhalten von Frauen, reproduktiver Gesundheit, Gewalt gegen Frauen. Neue Aspekte wurden aufgenommen, wie die

Gesundheit von Frauen mit Migrationshintergrund, ein Vergleich von Daten zur Frauengesundheit aus europäischen Ländern und das Thema geschlechtliche und sexuelle Vielfalt.

WELCHE THEMEN UND DATEN ENTHÄLT DER BERICHT?

Der Bericht deckt ein breites Themenspektrum ab. Die Darstellung geht über Prävalenzen und (wenn möglich) Trends hinaus; es werden Rahmenbedingungen betrachtet und Erklärungsansätze diskutiert. Damit die Themen in der nötigen Tiefe behandelt werden können, musste eine Auswahl getroffen werden: Public-Health-Relevanz, Verfügbarkeit von Daten und Aktualität waren hier die Leitkriterien.

Im ersten Teil des Berichts wird in 25 Unterkapiteln über Gesundheitszustand, Gesundheitsverhalten und Gesundheitsversorgung von Frauen aller Altersgruppen in Deutschland berichtet. Über den Gesundheitszustand geben zum Beispiel aktuelle Daten zur Lebenserwartung, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebserkrankungen, zur psychischen Gesundheit und zu gynäkologischen Erkrankungen und Operationen Auskunft. Ein Kapitel informiert über die Verbreitung von ausgewählten Infektionskrankheiten bei Frauen. Das Gesundheitsverhalten wird unter anderem anhand von Informationen zum Ernährungsverhalten von Frauen, zum Tabakkonsum und Alkoholkonsum beschrieben. Und im Bereich Gesundheitsversorgung wird beispielsweise über die Inanspruchnahme von Krebsfrüherkennungsuntersuchungen berichtet, über ambulante und stationäre Versorgung und über Frauen als Pflegebedürftige und Pflegende. Daneben werden im ersten Teil weitere aktuelle Themen wie Gesundheitskompetenz und Frauen in Gesundheitsberufen aufgegriffen. Ein Exkurs geht den Zusammenhängen zwischen sozialer und gesundheitlicher Lage nach.

Im zweiten Teil des Frauengesundheitsberichtes zeichnen drei Fokuskapitel die Ge-

sundheit im Lebensverlauf nach: Mädchen – Frauen zwischen Erwerbs- und Familienarbeit – ältere Frauen. Dann folgen Fokuskapitel zur Gesundheit von speziellen Gruppen: Frauen mit Migrationshintergrund, Frauen mit Behinderungen, Frauen mit Gewalterfahrungen. Ein umfangreiches Fokuskapitel widmet sich der sexuellen und reproduktiven Gesundheit von Frauen. Das letzte Fokuskapitel enthält einen europäischen Vergleich von Daten zur Frauengesundheit.

Der Bericht wurde auf einer breiten Datengrundlage erstellt, ein Verzeichnis der Datenquellen findet sich am Ende des Berichtes. Über 70 Fachgutachten von externen Expertinnen und Experten wurden eingeholt, um die Qualität der Texte, der empirischen Analysen und der einbezogenen Quellen zu sichern.

In den folgenden Abschnitten werden drei wichtige Themenbereiche des Frauengesundheitsberichtes exemplarisch herausgegriffen und ausgewählte Ergebnisse daraus vorgestellt. Das erste Thema ist das Gesundheitsverhalten: „Verhalten sich Frauen gesünder als Männer?“, das zweite die gesundheitliche Versorgung von Frauen: „Warum gehen Frauen öfter zum Arzt als Männer?“, das dritte skizziert den Einfluss der sozialen Lage auf die Gesundheit.

VERHALTEN SICH FRAUEN GESÜNDER ALS MÄNNER?

Der Bericht bestätigt mit aktuellen Daten: Frauen verhalten sich oftmals – aber nicht immer – gesundheitsbewusster als Männer. Das zeigen Durchschnittswerte aus großen bevölkerungsbezogenen Studien (DEGS1-Studie, GEDA-Studien des Robert Koch-Instituts, Nationale Verzehrstudien des Max Rubner-Instituts, Epidemiologischer Suchtsurvey des Instituts für Therapieforschung u. a.). So rauchen Frauen im Vergleich zu Männern nicht nur seltener täglich oder gelegentlich, sie rauchen auch seltener stark, also 20 oder mehr Zigaretten am Tag. Frauen trinken weniger Alkohol als Männer und sind seltener von alkoholbezogenen Störungen wie Missbrauch

und Abhängigkeit betroffen. Darüber hinaus ernähren sich Frauen ausgewogener: Im Vergleich zu Männern greifen sie häufiger zu gesunden Lebensmitteln wie Obst und Gemüse sowie zu Wasser als Getränk. Rund 6 Prozent der Frauen ernähren sich vorwiegend vegetarisch. Wird die körperlich-sportliche Aktivität betrachtet, sind die Ergebnisse nicht mehr so eindeutig. Bei den transportbezogenen Aktivitäten berichten Frauen in Befragungen seltener als Männer, alltägliche Wege (z. B. zur Arbeit), mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückzulegen. Auch sind Frauen in der Freizeit seltener sportlich aktiv als Männer. Hinsichtlich arbeitsbezogener körperlicher Aktivität bei bezahlten und unbezahlten Tätigkeiten, wie Heben und Tragen in der Krankenpflege oder Haus- und Gartenarbeit, finden sich keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Lebensstilfaktoren wie das Ernährungs- und Bewegungsverhalten beeinflussen das Körpergewicht. Während Frauen seltener von Übergewicht (inkl. Adipositas) betroffen sind als Männer (53,0 % vs. 67,1 %), sind beide Geschlechter mit jeweils rund 23,0 Prozent gleich häufig adipös. Aufgrund der weiten Verbreitung und der gesundheitlichen Risiken zählt aus Public-Health-Sicht insbesondere Adipositas zu den wichtigsten Gesundheitsproblemen von Frauen. Demgegenüber kommt Untergewicht deutlich seltener vor (2,3 %); insbesondere jüngere Frauen sind davon betroffen. Der gesellschaftliche Druck schlank zu sein, kann zu einer Verinnerlichung des bestehenden gesellschaftlichen Schönheitsideals führen und mit einem negativen Körper-

bild einhergehen. Von den untergewichtigen Frauen hält sich ein Viertel für „genau richtig“, von den normalgewichtigen Frauen hält sich mehr als ein Drittel für „zu dick“.

Entscheidend geprägt wird das Gesundheitsverhalten durch den soziokulturellen Kontext, Geschlechterrollen und entsprechende Rollenerwartungen. So entstehen Geschlechterunterschiede im Tabakkonsum durch unterschiedliche soziokulturell bedingte Verhaltensweisen, weil das Rauchen aufgrund von gesellschaftlichen Normen bei Frauen lange Zeit tabuisiert war. Darüber hinaus reagieren Frauen und Männer biologisch unterschiedlich auf die enthaltenen Stoffe im Tabakrauch: Frauen sind aufgrund ihrer höheren Empfindlichkeit gegenüber Tabakrauch stärker gefährdet für tabakassoziierte Folgeerkrankungen. Als Ursache hierfür werden die unterschiedliche Lungengröße von Frauen und Männern diskutiert, Unterschiede bei der Verstoffwechselung des Tabakrauchs und hormonelle Einflüsse. Neben den geschlechterbezogenen Unterschieden zeigen sich beim Rauchverhalten aber auch deutliche Unterschiede innerhalb der Gruppe der Frauen (ABBILDUNG 1): So nimmt die Prävalenz des aktuellen Rauchens bei Frauen mit zunehmendem Alter ab, ein besonders deutlicher Rückgang ist mit 65 Jahren festzustellen. Im Vergleich zu Frauen mit hoher Bildung ist die Prävalenz des aktuellen Rauchens bei Frauen mit niedriger und mittlerer Bildung höher. Alleinerziehende Frauen geben doppelt so häufig wie alleinlebende und in Partnerschaft lebende Frauen an, dass sie aktuell rauchen.

GUT ZU WISSEN: BODY MASS INDEX (BMI)

Für den BMI wird das Körpergewicht einer Person in Kilogramm durch das Quadrat der Körpergröße (gemessen in Metern) dividiert. Standardisiert erhobene Messwerte zu Körpergröße und -gewicht gelten dabei als zuverlässiger als Selbstangaben. Zur Einteilung der BMI-Werte wird im Folgenden die Klassifikation der Weltgesundheitsorganisation (WHO) herangezogen:

Untergewicht: BMI < 18,5 kg/m²

Normalgewicht: BMI 18,5 – 24,9 kg/m²

Übergewicht (inkl. Adipositas): BMI ≥ 25,0 kg/m²

Adipositas: BMI ≥ 30,0 kg/m²

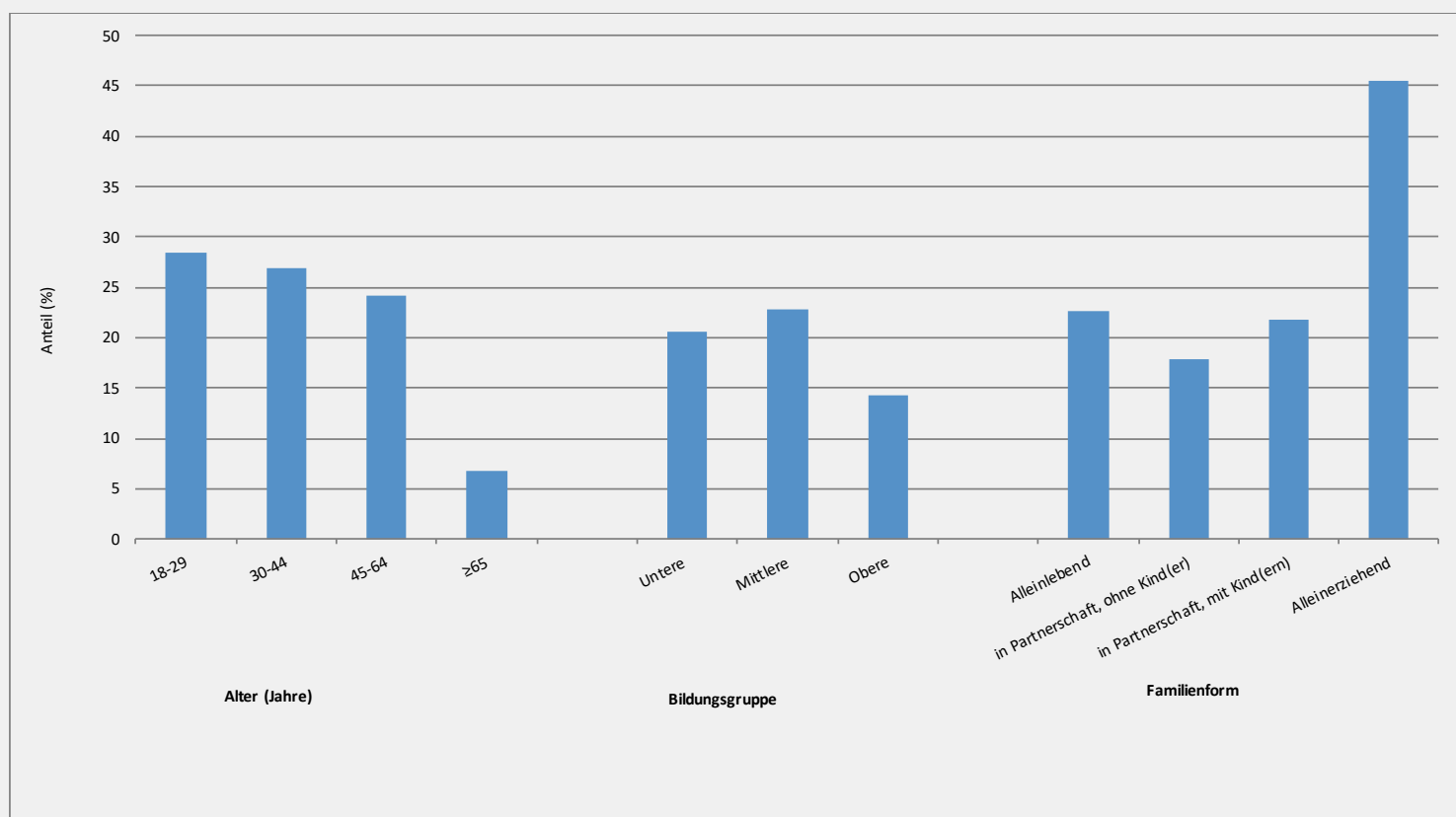
2,3 Prozent der Frauen in Deutschland

44,7 Prozent der Frauen in Deutschland

53,0 Prozent der Frauen in Deutschland

23,9 Prozent der Frauen in Deutschland*

* Datenbasis: Messdaten der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1, 2008 – 2011) des RKI



WARUM GEHEN FRAUEN ÖFTER ZUM ARZT ALS MÄNNER?

Bevor eine Erkrankung auftritt, können Gesundheitsförderung und Prävention dazu beitragen, Ressourcen für die Gesunderhaltung zu stärken und Erkrankungen zu vermeiden. Eine wichtige Präventionsmaßnahme ist die Krebsfrüherkennung, die zum Ziel hat, Krebserkrankungen in einem möglichst frühen Stadium zu entdecken und so letztlich die krankheitsspezifische Sterblichkeit zu verringern. Im jeweils dafür vorgesehenen Untersuchungsintervall nimmt etwa die Hälfte der anspruchsberechtigten Frauen an der Früherkennung auf Gebärmutterhalskrebs teil, an einer Mammographie nehmen etwa drei Viertel teil. Rund ein Fünftel der Frauen in Deutschland nutzt innerhalb eines Jahres

mindestens eine Maßnahme zur Verhaltensprävention in den Bereichen Ernährung, Bewegung oder Stressbewältigung/Entspannung. Der Anteil ist damit etwa doppelt so hoch wie bei den Männern (10,9 %). Auch Angebote der betrieblichen Gesundheitsförderung zur Rückengesundheit, zur Ernährung und zur Stressbewältigung/Entspannung werden von Frauen häufiger genutzt als von Männern. Allerdings nehmen junge Frauen, Frauen aus der unteren Bildungsgruppe und Alleinerziehende verhaltenspräventive Maßnahmen seltener in Anspruch. Und von den Krankenkassen geförderte Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung werden vor allem in Betrieben angeboten, in denen mehr Männer beschäftigt sind. Das geht unter anderem aus dem Präventionsbericht 2019 hervor, der vom Medizinischen Dienst des Spitzenverbandes Bund der Kranken-

ABBILDUNG 1
Aktuelles Rauchen (täglich oder gelegentlich) bei Frauen nach Alter, Bildung und Familienform. Datenbasis: Gesundheit in Deutschland aktuell (GEDA 2014/2015-EHIS). Quelle: RKI (2020).

kassen e. V. und dem GKV-Spitzenverband herausgegeben wird. Somit könnten der Ausbau und die zielgruppengerechte Gestaltung der Maßnahmen zur Geschlechtergerechtigkeit und Verminderung sozial bedingter Ungleichheit von Gesundheitschancen beitragen.

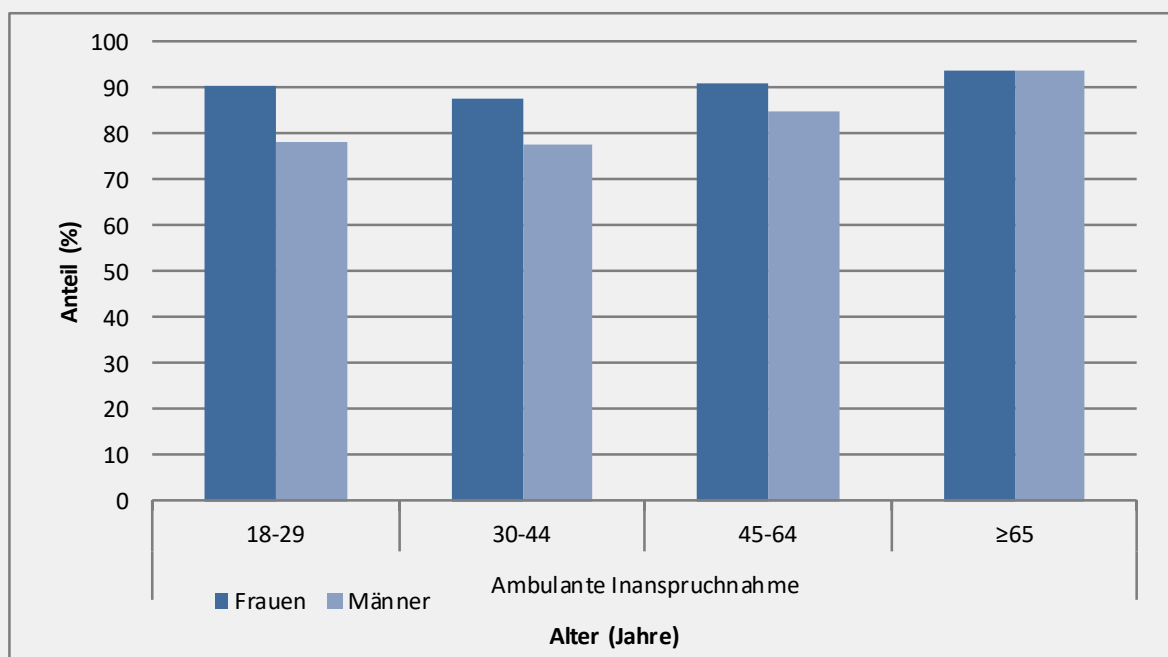
Eine höhere Inanspruchnahme durch Frauen zeigt sich nicht nur mit Blick auf Gesundheitsförderung und Prävention, sondern auch in der Gesundheitsversorgung. Rund 91 Prozent der Frauen und 84 Prozent der Männer nehmen innerhalb eines Jahres ambulante ärztliche Versorgungsleistungen in Anspruch (ABBILDUNG 2), rund 17 Prozent der Frauen und 15 Prozent der Männer werden im Krankenhaus behandelt. Die besonders im jüngeren Alter höhere Inanspruchnahme bei Frauen wird zum einen auf die Nutzung gynäkologischer und geburtshilflicher Leistungen zurückgeführt, zum anderen auf eine andere Wahrnehmung von Gesundheit und eine höhere Bereitschaft, ärztliche Hilfe zu suchen und anzunehmen.

Die Inanspruchnahme von Rehabilitationsleistungen, die Teilnahme an Selbsthilfegrup-

pen und der Gebrauch von Arzneimitteln, sowohl mit ärztlicher Verordnung als auch in Selbstmedikation, sind ebenfalls bei Frauen höher als bei Männern. Mit Blick auf die Arzneimittel ist hervorzuheben, dass auch bei der Wirkung von Arzneimitteln Geschlechterunterschiede bestehen. Diese sollten in der Therapie, aber auch in der Forschung berücksichtigt werden, um die Arzneimittel-Therapiesicherheit bei Frauen zu gewährleisten.

Geschlechterunterschiede gibt es auch in der Pflege: Rund zwei Drittel der Pflegebedürftigen sind Frauen, unter anderem aufgrund ihrer höheren Lebenserwartung. Auch die Pflege nahestehender Personen wird überwiegend von Frauen ausgeübt. Dass es Teil der weiblichen Geschlechterrolle ist, für die Sorge um andere (Care) zuständig zu sein, zeigt sich daran, dass Frauen die Mehrheit der Beschäftigten in den Gesundheitsberufen bilden. Dies ist besonders deutlich in Berufen wie Arzt- und Praxishilfe oder Altenpflege mit Frauenanteilen von 98 beziehungsweise 85 Prozent. Dennoch bleiben Frauen in höheren beruflichen Positionen (z. B. Oberärztinnen, Chefarztinnen) unterrepräsentiert.

ABBILDUNG 2
12-Monats-Prävalenz
der ambulanten ärztlichen
Inanspruchnahme
bei Frauen und Männern
nach Alter. Datenbasis:
GEDA 2014/2015-EHIS/
Quelle: RKI (2020).



WELCHEN EINFLUSS HAT DIE SOZIALE LAGE?

Soziale Faktoren prägen nach wie vor ganz entscheidend die Chance auf Gesundheit sowie die Entstehung und den Verlauf von Krankheiten. Sozial benachteiligte Frauen sind von einer Vielzahl chronischer, zum Teil schwerwiegender Krankheiten häufiger betroffen und haben im Durchschnitt eine geringere Lebenserwartung als sozial besser gestellte Frauen. Bei Männern sind diese Zusammenhänge ebenfalls belegt. Die lange Zeit vorherrschende Annahme, dass die gesundheitliche Ungleichheit bei Frauen generell schwächer ausgeprägt sei als bei Männern, gilt inzwischen nicht mehr. Vielmehr ist der soziale Gradient je nach betrachtetem Gesundheitsindikator mal bei Männern, mal bei Frauen stärker ausgeprägt, ohne dass sich dieses stets schlüssig erklären ließe.

Schaut man sich die Selbsteinschätzung der Gesundheit an, beurteilen rund zwei Drittel der Frauen in Deutschland ihren Gesundheitszustand als sehr gut oder gut. Im Zusammenhang mit dem höchsten Schul- und Ausbildungsabschluss zeigt sich ein deutlich ausgeprägter Gradient: Je niedriger die Bildung, desto kleiner ist der Anteil der Frauen, die ihren Gesundheitszustand als gut bis sehr gut bewerten. Laut der Studie GEDA 2014/2015-EHIS haben Frauen mit niedriger Bildung ein um den Faktor 2,6 erhöhtes statistisches Risiko für einen mittel-mäßigen bis sehr schlechten Gesundheitszustand im Vergleich zu Frauen mit hoher Bildung. Bei Männern sind die Unterschiede ähnlich stark ausgeprägt.

Die Lebenserwartung von Frauen in unterschiedlicher sozialer Lage wurde mit Daten des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP) untersucht. Es wurden fünf Einkommensgruppen gebildet. Die mittlere Lebenserwartung bei Geburt unterscheidet sich bei Frauen der höchsten und der niedrigsten Einkommensgruppe um 4,4 Jahre (bei Männern 8,6 Jahre). Auch in der ferneren Lebenserwartung ab 65 Jahren beträgt die Spannweite zwischen der niedrigsten und höchsten Einkommens-

gruppe bei Frauen immer noch 3,7 Jahre und bei Männern 6,6 Jahre.

Zur Entstehung gesundheitlicher Ungleichheiten tragen sozial ungleich verteilte materielle und strukturelle Faktoren, Unterschiede in der Verbreitung psychosozialer Risiko- und Schutzfaktoren und im Gesundheitsverhalten bei. So rauchen Frauen mit zunehmendem Bildungsniveau seltener und treiben häufiger Sport, sie ernähren sich gesünder und sind seltener von starkem Übergewicht betroffen.

WAS ZEIGT DIE ZUSAMMENSCHAU DER ERGEBNISSE?

Insgesamt zeigt der Bericht, dass Gesundheit und Gesundheitsversorgung von Frauen in Deutschland auf einem hohen Niveau sind. Zwei Drittel der Frauen bewerten ihre Gesundheit als gut oder sehr gut. In den letzten 20 Jahren hat sich die selbsteingeschätzte Gesundheit deutlich verbessert, besonders bei älteren Frauen. Fragt man ältere Frauen ab 65 Jahren, wie sie ihre Gesundheit einschätzen, bewertet immerhin fast die Hälfte die eigene Gesundheit als gut oder sehr gut. Die Lebenserwartung ist hoch und steigt seit Jahren: Niemals zuvor hatten neugeborene Mädchen in Deutschland die Chance auf im Durchschnitt etwa 83 Jahre Lebenszeit. Etwa ein Fünftel der heute geborenen Mädchen könnten ihren 100. Geburtstag feiern, so die Schätzungen des Statistischen Bundesamtes. Die häufigste Todesursache bei Frauen (rund 40 % aller Todesfälle) sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Trotzdem gelten diese weiterhin als eher „männliche“ Erkrankungen und Frauen unterschätzen häufig ihr Erkrankungsrisiko. In den letzten Jahrzehnten sind die Erkrankungs- und Sterberaten jedoch zurückgegangen. Der Rückgang hängt mit mehreren Faktoren zusammen, vor allem mit einem veränderten Gesundheitsverhalten und mit Fortschritten in der Versorgung. Frauen verhalten sich oftmals gesundheitsbewusster als Männer, sie rauchen zum Beispiel selte-

ner und ernähren sich häufig gesünder. Bei der Sportausübung liegen allerdings eher die Männer vorn. Für die Gesundheitsversorgung steht in Deutschland ein breit differenziertes Angebot zur Verfügung, das gut angenommen wird. Frauen nehmen ihren Körper und ihre Gesundheit oftmals genauer wahr und haben eine höhere Bereitschaft als Männer, ärztliche Hilfe zu suchen und anzunehmen. Der Bericht zeigt aber auch: Alter, Bildung, Einkommen, Erwerbsstatus, Familienform, Migrationshintergrund, Behinderung, sexuelle Orientierung und vieles mehr haben großen Einfluss auf die Gesundheitschancen von Frauen.

WELCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN LASSEN SICH ZIEHEN?

Der neue Frauengesundheitsbericht der GBE liefert die empirischen Grundlagen zu vielen Themen der Frauengesundheit und will dazu beitragen, die Sensibilisierung für diese Themen in Politik, Wissenschaft und Praxis weiter voranzutreiben und damit die Gesundheit von Frauen zu erhalten und zu fördern. Wie alle Publikationen der GBE wendet er sich an wissenschaftliche Expertinnen und Experten, im Gesundheitswesen Tätige, Politikerinnen und Politiker, Vertreterinnen und Vertreter von Verbänden und Netzwerken sowie Journalistinnen und Journalisten. Nicht zuletzt soll Bürgerinnen und Bürgern ein direkter Zugang zu wissenschaftlich fundierten Informationen eröffnet werden. Um wissenschaftlich fundierte Informationen als Grundlage für politisches Handeln zu liefern, brauchen Gesundheitsberichte eine solide Datengrundlage. Insgesamt ist die Datenlage zur Frauengesundheit als gut einzuschätzen. Datenlücken zeigen sich bei der Gesundheit von bestimmten Gruppen von Frauen, zum Beispiel Frauen mit Migrationshintergrund, hochaltrigen Frauen, Frauen mit Behinderungen. Auch zur Gesundheit von lesbischen, queeren und transgeschlechtlichen Frauen sowie zu intergeschlechtlichen Personen gibt

es bisher kaum belastbare Daten. Ebenso fehlen Daten zu bestimmten Erkrankungen, unter anderem zur Prävalenz von weit verbreiteten gutartigen gynäkologischen Erkrankungen, wie zum Beispiel Endometriose und Gebärmutter senkung. Die Verbesserung der Datenlage ist eine wichtige Voraussetzung für die Wahrnehmung eines Themas und für gesundheitspolitische Maßnahmen mit dem Ziel, Veränderungen zu erreichen. Zur Stärkung der Frauengesundheit in Deutschland kann auch eine bessere Passgenauigkeit von Angeboten für Gesundheitsinformationen, Prävention und Versorgung beitragen. Die Angebote sollten noch stärker auf unterschiedliche Bedarfe zugeschnitten werden. Das betrifft beispielsweise die Barrierefreiheit bei der Gesundheitsversorgung für Frauen mit Behinderungen oder auch die Formate, mit denen Informationen über Früherkennungsangebote (z. B. Mammographie-Screening) an Frauen vermittelt werden, die ihre Gesundheitskompetenz als niedrig einschätzen.

Aber nicht nur Forschung, Berichterstattung, Gesundheitswesen und Gesundheitspolitik können einen Beitrag leisten. Um die Gesundheit von Frauen zu verbessern und soziale sowie geschlechterbezogene Ungleichheiten in der Gesundheit und Versorgung abzubauen, müssen neben der Gesundheitspolitik weitere Politikfelder eingebunden werden (Health in all Policies). Hervorzuheben ist hier die Bedeutung von Geschlechtergerechtigkeit für die Gesundheit. Sie wird auch in der 2016 verabschiedeten Strategie zur Gesundheit und zum Wohlbefinden für Frauen in der Euro-Region der Weltgesundheitsorganisation (WHO) betont (Strategy on women's health and well-being in the WHO European Region). Die Gleichstellung von Frauen und Männern ist eines der Ziele der Europäischen Union und eines der 17 Ziele für Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) der Vereinten Nationen (UN). Der Vergleich mit dem ersten Frauengesundheitsbericht zeigt, dass wir in den letzten 20 Jahren bei der gerechten und gleichen Verteilung der Gesundheitschancen ein ganzes

Stück weitergekommen sind – und dass es noch immer viele Herausforderungen gibt.

Der Bericht kann als Gesamt-PDF www.rki.de/frauengesundheitsbericht oder in Einzelkapiteln heruntergeladen werden. Zentrale Kapitel des Berichtes sind auch in englischer Übersetzung verfügbar www.rki.de/womenshealthreport. Wir hoffen, dass wir mit diesem Beitrag Ihr Interesse am neuen Frauengesundheitsbericht wecken und dass er nützlich für Ihre Arbeit ist! ●

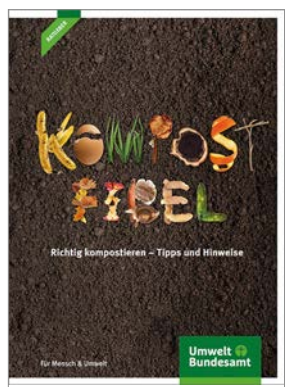
LITERATUR

RKI – Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2020): Gesundheitliche Lage der Frauen in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI, Berlin. DOI: 10.25646/6585.

KONTAKT

Dr. Anke-Christine Saß
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie
und Gesundheitsmonitoring (Abt. 2)
FG 24 Gesundheitsberichterstattung
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: [SassA\[at\]rki.de](mailto:SassA[at]rki.de)

[RKI]



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