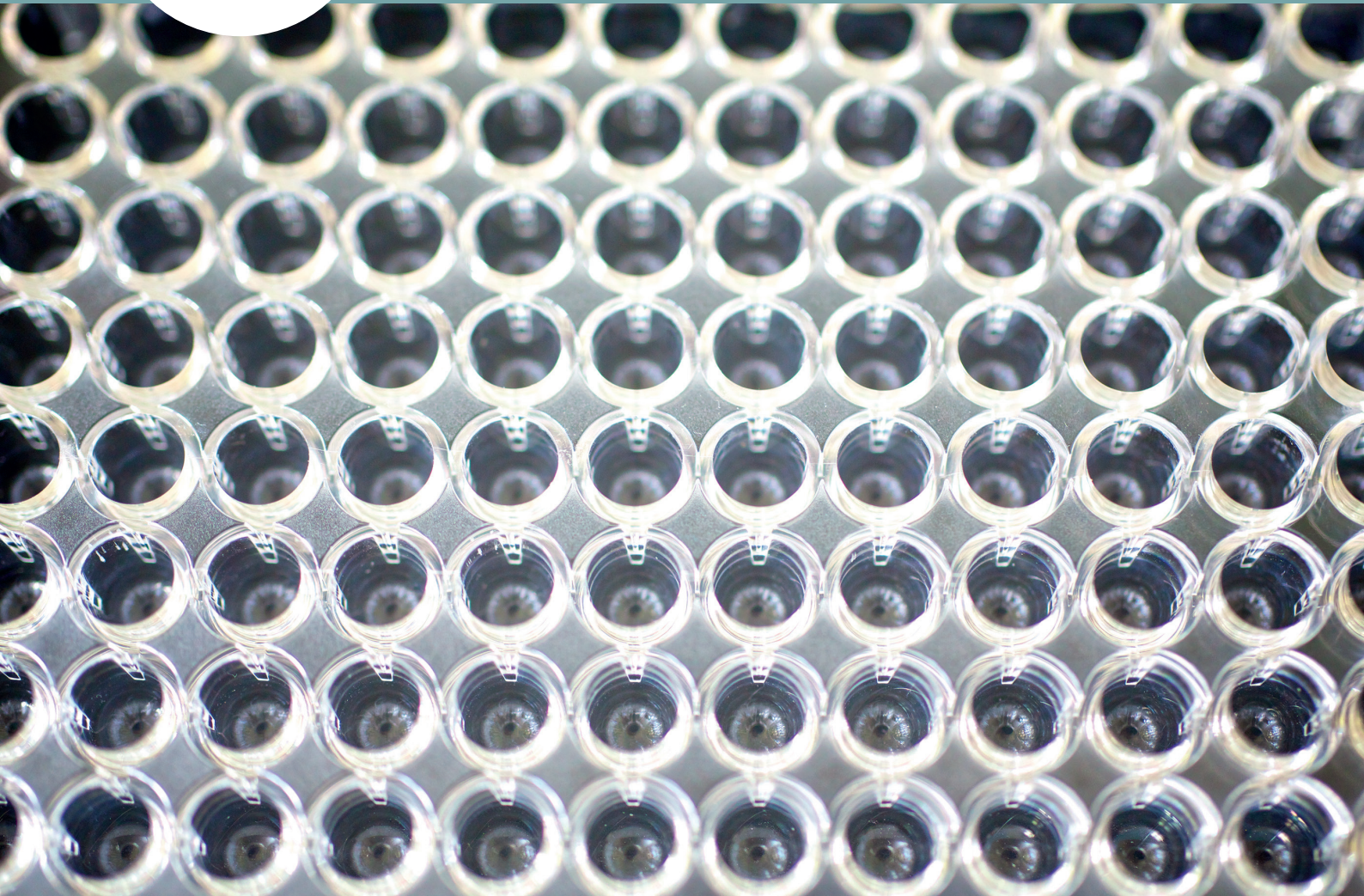




○ **SCHWERPUNKT:**
ANTIBIOTIKARESISTENZEN

○ VULNERABILITÄT IM KONTEXT VON
UMWELT UND GESUNDHEIT

○ DEMOGRAFISCHER WANDEL UND
HEALTHY AGEING

○ WIEDERVERWENDUNG VON BEHANDELTEM
ABWASSER – WAS PLANT DIE EU?



● UMWELT + MENSCH INFORMATIONSDIENST

NR. 2/2017



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

IMPRESSUM IMPRINT

UMID – UMWELT + MENSCH
INFORMATIONSDIENST
Nr. 2/2017
November 2017

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. med. Ute Wolf
Robert Koch-Institut
General-Pape-Straße 62–66
12101 Berlin
E-Mail: wolfu[at]rki.de

Dr. Hedi Schreiber
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: hedi.schreiber[at]uba.de

GESAMTKOORDINATION

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

GESTALTUNG

IKONUM Kommunikationsagentur
www.ikonum.com

E-MAIL FÜR UMID

umid[at]uba.de

UMID IM INTERNET

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

DRUCK

Umweltbundesamt
Gedruckt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen
"Blauer Engel".

TITELBILD

Labortests © Bundesinstitut für Risikobewertung

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

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

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

INHALT CONTENT

ANTIBIOTIKARESISTENZEN

7 **Antimikrobielle Resistenzen in der Umwelt – Gibt es Neues zum bekannten Phänomen?**

Antimicrobial resistance in the environment – Is there anything new about the well-known phenomenon?

JENS SCHÖNFELD, SABINE KONRADI, SILVIA BERKNER, KATHI WESTPHAL-SETTELE

20 **Resistenzüberwachung von Zoonoseerregern und kommensalen Bakterien aus der Lebensmittelkette – neue Regeln, neue Erkenntnisse**

Monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and bacteria in the food chain – new rules, new insights

BERND-ALOIS TENHAGEN, MIRJAM GROBBEL, JENS-ANDRE HAMMERL, ANNEMARIE KÄSBOHRER

29 **Surveillance der Antibiotikaresistenz im humanmedizinischen Bereich in Deutschland**

Antimicrobial resistance surveillance in human medicine in Germany

MUNA ABU SIN, INES NOLL, MARCEL FEIG, TIM ECKMANN

VULNERABILITÄT

38 **Workshop „Vulnerabilität im Kontext von Umwelt und Gesundheit“**

Workshop “Vulnerability within environment and health”

NADJA STEINKÜHLER, SVENJA OBERMÜLLER, JUDITH MEIERROSE, ANDRÉ CONRAD

43 **Soziale Vulnerabilität im Kontext von Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage**

Social vulnerability in context of environment, health and social situation

CLAUDIA HORNBERG, JULIANE MASCHKE

50 **Verkehrslärm und Vulnerabilität – ein Beitrag vor dem Hintergrund der EU-Umgebungslärmrichtlinie**

Traffic-related noise and vulnerability – a contribution against the background of the EU Environmental Noise Directive

NATALIE RIEDEL, THOMAS CLASSEN

INHALT CONTENT

- 56 Nach der Flut: Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen im Huasco-Tal, Chile**
After the flood: Impacts and adaptation strategies in the Huasco Valley, Chile
LAURA MELTZER, JULIANE DAME, SABINE GABRYSCH
- WEITERE BEITRÄGE**
- 62 »Älter, weniger, bunter«: der demografische Wandel in Deutschland**
»Older, fewer, more diverse«: demographic change in Germany
ENNO NOWOSSADECK, JULIA FIEBIG
- 73 Gesund älter werden als Thema des Gesundheitsmonitorings am Robert Koch-Institut**
Healthy Ageing as an area of focus in the health monitoring of the Robert Koch Institute
JUDITH FUCHS, CHRISTA SCHEIDT-NAVE
- 82 Wiederverwendung von behandeltem Abwasser – Was plant die EU?**
Reuse of treated wastewater – what are the EU's plans?
MANUELA HELMECKE, REGINE SZEWZYK
- 94 EU-Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) – Ihre Bedeutung für den Schutz der Gesundheit**
EU-limit values of nitrogen dioxide (NO₂) – Their significance for health protection
WOLFGANG STRAFF, KERSTIN BECKER

25 Jahre UMID – Zeit für ein neues Layout

Liebe Leserinnen und Leser,

wir haben das 25-jährige Jubiläum der Zeitschrift genutzt und gemeinsam mit der Kommunikationsagentur IKONUM aus Dresden ein neues Layout der Zeitschrift erarbeitet. Heute halten Sie nun die Zeitschrift UMID in vollständig neuer Gestalt in Ihren Händen. Dabei war uns wichtig, den wissenschaftlichen Charakter der Zeitschrift in ein zeitgemäßes Design zu überführen und eine breitere Leserschaft zu erreichen. Das neue Logo, prägnant platziert auf der Titelseite, assoziiert mit seiner Verbindung aus „M“ und „U“ die Einheit des Menschen und seiner Umwelt. Die auf der Titelseite eingeführten Gestaltungselemente aus Kreis, Linie und Schrift ziehen sich wie ein Faden durch die gesamte Gestaltung und geben UMID so ein konsequent strukturiertes und markantes Layout.

Seit ihrem ersten Erscheinen 1992 gab es immer wieder Neuerungen in und an der Zeitschrift. So trugen die Ausgaben der ersten Jahrgänge den Titel „UMID – Umweltmedizinischer Informationsdienst“ und wurden vom „Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene/Klinisch-diagnostischer Bereich“ herausgegeben. Im Jahr 2000 konnten wir die Redaktion erweitern. Die Zeitschrift wurde als Beitrag zum Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit von da an gemeinsam von den Bundesoberbehörden Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut und dem Umweltbundesamt herausgegeben. Diese Kooperation ermöglicht es uns nun seit vielen Jahren, den Leserinnen und Lesern eine Fülle von Beiträgen aus den Bereichen Umwelt und Gesundheit, Verbraucherschutz und Umweltmedizin zu bieten. Das damit deutlich gewachsene Themenspektrum haben wir dann im Jahr 2010 auch im Langtitel der Zeitschrift deutlich gemacht: Aus dem früheren „Umweltmedizinischen Informationsdienst“ wurde damals die Zeitschrift „UMID – Umwelt + Mensch Informationsdienst“.

Auch im neuen Layout werden wir Ihnen weiterhin ein breites Themenspektrum bieten und Informationen zu praxisrelevanten Themen veröffentlichen, Forschungsergebnisse vorstellen und zu umweltbedingten Risikofaktoren und Gesundheitsstörungen aufklären. Empfehlungen und Veranstaltungsberichte werden ebenfalls weiter ihren Platz in unserer Zeitschrift haben.

Wir danken unseren Leserinnen und Lesern für ihre Verbundenheit und ihr Interesse an der Zeitschrift UMID. Unser Dank gilt ebenso unseren Autorinnen und Autoren, die mit großem Engagement über neue Forschungsergebnisse informieren, Einblick in ihre Arbeitsgebiete geben oder über Veranstaltungen berichten.

Ihre Redaktion der Zeitschrift
UMID – Umwelt + Mensch Informationsdienst

Antimikrobielle Resistenzen in der Umwelt – Gibt es Neues zum bekannten Phänomen?

Antimicrobial resistance in the environment – Is there anything new about the well-known phenomenon?

ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag zeichnet die Bewegung nach, die durch neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in die Diskussion um Antibiotikaresistenzen im Rahmen der Umweltrisikobewertung von Arzneimitteln gekommen ist. Anhand der Ergebnisse eines internationalen Expertengesprächs (Mai 2017, Berlin), wird der aktuelle Stand der Diskussion in diesem Themenbereich zusammenfassend dargestellt. Diskutiert wurden insbesondere die Rolle von Antibiotika-Rückständen in der Umwelt für eine Erhöhung der Resistenzniveaus insgesamt und der Einfluss von zusätzlichen Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Gülleanwendung, Aufbringung von Gärresten et cetera. Weiterhin wurde die Bedeutung von Ko-Resistenz gegenüber Schwermetallen für die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen und die Identifikation geeigneter Endpunkte zur Resistenzausbreitung angesprochen, um sie in die Umweltrisikobewertung für Antibiotika zu integrieren. Ziel war es, die vorgestellten wissenschaftlichen Erkenntnisse kritisch zu beurteilen und zu diskutieren.

JENS SCHÖNFELD,
SABINE KONRADI,
SILVIA BERKNER,
KATHI WESTPHAL-
SETTELE

ABSTRACT

This publication identifies specific issues that have emerged as a result of the latest scientific findings in the debate on antibiotic resistance in the context of the environmental risk assessment of medicinal products. Moreover, it summarizes the state of the art in this area, based on the results of a recent international expert meeting, held in Berlin in May 2017. The main issues raised, were the role of antibiotic residues in the environment in causing an increase in overall resistance levels, considering the influence of additional factors such as soil texture, manure application, biogas production et cetera. Furthermore, the importance of co-resistance to heavy metals and biocides for the spread of antibiotic resistance and the identification of appropriate endpoints for the spread of resistance, in order to integrate them into the environmental risk assessment for antibiotics were addressed. The aim is to critically assess and to discuss the scientific findings presented.

EINLEITUNG

Ein Großteil der Schwierigkeiten, die sich direkt aus der therapeutischen Anwendung von Antibiotika bei Mensch und Tier für die Entwicklung von Resistenzen ergeben, ist inzwischen gut verstanden. Diese Kenntnisse um die Zusammenhänge zwischen Antibiotikaeinsatz und der Entstehung beziehungsweise Verbreitung von Resistenzen

im klinischen Umfeld flossen daher bereits in bestehende internationale und nationale Aktionspläne zur antimikrobiellen Resistenz (AMR) ein (EC 2011; WHO 2015).

Die Bedeutung der Rolle der Umwelt bei der Entstehung und Verbreitung von AMR war in der Vergangenheit hingegen weitgehend unbekannt. Erst in den letzten Jahren gibt es eine wachsende Zahl von Anhaltspunkten, die darauf hindeuten, dass bestimmte



FOTO
© jarun011 / Fotolia.com

Umweltkompartimente „Hotspots“ für die Entwicklung von Resistenzmechanismen sind (Wellington et al. 2013). Die Bedeutung der Umwelt als ein sich stetig vergrößerndes Reservoir für antimikrobielle Resistenzgene ist heute weithin anerkannt und findet in aktuellen Aktionsplänen zur Bekämpfung von AMR Berücksichtigung (CVMP 2016; EC 2017a, b). Für das europäische Komitee für die Zulassung von Tierarzneimitteln (CVMP) wird derzeit ein Reflexionspapier zur antimikrobiellen Resistenz durch das Vorkommen von veterinärmedizinischen Antibiotika in der Umwelt erarbeitet (CVMP 2017).

Die geplanten Maßnahmen in Aktionsplänen zur Bekämpfung von AMR beruhen auf dem „One Health“-Konzept, welches berücksichtigt, dass menschliche Gesundheit und Tiergesundheit miteinander verbunden sind. Das „One-Health“-Konzept umfasst außerdem auch die Umwelt, welche eine weitere

Verbindung zwischen Mensch und Tier und gleichermaßen eine potenzielle Quelle für neue resistente Mikroorganismen darstellt. Nach wie vor sind jedoch der Nachweis, dass aus dem Einsatz eines bestimmten Antibiotikums eine erhöhte AMR resultiert, sowie die Quantifizierung des Risikos nur schwer zu führen. Das liegt darin begründet, dass der Zeitpunkt des Antibiotikaeinsatzes und die Entstehung der Resistenzen zeitlich entkoppelt sind. Umweltaspekte der Resistenzentstehung werden folglich im Rahmen der Umweltbewertung von Arzneimitteln bei der Zulassung derzeit nicht berücksichtigt.

Der vorliegende Beitrag fasst den derzeitigen Stand der Diskussion im Themenbereich AMR und die bestehenden Schwierigkeiten bei der Berücksichtigung in der Umweltrisikobewertung zusammen.

Allgemeine Grundlagen zu Antibiotika und deren Umweltbewertung im Rahmen der

europäischen Zulassungsverfahren für Human- und Tierarzneimittel sowie Grundlegendes zu Resistenzmechanismen werden in diesem Beitrag nicht detailliert präsentiert. Es wird in diesem Zusammenhang auf die Publikation Küster et al. (2013) verwiesen.

ANTIBIOTIKARESISTENZEN IN DER UMWELT

Antibiotika und Schutzmechanismen von Mikroorganismen gegen deren Wirkung (Antibiotikaresistenzen) sind als natürliches Phänomen schon sehr lange in der Umwelt vorhanden (Bhullar et al. 2012; D'Costa et al. 2006). Antibiotika werden von Mikroorganismen produziert, nicht nur um sich einen Wachstums- oder Selektionsvorteil zu verschaffen, sondern auch als Signalmoleküle für eine Kommunikation innerhalb von Mikroorganismen-Gemeinschaften.

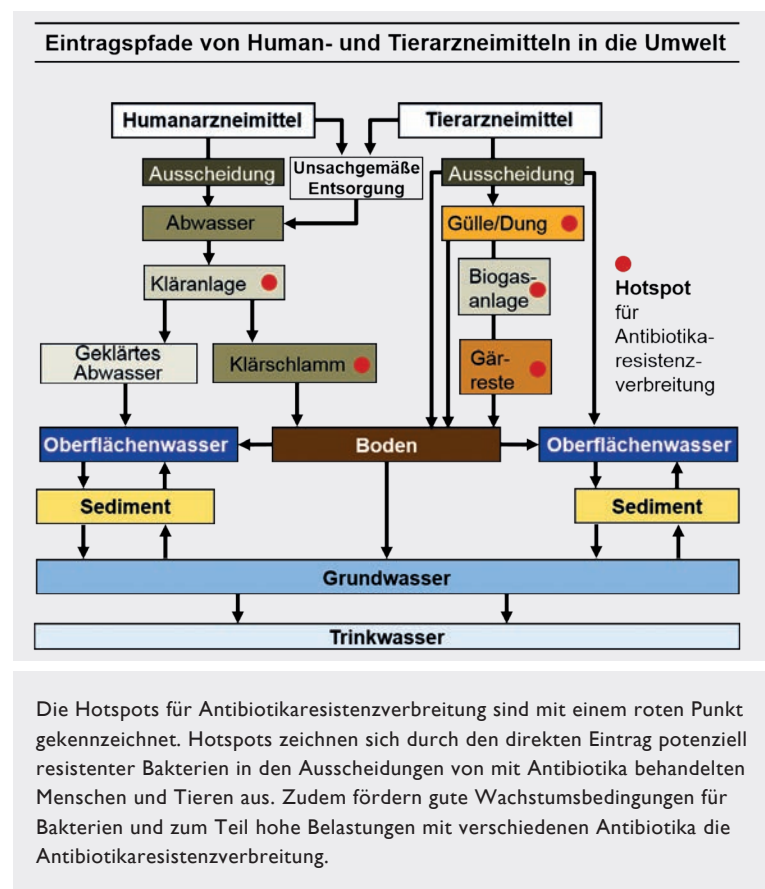
Seit dem Beginn des Einsatzes von Antibiotika in der Medizin in den 1940er Jahren (antibiotische Ära) haben Resistenzen im Vergleich zum natürlichen Hintergrund (prä-antibiotische Ära) kontinuierlich zugenommen. Vergleichende Untersuchungen heutiger Böden mit archivierten Böden von 1940 (Knapp et al. 2010) haben für einzelne Resistenzgene ein Ansteigen um mehr als das 15-fache nachgewiesen. Die Umwelt beherbergt somit ein sich vergrößerndes Reservoir an Resistenzdeterminanten (Resistenzgene oder mobile genetische Elemente als Träger von Resistenzgenen), dessen Einflussfaktoren und Dynamik bisher nur unzureichend verstanden sind. Es gibt vermehrt Anhaltspunkte, dass Resistenzdeterminanten aus diesem Umweltreservoir auf tier- oder humanpathogene Bakterien übertragen werden können (Allen et al. 2010), wenn auch nach wie vor ein direkter Nachweis in diesem Falle praktisch unmöglich erscheint. Forsberg et al. (2012) konnten zeigen, dass es zu einem Austausch von Resistenzgenen zwischen Bakterien, die primär in der Umwelt vorkommen, und klinischen Isolaten pathogener Mikroorganismen kommt. Die Entstehung,

Verbreitung oder Selektion von resistenten Mikroorganismen beziehungsweise Resistenzdeterminanten in der Umwelt birgt somit durch das Risiko der Übertragung eine Gefahr für die Gesundheit von Mensch und Tier. Dies kann zu der beobachteten Verschlechterung der Wirksamkeit von Antibiotika im klinischen Bereich beitragen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass schon sehr niedrige Konzentrationen von Antibiotika ausreichen, um resistenten Organismen in der Umwelt einen Selektionsvorteil zu verschaffen (Gullberg et al. 2011).

EINTRAGSPFADE UND VORKOMMEN VON ANTIBIOTIKA

Eine Voraussetzung für den Nachweis der Förderung von Resistenzverbreitung in der Umwelt ist die Erfassung des Eintrags von Antibiotikawirkstoffen in die verschiedenen

ABBILDUNG 1
Eintragswege von Human- und Tierarzneimitteln einschließlich Antibiotika (Zusätzliche Eintragspfade, wie Emissionen aus Produktionsanlagen, werden nicht betrachtet).



KATEGORIEWIRK-STOFFKLASSE	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2011	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2012	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2013	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2014	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2015	ANGE- GEBENE MENGE [T] 2016	DIFFERENZ [T] 2011- 2016
Aminoglykoside	47	40	38	38	25	26	-21
Cephalosp., 1. Gen.	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	2,0	± 0
Cephalosp., 3. Gen.	2,1	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	+0,2
Cephalosp., 4. Gen.	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,1	-0,4
Fenicole	6,1	5,7	5,3	5,3	5,0	5,1	-1
Fluorchinolone	8,2	10,4	12,3	12,3	10,6	9,3	+1,1
Folsäureantagonisten	30	26	19	19	10	9,8	-20,2
Ionophore*							
Lincosamide*							
Makrolide	173	145	109	109	52	55	-118
Nitroimidazole*							
Penicilline	528	501	450	450	299	279	-249
Pleuromutiline	14	18	13	13	11	9,9	-4,1
Polypeptidantibiotika	127	124	107	107	82	69	-58
Sulfonamide	185	162	121	121	73	69	-116
Tetrazykline	564	566	342	342	221	193	-371
Summe	1.706	1.619	1.238	1.238	805	742	-964

Scheinbare Ungenauigkeiten oder Abweichungen bei den Mengenangaben sind durch Rundungseffekte bedingt.

* Wahrung des Geschäfts- und Betriebsgeheimnisses, Daten dürfen nicht veröffentlicht werden, da es in der Regel nur einen Zulassungsinhaber gibt (nach § 6 IFG und § 9 Abs. 1 (3) UIG).

TABELLE 1
 Jährliche Abgabemen-
 gen von Antibiotika-
 wirkstoffklassen an
 Tierärzte in Deutsch-
 land im Zeitraum
 2011–2016. Quelle:
 Bundesamt für Verbrau-
 cherschutz und Lebens-
 mittelsicherheit (BVL).

Umweltkompartimente. Es ist daher sinn-
 voll, die Eintragswege in die Umwelt sowie
 die aktuellen Verbrauchsdaten von Antibio-
 tikawirkstoffen zu betrachten. Durch den
 Einsatz von Antibiotika sowohl in der Hu-
 man- als auch in der Tiermedizin können
 antibiotische Wirkstoffe auf unterschiedli-
 chen Eintragswegen in die Umwelt gelangen
 (ABBILDUNG 1). Im menschlichen Körper wer-
 den antimikrobielle Wirkstoffe nur zum Teil
 metabolisiert und zu nennenswerten An-
 teilen als Ausgangswirkstoff wieder ausge-
 schieden. Je nach Antibiotikum reicht diese
 Spanne von 10 bis über 90 Prozent Exkretion
 als Ausgangswirkstoff (Berkner et al. 2014).
 Auch eine Bildung von pharmakologisch ak-
 tiven Metaboliten ist möglich.

Antibiotika können anschließend sowohl
 über geklärte Abwässer in Gewässer als auch
 durch das Ausbringen von Klärschlamm in
 den Boden gelangen. Ein Weitertransport
 und Eintrag in das Grundwasser kann aus
 Oberflächengewässern und Böden stattfin-
 den. Bei der Anwendung von Antibiotika
 in der Tiermedizin ist der vorrangige Ein-
 tragspfad die Ausscheidung von behandel-
 ten Tieren. Durch das Ausbringen von Gülle
 und Dung als Wirtschaftsdünger, teils als
 Gärreste aus Biogasanlagen, aber auch durch
 die direkte Ausscheidung behandelter Tiere
 in Freilandhaltung, gelangen antibiotische
 Rückstände auf landwirtschaftlich genutzte
 Flächen. Schließlich können die Antibiotika
 in die Umweltmedien Boden, Oberflächen-

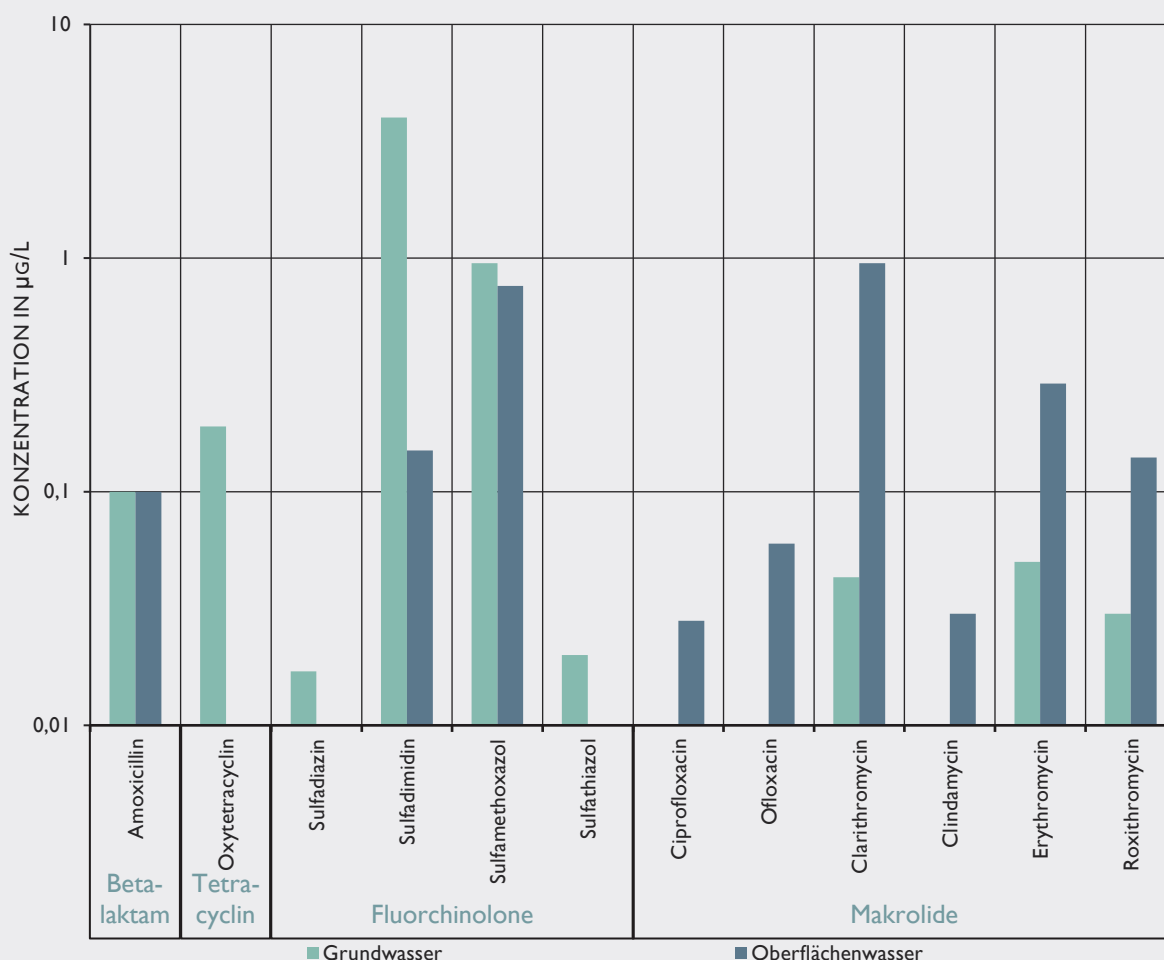
und Grundwasser transportiert werden. Weiterhin ist ein Eintrag von Antibiotika durch Abwässer und Abfälle aus der Produktion und Formulierung von Wirkstoffen sowie durch deren unsachgemäße Entsorgung möglich.

In Deutschland lag der jährliche Verbrauch von Antibiotikawirkstoffen für das Jahr 2015 im Bereich der Humanmedizin bei etwa 700 bis 800 Tonnen (Abschätzung GERMAP 2015 [BVL, PEG 2016]) und im Bereich der Tiermedizin bei 742 Tonnen (BVL 2017). **TABELLE 1** zeigt eine Zusammenstellung der Abgabemengen von als Tierarznei-

mittel eingesetzten Antibiotika-Wirkstoffklassen für die Jahre 2011 bis 2016, welche das BVL jährlich veröffentlicht (BVL 2017). Hier ist ersichtlich, dass ein breites Spektrum von Antibiotika in der Tiermedizin angewendet wird. Im Jahr 2016 zählten zu den größten Abgabemengen die Wirkstoffgruppen der Penicilline (279 t), Tetracycline (193 t), Sulfonamide (69 t) und Makrolide (55 t), von denen der Verbrauch in den letzten Jahren deutlich gesunken ist. Für Antibiotika-Klassen, die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als für die

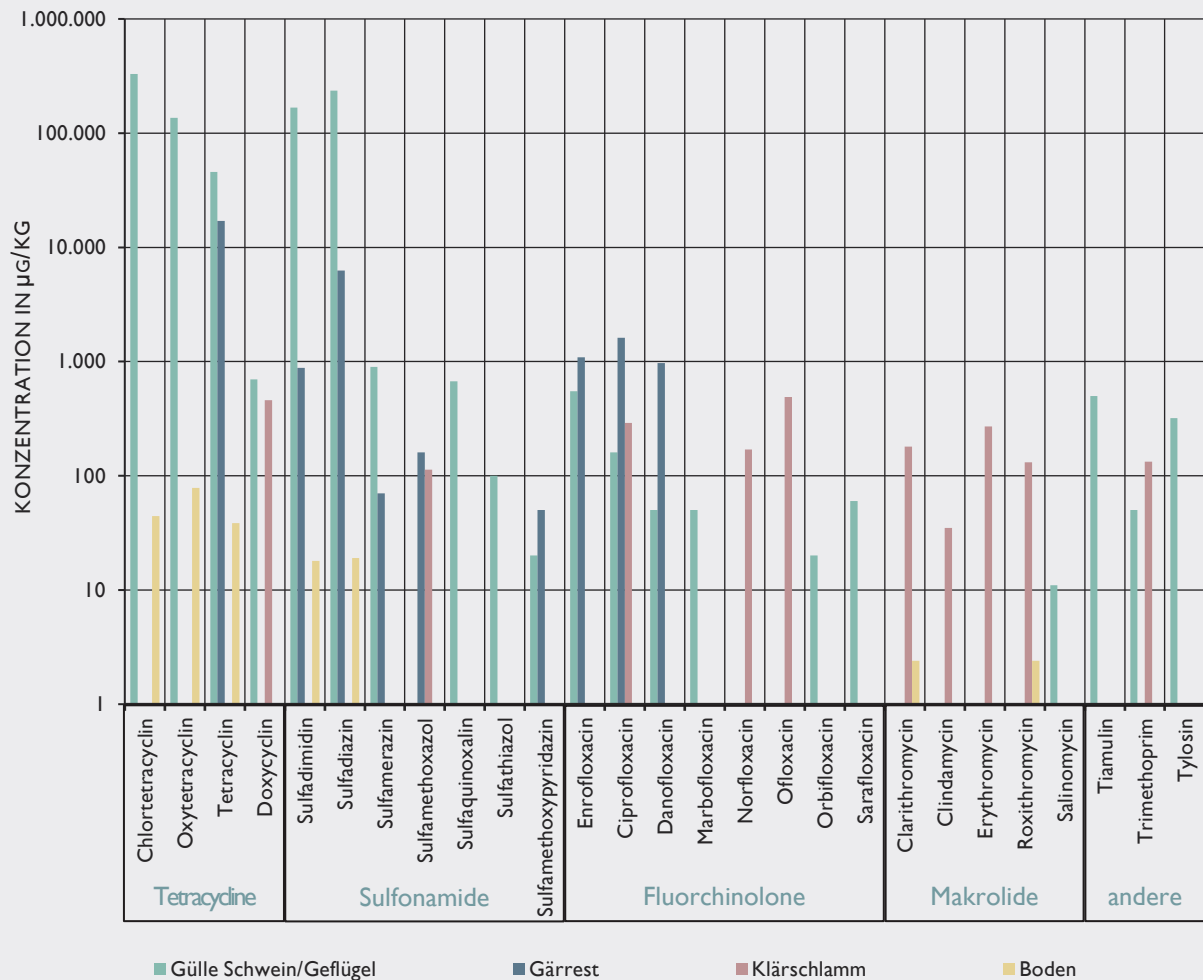
ABBILDUNG 2
 Antibiotikarückstände in Grund- und Oberflächenwasser in Deutschland.

ANTIBIOTIKARÜCKSTÄNDE IN GRUND- UND OBERFLÄCHENWASSER



Dargestellt sind jeweils Maximalwerte der gemessenen Antibiotikakonzentrationen. Die Daten wurden aus verschiedenen Forschungsvorhaben zusammengestellt. Quellen: BLAC 2003; LAUBW 2002; Ratsak 2013; Wohde 2016; Hembrock-Heger 2011; Winckler 2004; Göbel 2005; Weiss 2008; Schüssler 2004; Hannappel 2017.

ANTIBIOTIKARÜCKSTÄNDE IN GÜLLE, GÄRRESTEN, KLÄRSCHLÄMMEN UND BÖDEN



Die Angaben für Gülle (Schwein oder Geflügel), Gärreste (Mischproben mit Gülleanteil), Boden und Klärschlamm beziehen sich auf µg/kg Trockensubstanz. Dargestellt sind jeweils Maximalwerte der gemessenen Antibiotikakonzentrationen. Die Daten wurden aus verschiedenen Forschungsvorhaben zusammengestellt. Quellen: BLAC 2003; LAUBW 2002; Ratsak 2013; Wohde 2016; Hembrock-Heger 2011; Winckler 2004; Göbel 2005; Weiss 2008; Schüssler 2004; Hannappel 2017.

ABBILDUNG 3
 Antibiotikarückstände
 in Gülle, Gärresten,
 Klärschlamm und Bo-
 den in Deutschland.

Humanmedizin besonders wichtig einge-
 stuft sind, wie Fluorchinolone, ist die Abga-
 bemenge im Zeitraum von 2011 bis 2016 um
 circa 13 Prozent angestiegen (BVL 2017).

Obwohl kein flächendeckendes systemati-
 sches Monitoring für Antibiotika in der Um-
 welt existiert, wurden in den letzten Jahren
 in verschiedenen Umweltmedien regelmäßig
 Antibiotikawirkstoffe aus der Human- und
 Tiermedizin nachgewiesen. Eine Auswahl an
 Wirkstoffen und deren nachgewiesenen Ma-

ximalkonzentrationen in den verschiedenen
 Umweltmedien in Deutschland zeigen die
 ABBILDUNGEN 2 UND 3. Vertreter aller anti-
 biotischen Wirkstoffgruppen werden sowohl
 in Gülle und Gärresten behandelter Tiere als
 auch in Klärschlämmen nachgewiesen. Diese
 Funde spiegeln das Spektrum des Antibioti-
 kaverbrauchs in der Human- und Tiermedizin
 wieder. Zudem wurde auch im Boden sowie
 im Oberflächen- und Grundwasser eine Viel-
 zahl von Antibiotikawirkstoffen gemessen.

Als "Hotspots" für die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen gelten insbesondere die Medien Gülle, Gärreste sowie Klärschlämme. Dies hat mehrere Gründe; zum einen werden in diesen Medien hohe Konzentrationen von Antibiotika zum Teil als Gemische nachgewiesen (LAUBW 2002; Ratsak 2013). Zum anderen können Gülle, Klärschlamm und Gärreste über die Ausscheidungen von mit Antibiotika behandelten Tieren und Menschen direkt mit antibiotikaresistenten Bakterien belastet sein. Die Lagerungsbedingungen dieser Medien sowie das gute Nährstoffangebot und die hohe Bakterien-dichte begünstigen zudem die Vermehrung von Bakterien. Die zum Teil hohe Belastung dieser Medien mit als Biozid angewendetem Zink und Kupfer (Sattelberger et al. 2005) können in Gegenwart von Antibiotika die Entstehung und Verbreitung von Antibiotikaresistenzen ebenfalls fördern. Des Weiteren können resistente Bakterien durch die Anwendung von Gülle, Klärschlämmen und Gärresten als Wirtschaftsdünger in der Umwelt weiter verteilt werden.

AKTUELLE DISKUSSION ZU AMR IN DER UMWELT

Im Mai 2017 veranstaltete das Umweltbundesamt (UBA) in Berlin ein Expertentreffen mit dem Titel *"Antimicrobial resistance (AMR) in the environment – recent experimental findings and considerations for risk assessment"*. Daran nahm ein internationaler Kreis von 22 Fachexpertinnen und -experten aus den Bereichen Wissenschaft und Behörden teil. Ziel der Fachdiskussion war es, die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Themenkomplex AMR kritisch zu beurteilen und die Optionen zur zukünftigen Berücksichtigung von Schlüsselfaktoren in der Umweltrisikobewertung für Arzneimittel zu diskutieren, die zu einer signifikanten Erhöhung des Resistenzniveaus in der Umwelt beitragen. Die offene Plenumsdiskussion zu sechs verschiedenen Fragestellungen (s.u.) wurde jeweils von einem geladenen Impulsvortrag eingeleitet.

Die Veranstaltung basierte auf einem vom Julius Kühn-Institut (JKI) für das UBA durchgeführten Forschungsprojekt (FKZ 3713 63 402). Dieses Projekt untersuchte die Rolle von zusammen mit Gülle ausgebrachten Antibiotika-Rückständen für die Selektion von Antibiotikaresistenzen in der Umwelt. Insbesondere Faktoren, die die Häufigkeit (Abundanz) von Resistenzgenen in der Umwelt beeinflussen, sollten experimentell in Gewächshausstudien identifiziert werden. Ein weiteres Ziel der Untersuchungen war es, geeignete regulatorische Endpunkte vorzuschlagen, die als Maß des Potenzials zur Förderung von AMR in der Umwelt in der Umweltrisikobewertung verwendet werden können. Vornehmlich sollten für einzelne Antibiotikawirkstoffe Schwellenkonzentrationen ($PNEC = predicted\ no\ effect\ concentration$) abgeleitet werden, bei deren Überschreitung eine Förderung der Resistenzentwicklung zu beobachten ist ($PNEC_{resist}$).

BEDEUTUNG DES EINTRAGS VON AMR ÜBER GÜLLE

Im oben genannten Forschungsvorhaben sollten Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus einem Gewächshausversuch mit verschiedenen Böden, die mit Schweinegülle sowie verschiedenen Konzentrationen des Antibiotikums Doxycyclin behandelt wurden, im Vergleich zu unbehandelten Böden abgeleitet werden. Ein Zuwachs von Resistenzentwicklung bei Behandlung sollte über den Nachweis von potenziellen Marker-Resistenzgenen und parallel dazu durch molekularbiologische Untersuchungen zur Gesamtheit aller Resistenzgene (Metagenom) in den Böden quantifiziert werden. Es zeigte sich, dass eine signifikante Erhöhung des Resistenzlevels selbst bei den eingesetzten höchsten Antibiotikum-Konzentrationen nicht nachzuweisen ist (Chessa et al. 2016). Dies bedeutet, dass die Ableitung einer $PNEC_{resist}$ aus experimentellen Daten derzeit nicht möglich erscheint. Die Ergebnisse erlauben jedoch hinsichtlich des Beitrags des Einsatzes von Gülle als

Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zur insgesamt beobachteten Zunahme von Resistenzen in der Umwelt wichtige Aussagen, die bisher in Expertengruppen lediglich gemutmaßt wurden. So gelang der erste wissenschaftliche Nachweis, dass der Eintrag von Antibiotika-Resistenzgenen in Form von resistenten Bakterien und freien Resistenzgenen beziehungsweise mobilen genetischen Elementen über die Gülle relevanter für die beobachtete Gesamtzunahme von Resistenzen ist, als die zusätzliche, geringe Selektion durch die Anwesenheit von Antibiotika-Rückständen in der Gülle oder im Boden.

Dagegen haben Bengtsson-Palme und Larsson (2016) kürzlich eine Methode zur Bestimmung einer $PNEC_{\text{resist}}$ vorgestellt, ohne auf Experimentaldaten aus Testsystemen mit Umweltmatrizes (Böden, Gülle) zurückzugreifen. Diese Berechnungsmethode basiert auf der Verwendung von Minimalen Selektiven Konzentrationen (MSC), die für viele Antibiotika relativ einfach aus vorhandenen Datenbankeinträgen bestimmt werden können (Datenbank der EUCAST, *European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*). Ein wichtiger Vorteil ist die Unabhängigkeit von Matrizes wie Boden, Sediment oder Gülle; ein deutlicher Nachteil die Beschränkung auf klinisch relevante bakterielle Isolate (human- und tierpathogene Bakterien) und somit der Abstand zu realen Umweltbedingungen.

IDENTIFIZIERUNG VON POTENZIELLEN (MOLEKULAREN) INDIKATOREN FÜR AMR

Im Expertengespräch wurde festgestellt, dass die Methode der Wahl, um den Zuwachs an AMR über einen ausgesuchten Zeitraum für eine Umweltprobe nachzuvollziehen, die Charakterisierung des Resistoms, der Gesamtheit an Resistenzgenen im jeweils untersuchten Medium ist (D'Costa et al. 2006; Wright 2007). Durch die Einführung von Hochdurchsatz-Sequenzierungsverfahren wurde diese Methode in den letzten Jahren

vermehrt in wissenschaftlichen Untersuchungen angewendet (Li et al. 2015; Chen et al. 2016). Nachteile der Verwendung dieser technisch sehr anspruchsvollen Analysen im regulatorischen Zusammenhang sind derzeit die lange Studiendauer, der hohe technische und personelle Aufwand sowie die damit verbundenen Kosten (Christou et al. 2017). Es wird daher seit einigen Jahren versucht Markergene zu identifizieren, die geeignet sind, als Indikatoren für den Gesamtwuchs an AMR, als Summe der Resistenzen gegen bestimmte Antibiotika, zu dienen. Ein solcher molekularer Indikator wäre im günstigsten Fall unabhängig vom Antibiotika-Wirkstoff und der Art der resistenten Bakterien und würde zudem die Resistenzentwicklung gegenüber ko-selektierenden Substanzen, wie Schwermetallen und Desinfektionsmitteln, abbilden. In der Diskussion hat sich mit dem Gen für die Integron Integrase (*intI1*) ein vielversprechender Indikator für das Gesamtlevel an Resistenz herauskristallisiert, sowohl in dem vorgestellten Forschungsvorhaben als auch in neueren Veröffentlichungen (Gillings et al. 2015; Deng et al. 2015). Da die Häufigkeit des Gens *intI1* zudem mit Genen für Schwermetall- und Desinfektionsmittelresistenz korreliert, kann es generell als Marker für anthropogen bedingte Resistenzentwicklung gelten.

ZEITLICHER ASPEKT DER RESISTENZENTWICKLUNG

Es wurde in der Diskussion mehrfach darauf hingewiesen, dass ein Zuwachs von AMR in der Umwelt unter Einfluss der selektierenden Antibiotika, Schwermetalle und Desinfektionsmittel unter Umständen erst nach längeren Zeiträumen signifikant nachweisbar ist (Lau et al. 2017). Dementsprechend lassen sich die Zeithorizonte innerhalb derer sich der zusätzliche Selektionsdruck durch Antibiotika signifikant messbar auswirkt, nicht in Studien mit circa 100 Tagen Dauer abbilden, wie sie üblicherweise im regulatorischen Zusammenhang im Rahmen der Zulassung verwendet werden. Es wurde daher angeregt,

im Rahmen eines Nachzulassungsmonitorings Daten aus idealerweise mehrjährigen Untersuchungen in eine retrospektive Umwelttrisikobewertung einfließen zu lassen.

BEDEUTUNG DER KO-SELEKTION VON AMR DURCH METALLE

Durch den Mechanismus der Ko-Selektion mehrerer unterschiedlicher Resistenzgene, die sich zum Beispiel auf demselben mobilen genetischen Element befinden, wird die Resistenz gegenüber den entsprechenden Substanzen gleichzeitig vermittelt (Ko-Resistenz). So können etwa Schwermetallresistenzen zusammen mit Antibiotikaresistenzen auftreten und auch übertragen werden. Dieser Zusammenhang ist bereits seit geraumer Zeit bekannt (Baker-Austin et al. 2006). Experimentelle Untersuchungen zum Ausmaß des Einflusses der Mechanismen der Ko-Selektion von Antibiotikaresistenzen durch Schwermetalle wie Kupfer und Zink, im Vergleich zur Selektion durch die entsprechenden Antibiotika-Rückstände in natürlichen Böden, wurden im Rahmen eines Impulsvortrages vorgestellt und anschließend intensiv diskutiert. Song et al. (2017) haben gezeigt, dass Metalle unter bestimmten Bodenbedingungen einen stärkeren Selektionsdruck für die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen ausüben als das spezifische Antibiotikum selbst. Es wurde die Vermutung geäußert, die Pufferkapazität der Böden (bezüglich organischem C-Gehalt und Tonmineralien) verhindern, dass die Antibiotika-Rückstände unmittelbar selektiv wirksam werden. Anders als bei dem getesteten Antibiotikum Tetracyclin ließen sich für die Schwermetalle Kupfer und Zink zudem Dosis-Wirkungs-Beziehungen der Resistenzentwicklung erkennen. Als Fazit der Diskussion wurde festgehalten, dass die durch Metalle induzierte Ko-Resistenz zwingend für die Beurteilung der Risiken der Resistenzentwicklung und die Ausbreitung in der Umwelt berücksichtigt werden muss.

RISIKEN DER RESISTENZ-ENTWICKLUNG DURCH WIEDERVERWENDUNG VON WASSER

Das Thema wurde durch einen Impulsvortrag eingeführt, der die Resistenzentwicklung am Beispiel der Wiederverwendung überwiegend ungeklärter Abwässer im Großraum Mexico Stadt auf landwirtschaftlichen Flächen in einem Zeitraum von bis zu 100 Jahren darstellte (Dalkmann et al. 2012). Die Häufigkeiten einiger Antibiotika-Resistenzgene – als Beispiel wurden Sulfonamid-Resistenzgene angeführt – lagen insbesondere mit zunehmender Dauer der Abwasser-Bewässerung signifikant über denen auf Kontrollflächen. Weltweit betrachtet trägt die direkte Abwassernutzung erheblich zur Ausbreitung von Resistenzen bei (Christou et al. 2017). Derzeit ist die Bewässerung mit Abwasser in der EU nicht vorgesehen. Dennoch ist angesichts bestehender Wasserknappheit und Trockenheit in ariden und semi-ariden Mitgliedstaaten der EU (z.B. Spanien, Griechenland) die Wiederverwendung von, allerdings behandeltem, Kommunalabwasser vielerorts eine gängige Praxis. Daher plant die EU-Kommission zum Ende 2017 einen Regelungsvorschlag zur Wasserwiederverwendung vorzustellen (EC 2016). Dabei sollten die erhöhten Risiken zur Verbreitung von AMR und die damit verbundenen Risiken vor allem für die menschliche Gesundheit im Vorschlag der Kommission berücksichtigt werden (hierzu auch der Beitrag von M. Helmecke und R. Szewzyk in diesem Heft).

BISLANG „ÜBERSEHENE“ PFADE DER ÜBERTRAGUNG VON AMR AUS DER UMWELT AUF DEN MENSCHEN

Im Verlauf der abschließenden Diskussion wurde die Lebensmittelkette aus Tierhaltung und Pflanzenbau – aufgrund des nicht vollständig auszuschließenden Kontaktes zwischen (Agrar-) Umwelt und Verbrauchern – als wichtige potenzielle Verbindung der Übertragung von AMR aus der Umwelt auf den Menschen identifiziert. In aktuellen

Studien gelang der Nachweis von resistenten Pathogenen (Enterobacteriaceae) auf verpackter Frischware, zum Beispiel auf Salat und Koriander (Liu, Kilonzo-Nthenge 2017). Frischware scheint daher ein bedeutender „Hotspot“ der Risiken zur Resistenzübertragung in der Lebensmittelkette zu sein.

Ein weiterer Pfad der nachgewiesenen Übertragung von AMR aus der Umwelt ist die Freizeitnutzung natürlicher Gewässer zum Baden und Schwimmen (Leonard et al. 2015). Die Exposition badender Menschen gegenüber Resistenzen tragenden Bakterien im Wasser erhöht das Risiko, an einer Antibiotika-resistenten Infektion zu erkranken bis zum dreifachen gegenüber der Kontrollgruppe, welche natürliche Gewässer nicht nutzte.

Direkte Risiken für die menschliche Gesundheit aus „Hotspots“ der Resistenzentwicklung in der Umwelt, wie Klärschlamm oder Gülle, sind ebenfalls als bedeutend einzuschätzen, da der direkte Kontakt über den Luftpfad, durch die Bildung von Aerosolen bei der Ausbringung, nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Da die Nähe zu den Ausbringungsstellen der Gülle für die Höhe des Risikos, resistenten Bakterien ausgesetzt zu sein, entscheidend ist, werden Berufsgruppen in der Landwirtschaft als besonders gefährdet angesehen (Untersuchung UBA, unveröffentlicht).

VORSCHLÄGE FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

Aus Sicht der Veranstalter des Expertengesprächs ergeben sich aus der Diskussion eine Reihe von Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit in Bezug auf die bestehenden Initiativen und Aktionspläne zur Bekämpfung der Ausbreitung von AMR in der Umwelt.

Die bestehenden Initiativen zur Minimierung des Antibiotika-Einsatzes bei Mensch und Tier werden ausdrücklich begrüßt. Im Falle der veterinärmedizinischen Antibiotika haben die Maßnahmen zur Reduzierung seit der erstmaligen Erfassung der Daten 2011 bereits einen deutlichen Rückgang der

Verbrauchsmengen bewirkt (BVL 2017). In einem Forschungsvorhaben wurde darüber hinaus für das UBA ein Konzept entwickelt, das durch die Umsetzung weiterer Maßnahmen zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes nochmals zu signifikant geringeren Verbrauchsmengen führen kann (UBA 2016). Die Verbrauchsmengen von Human-Antibiotika werden hingegen bislang nicht zentral erfasst. Initiativen zur Förderung einer rationalen Verschreibungspraxis im Bereich Human-Antibiotika, zum Beispiel das „*Antibiotic Stewardship*“ (de With 2015), werden daher ausdrücklich befürwortet.

Seit einigen Jahren mehren sich die Hinweise darauf, dass die jahrzehntelange Empfehlung einer langen Behandlungsdauer von Antibiotika im Sinne einer Minimierung der Selektion resistenter Bakterien eher kontraproduktiv ist (Holzinger 2015). Die Minimierung der Behandlungsdauer mit Antibiotika ist, als Nebeneffekt, eine geeignete Maßnahme zur Reduzierung von Human-Antibiotika, die verschiedentlich in der Praxis angewendet wird.

Bei der Verwendung von Gülle als Wirtschaftsdünger sollte die Information zur Antibiotika-Anwendung aus der Tierzucht und -haltung zusammen mit weiteren Informationen, wie Schwermetall- und Biozidgehalten, an die nachgeschalteten Anwender weitergegeben werden. Auf mit Schwermetallen wie Kupfer und Zink belasteten Böden sollten keine antibiotikahaltigen Güllen aufgebracht werden. Generell sollten keine mit Antibiotika belasteten Güllen auf Böden aufgebracht werden, die für den Gemüseanbau von Frischware vorgesehen sind.

Die Reduzierung der Verbrauchsmengen von Zink und Kupfer in der Tierhaltung ist dringend geboten, da diese über den Mechanismus der Ko-Resistenz die Verbreitung von Antibiotika-Resistenzen fördern. Die Situation in Dänemark beispielsweise hat sich durch jahrzehntelangen Einsatz von Kupfer und Zink in der Schweinehaltung derart verschärft, dass hohe Schwermetallkonzentrationen in Böden, über das Leaching in Gewässer, mittlerweile ein Risiko für aqua-

tische Organismen darstellen (Jensen et al. 2016). Die zusätzliche Gefahr der Resistenzausbreitung durch die Anwesenheit von Schwermetallen in Böden Dänemarks wurde hierbei nur am Rande berücksichtigt.

FAZIT ZUR EINBEZIEHUNG VON AMR IN DIE UMWELT-RISIKOBEWERTUNG

Aufgrund der dargestellten Punkte ist es gegenwärtig nicht sinnvoll, die Verbreitung von AMR durch den Einsatz von Antibiotika als Tier- oder Humanarzneimittel in die Umwelt-risikobewertung von Arzneimitteln einzubeziehen. Es sind, im Rahmen der vorgestellten Forschungsprojekte, vielversprechende Indikatoren für das Gesamtniveau an Resistenz, wie das Gen für die Integron Integrase (*intI1*) vorgeschlagen worden. Die Ableitung eines Schwellenwertes ($PNEC_{\text{resist}}$) für AMR, um die abgegrenzten Wirkungen von Antibiotika-Rückständen allein experimentell zu bestimmen, ist derzeit jedoch noch nicht möglich. Alternativ zu diesem Ansatz sollte daher, wie weiter oben beschrieben, die Verwendbarkeit von Minimalen Selektiven Konzentrationen (MSC) zur Ableitung einer $PNEC_{\text{resist}}$ (Bengtsson-Palme, Larsson 2016) eingehend geprüft werden. Weitere (Forschungs-)Aktivitäten werden sich in Zukunft beispielsweise auf die Intensivierung beziehungsweise Wiederaufnahme des Engagements im Rahmen der Deutschen Antibiotika-Resistenzstrategie DART 2020 ausdehnen. Der hier beschriebene „One-Health“-Ansatz wird auch innerhalb dieser Strategie berücksichtigt. ●

LITERATUR

Allen H K, Donato J, Wang H H et al. (2010): Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nat Rev Microbiol* 8: 251–9.

Baker-Austin C, Wright M S, Stepanauskas R et al. (2006): Co-selection of antibiotic and metal resistance. *Trends Microbiol* 14: 176–82.

Bengtsson-Palme J, Larsson D G (2016): Concentrations of antibiotics predicted to select for resistant bacteria: Proposed limits for environmental regulation. *Environ Int* 86: 140–9.

Berkner S, Konradi S, Schonfeld J (2014): Antibiotic resistance and the environment--there and back again: Science & Society series on Science and Drugs. *EMBO Rep* 15: 740–4.

Bhullar K, Waglehner N, Pawlowski A et al. (2012): Antibiotic resistance is prevalent in an isolated cave microbiome. *PLoS One* 7:e34953.

BLAC – Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (2003): Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20. November 2003 in Hamburg.

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2017): Erneut weniger Antibiotika an Tierärzte abgegeben. Pressemitteilung vom 13.09.2017.

BVL, PEG – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V. (2016): GERMAP 2015. Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland.

Chessa L, Jechalke S, Ding G C et al. (2016): The presence of tetracycline in cow manure changes the impact of repeated manure application on soil bacterial communities. *Biology and Fertility of Soils* 52: 1121–34.

Christou A, Aguera A, Bayona J M et al. (2017): The potential implications of reclaimed wastewater reuse for irrigation on the agricultural environment: The knowns and unknowns of the fate of antibiotics and antibiotic resistant bacteria and resistance genes - A review. *Water Res* 123: 448–67.

CVMP – The Committee for Medicinal Products for Veterinary Use (2016): CVMP strategy on antimicrobials 2016–2020.

CVMP – The Committee for Medicinal Products for Veterinary Use (2017): Work plan for the CVMP Environmental Risk Assessment Working Party (ERAWP) 2017.

D’Costa V M, McGrann K M, Hughes D W et al. (2006): Sampling the antibiotic resistome. *Science* 311: 374–7.

Dalkmann P, Broszat M, Siebe C et al. (2012): Accumulation of pharmaceuticals, Enterococcus, and resistance genes in soils irrigated with wastewater for zero to 100 years in central Mexico. *PLoS One* 7: e45397.

- de With K (2015): „Antibiotic Stewardship“ - Rationaler Einsatz. Deutsches Ärzteblatt, Perspektiven der Infektiologie 112: 31–2.
- EC – European Commission (2017a): A European One Health Action Plan against Antimicrobial Resistance (AMR).
- EC – European Commission (2017b): Strategic approach to pharmaceuticals in the environment. Commission Communication - Roadmap.
- EC – European Commission (2016): EU-level instruments on water reuse - Final report to support the Commission's Impact Assessment.
- EC – European Commission (2011): Action plan against the rising threats from Antimicrobial Resistance. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council.
- Forsberg K J, Reyes A, Wang B et al. (2012): The shared antibiotic resistome of soil bacteria and human pathogens. *Science* 337:1107–11.
- Göbel A, Thomsen A, McArdell C S et al. (2005): Extraction and determination of sulfonamides, macrolides, and trimethoprim in sewage sludge. *Journal of Chromatography A* 1085: 179–89.
- Gullberg E, Cao S, Berg O G et al. (2011): Selection of resistant bacteria at very low antibiotic concentrations. *PLoS Pathog* 7:e1002158.
- Hannappel S, Köpp C, Rejman-Rasinska E (2017): Regionaler Themenbericht Ermittlung der Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser Datenauswertung 2012 bis 2016. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN).
- Hembrock-Heger A, Nießner M, Reupert R (2011): Tierarzneimittel in Gülle, landwirtschaftlich genutzten Böden und oberflächennahem Grundwasser in Nordrhein-Westfalen.
- Holzinger F (2015): Antibiotika-Resistenzen - Über Jahrzehnte hat die Gesellschaft Antibiotika im Glauben an deren unerschöpfliche Allmacht nicht rational eingesetzt (DÄ 14/2015: „Das Problem ist hausgemacht“ von Falk Osterloh). *Deutsches Ärzteblatt - Das Leser-Forum* 112: 1142.
- Jensen J, Larsen M M, Bak J (2016): National monitoring study in Denmark finds increased and critical levels of copper and zinc in arable soils fertilized with pig slurry. *Environmental Pollution* 214: 334–40.
- Knapp C W, Dolfig J, Ehlert P A I, Graham D W (2010): Evidence of Increasing Antibiotic Resistance Gene Abundances in Archived Soils since 1940. *Environmental Science & Technology* 44 :580–7.
- Küster A, Lehmann S, Hein A et al. (2013): Antibiotika in der Umwelt – Wirkung mit Nebenwirkung. *UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst* 1: 18–28.
- Lau C H F, van Engelen K, Gordon S et al. (2017): Novel antibiotic resistance determinants from agricultural soil exposed to antibiotics widely used in human medicine and animal farming. *Applied and Environmental Microbiology* 83.
- LAUBW – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2002): Brauch H-J, Gabriel S, Hüther-Windbiel U et al. (2002): Teilprojekt Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Grund-, Oberflächenwässern und Böden in Baden-Württemberg, Abschlussbericht. Projekt-Nr. U33-00.01.
- Leonard A F, Zhang L, Balfour A J et al. (2015): Human recreational exposure to antibiotic resistant bacteria in coastal bathing waters. *Environ Int* 82: 92–100.
- Liu S, Kilonzo-Nthenge A (2017): Prevalence of Multidrug-Resistant Bacteria from U.S.-Grown and Imported Fresh Produce Retailed in Chain Supermarkets and Ethnic Stores of Davidson County, Tennessee. *Journal of Food Protection* 80: 506–14.
- Ratsak C, Guhl B, Zühlke S et al. (2013): Veterinärantibiotikarückstände in Gülle und Gärresten aus Nordrhein-Westfalen. *Environmental Sciences Europe* 25: 7.
- Sattelberger R, Gans O, Martínez E (2005): Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden. *BERICHTE* 272. Umweltbundesamt. Wien.
- Schüssler W, Sengl M, Mikler R et al. (2004): Arzneimittel in der Umwelt. F+E-Vorhaben 2000–2002. Kennnummer 73e 040100 49. Schlussbericht. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- Song J, Rensing C, Holm P E et al. (2017): Comparison of Metals and Tetracycline as Selective Agents for Development of Tetracycline Resistant Bacterial Communities in Agricultural Soil. *Environ Sci Technol* 51: 3040–7.
- UBA – Umweltbundesamt (2016): Konzepte zur Minderung von Arzneimiteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. UBA-Fachbroschüre. Dessau-Roßlau.
- Weiss K, Schüssler W, Porzelt M (2008): Sulfamethazine and flubendazole in seepage water after the sprinkling of manured areas. *Chemosphere* 72: 1292–7.
- Wellington E M H, Boxall A B A, Cross P et al. (2013): The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *The Lancet Infectious Diseases* 13:155–65.
- WHO – World Health Organization (2015): Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Genova.

Winckler C, Engels H, Steffens G et al. (2004): Verhalten von Tetrazyklinen und anderen Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden (Wirkung von Tetrazyklinen und anderen Tierarzneimitteln auf die Bodenfunktion) Forschungsbericht 200. Umweltbundesamt. Berlin.

Wohde M, Berkner S, Junker T, et al. (2016): Occurrence and transformation of veterinary pharmaceuticals and biocides in manure: a literature review. Environ Sci Eur 28: 23.

KONTAKT

Jens Schönfeld
Umweltbundesamt
Fachgebiet IV 2.2 „Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel“
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: jens.schoenfeld[at]uba.de

[UBA]

Resistenzüberwachung von Zoonoseerregern und kommensalen Bakterien aus der Lebensmittelkette – neue Regeln, neue Erkenntnisse

Monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and commensal bacteria in the food chain – new rules, new insights

BERND-ALOIS
TENHAGEN,
MIRJAM GROBBEL,
JENS-ANDRE
HAMMERL,
ANNEMARIE
KÄSBOHRER

ZUSAMMENFASSUNG

Das Monitoring von Resistenzen bei Zoonoseerregern und kommensalen Bakterien in der Lebensmittelkette wird durch einen Durchführungsbeschluss der Europäischen Kommission geregelt. Dieser Beschluss sieht vor, dass neben den Zoonoseerregern *Salmonella enterica* und *Campylobacter* spp. auch kommensale *Escherichia coli* sowie Enterokokken untersucht werden. In Deutschland wird die Umsetzung der Vorgaben weitgehend in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Zoonosen Lebensmittelkette geregelt. Im vorliegenden Beitrag werden die Grundprinzipien des Systems dargestellt. Es wird dabei spezifisch auf die besondere Bedeutung des selektiven Nachweises von Keimen, die gegen Cephalosporine der dritten Generation resistent sind, eingegangen. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse des selektiven Nachweises sich grundsätzlich von der Untersuchung zufällig ausgewählter Isolate von *E. coli* unterscheiden. Die Nachweisrate für solche resistenten Keime ist bedingt durch die darauf gezielt ausgerichtete Untersuchungsmethode in den meisten Tierarten und Lebensmittelgruppen deutlich höher. Bei der Kommunikation und Interpretation der Ergebnisse müssen diese Spezifika berücksichtigt werden.

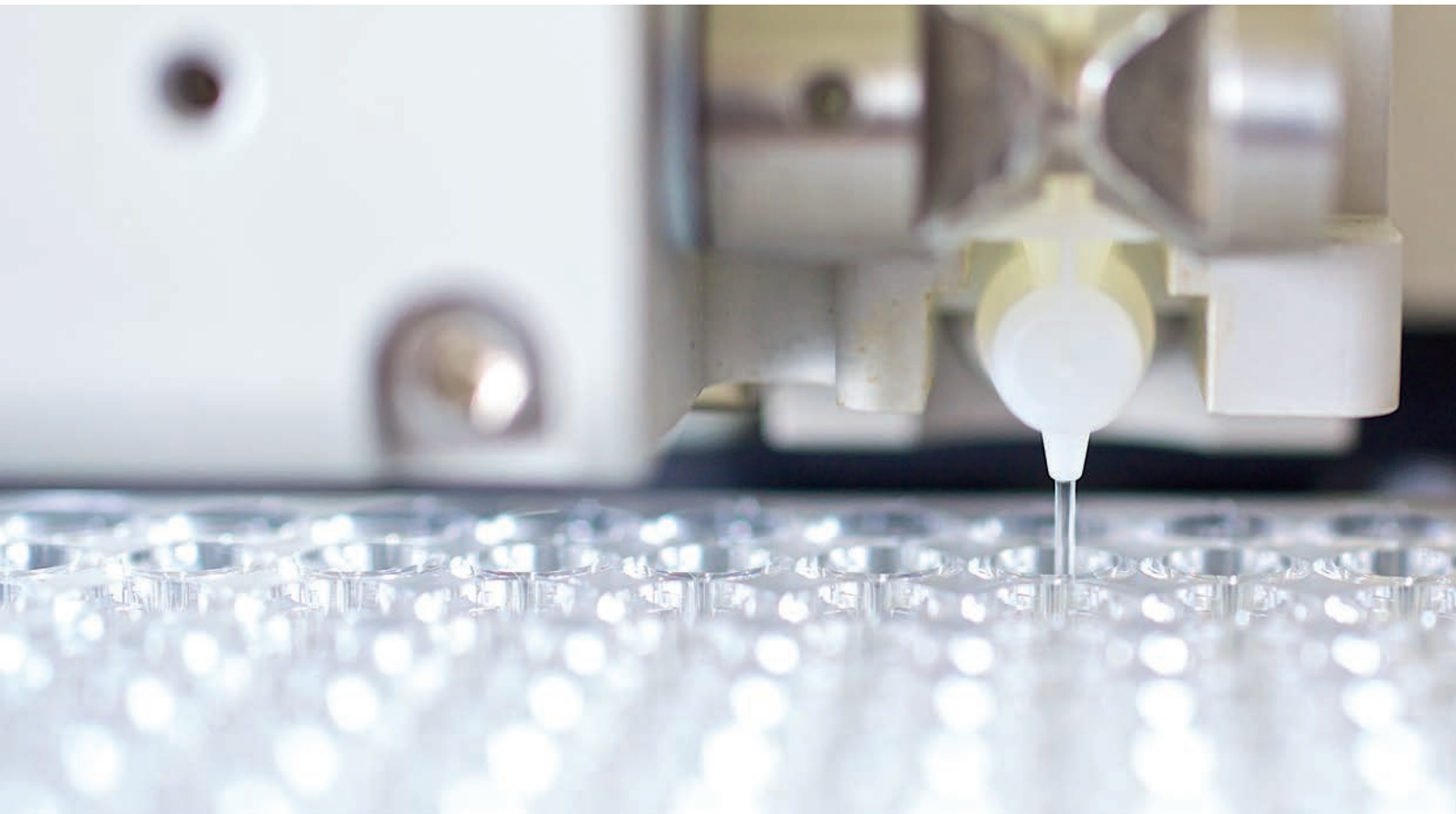
ABSTRACT

*The monitoring of antimicrobial resistance in zoonotic and commensal bacteria in the food chain is regulated in a Commission Implementing Decision. The decision foresees that besides the zoonotic pathogens *Salmonella enterica* and *Campylobacter* spp. commensal *E. coli* and enterococci are to be examined. In Germany this regulation is mostly covered by the “Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) Zoonosen Lebensmittelkette”. This paper explains the general principles behind the system. It specifically addresses the importance of the selective isolation of bacteria that are resistant to 3rd generation cephalosporins. The results of this investigation differ substantially from AMR-testing of randomly chosen isolates of *E. coli*. The detection rate of these resistant bacteria is substantially higher in most food and animal samples because of the different methodological approach. These differences need to be considered when communicating and discussing the results.*

EINLEITUNG UND HINTERGRUND

Die Resistenz von Bakterien gegenüber antimikrobiellen Substanzen wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als eines der gravierendsten Probleme für die öffentliche Gesundheit eingestuft (WHO 2015). Es be-

steht weitgehend Konsens, dass der Einsatz von Antibiotika einer der wesentlichen Treiber für die Entwicklung und Verbreitung von bakteriellen Resistenzen ist. Durch die häufige Kopplung verschiedener Resistenzgene in den bakteriellen Genomen und/oder auf mobilen genetischen Elementen entsteht der Selektionsdruck beim Einsatz eines Antibioti-



kums nicht nur im Hinblick auf die Resistenz gegen dieses Antibiotikum, sondern fördert auch die Resistenz gegen andere Substanzen.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Selektionsdruck nicht nur gegenüber den pathogenen Bakterien entsteht, die das Ziel der Therapie sind, sondern auch gegenüber allen anderen Bakterien, die im Rahmen der Therapie gegenüber den Wirkstoffen exponiert sind. Dazu gehören nicht zuletzt die Bakterien der Darmflora, aber auch die Hautflora und die bakterielle Flora im Umfeld behandelter Tiere sowie in Gülle oder Abwasser.

Das Monitoring der Resistenz von Bakterien in der Lebensmittelkette muss daher neben den für den Menschen pathogenen zoonotischen Spezies, zum Beispiel *Salmonella enterica* oder *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli* auch solche Keime umfassen, die als kommensale Mikroorganismen Tiere besiedeln und Lebensmittel potenziell

kontaminieren, weil diese Keime als Vehikel von Resistenzmechanismen und den ihnen zugrunde liegenden Genen dienen können.

Für das Monitoring im Dienste einer Risikobewertung für den gesundheitlichen Verbraucherschutz ergeben sich dabei immer zwei Fragen: Einerseits die qualitative Frage: Kommt die Resistenz gegen diesen Wirkstoff bei jenem Bakterium von Tieren vor und zum anderen die Frage, wie häufig das der Fall ist. Die Frage der Häufigkeit lässt sich dabei auf unterschiedlichen Ebenen stellen: Auf der Ebene der Bestände oder Herden (d.h. in welchem Anteil der Herden kommen Bakterien mit dieser Eigenschaft vor), der Ebene des Tieres (welcher Anteil der Tiere dieser Herde trägt solche Bakterien) und innerhalb der Gesamtpopulation der Bakterien: Welcher Anteil der Bakterien der Spezies oder des Subtyps xy dieser Spezies bei dieser Population zeigt diese Resistenz oder trägt das

FOTO
Bundesinstitut für
Risikobewertung

Gen. Die Beantwortung jeder dieser Fragen bedingt geeignete, sich voneinander unterscheidende Stichprobenverfahren und Untersuchungsmethoden. In der Regel ist die Beantwortung mehrerer Fragestellungen nur mit erheblichem Aufwand gleichzeitig durchführbar, sodass es einer Priorisierung bedarf.

Für den Bereich der Lebensmittelkette hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine solche Priorisierung vorgeschlagen (EFSA 2012a, b), die dann in der Europäischen Union Grundlage eines Durchführungsbeschlusses der Europäischen Kommission geworden ist (European Commission 2014). In diesem Beschluss wurde festgelegt, welche Bakterienspezies mit welchen Methoden aus welcher Tierpopulation zu welchem Zeitpunkt im Hinblick auf ihre Resistenz gegen welche Substanz untersucht werden sollen und wie die Messergebnisse zu bewerten sind. Im Ergebnis ist die EFSA in der Lage, jährlich einen Bericht mit in hohem Maße vergleichbaren Daten zum Vorkommen von Resistenzen bei Nutztieren sowie aus Nutztieren stammenden Lebensmitteln zu veröffentlichen (EFSA, ECDC 2017). Der Durchführungsbeschluss geht über die vorher gültige und von ihm abgelöste Entscheidung 2007/407/EG hinaus, in der lediglich das Resistenzmonitoring von *Salmonella* und *Campylobacter* geregelt war (European Commission 2007; Käsbohrer et al. 2011).

In Deutschland wird die Umsetzung der sich aus dem Durchführungsbeschluss der Kommission ergebenden Aufgaben weitgehend in der AVV Zoonosen Lebensmittelkette geregelt. Die Durchführung erfolgt entsprechend der Zuständigkeiten durch die Landesbehörden und ihre Untersuchungseinrichtungen, das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) sowie das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Dem BfR kommt unter anderem die Aufgabe zu, jährlich den Entwurf für den Zoonosen-Stichprobenplan zu erstellen und im Ausschuss Zoonosen mit den Ländern abzustimmen. Der Zoonosen-Stichprobenplan umfasst die Auswahl der zu untersuchenden Populationen, Art und Umfang der zu ent-

nehmenden Proben und die Bakterienspezies, auf die untersucht werden soll. Auch die anzuwendenden Labormethoden werden im Stichprobenplan festgelegt und – soweit nicht öffentlich zugänglich – bereitgestellt. Ein erster Entwurf wird zunächst seitens des BfR mit einem Expertengremium der Länder diskutiert und anschließend den zuständigen obersten Landesbehörden zur Kommentierung übermittelt. Nach Überarbeitung auf Grundlage der Kommentare der Landesbehörden wird der überarbeitete Plan im Herbst dem Ausschuss Zoonosen zur Zustimmung vorgelegt. Wird der Plan vom Ausschuss Zoonosen beschlossen, wird er für alle Länder verbindlich. Der jährliche Plan umfasst neben den von der EU verbindlich festgelegten Programmen eine Reihe weiterer Programme, in deren Rahmen Untersuchungen durchgeführt werden, die jeweils von den Ländern und dem Bund für relevant befunden werden. Hierbei erfolgt jährlich eine Schwerpunktsetzung auf einige Lebensmittelketten, wobei jeweils einzelne Tierarten und die Produkte hiervon auf verschiedenen Stufen der Produktionskette beprobt werden. Es handelt sich überwiegend um Programme zu den verschiedenen Lebensmittelketten Fleisch. Es werden aber auch Programme zu pflanzlichen Lebensmitteln oder etwa zu Muscheln durchgeführt.

Bei der Durchführung der Programme im Folgejahr ist es die Aufgabe der Nationalen Referenzlaboratorien im BfR, die von den Landesuntersuchungsbehörden eingesandten Bakterienisolate gegebenenfalls zu bestätigen, zu typisieren und auf ihre Resistenz gegen antimikrobielle Substanzen zu testen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen gehen in den vom BVL koordinierten Bericht ein, ebenso wie die Bewertung der Ergebnisse des Zoonosen-Monitorings durch das BfR. Die Ergebnisse des Zoonosen-Monitorings werden gegen Ende des Folgejahres vom BVL in einem Bericht im Internet veröffentlicht (https://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/presseInfothek_node.html).

Im Hinblick auf Antibiotikaresistenz werden die Untersuchungen, die im Rahmen des nationalen Zoonosen-Monitorings ge-

maß der AVV Zoonosen Lebensmittelkette durchgeführt werden, ergänzt durch die Testung von Isolaten von Salmonellen, die im Rahmen der Bekämpfungsprogramme für Salmonellen bei Hühnern und Puten sowie im Rahmen der Eigenkontrollen der Lebensmittelunternehmer im Rahmen der Schlachtung gewonnen werden.

Durch den Durchführungsbeschluss 2013/652/EU haben sich bei der Überwachung von Antibiotikaresistenzen wichtige Neuerungen ergeben, deren Bedeutung im vorliegenden Beitrag anhand des Nachweises von Cephalosporin-resistenten *E. coli* beispielhaft erläutert werden soll.

METHODIK

Der Stichprobenumfang in den Zoonosen-Stichprobenplänen richtet sich einerseits nach der Prävalenz der zu testenden Erreger, andererseits nach der gewünschten Genauigkeit der geschätzten Prävalenz. Er ist dabei immer ein Kompromiss zwischen dem Wunsch nach einer möglichst hohen Genauigkeit und Beschränkungen, die aus logistischen und finanziellen Aspekten bestehen. Die Verteilung der Stichproben auf die 16 Länder richtet sich nach deren Anteil an der jeweiligen Zielpopulation.

Für Proben auf Ebene der Tierhaltung richtet sich der Plan nach der Verteilung der Ziel-Tierpopulation (Anzahl Tiere) auf die jeweiligen Länder, die beim Statistischen Bundesamt dokumentiert ist (www.destatis.de). Bei Probenahme am Schlachthof (entweder von den Schlachttieren oder von den gewonnenen Schlachtkörpern) richtet sich der Plan nach der jeweiligen Schlachtkapazität für die Ziel-Tierpopulation (in Deutschland gemästete Schlachttiere) in den Ländern. Diese wird anhand der letzten verfügbaren Schlachtzahlen ebenfalls beim Statistischen Bundesamt abgefragt. Eventuelle Änderungen, die sich bei der Schließung einzelner Schlachthöfe kurzfristig ergeben, werden im Einvernehmen mit den Landesbehörden berücksichtigt.

Bei Probenahme im Einzelhandel wiederum wird die Stichprobe gemäß dem Anteil der Länder an der Bevölkerung verteilt. Der Plan ist in den meisten Fällen so ausgelegt, dass bei einer Prävalenz von 50 Prozent diese mit einer Genauigkeit von ± 5 Prozent geschätzt werden kann. Bei einer großen Population bedingt dies einen angestrebten Stichprobenumfang von 384 Proben. Abweichend davon werden mehr Proben benötigt, wenn für die Resistenzuntersuchung eine bestimmte Anzahl von Isolaten benötigt wird. Bei einer geringen Prävalenz der Erreger wird deshalb innerhalb eines bestimmten Rahmens der Stichprobenumfang entsprechend erhöht.

Bei der Untersuchung auf Antibiotikaresistenz werden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt. Einerseits werden Proben auf die interessierenden Bakterienspezies untersucht. Von den aus einer Probe isolierten Bakterien wird ein zufällig ausgewähltes Isolat an das Nationale Referenzlabor für Antibiotikaresistenz (NRL-AR) eingesandt. Dabei werden im Rahmen des Monitorings die Spezies *Salmonella enterica*, *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli*, *Escherichia coli* und *Enterococcus faecalis* und *Enterococcus faecium* berücksichtigt. Das eingesandte Isolat wird dann im NRL-AR auf seine Resistenz gegen ein definiertes Panel von Antibiotika getestet.

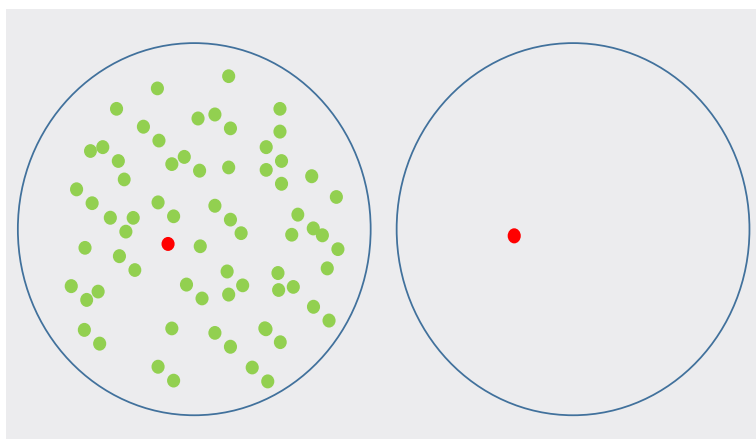
Beim zweiten Ansatz werden die Proben gezielt auf Bakterien mit bestimmten Resistenzeigenschaften untersucht. Dies erfolgt durch den Einsatz von Selektivmedien, die definierte Konzentrationen antimikrobieller Substanzen enthalten. Durch diesen Ansatz werden alle Keime im Wachstum unterdrückt, die gegen das Antibiotikum in dieser Konzentration empfindlich sind. Insbesondere dann, wenn in der Probe Bakterien derselben Spezies enthalten sind, die unterschiedlich empfindlich gegenüber der Substanz sind, wird so sichergestellt, dass die resistente Subpopulation auch entdeckt wird. Dies ist schematisch in **ABBILDUNG 1** dargestellt.

Die vom Durchführungsbeschluss 2013/652/EU vorgegebenen spezifischen Programme betreffen einerseits *E. coli* mit einer Resistenz gegen Cephalosporine

der 3. Generation als verpflichtende Programme, andererseits *E. coli* mit einer Resistenz gegen Carbapeneme als freiwillige Programme. Diese spezifisch resistenten Keime wurden ausgewählt, weil die Resistenz von Enterobacteriaceae gegen diese Substanzen aus Sicht des gesundheitlichen Verbraucherschutzes als besonders problematisch gilt und bekannt ist, dass sie in Nutztierbeständen vorkommen (Irrgang et al. 2017; Käsbohrer et al. 2012). In Deutschland (und einigen anderen EU-Mitgliedstaaten) wird darüber hinaus freiwillig auch selektiv auf Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) untersucht. Bei diesen Keimen ist die Untersuchung in ihrer besonderen Bedeutung als Erreger von Krankenhausinfektionen begründet. Auch bei ihnen ist bekannt, dass ein bestimmter Typ dieser Keime in der Tierhaltung weit verbreitet ist: der sogenannte livestock associated MRSA (laMRSA) (Köck et al. 2014).

Die „zufällig“ ausgewählten Isolate der Bakterienspezies werden gegen ein im Durchführungsbeschluss definiertes Panel von antimikrobiellen Substanzen getestet. In dem Panel für *E. coli* und Salmonellen sind unter anderem die Substanzen Cefotaxim und Ceftazidim als Cephalosporine der 3. Generation und das Carbapenem Meroopenem enthalten. Cefotaxim ist auch in den Selektivmedien enthalten, die für den spezifischen Nachweis gegen diese Substanz resistenter Bakterien verwandt werden.

ABBILDUNG 1
Effekt des selektiven Nachweises resistenter *E. coli*. Durch den Einsatz des Selektivmediums wird die sensible Subpopulation (grün) unterdrückt, sodass die resistente Subpopulation (rot) identifiziert werden kann.



ERGEBNISSE

TIERE

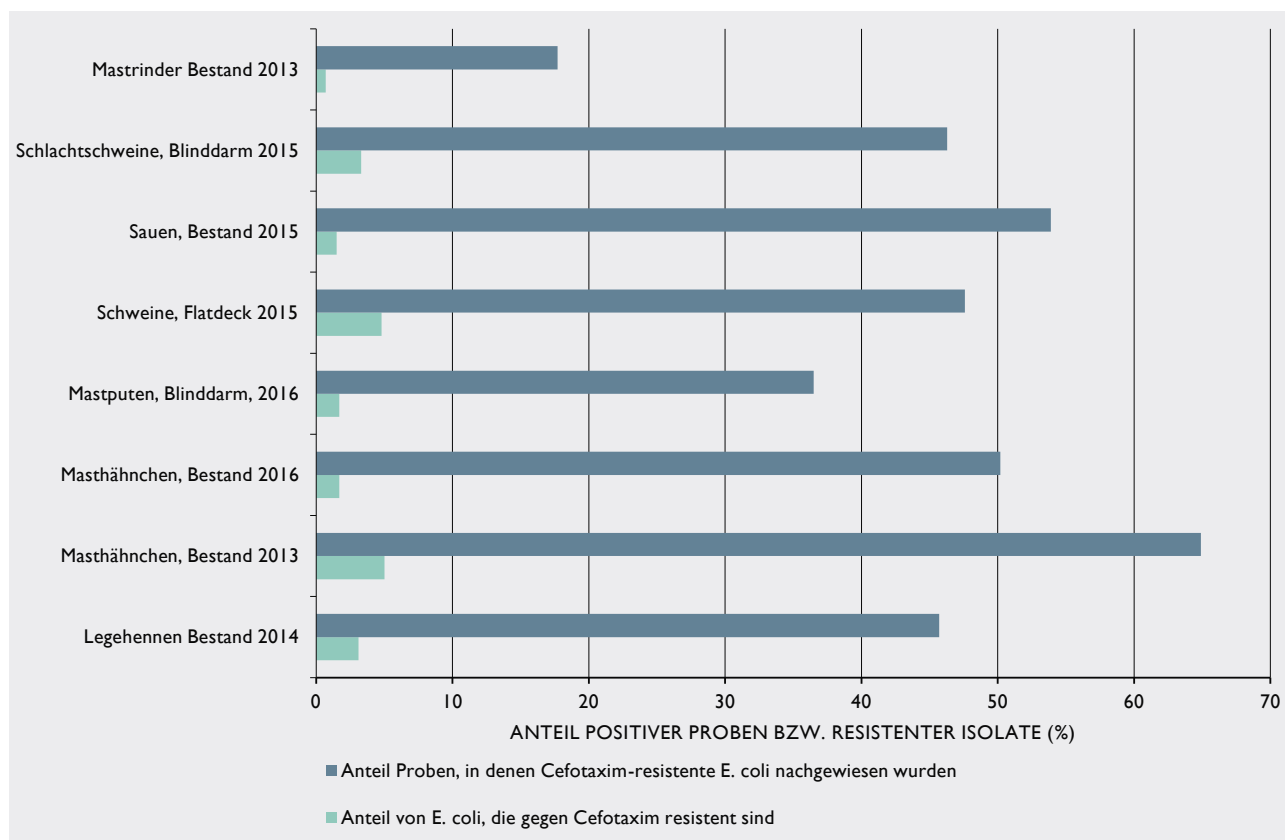
In den Jahren 2013 bis 2016 wurden zumindest in einem Jahr Masthühner, Mastputen, Legehennen, Mastschweine sowie Mastkälber selektiv auf das Vorkommen Cephalosporin-resistenter *E. coli* untersucht. Gleichzeitig wurden aus denselben Probenmaterialien auch *E. coli* untersucht, die ohne den Einsatz der Selektivmedien mit Cefotaxim gewonnen worden waren. ABBILDUNG 2 zeigt den Unterschied in den Ergebnissen zwischen diesen beiden Untersuchungsverfahren. Während nur ein geringer Anteil der zufällig ausgewählten Isolate von *E. coli* resistent gegen Cefotaxim und/oder Ceftazidim war, wurde in einem erheblichen Anteil der Proben mit dem selektiven Nachweisverfahren Cephalosporin-resistente *E. coli* nachgewiesen.

LEBENSMITTEL

Auch das Fleisch unterschiedlicher Tierarten wurde im Einzelhandel beprobt und mit den beiden Verfahren auf das Vorkommen von *E. coli* untersucht. Auch hier zeigte sich die erhebliche Differenz im Ergebnis zwischen der Untersuchung der zufällig ausgewählten Isolate von *E. coli* und dem selektiven Nachweis von Cephalosporin-resistenten *E. coli* (ABBILDUNG 3).

DISKUSSION

Zwischen den verschiedenen Lebensmittelketten wurden in den Monitoringuntersuchungen erhebliche Differenzen in der Prävalenz Cefotaxim-resistenter *E. coli* festgestellt. Die höchste Nachweisrate Cephalosporin-resistenter *E. coli* erfolgte in Hähnchenbeständen im Jahr 2013 (64,9%). Die geringste Nachweisrate ergab sich im selben Jahr in Mastrinderbeständen (17,7%). Bis auf die Mastrinder wiesen alle Tierpopulationen eine Nachweisrate zwischen 35 und 70 Prozent



auf. Im Gegensatz dazu wiesen zufällig ausgewählte Isolate von *E. coli* aus denselben Proben nur zu 0,7 bis 5,8 Prozent eine Resistenz gegenüber Cefotaxim auf. Dies deutet darauf hin, dass der Anteil Cefotaxim-resistenter *E. coli* an allen *E. coli* in den Proben gering ist, sodass sie nur selten bei der zufälligen Auswahl von Isolatenerfasst werden. Die mikrobielle Flora der Tiere zum Zeitpunkt der Schlachtung bestimmt wesentlich die Charakteristika der bei der Schlachtung auf den Tierkörper übertragbaren Bakterien. Die Resistenzsituation der Keime auf den Schlachtkörpern und auf dem Fleisch entspricht weitgehend der Resistenzsituation der Keimflora der geschlachteten Tierpopulation (Tenhagen et al. 2014; Vossenkühl et al. 2014).

In den Proben aus Lebensmitteln im Einzelhandel zeigten sich jedoch weitere Unterschiede (ABBILDUNG 3). Hier waren beim Fleisch von Masthähnchen und Mastputen ähnliche Differenzen zu beobachten wie in

den Beständen. Der Anteil Cefotaxim-resistenter Isolate an allen untersuchten *E. coli* war relativ gering (4,9 % bzw. 5,3 %). Der Anteil positiver Proben bei der Untersuchung mit dem selektiven Verfahren ist im Fleisch ähnlich hoch wie in den Tierpopulationen.

Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Verhältnisse in Proben von Rind- und Schweinefleisch deutlich von denen in den Proben aus den Tierbeständen. Zwar war auch hier der Anteil der zufällig ausgewählten *E. coli* mit einer Cephalosporin-Resistenz gering (zwischen 0 und 4,0 %). Allerdings waren die Proben auch mit dem selektiven Nachweisverfahren nur selten positiv für Cefotaxim-resistente *E. coli*. Eine mögliche Erklärung dieser geringeren Nachweisrate ist in der geringeren Keimbelastung dieser Lebensmittel im Vergleich zu Geflügelfleisch zu sehen, der auch für den Nachweis von *Campylobacter* spp. im Rahmen des Monitorings zu beobachten ist (BVL 2016a, b).

ABBILDUNG 2
Anteil für Cefotaxim-resistente *E. coli* positiver Proben und Anteil Cefotaxim-resistenter zufällig ausgewählter *E. coli* in Proben aus unterschiedlichen Tierarten und Nutzungsgruppen.

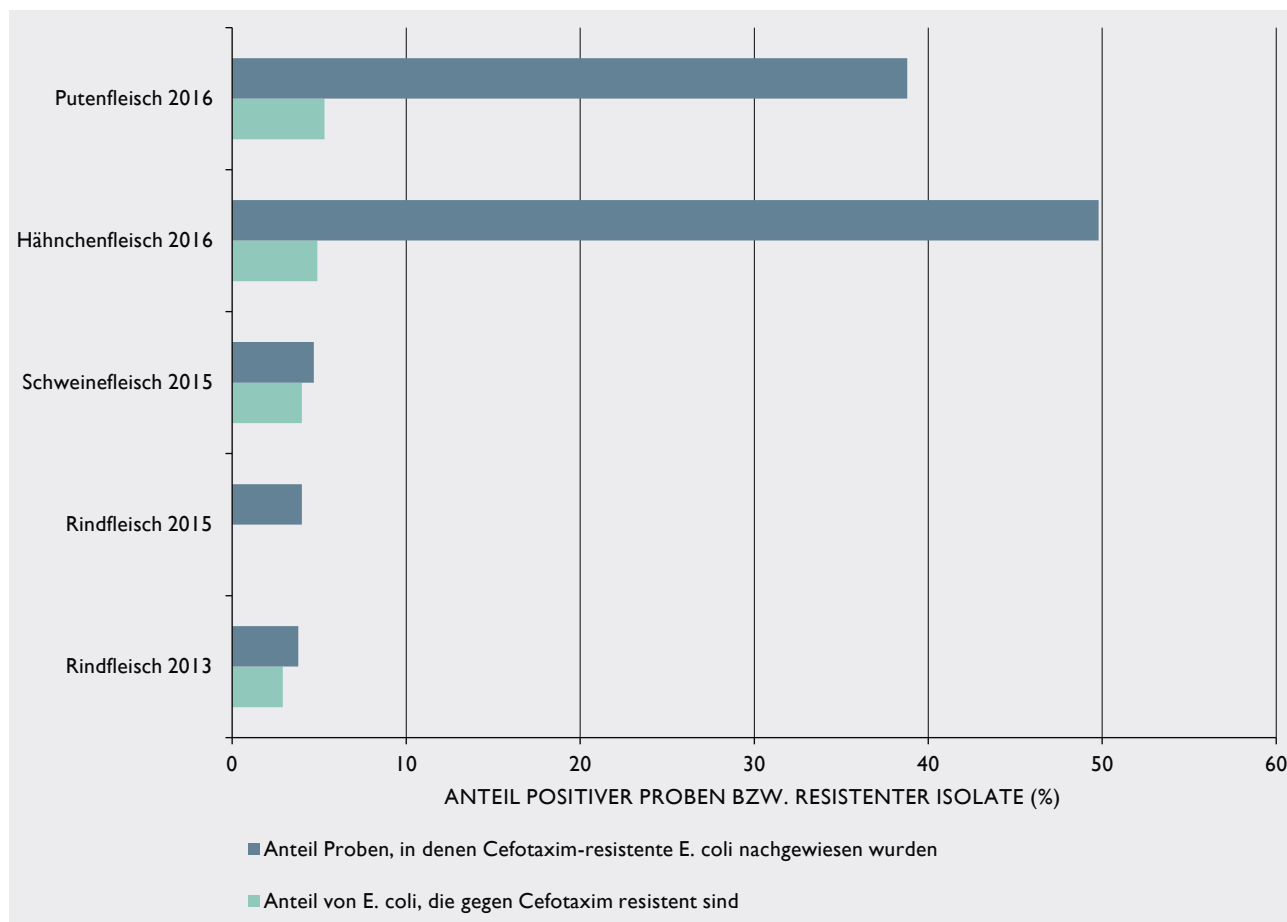


ABBILDUNG 3
Anteil für Cefotaxim-resistente *E. coli* positiver Proben und Anteil Cefotaxim-resistenter zufällig ausgewählter *E. coli* in Fleisch unterschiedlicher Tierarten 2013–2016.

Während in den Proben aus den Beständen und aus dem Blinddarm mit sehr hohen Keimzahlen zu rechnen ist, sodass auch bei einem geringen Anteil der resistenten an der Gesamtpopulation noch die resistenten Keime im selektiven Nachweisverfahren nachzuweisen sind, ist die Keimbelastung auf Schweine- und Rindfleisch insgesamt geringer. Bei einem geringen Anteil der resistenten Keime an der Gesamtpopulation steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese auch mit dem selektiven Nachweisverfahren nicht zu isolieren sind.

Bei der Expositionsschätzung für den Menschen geht es sowohl um das Vorhandensein eines spezifischen Hazards (hier also pathogener oder resistenter Bakterien) in einem bestimmten Lebensmittel, als auch um die Menge dieses Erregers und damit die Wahrscheinlichkeit, dass es tatsächlich zur

Besiedlung oder gar Infektion des Menschen kommt. Werden Erreger mit hochsensiblen Nachweisverfahren in einem Lebensmittel nachgewiesen, das vor dem Verzehr durchgebraten wird (z.B. Geflügelfleisch), ist das Risiko ganz anders einzuschätzen, als wenn der Erreger mit hohen Keimzahlen in einem Lebensmittel nachgewiesen wird, das häufig nicht durcherhitzt wird (z.B. Mett).

Die Erregerkonzentration auf dem Lebensmittel im Einzelhandel stellt den Ausgangspunkt für die letzten Verarbeitungsschritte vor dem Verzehr dar, den Transport des Lebensmittels in den Haushalt und seine Zubereitung. Hier gibt es, wie in einer Studie kürzlich gezeigt wurde, verschiedene Wege für Kreuzkontaminationen, das heißt der Übertragung der Keime vom Fleisch auf andere Lebensmittel und Arbeitsmaterialien in der Küche (Fetsch et al. 2017).

Die Unterschiede im Vorkommen resistenter Mikroorganismen im Lebensmittel, die mit den selektiven Nachweisverfahren ermittelt wurden, bestätigen die Ergebnisse beim Nachweis von Zoonoseerregern (z.B. *Campylobacter* spp.). Die deutlich höhere Prävalenz beim Geflügelfleisch ist weitgehend auf Unterschiede in der Lebensmittelgewinnung zurückzuführen. Der Nachweis von *Campylobacter* spp. in Dickdarmproben von Rind und Schwein war ähnlich häufig wie in den Proben aus Geflügeldärmen am Schlachthof. Das heißt, der Eintrag der Erreger in die Lebensmittelkette unterscheidet sich nicht grundsätzlich (BVL 2016b). Während der Schlachtprozess bei Rind und Schwein eine Kontamination des Schlachtkörpers stark begrenzt, werden auf Geflügelschlachtkörpern regelmäßig deutlich höhere Nachweisraten von Zoonoseerregern beobachtet (BVL 2016a, b). Dies gilt ähnlich für die Keime, die spezifische Resistenzen tragen. Gelangen die Keime auf diese Weise auf das Fleisch, können sie in der Küche erheblich verbreitet werden, wenn die Regeln der Küchenhygiene nicht beachtet werden (BfR 2015).

LITERATUR

- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2015): Schutz vor Lebensmittelinfektionen im Privathaushalt. Berlin.
- BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2016a): Berichte zur Lebensmittelsicherheit - Zoonosen-Monitoring 2014.
- BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2016b): Berichte zur Lebensmittelsicherheit - Zoonosen-Monitoring 2015.
- EFSA – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (2012a): Technical specifications on the harmonised monitoring and reporting of antimicrobial resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in food-producing animals and food. EFSA Journal 10: 2897.
- EFSA – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (2012b): Technical specifications on the harmonised monitoring and reporting of antimicrobial resistance in *Salmonella*, *Campylobacter* and indicator *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. bacteria transmitted through food. EFSA Journal 10: 2742.
- EFSA, ECDC – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, Europäisches Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (2017): The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2015. EFSA Journal 15: 4694.
- European Commission (2014). DURCHFÜHRUNGS-BESCHLUSS DER KOMMISSION vom 12. November 2013 zur Überwachung und Meldung von Antibiotikaresistenzen bei zoonotischen und kommensalen Bakterien, 2013/652/EU (Amtsblatt der Europäischen Union): 26–39.
- European Commission (2007): Entscheidung der Kommission vom 12. Juni 2007 zu einer harmonisierten Überwachung von Antibiotikaresistenz von Salmonellen bei Geflügel und Schweinen, 2007/407/EG: (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2007) 2421) (Amtsblatt der Europäischen Union): 26–29.
- Fetsch A, Ballhausen B, Kraushaar B et al. (2017): How big is the risk? Update on MRSA in the food chain. In: RESET & MedVetStaph - Final Scientific Symposium. Berlin, 14.04.–26.04.2017: 23–24.
- Irrgang A, Fischer J, Grobbel M et al. (2017): Recurrent detection of VIM-1-producing *Escherichia coli* clone in German pig production. The Journal of antimicrobial chemotherapy 72: 944–946.
- Käsbohrer A, Schroeter A, Tenhagen B A et al. (2012): Emerging antimicrobial resistance in commensal *Escherichia coli* with public health relevance. Zoonoses. Public Health 59 Suppl 2: 158–165.
- Käsbohrer A, Tenhagen B A, Heckenbach K et al. (2011): Verbesserte Resistenzüberwachung von Salmonellen und Kommensalen durch die AVV Zoonosen Lebensmittelkette und die Bekämpfungsprogramme für Salmonellen beim Geflügel. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 1: 42–48.
- Köck R, Ballhausen B, Bischoff M et al. (2014): The impact of zoonotic MRSA colonization and infection in Germany. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 127: 384–398.
- Tenhagen B A, Vossenkühl B, Kasbohrer A et al. (2014): Methicillinresistant *Staphylococcus aureus* in cattle food chains - prevalence, diversity, and antimicrobial resistance in Germany. Journal of Animal Science 92: 2741–2751.

Vossenkuhl B, Brandt J, Fetsch A et al. (2014): Comparison of spa Types, SCCmec Types and Antimicrobial Resistance Profiles of MRSA Isolated from Turkeys at Farm, Slaughter and from Retail Meat Indicates Transmission along the Production Chain. Plos One 9, e96308.

WHO – World Health Organization (2015): Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Genova.

KONTAKT

Bernd-Alois Tenhagen
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung Biologische Sicherheit
Fachgruppe Epidemiologie, Zoonosen und
Antibiotikaresistenz
Nationales Referenzlabor für Antibiotikaresistenz
Max-Dohrn-Str. 8-10
10589 Berlin
E-Mail: bernd-alois.tenhagen[at]bfr.bund.de

[BfR]

Surveillance der Antibiotikaresistenz im humanmedizinischen Bereich in Deutschland

Antimicrobial resistance surveillance in human medicine in Germany

ZUSAMMENFASSUNG

Antibiotikaresistenzen stellen weltweit ein zunehmendes Problem für die öffentliche Gesundheit dar. Um die weitere Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen zu kontrollieren und Maßnahmen zielgerichtet einsetzen zu können, sind die Implementierung und Stärkung von Surveillance-Systemen zur Erfassung der Resistenzsituation und des Antibiotikaverbrauchs wichtige Bestandteile nationaler und globaler Strategien und Aktionspläne zur Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen. Die Rahmenbedingungen zur Surveillance antibiotikaresistenter Erreger in Deutschland sind durch die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie (DART2020) und das Infektionsschutzgesetz gegeben. Im folgenden Übersichtsartikel werden die verschiedenen Ebenen und Zielsetzungen der Surveillance antibiotikaresistenter Erreger im Bereich der Humanmedizin dargestellt.

MUNA ABU SIN,
INES NOLL,
MARCEL FEIG,
TIM ECKMANN

ABSTRACT

Antimicrobial resistance (AMR) is increasingly perceived as a major public health issue worldwide. The implementation and strengthening of surveillance systems for antimicrobial resistance and antimicrobial consumption are main objectives of national and global strategies and action plans to prevent and control further spread of AMR. The German Antimicrobial Resistance Strategy (DART2020) and the Protection against Infection Act define the strategic and legislative framework for surveillance of antimicrobial resistance in Germany. The following article describes the different levels and objectives of AMR surveillance in human medicine.

EINLEITUNG

Antibiotikaresistenzen werden weltweit zunehmend als Problem für die öffentliche Gesundheit gesehen, da die Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten durch die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen erschwert wird. Als Reaktion darauf wurden sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene Strategien und Aktionspläne zur Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen entwickelt.

Die Etablierung und Stärkung von Surveillance-Systemen zu Antibiotikaresistenz und -verbrauch sind zentrale Elemente und Ziele des im Jahr 2015 von den Mitgliedstaaten ver-

abschiedeten Globalen Aktionsplans der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen (WHO 2015).

Surveillancedaten zu Antibiotikaresistenz beschreiben die Resistenzsituation und Veränderungen im zeitlichen Verlauf, werden bei Therapieempfehlungen und Leitlinien zu Infektionskrankheiten sowie Hygieneempfehlungen berücksichtigt, unterstützen den sachgerechten Einsatz von Antibiotika im Rahmen von Antibiotic stewardship (ABS) Aktivitäten und können dazu dienen, Maßnahmen zu evaluieren.

Die Rahmenbedingungen und gesetzlichen Grundlagen für die Surveillance von antibiotikaresistenten Erregern in Deutsch-



FOTO
Robert Koch-Institut

land sind im humanmedizinischen Bereich durch die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie (DART), die erstmalig 2008 und deren Weiterentwicklung im Jahr 2015 als DART2020 von der Bundesregierung verabschiedet wurde, und das Infektionsschutzgesetz gegeben (BMG 2015; IfSG).

In der DART2020 werden unter dem Ziel „Resistenz-Entwicklungen frühzeitig erkennen“ die verschiedenen Ebenen und Instrumente der Surveillance antibiotikaresistenter Erreger genannt. Hierzu gehören die Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS) am Robert Koch-Institut (RKI) als übergeordnetes Surveillancesystem, die Labormeldepflichten für resistente Erreger gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG) und die Surveillance im Rahmen des § 23 IfSG, die Krankenhäuser und Einrichtungen für ambulantes Operieren betreffen.

Darüber hinaus liefern das Nationale Referenzzentrum (NRZ) für Staphylokokken und Enterokokken am RKI und das NRZ für gramnegative Krankenhauserreger an der Universität Bochum wichtige Daten zur Epidemiologie von resistenten Erregern und Resistenzmechanismen (RKI 2015a; RKI 2015b; RKI 2017b). Das NRZ für die Surveillance von nosokomialen Infektionen im Rahmen vom Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) stellt Resistenzdaten zu nosokomialen Infektionen bereit (RKI 2016).

Die genannten Systeme und Instrumente der Surveillance ergänzen sich und haben zum Teil unterschiedliche Zielsetzungen. Im Folgenden werden deren spezifischen Charakteristika beschrieben.

SURVEILLANCE AUF EINRICHTUNGSEBENE

Die lokale Surveillance auf Einrichtungsebene ist in § 23 Absatz 4 IfSG festgelegt. Das RKI hat gemäß § 4 IfSG Absatz 2 die zu erfassenden Krankheitserreger mit speziellen Resistenzen und Multiresistenzen festzulegen (RKI 2013). Die Leiter von Krankenhäusern und Einrichtungen für ambulantes Operieren haben sicherzustellen, dass eine entsprechende Dokumentation und Bewertung sowie die Ableitung von Präventionsmaßnahmen und deren Umsetzung erfolgen. Dies bezieht sich auf in der Einrichtung vorliegende Daten zur lokalen Resistenzsituation und zum Antibiotikaverbrauch.

Dem für die Einrichtung zuständigen Gesundheitsamt muss auf Anfrage die Einsichtnahme in die Dokumentation der Daten und die daraus folgenden Schlussfolgerungen gewährt werden. Dies soll das Gesundheitsamt in die Lage versetzen, die Umsetzung der Vorgaben zu kontrollieren.

Solange es sich nicht um meldepflichtige Nachweise von Krankheitserregern gemäß § 7 IfSG handelt, verbleiben die im Rahmen des § 23 IfSG erhobenen Daten in der Einrichtung. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch ein Meldetatbestand gemäß § 6 Absatz 3 IfSG demzufolge unverzüglich das gehäufte Auftreten nosokomialer Infektionen, bei denen ein epidemischer Zusammenhang wahrscheinlich ist oder vermutet wird, als Ausbruch zu melden ist.

Lokal erhobene Daten erlauben einer Einrichtung oder Organisationseinheit innerhalb einer Einrichtung einen Vergleich ihrer eigenen Daten im zeitlichen Verlauf. Die Teilnahme an und die Verfügbarkeit von Daten aus einer übergeordneten Surveillance wie ARS (siehe unten) ermöglichen darüber hinaus den Vergleich mit anderen Einrichtungen oder Organisationseinheiten, die ähnliche Strukturparameter aufweisen.

MELDEPFLICHT GEMÄSS INFEKTIONSSCHUTZGESETZ

Die Meldepflicht gemäß §7 IfSG ist eine Labormeldepflicht. Die Meldung von Nachweisen von Krankheitserregern erfolgt an das für den Einsender zuständige Gesundheitsamt. Die Landesstelle übermittelt die gemeldeten Fälle an das RKI. Zur Übermittlung der Meldungen stellt das RKI eine hierfür entwickelte Software SurvNet@RKI zur Verfügung, die von allen Landesstellen und vielen Gesundheitsämtern genutzt wird. Allerdings gibt es auch mehrere kommerzielle Softwarehersteller, die entsprechende Produkte zur Übermittlung von Meldungen anbieten. Hier kann es bei Änderungen in SurvNet@RKI, wie beispielsweise bei der Einführung von neuen Meldepflichten, zu zeitlichen Verzögerungen in der Implementierung kommen.

Eine Meldepflicht im Rahmen des IfSG soll das zuständige Gesundheitsamt in die Lage versetzen, notwendige Ermittlungen durchzuführen und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um einer Weiterverbreitung von Krankheitserregern vorzubeugen. Somit werden die nach dem IfSG vorgesehenen Möglichkeiten des öffentlichen Gesundheitsdienstes zur Bekämpfung und Verhütung resistenter Erreger gestärkt (Bundesrat 2016). Darüber hinaus sind Aussagen zur Epidemiologie der meldepflichtigen Erreger möglich.

Im Jahr 2009 wurde erstmalig eine Meldepflicht für einen antibiotikaresistenten Krankheitserreger durch die Verordnung zur Anpassung der Meldepflichten nach dem IfSG an die epidemische Lage eingeführt. Seitdem besteht eine Meldepflicht für den direkten Nachweis von Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) aus Blut oder Liquor.

Seit Mai 2016 besteht zudem eine Meldepflicht bei Infektion oder Kolonisation mit *Enterobacteriaceae* und *Acinetobacter* spp. mit Carbapenem-Nichtempfindlichkeit oder bei Nachweis einer Carbapenemase-Determinante.

Die an das RKI im Rahmen der Meldepflicht übermittelten Fälle werden der Öffentlichkeit in einer interaktiven Datenbank zur Verfügung gestellt. Hier besteht die Möglichkeit Beispielabfragen abzurufen oder die Parameter zu Zeit, Ort und Person (Geschlecht und Alter) individuell für eigene Abfragen auszuwählen.

Eine Veröffentlichung der Meldedaten für MRSA und zukünftig auch für die Carbapenem-Nichtempfindlichkeit bei *Enterobacteriaceae* und *Acinetobacter* spp. erfolgt zudem im Infektionsepidemiologischen Jahrbuch und in den wöchentlichen Übersichtsstatistiken im Epidemiologischen Bulletin des RKI (RKI 2017a; RKI 2017c).

Im Rahmen der Meldepflicht können bevölkerungsbezogene Inzidenzen ermittelt und im zeitlichen Verlauf analysiert werden. Hier zeigt sich für invasive MRSA-Infektionen in den letzten Jahren ein kontinuierlich abnehmender Trend (ABBILDUNG 1 und Walter et al. 2015).

Aus den Meldedaten lässt sich nur eingeschränkt bestimmen, welcher Anteil der Erreger und Infektionen ambulant beziehungsweise im Krankenhaus erworben wurde. Ebenso gibt es Limitationen bei der Interpretation der Meldedaten auf regionaler Ebene: Die Meldung erfolgt an das für den Einsender zuständige Gesundheitsamt, die Übermittlung an die Landesstelle in vielen

Fällen aber durch das für den Hauptwohnsitz der betroffenen Person zuständige Gesundheitsamt. Da die Darstellung der Fälle beziehungsweise der Inzidenzen bezogen auf das die jeweilige Meldung übermittelnde Gesundheitsamt erfolgt, sind gemeldete Fälle dann nicht mehr der Region der Einrichtung, in der sie aufgetreten sind, sondern der Region des Hauptwohnsitzes zuzuordnen.

Neben den aufgeführten Labormeldepflichten für antibiotikaresistente Erreger besteht eine Arztmeldepflicht gemäß § 6 Absatz 1 Nummer 1 für klinisch schwere Verlaufsformen von *Clostridium difficile*-Infektionen. Die Erkrankung wird mit dem Einsatz von Antibiotika assoziiert und findet auch im Rahmen von ABS-Aktivitäten Berücksichtigung.

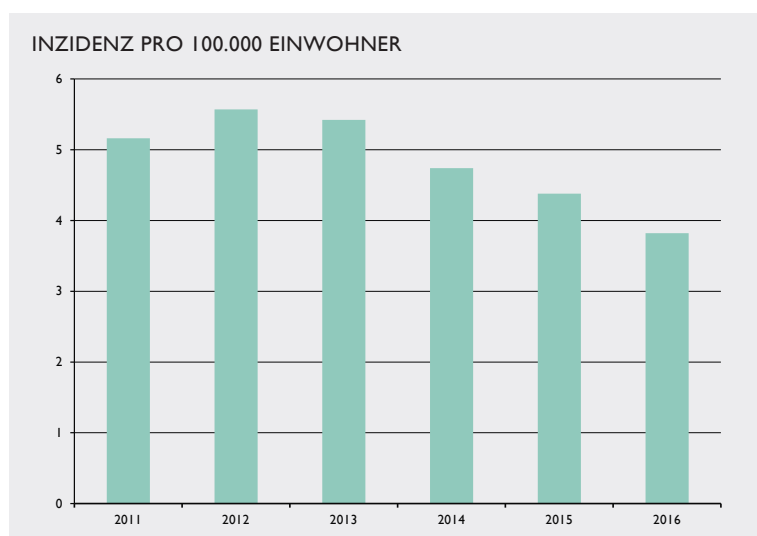
ANTIBIOTIKA-RESISTENZ-SURVEILLANCE (ARS)

Das Ziel der am RKI seit 2007 angesiedelten und initial bis 2010 vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) geförderten laborbasierten Antibiotika-Resistenz-Surveillance ist eine bundesweite repräsentative Surveillance, um Aussagen zur Resistenzsituation und Resistenzentwicklung für den ambulanten und den stationären Bereich machen zu können. Mit ARS wurden die dafür notwendigen technischen Voraussetzungen geschaffen und das System ist entsprechend skalierbar.

ARS beruht auf der freiwilligen Teilnahme von mikrobiologischen Laboren, die ihre Ergebnisse zu Erregeridentifizierung und Resistenztestung aus der mikrobiologischen Routinediagnostik über eine definierte Schnittstelle elektronisch an das RKI übermitteln (Noll et al. 2012). Die elektronische Übermittlung kann von den teilnehmenden Laboren täglich erfolgen.

Nach erfolgter Plausibilitätsprüfung werden die Daten am RKI in einer zentralen Datenbank zusammengeführt und nach interner Validierung und Freigabe durch die Labore zum Anfang der 2. Jahreshälfte für eine Auswahl relevanter Erreger- und Anti-

ABBILDUNG 1
Inzidenz gemäß
Infektionsschutzgesetz
übermittelter invasiver
MRSA-Fälle pro 100.000
Einwohner, 2011–2016;
Quelle: Robert Koch-
Institut: SurvStat@RKI
2.0, <https://survstat.rki.de>, Abfragedatum:
10.09.2017.



biotika-Kombinationen der Öffentlichkeit in einer interaktiven Datenbank auf der Homepage von ARS zur Verfügung gestellt.

Es kann zwischen zwei Abfragemöglichkeiten ausgewählt werden, die Ergebnisse zur Resistenzübersicht und Resistenzentwicklung liefern. In der Resistenzübersicht werden für den ausgewählten Erreger die Ergebnisse für eine vordefinierte Auswahl an Antibiotika dargestellt. Bei der Abfrage zur Resistenzentwicklung erfolgt nach Auswahl der Erreger-Antibiotika-Kombination eine Darstellung der Ergebnisse stratifiziert nach Jahren. Darüber hinaus können bei der Abfrage weitere Parameter wie Versorgungsbereich, Region, Materialgruppe, Fachrichtung, Stationstyp und Versorgungsstufe spezifiziert werden.

An ARS teilnehmende Labore haben zudem die Möglichkeit, über einen internen passwortgeschützten Bereich individuelle Vergleichsreports für die von ihnen versorgten Einrichtungen abzufragen und können hierfür auf die tagesaktuell übermittelte Daten zurückgreifen.

Für die Auswertungen werden nur die Erstisolate von einem Patienten berücksichtigt. Isolate aus Screeninguntersuchungen werden ausgeschlossen. Bezugsgrößen, wie beispielsweise Patiententage und klinische Angaben zu den Isolaten, liegen nicht vor, sodass eine Aussage zur Inzidenz bestimmter Infektionen beziehungsweise Erregernachweise nicht möglich ist.

Da es sich um Proben aus der Routinediagnostik handelt, kann es zu Verzerrungen im Sinne einer Überschätzung der Resistenzsituation insbesondere im ambulanten Bereich kommen, da eine Probenentnahme eher bei schweren beziehungsweise komplizierten Infektionen erfolgt und hier der Resistenzanteil höher ist als bei leichten und unkomplizierten Infektionen (Klingeberg et al. 2017). Selektives Testen, bei dem nicht routinemäßig gegen ein Antibiotikum getestet wird, sondern nur ein Teil der Isolate, kann ebenfalls zu einer Verzerrung führen.

Die klassische Maßzahl für die Resistenz eines Erregers gegenüber einem Antibioti-

kum ist der Anteil resistenter Isolate an allen getesteten Isolaten. Dazu werden die gemessenen Ergebnisse der Empfindlichkeitstestung anhand von Grenzwerten als sensibel (S), intermediär (I) und resistent (R) interpretiert. Diese Interpretation erfolgt in der überwiegenden Zahl nach den vom European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) definierten Grenzwerten (EUCAST 2017).

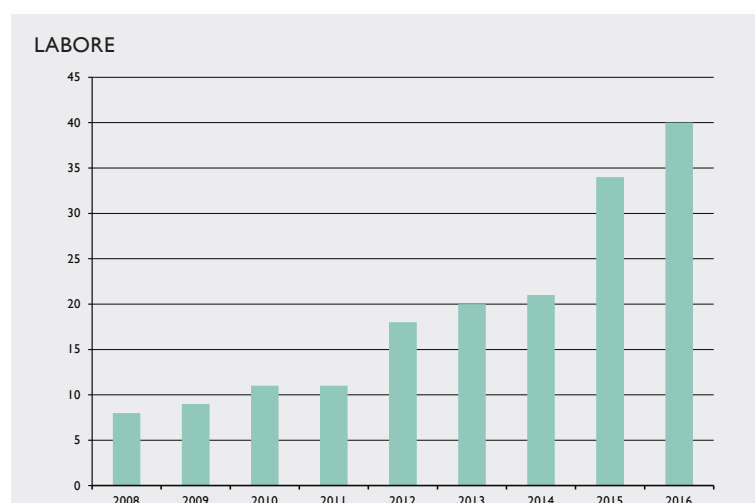
Alle an ARS teilnehmenden Labore sind akkreditiert und haben die Möglichkeit, an einem vom European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net) initiierten und vom United Kingdom National External Quality Assessment Service (UK NEQAS) durchgeführten Ringversuch teilzunehmen.

Als eine weitere Funktionalität zur Überprüfung der Datenqualität und im Sinne einer Frühwarnmeldung wird für besondere Einzelresistenzen mit seltenem Auftreten direkt im Anschluss an die elektronische Datenübermittlung eine automatisch generierte Nachricht an die Labore mit der Bitte um Überprüfung und Bestätigung versandt.

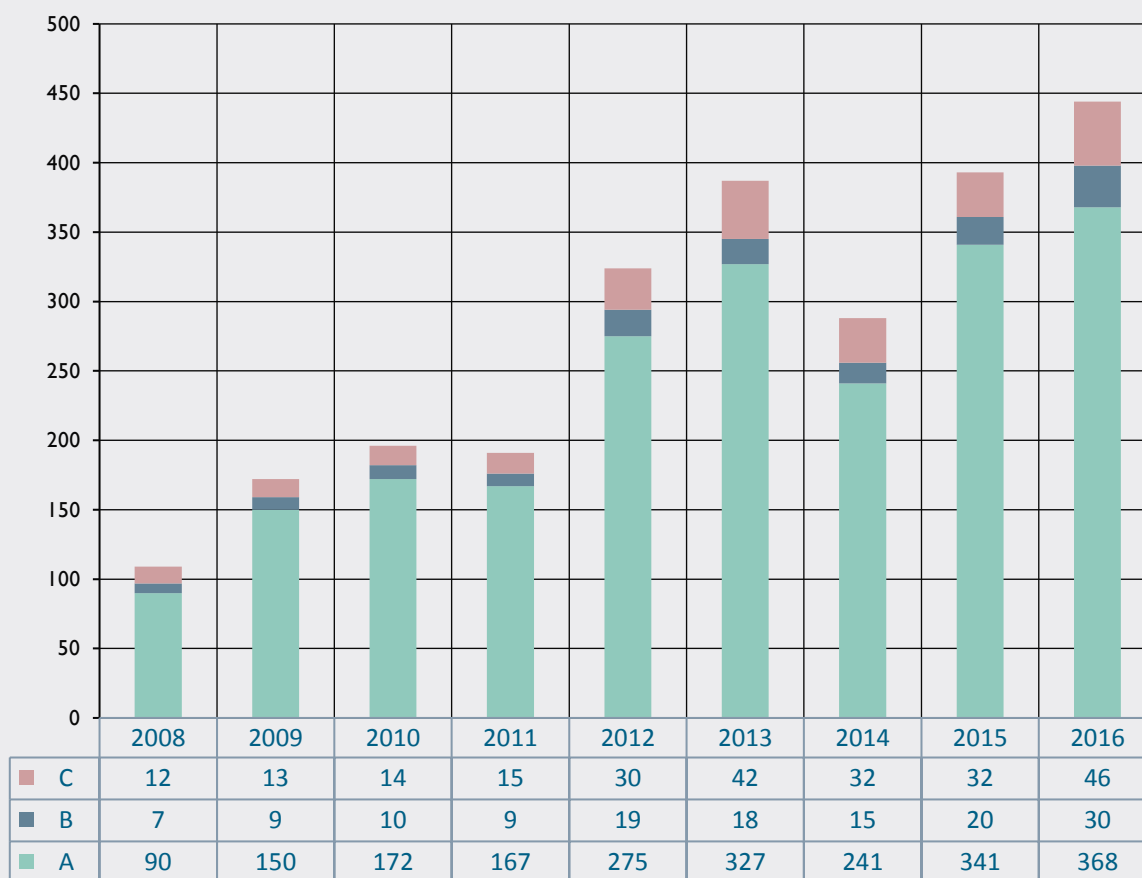
Bei der Auswertung und Interpretation der Daten im zeitlichen Verlauf ist zu beachten, dass es sich um eine dynamische Datenbasis mit unterschiedlicher regionaler Abdeckung handelt.

Die **ABBILDUNGEN 2A-C** zeigen die Anzahl der teilnehmenden Labore im zeitlichen Verlauf sowie die Anzahl der Krankenhäuser

ABBILDUNG 2A
Anzahl der an der Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS) teilnehmenden Labore 2008–2016.



KRANKENHÄUSER



A = Allgemeine Krankenhäuser

B = Sonstige Krankenhäuser

C = Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen

Bezug: Gliederung und Definitionen stationärer Versorgungseinrichtungen, Statistisches Bundesamt

ABBILDUNG 2B
Anzahl der Krankenhäuser, von denen Daten in die Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS) eingehen, 2008-2016.

und ambulanten Arztpraxen, die von den Laboren versorgt werden und deren Daten in ARS eingehen. Die Grundgesamtheit der teilnehmenden Labore und damit der teilnehmenden Einrichtungen unterliegt Schwankungen, und Veränderungen in der Resistenzsituation können zum Teil auch auf Änderungen in der Stichprobenzusammensetzung zurückgehen.

Um Veränderungen über die Zeit analysieren zu können, müssen diese Stichprobeneffekte statistisch kontrolliert werden; dies geschieht, indem die Analyse auf Daten aus Einrichtungen beschränkt wird, von denen

im Untersuchungszeitraum kontinuierliche Resistenzdaten vorliegen.

Beispielhaft ist dies für die Resistenzentwicklung von MRSA und *Escherichia coli* (*E. coli*) gegenüber Cephalosporinen der 3. Generation als Marker für Extended-Spectrum-Betalaktamase (ESBL) in **TABELLE 1 UND 2** dargestellt. Gegenübergestellt werden zwei Regionen sowie die Versorgungsbereiche ambulant und stationär. Im zeitlichen Verlauf nimmt der Anteil der gegenüber Oxacillin resistent getesteten *S. aureus*-Isolate (MRSA) aus allen Materialien kontinuierlich ab. Für den Anteil der gegenüber Cephalosporinen

der 3. Generation resistent getesteten *E. coli* hingegen sieht man eher einen gegenläufigen Trend. Anhand der Daten kann auch gezeigt werden, dass regionale Unterschiede in der Resistenzsituation bestehen.

Einmal jährlich findet ein Netzwerktreffen der an ARS teilnehmenden Labore am RKI statt, das dem direkten Austausch der Labore untereinander dient und bei dem unter anderem aktuelle Entwicklungen in der Resistenzsituation und Weiterentwicklungen des Systems diskutiert werden.

Das Robert Koch-Institut als nationales Public Health-Institut ist Partner des vom European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) koordinierten EARS-Net und des seit 2016 bestehenden und von der WHO koordinierten Global Antimicrobial Resistance Surveillance System (GLASS) und übermittelt an beide internationalen Behörden Daten zur Resistenzsituation in Deutschland. ARS hat im Vergleich zu den internationalen Systemen einen weiteren Erhebungsumfang hinsichtlich Material sowie Erreger-Antibiotika-Kombinationen. In EARS-Net werden beispielsweise nur Isolate aus invasiven Materialien (Blutkulturen und Liquorflüssigkeit) berücksichtigt.



AUSBLICK

Der rationale Einsatz von Antibiotika im Sinne von ABS spielt eine zentrale Rolle bei der Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen. Voraussetzung dafür sind Surveillancedaten zur Resistenzsituation und zum Antibiotikaverbrauch. Analog zu ARS ist am RKI seit 2014 die Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance (AVS) als übergeordnetes Surveillance-System angesiedelt. Hierbei handelt es sich um ein vom RKI entwickeltes und in Zusammenarbeit mit der Charité Berlin implementiertes

ABBILDUNG 2C

Anzahl der ambulanten Arztpraxen, von denen Daten in die Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS) eingehen, 2008–2016.

TABELLE I

Resistenzentwicklung MRSA im ambulanten und stationären Versorgungsbereich in der Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS).

REGION		ARS GESAMT			WEST			SÜDWEST		
Versorgungsbereich	Jahr	R%	95% KI	n	R%	95% KI	n	R%	95% KI	n
Ambulant	2013	11,3	10,9-11,8	16.801	12,5	11,8-13,1	9.712	7,3	5,9-8,7	1.290
	2014	10,9	10,4-11,4	18.203	11,7	11,1-12,3	10.528	7,3	6,1-8,4	1.942
	2015	10,8	10,4-11,3	19.032	11,8	11,2-12,4	10.966	8,1	6,9-9,3	1.955
	2016	9,6	9,1-10	18.599	10,7	10,1-11,3	10.523	5,6	4,6-6,7	1.845
Stationär	2013	16	15,6-16,4	35.884	19,9	19,3-20,4	17.804	10,4	9,8-10,9	10.471
	2014	14	13,7-14,3	38.642	17,6	17,1-18,1	19.750	8,5	8-9,1	10.825
	2015	14	13,6-14,3	44.856	17	16,5-17,5	26.057	8,7	8,2-9,2	10.802
	2016	13,7	13,3-14	45.220	16,6	16,2-17,1	26.371	8,1	7,6-8,6	10.885

R= resistent; 95%; KI= 95% Konfidenzintervall; n= Anzahl der getesteten Isolate

Alle Materialien, kontinuierliche Teilnahme 2013–2016, ARS gesamt (170 Krankenhäuser, 3.365 Arztpraxen),

Region West (Nordrhein-Westfalen; 81 Krankenhäuser, 1.900 Arztpraxen),

Region Südwest (Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland; 46 Krankenhäuser, 283 Arztpraxen)

REGION		ARS GESAMT			WEST			SÜDWEST		
Versorgungsbereich	Jahr	R+I%	95% KI	n	R+I%	95% KI	n	R+I%	95% KI	n
Ambulant	2013	6,5	6,2-6,8	28.463	7,4	7-7,8	14.558	7,4	6,6-8,1	5.236
	2014	6,8	6,5-7	36.391	7,7	7,3-8	18.836	6,8	6,3-7,4	7.990
	2015	7,1	6,8-7,3	40.000	7,8	7,4-8,2	21.897	6,9	6,4-7,5	7.858
	2016	7,4	7,1-7,6	40.279	7,9	7,5-8,3	21.847	8	7,4-8,6	7.708
Stationär	2013	10,9	10,7-11,1	68.391	11,4	11,1-11,7	37.998	9,9	9,5-10,3	21.993
	2014	10,8	10,5-11	77.358	11,1	10,9-11,4	44.183	10,2	9,8-10,6	24.421
	2015	11	10,8-11,2	81.592	11,1	10,8-11,4	47.697	10,7	10,3-11,1	24.840
	2016	11,5	11,3-11,7	82.013	11,5	11,2-11,8	48.006	11,3	10,9-11,7	24.886

R+I=resistent+intermediär; 95% KI=95% Konfidenzintervall; n=Anzahl der getesteten Isolate

Alle Materialien, kontinuierliche Teilnahme 2013-2016, ARS gesamt (170 Krankenhäuser, 3.365 Arztpraxen),

Region West (Nordrhein-Westfalen; 81 Krankenhäuser, 1.900 Arztpraxen),

Region Südwest (Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland; 46 Krankenhäuser, 283 Arztpraxen)

TABELLE 2
Resistenzentwicklung
Escherichia coli gegen-
über Cephalosporinen
der 3. Generation
im ambulanten und
stationären Versor-
gungsbereich in der
Antibiotika-Resis-
tenz-Surveillance (ARS).

System zur Erfassung des Antibiotikaverbrau-
ches im stationären Bereich.

Zurzeit entwickelt und pilotiert das RKI
im Rahmen eines vom Bundesministerium
für Gesundheit (BMG) geförderten Projek-
tes ein Konzept zur gemeinsamen Auswer-
tung von Antibiotika-Resistenzdaten und
Antibiotika-Verbrauchsdaten auf Kran-
kenhausebene. Ziel des Projektes ist es, die
Einrichtungen bei ABS-Aktivitäten und bei
ihren Aufgaben durch die gesetzlichen Vor-
gaben gemäß § 23 IfSG zu unterstützen.

Im Sinne eines One Health-Ansatzes, dem
eine zentrale Stellung in der DART2020 und
dem Globalen Aktionsplans der WHO zur
Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen
zukommt, ist es notwendig, Konzepte für
eine gemeinsame Auswertung von Daten
zur Resistenzsituation im humanmedizini-
schen und veterinärmedizinischen Bereich
zu entwickeln. Hier arbeitet das RKI eng
mit dem Bundesinstitut für Risikobewer-
tung (BfR) zusammen.

DANKSAGUNG

Unser Dank gilt den an ARS teilnehmenden
Laboren. Die vollständige Liste der Teilneh-
mer findet sich auf der ARS-Webseite ([https://
ars.rki.de/Content/Project/Participant.aspx](https://ars.rki.de/Content/Project/Participant.aspx)).

INTERNETSEITEN

Antibiotika-Resistenz-Surveillance (ARS). RKI – Robert
Koch-Institut: <https://ars.rki.de/>.

Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance (AVS). RKI –
Robert Koch-Institut: <https://avs.rki.de/>.

Survstat@Rki_2.0. RKI – Robert Koch-Institut: [https://
survstat.rki.de/](https://survstat.rki.de/).

LITERATUR

BMG – Bundesministerium für Gesundheit (2015):
DART 2020, Antibiotika-Resistenzen bekämpfen zum
Wohl von Mensch und Tier.

Bundesrat (2016): Verordnung zur Anpassung der
Meldepflichten nach dem Infektionsschutzgesetz an die
epidemische Lage (IfSG-Meldepflicht-Anpassungsverord-
nung - IfSGMeldAnpV).

EUCAST – The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing - Eucast. <http://www.eucast.org/>.

IfSG – Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz) vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das durch Artikel I des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2615) geändert worden ist. <http://www.gesetze-im-inter.net.de/ifsg/index.html>.

Klingeberg A, Willrich N, Feig M et al. (2017): Resistance profiles of community-acquired urinary tract infections in Germany (SARHA study). In ECCMID, 2017.

Noll I, Schweickert B, Abu Sin M et al. (2012): Antimicrobial resistance in Germany. Four years of antimicrobial resistance surveillance (ARS). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 55 (11-12): 1370–6.

RKI – Robert Koch-Institut (2017a): Aktuelle Statistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten, Deutschland. Epidemiologisches Bulletin 36.

RKI – Robert Koch-Institut (2017b): Bericht des Nationalen Referenzzentrums (NRZ) für gramnegative Krankenhauserreger. Epidemiologisches Bulletin 26.

RKI – Robert Koch-Institut (2017c): Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2016. Berlin: 167–70.

RKI – Robert Koch-Institut (2016): Regionale Verteilung des Anteils von MRSA und VRE bei nosokomialen Infektionen mit *S. aureus* und Enterokokken. Epidemiologisches Bulletin 22.

RKI – Robert Koch-Institut (2015a): Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung Vancomycin-resistenter Enterokokken (VRE) in Deutschland. Epidemiologisches Bulletin 40.

RKI – Robert Koch-Institut (2015b): Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung von MRSA in Deutschland - Update 2013/2014. Epidemiologisches Bulletin 31.

RKI – Robert Koch-Institut (2013): Surveillance nosokomialer Infektionen sowie die Erfassung von Krankheitserregern mit speziellen Resistenzen und Multiresistenzen. Bekanntmachung des Robert Koch-Institutes. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 56: 580–583. <https://doi.org/10.1007/s00103-013-1705-6>.

Walter J, Haller S, Blank HP et al. (2015): Incidence of invasive methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in Germany, 2010 to 2014. Eurosurveillance 20(46).

WHO – World Health Organization (2015): Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Geneva.

KONTAKT

Dr. Muna Abu Sin
Robert Koch-Institut
Abteilung für Infektionsepidemiologie
FG Nosokomiale Infektionen, Surveillance
von Antibiotikaresistenz und -verbrauch
Seestrasse 10
13353 Berlin
E-Mail: Abu-SinM[at]rki.de

[RKI]

Workshop „Vulnerabilität im Kontext von Umwelt und Gesundheit“

Workshop “Vulnerability within environment and health”

NADJA
STEINKÜHLER,
SVENJA OBERMÜLLER,
JUDITH MEIERROSE,
ANDRÉ CONRAD

ZUSAMMENFASSUNG

Bevölkerungsgruppenspezifische Vulnerabilitäten haben bei der Erforschung und zielgerichteten Minderung umweltbezogener Gesundheitsrisiken eine hohe Bedeutung. Für den Bereich Umwelt und Gesundheit liegt bislang kein einheitliches Konzept von Vulnerabilität vor. Vor diesem Hintergrund wurde der Begriff der Vulnerabilität im Juni 2017 in Berlin in einem Workshop in einem breiten Kontext diskutiert. Die 19 teilnehmenden Fachleute befassten sich mit verschiedenen gesundheitsrelevanten Umweltthemen. Dabei wurde auch die Vielschichtigkeit des Vulnerabilitätsbegriffes deutlich, der je nach Ausgangslage zum Teil andere Bevölkerungsgruppen in den Mittelpunkt stellt. Die Teilnehmenden sprachen sich für eine spezifische Definition der Vulnerabilität für das Themenfeld „Umwelt und Gesundheit“ aus, in der auch gesundheitsförderliche Faktoren Berücksichtigung finden sollten. Jedoch kann auch bei Anwendung einer fachspezifischen Definition die Einschätzung der Vulnerabilität nie losgelöst vom jeweiligen Kontext erfolgen.

ABSTRACT

Population-specific vulnerabilities are of great relevance in the research on and systematic reduction of environmental health risks. There is still no consistent concept of vulnerability in the field of environment and health. With this in mind, the concept of vulnerability was discussed in a broad context at a workshop in Berlin on 22 June 2017. The 19 participating experts dealt with various health-related environmental issues. The complexity of the vulnerability concept, which in some cases addresses different groups of the population depending on the situation, became clear. Participants expressed their support for a specific definition of vulnerability in the field of environment and health, which should also take health-promoting factors into account. However, even when using a subject-specific definition, the assessment of vulnerability can never be carried out separately from the respective context.

EINLEITUNG

Ende Juni 2017 fand im Umweltbundesamt in Berlin ein Workshop zum Thema Vulnerabilität mit Bezug zu Umwelt und Gesundheit statt. Dieser wurde gemeinsam vom Arbeitskreis „Umweltmedizin, Expositions- und Risikoabschätzungen“ der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), der Deut-

schen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS) und der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSM) sowie der Abteilung Umwelthygiene des Umweltbundesamtes veranstaltet. An dem Workshop nahmen 19 Fachleute, mehrheitlich aus Forschungseinrichtungen sowie Behörden auf Landes- und Bundesebene, teil.



VULNERABILITÄT IM BEREICH UMWELT UND GESUNDHEIT

Allgemein wird unter Vulnerabilität das Zusammenwirken der Anfälligkeit (Sensitivität) und der Anpassungskapazität eines Objekts oder Systems in Bezug auf den Umgang mit Gefahren gefasst. Abhängig von der Disziplin stellt auch die Exposition – das heißt bestimmten Einflussfaktoren ausgesetzt zu sein – einen Aspekt der Vulnerabilität dar (adelfi/PRC/EURAC 2015; Birkmann et al. 2013).

Mit Blick auf die menschliche Gesundheit bedeutet Vulnerabilität, dass eine Person oder Bevölkerungsgruppe eine erhöhte Erkrankungs-, Behinderungs- und Sterbewahrscheinlichkeit aufweist, hilflos oder schutzbedürftig ist, besondere Unterstützung benötigt oder nicht in ausreichendem Maße für sich selbst sorgen kann (Larkin

2009; SVR Gesundheit 2007). Beispielsweise wirken eine unzureichende Teilhabe an der Gesellschaft verbunden mit prekären materiellen Verhältnissen vulnerabilitäts erhöhend (SVR Gesundheit 2007). So können soziodemografische Merkmale wie Alter, Geschlecht und die soziale Lage die Vulnerabilität zum Beispiel gegenüber Umweltbelastungen beeinflussen (Köckler, Hornberg 2012; Larkin 2009). In der Literatur werden unter anderem folgende Bevölkerungsgruppen als vulnerabel eingestuft: ältere Menschen, Kinder, Schwangere, sozial Benachteiligte oder Menschen mit Vorerkrankungen und ethnische Minderheiten. Darüber hinaus können auch geschlechtsspezifische Unterschiede die Vulnerabilität beeinflussen (LZG.NRW 2016; Larkin 2009; SVR Gesundheit 2007). So begegnen Frauen und Männer aufgrund ihrer Lebensverhältnisse unterschiedlichen Umweltbelastun-

FOTO
Umweltbundesamt

gen beziehungsweise Gesundheitsrisiken und greifen zudem auf unterschiedliche Bewältigungsstrategien zurück (Hornberg, Pauli 2008; Hammelstein et al. 2006). Aus Public Health-Perspektive wird der Grad der Vulnerabilität durch das Zusammenspiel von psychosozialen, biologischen und umweltbedingten Faktoren bestimmt (Köckler, Hornberg 2012) und unterliegt damit vielfältigen Einflussfaktoren. Folglich tragen auch die jeweiligen Verhältnisse, in denen Menschen leben, zu einer erhöhten oder verminderten Vulnerabilität bei (Larkin 2009).

Mit Blick auf gesundheitsrelevante Umweltbelastungen wird insbesondere im Bereich der Klimaanpassung bereits seit einigen Jahren die Vulnerabilität urbaner Bevölkerungsgruppen untersucht. Vor allem ältere Menschen mit eingeschränkter Gesundheit können bei anhaltend hohen Temperaturen erkranken oder an den Folgen der Hitze sterben (unter anderem adelphi/PRC/EU-RAC 2015; Katzschner, Bruse 2012; Eis et al. 2010). Andere Studien zeigen, dass ein niedriger Sozialstatus häufiger mit einer erhöhten Exposition durch Lärm und Luftschadstoffe einhergeht (unter anderem Laufmann et al. 2013; Kohlhuber et al. 2012). Kinder können aufgrund ihrer Körpergröße und ihres Stoffwechsels besonders vulnerabel gegenüber Chemikalien sein (Choi et al. 2016). Allein diese Beispiele zeigen, dass Vulnerabilitäten bei der Erforschung und zielgerichteten Minderung umweltbezogener Gesundheitsprobleme eine hohe Bedeutung haben. Vor diesem Hintergrund wurde der Begriff der Vulnerabilität im Workshop in einem breiten Kontext diskutiert (siehe dazu auch die Beiträge Hornberg et al., Riedel et al., und Meltzer et al. in diesem Heft).

WORKSHOPBEITRÄGE

Im einführenden Vortrag stellte Claudia Hornberg (Sachverständigenrat für Umweltfragen/ Universität Bielefeld) zunächst **Definitionen der Vulnerabilität aus verschiedenen Forschungsperspektiven** dar und zeigte da-

mit auch die Vielschichtigkeit des Begriffes. Neben der Empfindlichkeit (Suszeptibilität) üben auch soziale Faktoren einen Einfluss auf die Vulnerabilität aus. Am Beispiel der Gruppe der Kinder sowie der sozial Benachteiligten skizzierte sie zwei für den Bereich Umwelt und Gesundheit bedeutende vulnerable Bevölkerungsgruppen. Die Klassifizierung bestimmter Bevölkerungsgruppen als vulnerabel sollte jedoch nicht generalisiert werden. Folglich kommt es immer auf die Stärke der Belastung wie auch die jeweilige Anpassungskapazität an, inwiefern eine Vulnerabilität gegenüber Umweltbelastungen besteht.

Natalie Riedel (Universität Bremen, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf) ging vor dem Hintergrund der EU-Umgebungslärmrichtlinie, insbesondere des Vorsorgeprinzips, auf **Vulnerabilität im Zusammenhang mit Straßenverkehrslärm** ein. Im Fokus stand hierbei zum einen die Frage nach der Vulnerabilität von Bevölkerungsgruppen gegenüber Verkehrslärm. Zum anderen zeigte sie, dass Straßenverkehrslärm selbst an der Entstehung von Vulnerabilität beteiligt sein kann. Diese Vulnerabilität könnte wiederum die Beteiligung von Bevölkerungsgruppen an der Lärmaktionsplanung beeinflussen – und zwar im Sinne einer geringeren Bereitschaft zur aktiven Beteiligung an Planungsprozessen.

Laura Meltzer (Universität Heidelberg) stellte in ihrem Beitrag die Ergebnisse einer Studie zum Thema **Klimawandelanpassung** vor. Am Beispiel des Huasco-Tals in der Atacama-Region in Chile untersuchte sie, inwiefern die Betroffenheit durch Flutereignisse zur Durchführung von Anpassungsmaßnahmen führt. Aufgrund von Starkregenfällen im März 2015 und den dadurch ausgelösten Überflutungen und Schlammlawinen, haben viele Bewohnerinnen und Bewohner in dieser Region ihr Eigentum und ihre landwirtschaftlichen Nutzflächen verloren. Im Rahmen der Befragung wurde die Vulnerabilität der Menschen durch die Flut (zum Beispiel gesundheitliche Effekte) wie auch das Wissen über und die Anwendung von Anpassungsmaßnahmen thematisiert.

Am Beispiel der Entwicklung und Erprobung des Fachplanes Gesundheit im Kreis Unna stellten Monika Machtoft (IFUA-Projekt-GmbH) und Joachim Hartlik (Büro für Umweltprüfungen & Qualitätsmanagement) die für das Fachsegment **Elektromagnetische Felder (EMF)** als vulnerabel eingestuftten Bevölkerungsgruppen dar. Diese galten im Rahmen des Fachplanes als besonders schützenswert. Sie skizzierten zudem die erforderlichen Arbeitsschritte sowie die räumliche Darstellung und Verschneidung der verschiedenen Arbeitsergebnisse. Der Fokus des Fachplanes liegt auf der raumbezogenen, ressort- und sektorübergreifenden Darstellung der Gesundheitsbelange.

DISKUSSION

In der abschließenden Diskussion wurde deutlich, dass das Konzept der Vulnerabilität auch für das Themenfeld „Umwelt und Gesundheit“ einer spezifischen Definition bedarf. Viele Teilnehmende bezeichneten diese als wichtig, um Fortschritte beim Schutz vulnerabler Gruppen vor umweltbedingten Gesundheitsrisiken belegen und eine Vergleichbarkeit erhobener Daten sicherstellen zu können. Einige Fachleute erachteten es als wünschenswert, in dieser Definition neben den Stressoren auch die gesundheitsförderlichen Faktoren (Ressourcen) zu berücksichtigen. Jedoch wurde auch angemerkt, dass zahlreiche Ressourcen – etwa die Nutzung vorhandener Grünflächen oder die soziale Einbindung – oftmals deutlich weniger verlässlich erfassbar sind, als die krankheitsverursachenden Faktoren (Stressoren). Insgesamt wurde festgestellt, dass auch bei Anwendung einer fachspezifischen Definition die Einschätzung der Vulnerabilität nie losgelöst vom jeweiligen Kontext erfolgen kann.

Aufgrund der Komplexität wurde das Vulnerabilitätskonzept für die Politikberatung und Risikokommunikation von einigen Teilnehmenden des Workshops als oftmals nicht praktikabel bewertet. Zudem könnte

dies, insbesondere von den vulnerablen Bevölkerungsgruppen, missverstanden werden – beispielsweise im Sinne einer übersteigerten Empfindlichkeit. Primär sollte das Konzept daher dazu genutzt werden, die Personen zu identifizieren, die einer besonderen Aufmerksamkeit bei Gesundheitsschutz und -förderung sowie zielgruppengerechter Ansprache bedürfen.

Insgesamt zeigte die Diskussion die Vielschichtigkeit des Vulnerabilitätsbegriffes, der soziale, gesundheitliche und umweltbezogene Aspekte beinhaltet. Die Teilnehmenden sprachen sich für eine verstärkte quantitative und qualitative Forschung aus, um diesen oftmals komplexen Fragestellungen zukünftig besser gerecht werden zu können.

DANKSAGUNG

Die Organisatorinnen und Organisatoren danken allen Teilnehmenden für ihre Vorträge und Diskussionsbeiträge und der Fachgesellschaft DGEpi für die finanzielle Unterstützung des Workshops. ●

LITERATUR

adelphi / PRC / EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24. Dessau-Roßlau.

Birkmann J, Böhm H R, Buchholz F et al. (2013): Glossar Klimawandel und Raumentwicklung. 2., überarbeitete Fassung. E-Paper der ARL Nr. 10. Hannover. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-73571> (Zugriff am: 31.08.2017).

Choi J, Knudsen L E, Mizrak S et al. (2016): Identification of exposure to environmental chemicals in children and older adults using human biomonitoring data sorted by age: Results from a literature review. *Int J Hyg Environ Health*, 220 (2 Pt A): 282–298.

Eis D, Helm D, Laußmann D et al. (2010): Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut. Berlin. <http://edoc.rki.de/oa/articles/re0BdUKX9pUL6/PDF/29ETCu06ZOtk.pdf> (Zugriff am: 31.08.2017).

Hammelstein P, Pohl J, Reimann S et al. (2006): Persönlichkeitsmerkmale. In: Renneberg B, Hammelstein P (Hrsg.): *Gesundheitspsychologie*. Springer. Heidelberg.

Hornberg C, Pauli A (2008): Gender, Umwelt und Gesundheit – Neue Sichtweisen auf das Umweltgerechtigkeitskonzept. In: UMID-Themenheft. Umweltgerechtigkeit – Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. UMID, 2: 22–26.

Katzschner A, Bruse M (2012): Stadtklima und soziale Vulnerabilität. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Huber. Bern.

Köckler H, Hornberg C (2012): Vulnerabilität als Erklärungsmodell einer sozial differenzierten Debatte um Risiken und Chancen im Kontext von Umweltgerechtigkeit. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Huber. Bern: 73–86.

Kohlhuber M, Schenk T, Weiland U (2012): Verkehrsbezogene Luftschadstoffe und Lärm. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Huber. Bern: 87–98.

LZG.NRW – Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen (2016): Leitfaden Gesunde Stadt. Hinweise für Stellungnahmen zur Stadtentwicklung aus dem Öffentlichen Gesundheitsdienst. Bielefeld. https://www.lzg.nrw.de/_php/login/dl.php?u=/_media/pdf/service/Pub/2016_druckfrisch/lzg-nrw_leitfaden_gesunde_stadt_2016.pdf (Zugriff am: 31.08.2017).

Larkin M (2009): Vulnerable Groups in Health and Social Care. Sage. Los Angeles.

Laußmann D, Haftenberger M, Lampert T et al. (2013): Soziale Ungleichheit von Lärmbelastung und Straßenverkehrsbelastung. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsbl. 56: 822–831.

SVR Gesundheit – Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (2007): Kooperation und Verantwortung. Voraussetzungen einer zielorientierten Gesundheitsversorgung. Gutachten. Kurzfassung. http://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/user_upload/Gutachten/2007/Kurzfassung_2007.pdf (Zugriff am: 31.08.2017).

KONTAKT

Nadja Steinkühler
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.1 „Übergreifende Angelegenheiten
Umwelt und Gesundheit“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [nadja.steinkuehler\[at\]uba.de](mailto:nadja.steinkuehler[at]uba.de)

[UBA]

Soziale Vulnerabilität im Kontext von Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage

Social vulnerability in context of environment, health and social situation

ZUSAMMENFASSUNG

Die Definition von Vulnerabilität differiert zwischen den unterschiedlichen Forschungsrichtungen und Politikfeldern. Im Kontext von Umwelt und Gesundheit kommt der Vulnerabilität bestimmter Bevölkerungsgruppen besondere Bedeutung zu. Auswirkungen des Klimawandels, wie die zunehmende Hitzebelastung sowie die Exposition gegenüber Umweltnoxen, beeinflussen die menschliche Gesundheit. Die individuelle Anfälligkeit gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen variiert in der Bevölkerung. So sind ältere Personen besonders vulnerabel gegenüber Hitzestress. Personen mit Vorerkrankungen sowie Kinder weisen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen auf. Neben der Anfälligkeit ist auch die Exposition gegenüber unterschiedlichen Umweltrisiken in der Bevölkerung nicht gleich verteilt. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der schlechten sozialen Lage und umweltassoziierten Mehrfachbelastungen. Dies führt zu heterogenen Gesundheitschancen und -risiken. Eine stärkere Differenzierung und die Fokussierung auf besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen kann dazu beitragen, Vulnerabilität abzubauen und die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) zu stärken.

CLAUDIA
HORNBERG*,
JULIANE MASCHKE*

ABSTRACT

The definition of vulnerability differs between different fields of research and politics. In the context of environment and health, the vulnerability of certain populations is of great relevance. Human health is affected by consequences of the climate change such as increasing heat stress and exposure to pollutants. Individual vulnerability to environmental hazards differs within the population. Thus, the elderly show higher vulnerability to heat stress, persons with predispositions and children show an increased sensitivity to air pollutants. A population is not exposed evenly to environmental hazards. There is a close association between social situation and environment-associated health burdens. A stronger differentiation of and focusing on the populations at risk is needed to decrease vulnerability and strengthen resilience.

DEFINITIONEN VON VULNERABILITÄT

Der Begriff Vulnerabilität leitet sich vom lateinischen *vulnus* „Wunde“ ab und bedeutet „Verwundbarkeit“ beziehungsweise „Verletzlichkeit“. Einen Ursprung hat der Vulnerabilitätsbegriff nach Christmann et al. (2011) und Bürkner (2010) in der Ökologie bei der Analyse von Funktionsweisen bestimmter

Ökosysteme (Christmann et al. 2011).

Heute wird die Vulnerabilität als Schlüsselbegriff der inter- und transdisziplinären Forschung verwendet. Hierbei differiert je nach Forschungsrichtung und Politikfeld die zugrunde gelegte Definition von Vulnerabilität (Dietz 2006). Der fachlichen Ausrichtung entsprechend wird dabei die ökonomische und ökologische Vulnerabilität einer Region oder die Vulnerabilität bestimmter Spezies

* Universität Bielefeld,
Fakultät für Gesundheitswissenschaften,
AG 7 Umwelt & Gesundheit

betrachtet. Diese wird in der biologischen Forschung über den Red-List-Index der *International Union for Conservation of Nature* bestimmt. Andere Fachrichtungen stellen in ihrer Forschung hingegen die soziale Vulnerabilität einer Bevölkerungsgruppe sowie die Empfindlichkeit und Verwundbarkeit von Menschen gegenüber Umwelteinflüssen in den Mittelpunkt (IUCN 2017; Dietz 2006; Bürkner 2010). So bezieht sich die Definition von Vulnerabilität in der Humanökologie primär auf die Reaktion des Menschen auf Umweltrisiken oder eingetretene Umweltkatastrophen (Christmann et al. 2011). Die Entwicklungsforschung fokussiert hingegen die Armutsentwicklungen sowie die strukturelle Verletzlichkeit von Personengruppen, welche Hilf- und Schutzlosigkeit, Unsicherheit sowie erhöhte Risiko- und Stressexpositionen aufweisen (Christmann et al. 2011; Chambers 1989). Das klinische Wörterbuch *Psyhyrembel* bezieht sich bei der Definition von Vulnerabilität primär auf die (psychische) Verwundbarkeit einer Person. Diese ergibt sich aus individuellen Dispositionen, welche unter anderem durch genetische, organisch-biologische, psychische und soziale Faktoren bedingt sind (Margraf 2017). Hierbei gilt es, die Lebenslaufperspektive zu berücksichtigen: So scheint beispielsweise der sich entwickelnde kindliche Organismus zu bestimmten Zeitfenstern eine erhöhte Empfindlichkeit (Suszeptibilität) aufzuweisen und daher in diesen Lebensphasen anfälliger für negative Umwelteinflüsse zu sein.

Bei der Betrachtung des Mensch-Umwelt-systems haben sich in der interdisziplinären Forschung zunehmend fachübergreifende Vulnerabilitätsdefinitionen entwickelt, die sowohl die Empfindlichkeit von Menschen als auch von Systemen gegenüber Umwelteinflüssen einschließen. Im Zuge der Klimawandelfolgenforschung hat sich eine umfassendere Interpretation von Vulnerabilität etabliert. Sie berücksichtigt das Ausmaß der Betroffenheit von Personen, Regionen und Systemen durch Klimaveränderungen. Gemäß des Vulnerabilitätskonzepts der *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC),

ist die individuelle Empfindlichkeit abhängig von der Art und dem Ausmaß einer Exposition (z.B. Temperaturanstieg, Luftbelastung) und der Anfälligkeit (Sensitivität) auf einen definierten Reiz (z.B. Temperaturerhöhung). Bei der Betrachtung der Vulnerabilität wird außerdem die Anpassungsfähigkeit auf die veränderten Umweltbedingungen involviert. Dazu gehört beispielsweise die individuelle Fähigkeit von Personen oder Systemen, auf klimatische Veränderungen zu reagieren (Parry et al. 2007).

Im Folgenden wird speziell die Vulnerabilität des Menschen in den Kontext von Umwelt und Gesundheit gesetzt, wobei Umwelteinflüsse wie Klimawandelfolgen, Luftbelastung und soziale Determinanten im Bezug zur Gesundheit betrachtet werden.

KLIMAWANDEL UND VULNERABILITÄT

Die menschliche Gesundheit ist durch die Klimaveränderungen der vergangenen Jahrzehnte zunehmend betroffen. Gerade die steigende Hitzebelastung stellt eine Gefährdung für die Gesundheit dar. Als vulnerabel gelten hierbei Säuglinge, Kleinkinder und ältere sowie hochbetagte Personen, aber auch Menschen mit vorbestehenden Herz-Kreislaufkrankungen, da hohe Temperaturen zu einer erhöhten Belastung des Herz-Kreislauf-Systems führen. Besonders in Großstädten steigt durch den hohen Besiedlungsgrad, entstehende Hitzeinseln und den steigenden Anteil älterer Personen die hitzebedingte Mortalität in den Sommermonaten an. Allein in Deutschland wurden im „Jahrhundertssommer“ 2003 knapp 7.300 zusätzliche Sterbefälle auf Hitzestress zurückgeführt (Robine et al. 2007). Bei Betrachtung der zusätzlichen Todesfälle stellte dies die größte Umweltkatastrophe der letzten 500 Jahre in Europa dar (Kosatzky 2005). Im Zuge des Klimawandels steigt zudem das Risiko weiterer extremer Umwelteignisse, wie Überschwemmungen in Folge von Starkregen, sommerliche Trockenheit

sowie häufigere Sturmfluten durch einen Anstieg des Meeresspiegels (Schauser et al. 2015). Außerdem ist ein gradueller Temperaturanstieg mit einem Wandel des Artenspektrums in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen assoziiert (Schauser et al. 2015; UBA 2015), was wiederum zu verbesserten Lebensbedingungen für Infektionskrankheiten übertragende Vektoren führen kann. Dazu gehören – neben einheimischen Krankheitsüberträgern (z.B. Zecke) – auch invasive Stechmückenarten (z.B. *Asiatische Tigermücke*, *Aedes albopictus*) (Fleischhauer et al. 2015; Kampen, Werner 2015). Gerade Personen mit chronischen Erkrankungen, wie zum Beispiel ältere Menschen, gelten in Bezug auf Infektionskrankheiten als besonders vulnerabel (RKI 2008).

LUFTSCHADSTOFFE UND VULNERABILITÄT

Hohe Lufttemperaturen und starke Sonneneinstrahlungen sind mit der Bildung von bodennahem Ozon durch photochemische Reaktionen von Sonnenlicht mit Stickoxiden verbunden. Bodennahes Ozon kann zu Schleimhaut- und Atemwegsreizungen sowie Kopfschmerzen und Atembeschwerden führen (Fleischhauer et al. 2015; UBA 2016; Eis et al. 2010). Eine Risikogruppe lässt sich nicht eingrenzen, da die individuelle Empfindlichkeit gegenüber Ozon variiert. Zwischen 10 und 15 Prozent der Bevölkerung reagiert besonders empfindlich auf bodennahes Ozon (UBA 2016). In einem systematischen Review der Weltgesundheitsorganisation (WHO 2013) konnte ein Zusammenhang zwischen einer hohen Ozonlangzeitexposition und einer erhöhten Mortalität an Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen prädisponierter Personen beobachtet werden. Zudem konnten erhöhte Mortalitätsraten an Tagen mit überdurchschnittlicher Ozonbelastung in verschiedenen epidemiologischen Studien nachgewiesen werden (WHO 2013).

Neben Ozon können auch weitere Umwelt-
noxen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}, ultrafeine

Partikel), Stickoxide, Schwefeldioxide und Kohlenmonoxid, konzentrationsabhängig Reizungen und Entzündungen der Schleimhäute und Atemwege hervorrufen (UBA 2017b; Joss et al. 2015). Besonders gefährdet sind Personen mit Erkrankungen des respiratorischen oder Herz-Kreislauf-Systems. Im Freien arbeitende oder Sport treibende Personen sind – bedingt durch eine höhere Schadstoffexposition, besonders exponiert. Vor allem Kinder sind aufgrund der höheren Atemfrequenz besonderen gesundheitlichen Risiken durch Luftschadstoffe ausgesetzt.

Pierse et al. (2006) konnte in einer Studie nachweisen, dass Kleinkinder im Alter von einem bis fünf Jahren bei hoher Exposition mit PM₁₀ ein erhöhtes Risiko für Atemwegsreizungen, wie Husten und Atemgeräuschen, unabhängig von einer Erkältung, haben. Gauderman et al. (2004) konnte zeigen, dass eine hohe Schadstoffbelastung bei Kindern mit einer negativen Lungenentwicklung verbunden sein kann. Diese Risikogruppe weist beim Erreichen des Erwachsenenalters eine klinisch signifikant reduzierte Lungenfunktion auf.

Obwohl seit 1990 in Deutschland eine deutliche Emissionsreduktion einzelner Luftschadstoffe erreicht werden konnte, beeinflusst die Luftqualität noch immer die Gesundheit negativ (UBA 2017a). Dies ist unter anderem auf die stagnierende Reduktion der Umwelt-
noxen in der Umgebungsluft in den letzten zehn Jahren zurückzuführen (UBA 2017a). Gerade die Bedeutung von Stickoxiden für die menschliche Gesundheit wird zunehmend fokussiert. Verschiedene epidemiologische und experimentale Studien belegen, dass kurzzeitige Expositionen mit Stickoxiden im Zusammenhang mit einer erhöhten Sterblichkeit, vermehrten Krankenhauseinweisungen und Beeinträchtigungen des respiratorischen Systems stehen (Hoffmann et al. 2017; WHO 2013). Gleichzeitig gehen auch langfristig erhöhte Stickoxidwerte mit negativen Folgen für die Gesundheit einher. So führt eine Erhöhung der mittleren Jahresbelastung um 10 Mikrogramm NO₂ je Kubikmeter zu 5,5 Prozent mehr Todesfällen durch Atemwegs- oder Herz-Kreis-

laufkrankheiten (WHO 2013; Joss 2015). Gerade dieselbetriebene Fahrzeuge tragen zu einer Luftbelastung mit Stickdioxiden bei. Da Stickoxid eine Vorläufersubstanz von Feinstaub und Ozon darstellt, kann eine Reduktion dieser Umweltnoxe in der Umgebungsluft gleichzeitig zu einer Reduktion der Ozon- und Feinstaubbelastung beitragen (Hoffmann et al. 2017).

VULNERABILITÄT UND SOZIALE LAGE

Obwohl der Zusammenhang zwischen Umweltbelastungen und -ressourcen, Gesundheit/Krankheit und der sozialen Lage bereits lange bekannt ist, wird die soziale Lage als Indikator umweltbezogener Gesundheitschancen in Deutschland erst seit einigen Jahren verstärkt in Wissenschaft und Kommunen untersucht (UBA 2015; Köckler, Hornberg 2012).

Gesundheitliche Folgen durch Umweltchancen und -risiken sind in der Bevölkerung nicht gleich verteilt (UBA 2015; Pauli, Hornberg 2010; Köckler, Hornberg 2012). Zahlreiche Studien liefern Hinweise darauf, dass gerade Menschen mit geringem Einkommen und niedriger Bildung oft höheren Umweltbelastungen ausgesetzt sind als sozial besser gestellte Menschen (UBA 2015). Einzeluntersuchungen, zum Beispiel in Berlin zeigen, dass umweltbedingte Mehrfachbelastungen (z.B. Lärm, Luftschadstoffe, mangelnder Zugang zu Grünflächen, bioklimatische Belastungen) besonders in sozial benachteiligten Gebieten präsent sind. Jene Gebiete weisen außerdem einen hohen Anteil von Personen mit niedrigem sozioökonomischen Status auf (z.B. geringes Einkommen, geringe Bildung, hohe Arbeitslosenquote) (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin 2015). Diese Personengruppe hat aufgrund von individuellen Belastungen (z.B. Existenzängsten), individuellem Gesundheitsverhalten (z.B. Rauchen, Über- und Fehlernährung) und geringeren individuellen Ressourcen (z.B. niedriger Bil-

dungsabschluss, geringes Einkommen) eine höhere Vulnerabilität als Personen mit höherem sozioökonomischen Status (Köckler, Hornberg 2012; Pauli, Hornberg 2010). Die individuelle Vulnerabilität in Kombination mit Umweltbelastungen in der Lebensumwelt kann, insbesondere wenn Mehrfachbelastungen vorliegen, mit erheblichen Gesundheitsrisiken assoziiert sein. Dazu gehören unter anderem Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen sowie Schlafstörungen (UBA 2015; Pauli, Hornberg 2010). Beispielsweise konnte für Berlin nachgewiesen werden, dass Gebiete, welche eine schwache Sozialstruktur und umweltbedingte Mehrfachbelastungen (u.a. hohe Luft- und Lärmexposition) aufweisen, gleichzeitig mit erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsraten assoziiert sind (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2015). Die Korrelation zwischen hoher Arbeitslosenquote, reduzierter Lebenserwartung und einem erhöhten Krebsrisiko konnte auch in Nordrhein-Westfalen belegt werden (LZG NRW 2015).

VULNERABILITÄT, RESILIENZ UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Zum Abbau von Vulnerabilitäten im Kontext von Umwelt und Gesundheit bedarf es einer verlässlichen Datenbasis, welche sowohl Umweltparameter zur kleinräumigen Erfassung von gesundheitlichen Chancen und Risiken sowie verlässliche Gesundheits- und Sozialdaten zur Identifikation vulnerabler Gruppen umfasst. Als vulnerable Personengruppen werden zumeist pauschal Personen mit einem geringen sozioökonomischen Status, chronischen Erkrankungen, ältere Personen sowie Schwangere und Kinder bezeichnet (Flaskerud, Winslow 1998; Aday 1994; WHO 2002). Um die spezifischen Bedarfe und Bedürfnisse besonders schutzbedürftiger Personen zu adressieren, ist jedoch eine stärkere Differenzierung dieser Gruppe notwendig (Brodner et al. 2015; Buth, Kahlenborn 2015). Weiterhin erfolgt

die Bewertung von Vulnerabilität zumeist aus wissenschaftlicher Perspektive und wird anhand von Kriterien bestimmt (z.B. Alter, Sozialstatus) (Aday 1994). Jedoch ist auch die Selbstwahrnehmung der individuellen Empfindlichkeit gegenüber Expositionen (z.B. Klimawandelfolgen) zu berücksichtigen (Weller et al. 2010).

Zur Identifikation von Umwelt(un)gerechtigkeit existieren verschiedene Ansätze. Böhme et al. (2015) skizzieren einen kleinräumigen Monitoringansatz für den städtischen Raum, welcher durch die Indikatoren „Soziale Lage“ (u.a. Anteil der Langzeitarbeitslosen, Kinderarmut), „Umwelt“ (u.a. Belastung durch Feinstaub, Lärm) und „Gesundheit“ (u.a. Übergewicht, grobmotorische Störungen) die Umwelt(un)gerechtigkeit erfasst. Basierend auf umwelt-, sozial- und gesundheitsrelevanten Daten müssen, durch Einbeziehung verschiedener Fachrichtungen, umsetzbare, evidenzbasierte Leitlinien entwickelt und in die kommunale Praxis umgesetzt werden. Zur Stärkung der individuellen und bevölkerungsbezogenen Resilienz ist besonders die nachhaltige Stadtentwicklung von elementarer Bedeutung. Durch die Schaffung urbaner Frei-, Wasser- und Grünflächen können städtische Wärmeinseln reduziert sowie Luftschadstoffe und Lärmbelastungen absorbiert werden. Weiterhin stellen Grünräume einen Raum für Bewegung und Begegnung dar und tragen zur Steigerung des Wohlbefindens und zur Stressreduktion bei (Böhme et al. 2015; BMUB 2015). Ziele der nachhaltigen Stadtentwicklung, wie Inklusion, Sicherheit, Nachhaltigkeit und Gesundheitsförderung, entsprechen den Zielen der Sustainable Development Goals (SDG), welche von den Vereinten Nationen 2016 erlassen wurden (UN 2016a). Dabei legen die 17 Ziele der SDGs einen expliziten Schwerpunkt darauf, insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen zu erreichen. Dies liegt darin begründet, dass diese Personen aufgrund von Armut, Krankheit, Sprachbarrieren oder kulturellem Hintergrund seltener von den Vorteilen politischer Maßnahmen oder ökonomischer

Entwicklung profitieren. Durch soziale Absicherung, adäquate Wohnverhältnisse, den Zugang zu Bildung, das Involvieren in Entscheidungsprozesse sowie den Schutz vor Umweltbelastungen und -katastrophen sollen Vulnerabilitäten abgebaut und die Resilienz benachteiligter Bevölkerungsgruppen gestärkt werden (UN 2016b). Gerade durch die Stärkung der Resilienz werden Ressourcen aufgebaut und die individuelle Widerstandsfähigkeit der Personen unterstützt.

Unter Berücksichtigung der zunehmenden Urbanisierung und des steigenden Anteils der urbanen Bevölkerung stellen die SDGs die nachhaltige Entwicklung im städtischen Raum in den Mittelpunkt (vgl. Ziel 11) (UN 2016a). Durch den Aufbau resilienter urbaner Infrastrukturen (z.B. durch Erhalt und Schaffung von innerstädtischen Gewässern und Grünräumen sowie adäquatem Wohnraum, Lärmvermeidung/-minderung, Sicherung von Luft-, Boden- und Wasserqualität) können gesundheitliche, soziale und umweltbedingte Ungerechtigkeiten abgebaut und gesundheitsförderliche Lebensräume geschaffen werden. Die kleinräumige Umsetzung der SDGs in die kommunale Praxis sollte unter besonderer Berücksichtigung vulnerabler Gruppen in den Stadtquartieren stärker berücksichtigt werden. ●

LITERATUR

Aday L (1994): Health Status of Vulnerable Populations. Annual Review of Public Health. 15 (1): 487–509. DOI: 10.1146/annurev.publhealth.15.1.487.

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf (Zugriff am: 10.08.2017).

Böhme C, Preuß T, Bunzel A et al. (2015): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Entwicklung von praxistauglichen Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Reihe Umwelt & Gesundheit. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltgerechtigkeit-im-staedtischen-raum> (Zugriff am: 10.08.2017).

- Brodner B, Hornberg C, Steinkühler N et al. (2015): KommAKlima - Kommunale Strukturen, Prozesse und Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel in den Bereichen Planen, Umwelt und Gesundheit. Klimawandel in Karlsruhe - Anpassungsmaßnahmen im Handlungsfeld Gesundheit. Universität Bielefeld. <https://www.uni-bielefeld.de/gesundhw/ag7/downloads/kommaklima5.pdf> (Zugriff am: 10.08.2017).
- Bürkner H J (2010): Vulnerabilität und Resilienz. Forschungsstand und sozialwissenschaftliche Perspektive. Leibniz Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner.
- Buth M, Kahlenborn W (2015): Einleitung. In: Umweltbundesamt – Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: 27–31.
- Chambers R (1989): Editorial Introduction. Vulnerability, Coping and Policy. In: IDS Bulletin. 20 (2): 1–7. DOI: 10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x.
- Christmann G, Ibert O, Kilper H et al. (2011): Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive. Begriffliche Klärung und theoretischer Rahmen. Leibniz Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner.
- Dietz K (2006): Vulnerabilität und Anpassung gegenüber Klimawandel aus sozial-ökologischer Perspektive. Aktuelle Tendenzen und Herausforderungen in der internationalen Klima- und Entwicklungspolitik. Bundesministerium für Bildung und Forschung. www.lai.fu-berlin.de/homepages/dietz/Publikationen/working-papers/Dietz_2006_WP_Anpassung-und-Vulnerabilitaet.pdf (Zugriff am: 16.08.2017).
- Eis D, Helm D, Laußmann D et al. (2010): Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut. Berlin.
- Flaskerud J H, Winslow B J (1998): Conceptualizing Vulnerable Populations Health-Related Research. In: Nursing Research. 47 (2).
- Fleischhauer M, Lindner C, Othmer F et al. (2015): Handlungsfeld Menschliche Gesundheit. In: Buth M, Kahlenborn W, Savelsberg J (Hrsg.): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau: 602–633.
- Gauderman W J, Avol E, Gilliland F et al. (2004): The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. The New England journal of medicine. 351 (11): 1057–1067. DOI: 10.1056/NEJMoa040610.
- Hoffmann B, Schneider A, Hornberg C (2017): Gesundheitliche Bewertung von NOx-Emissionen aus Dieselfahrzeugen. Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH). www.helmholtz-muenchen.de/epi2/the-institute/press-releases/press-release/article/40813/index.html (Zugriff am: 10.08.2017).
- IUCN – International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (Hrsg.) (2017): Categories and Criteria (version 3.1). http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1 (Zugriff am: 16.08.2017).
- Joss K J, Dytar D, Rapp R (2015): Gesundheitliche Wirkungen der NO₂-Belastung auf den Menschen. Synthese der neueren Literatur auf Grundlage des WHO-E-VIHAAP Berichts. Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bern.
- Köckler H, Hornberg C (2012): Vulnerabilität als Erklärungsmodell einer sozial differenzierten Debatte um Risiken und Chancen im Kontext von Umweltgerechtigkeit. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Huber. Bern: 73–86.
- Kosatzky T (2005): The 2003 European heat wave. In: Euro Surveillance 10 (7).
- LZG NRW – Landeszentrum für Gesundheit Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015): InstantAtlas™ Bericht. <https://www.lzg.nrw.de/nocms/gesundheitsberichterstattung/nrw-kreisprofile/SM/atlas.html?comparison-Select=5000> (Zugriff am: 10.08.2017).
- Margraf J (2017): Vulnerabilität. In: Pschyrembel. <https://www.pschyrembel.de/Vulnerabilit%C3%A4t/K0NVWL> (Zugriff am: 10.08.2017).
- Parry M L, Canziani O F, Palutikof P J et al. (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf (Zugriff am: 10.08.2017).
- Pierse N, Rushton L, Harris R S et al. (2006): Locally generated particulate pollution and respiratory symptoms in young children. In: Thorax. 61 (3): 216–220. DOI: 10.1136/thx.2004.036418.
- RKI – Robert Koch-Institut (2008): Verhüten und Bekämpfen von Infektionskrankheiten. https://www.rki.de/DE/Content/Forsch/Forschungsschwerpunkte/Infektionskrankheiten/Verhueten/fo_infektkra_verhueten_inhalt.html (Zugriff am: 10.08.2017).
- Robine J M, Cheung S L, Le Roy S et al. (2007): Report on excess mortality in Europe during summer 2003. EU Community Action Programme for Public Health. Health & Consumer Protection Directorate General. <http://www.theurbanclimatologist.com/uploads/4/4/2/5/44250401/mortalityheatwave2003.pdf> (Zugriff am: 10.08.2017).
- Schauser I, Habedank B, Mücke H G (2015): Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit. Ergebnisse des Netzwerks Vulnerabilität. In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst. (2): 34–40.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin (2015): Umweltgerechtigkeit. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i901.htm> (Zugriff am: 10.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2017a): Entwicklung der Luftschadstoffbelastung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland> (Zugriff am: 04.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2017b): Luftschadstoffe im Überblick. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick> (Zugriff am: 04.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2016): Ozon-Belastung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/ozon-belastung#textpart-I> (Zugriff am: 04.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2015): Risiken und Verwundbarkeit. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/risiken-verwundbarkeit> (Zugriff am: 10.08.2017).

UN – United Nations (2016a): Sustainable development goals. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (Zugriff am: 10.08.2017).

UN – United Nations (2016b): Ensuring that No One is Left Behind: Reaching the most vulnerable. <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=vie-w&type=20000&nr=348&menu=2993> (Zugriff am: 01.09.2017).

Weller I, Krapf H, Wehlau D et al. (2010): Untersuchung der Wahrnehmung des Klimawandels im Alltag und seiner Folgen für Konsumverhalten und Vulnerabilität in der Nordwest-Region. Ergebnisse einer explorativen Studie. Hrsg. v. artec, Forschungszentrum Nachhaltigkeit. Universität Bremen. http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/single_sites/artec/artec_Dokumente/artec-paper/166_paper.pdf (Zugriff am: 16.08.2017).

WHO – World Health Organisation (Hrsg.) (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution REVIHAAP Project. Technical Report. Bonn. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1 (Zugriff am: 04.08.2017).

WHO – World Health Organisation (2002): Vulnerable groups. http://www.who.int/environmental_health_emergencies/vulnerable_groups/en/ (Zugriff am: 10.08.2017).

KONTAKT

Univ.-Prof. Dr. Claudia Hornberg
Universität Bielefeld
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
Arbeitsgruppe 7 Umwelt und Gesundheit
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
E-Mail: claudia.hornberg@uni-bielefeld.de

[UBA]

Verkehrslärm und Vulnerabilität – ein Beitrag vor dem Hintergrund der EU-Umgebungslärmrichtlinie

Traffic-related noise and vulnerability – a contribution against the background of the EU Environmental Noise Directive

NATALIE RIEDEL^{1,2}
THOMAS CLASSEN³

ZUSAMMENFASSUNG

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie verlangt im Rahmen der kommunalen Umweltplanung die Abschätzung von durchschnittlichen Lärmwirkungen sowie eine aktive Beteiligung der Mehrheit städtischer Bevölkerungen bei der Aushandlung von lokalen Lärmpolitiken (Lärmaktionsplanung). Angesichts der multifaktoriellen Entstehung von Krankheit und Beteiligung ist Vulnerabilität als Abweichung vom Durchschnitt innerhalb der Bevölkerungsmehrheit möglicherweise eher die Regel als die Ausnahme. Daher werden zwei konzeptionelle Zugänge vorgestellt: 1) eine Analyse von lebensweltlichen Risiken und Potenzialen, die Bevölkerungsgruppen entlang sozial- und umweltbedingter, psycho- und biologischer Faktoren definiert und neben der Lärmexposition auch gesundheitsrelevante Ressourcen erfasst, und 2) ein Modell über kognitiv-motivationale Faktoren, das Abweichungen von durchschnittlichen Lärmwirkungen und Beteiligungschancen erklärt. Beide Zugänge können dazu beitragen, mehr Vorsorge in der Planungspraxis umzusetzen.

ABSTRACT

The EU Environmental Noise Directive requires public authorities to assess average noise effects and the majority of urban populations to participate in negotiating local noise policies (noise action planning). Considering multifactorial causes of disease and participation chances, vulnerability – conceived as deviation from mean values – is probably more likely than the average rule. For this reason, two conceptual approaches are presented: 1) a setting-based analysis of risks and potentials defining population groups by social, environmental, psycho- and biological factors and recognizing health-related resources in addition to the main noise exposure; and 2) a model on cognitive-motivational factors explaining deviations from average noise effects and participation chances. Both approaches may contribute to realizing effective precautionary planning.

HINTERGRUND

Verkehrslärm kann die Bevölkerungsgesundheit maßgeblich beeinträchtigen. Im Jahr 2002 setzte die Europäische Kommission daher die EU-Umgebungslärmrichtlinie in Kraft (EU Richtlinie 2002/49/EG), die originär dem umweltplanerischen Vorsorgeprinzip verpflichtet ist. Mit ihr wird ein hohes Umweltschutz- und Gesundheitsniveau für

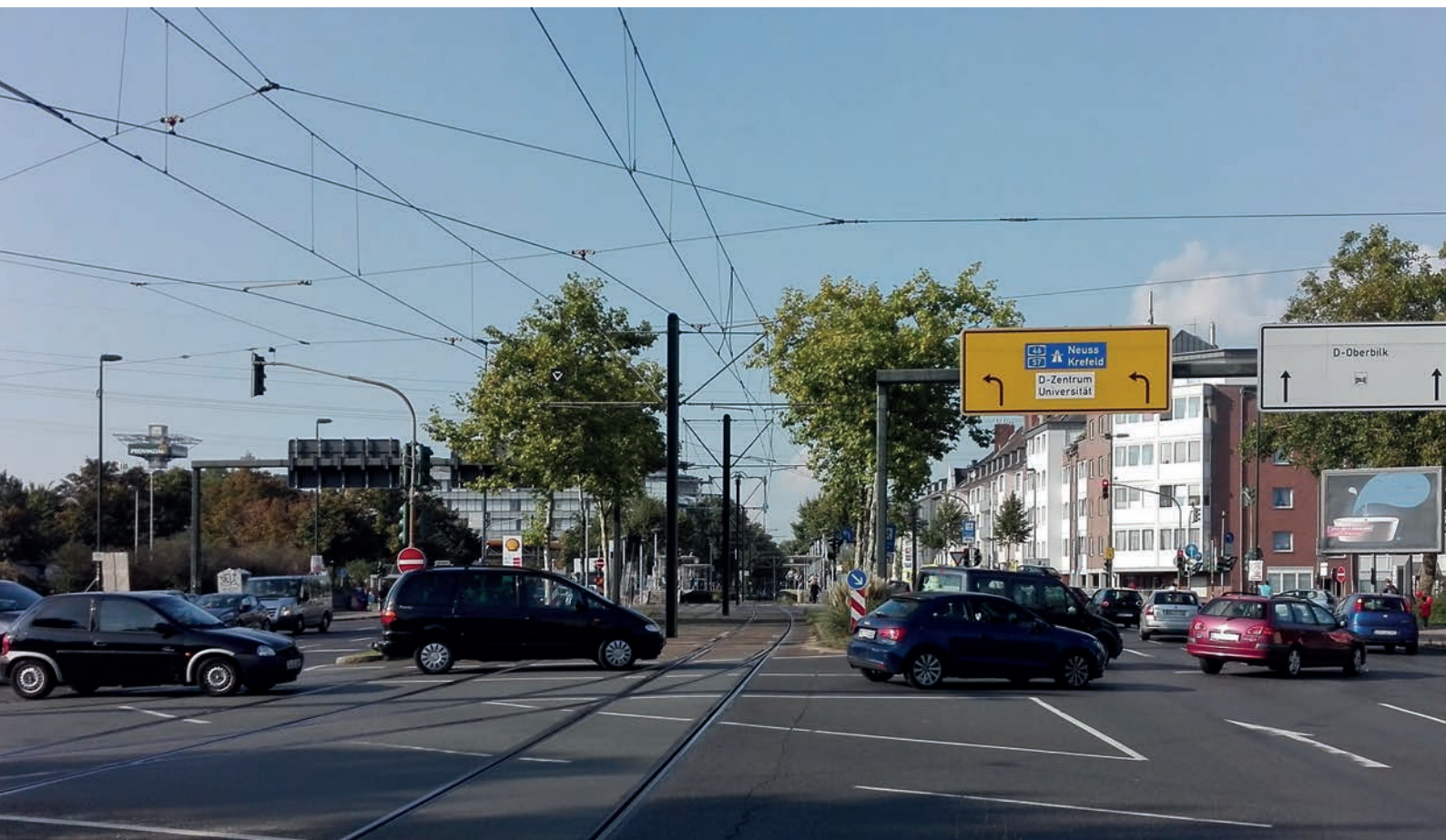
alle Bevölkerungsgruppen auf Basis wissenschaftlicher Evidenz angestrebt. In Deutschland sind insbesondere die Umweltämter auf der kommunalen Ebene mit der praktischen Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie betraut. In der EU-Umgebungslärmrichtlinie finden sich zwei wesentliche Aufgaben für die zuständigen Umweltbehörden.

Zum einen sollen quellspezifische Lärmexpositionen ab einem berechneten

1 H.-Heine-Universität
Düsseldorf, Medizinische Fakultät, Centre for Health and Society, Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin

2 Universität Bremen, Institut für Public Health und Pflegeforschung, Abteilung Sozialepidemiologie

3 Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen Bielefeld/Bochum, FG Gesundheitsanalysen & -prognosen



24-Stunden Dauerschallpegel von 55 Dezibel und ab einem nächtlichen Dauerschallpegel von 50 Dezibel quantifiziert werden (vgl. die Lärmindizes in Anhang I der EU-Umgebungslärmrichtlinie). Deren gesundheitliche Auswirkungen abzuschätzen, ist für die Priorisierung von Maßnahmen essenziell und sollte nach Empfehlung der Umgebungslärmrichtlinie auf der Grundlage von Expositions-Wirkungs-Funktionen geschehen (Anhang III). Diese Funktionen bilden den durchschnittlichen Effekt von Dauerschallpegeln auf die subjektive Reaktion auf Lärm (Lärmbelästigung) und die Schlafqualität (Schlafstörungen) ab. Implizit geht die Umgebungslärmrichtlinie davon aus, dass mittels modellierter Durchschnittswerte für die Mehrheit der Bevölkerung ein vorsorgender Gesundheitsschutz erzielt werden kann. „Erforderlichenfalls“ kommt es in Betracht,

Expositions-Wirkungs-Funktionen für vulnerable beziehungsweise in der deutschen Übersetzung der Umgebungslärmrichtlinie „schutzbedürftige“ Bevölkerungsgruppen zu ermitteln (Anhang III). Eine Definition, was Vulnerabilität im Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Gesundheit bedeutet, oder auch eine Anleitung, wie diese auf Expositions- und Wirkungsseite miteinzubeziehen ist, sind derzeit nicht verfügbar.

Zum anderen sollen Lärmaktionspläne zur Verbesserung lokaler Lärmsituationen unter Information und Beteiligung der Öffentlichkeit entwickelt werden, ohne dass für die Festsetzung von Maßnahmen verbindliche Grenzwerte bestehen (Juraga et al. 2016). Die Lärmaktionsplanung wird somit zur Verhandlungssache im lokalpolitischen Raum (Schulze-Fielitz 2009). Die Umgebungslärmrichtlinie nimmt also an, dass die Mehrheit

FOTO
Natalie Riedel

der städtischen Bevölkerung fähig und bereit ist, Verkehrslärm als bevölkerungsrelevantes Gesundheitsproblem einzuordnen und sich in den Prozess der Lärmaktionsplanung aktiv einzubringen. Aber diese aktive Beteiligung fällt selbst im Durchschnitt sozial selektiv aus (Köckler 2014).

Doch können diese beiden Voraussetzungen in der Realität als hinreichend erfüllt gelten? Reicht es für eine vorsorgende (Umwelt-)Planung aus, von durchschnittlichen Wirkungs-Zusammenhängen und gleichen Handlungsmöglichkeiten in der Bevölkerung auszugehen? Was ist, wenn Abweichungen vom Durchschnitt eher die Regel als die Ausnahme sind? Der Begriff der Vulnerabilität bezeichnet im Kontext dieses Beitrags Abweichungen vom Durchschnitt, die ein erhöhtes Risiko für gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Lärmexpositionen bedeuten. Und was ist, wenn hierbei auch ungleiche Beteiligungschancen an der Lärmaktionsplanung eine Rolle spielen – sogar innerhalb der Bevölkerungsmehrheit?

Differenzielle Lärmeffekte sind noch immer wenig erforscht (van Kamp, Davies 2013). Obwohl dem Verkehrslärm unabhängige Effekte auf Gesundheit zugeschrieben werden können (Claßen 2013), wirkt er nicht als isolierter Faktor. Vielmehr ist und wird Verkehrslärm im Kontext einer Vielzahl von sozial- und umweltbedingten, psycho- und biologischen Faktoren wirksam (Science for Environmental Policy 2016, S. 15, auf Basis der Arbeiten des Networks of Noise and Health (ENNAH)). Beispielsweise sind chronische Stressfaktoren ebenfalls daran beteiligt, wenn etwa ein Herzinfarkt auftritt. Diese Stressfaktoren entstehen in unterschiedlichen Lebenskontexten und bewirken im Zusammenspiel mit anderen chemisch-physikalischen Pathogenen sowie subjektiven Stressreaktionen auf Lärmexpositionen, Stressbewältigungsstrategien und Verhaltensmustern gesundheitliche Veränderungen. Für all diese Faktoren Durchschnittswerte anzunehmen, erscheint abwegig, selbst wenn alle Faktoren gemessen wären und ihr Durchschnittswert bekannt wäre.

Zudem sind die Ausprägungen dieser Faktoren teilweise von der sozialen Position eines einzelnen Menschen in der Gesellschaft oder seines Stadtteils im städtischen Gefüge abhängig. Somit scheint nahezuliegen, dass die Verknüpfung von unterschiedlich ausgeprägten Faktoren Abweichungen vom Durchschnitt und damit unterschiedliche Ausprägungen von Vulnerabilität begründen kann.

ZWEI KONZEPTIONELLE ZUGÄNGE ZU VULNERABILITÄT

Die multifaktorielle Vielschichtigkeit von Vulnerabilität im Kontext von Umwelt und Gesundheit konzeptionell fassen zu können, war Ziel der Unterarbeitsgruppe „Vulnerabilität und Vorsorge in Planungs- und Zulassungsverfahren“, die sich innerhalb der Arbeitsgruppe Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft (Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit) e.V. im Jahr 2016 konstituiert hat. Statt durchschnittlicher Expositions-Wirkungs-Abschätzungen in einem Untersuchungsraum schlägt die Unterarbeitsgruppe einen Ansatz vor, der gesundheitliche Risiken und Potenziale, auf die eine Bevölkerungsgruppe im alltäglichen Leben und über Jahre hinweg trifft, ganzheitlich analysiert (Riedel et al. 2017a). Im Kern führt dieser Ansatz die sogenannte „Expositionsabschätzung in Mikroumwelten“ (Mekel, Ewers 2005) fort, die Expositionen entlang räumlich-zeitlicher Aktivitätsmuster von Bevölkerungsgruppen über bestimmte Orte und Räume hinweg nachzeichnet. Dadurch treten Kumulationen von Expositionen in den Vordergrund der Analyse. Zu betrachtende Bevölkerungsgruppen sind nach dem Ansatz der Unterarbeitsgruppe keine mutmaßlich schutzbedürftigen Minderheiten oder pauschal Kinder und Ältere. Stattdessen werden Bevölkerungsgruppen über Kombinationen von sozial- und umweltbedingten, psycho- und biologischen Faktoren definiert, wie etwa „Industriemeister in Schichtarbeit, ledig

und im mittleren Lebensalter“. Zur Bestimmung relevanter Mikroumwelten eignet sich das Konzept der Lebenswelten beziehungsweise Settings, die aufgrund von sozialen und räumlichen Strukturen und Kontexten bestimmt werden, wie etwa das Quartier, in dem Bevölkerungsgruppen wohnen und/oder arbeiten, die Schule, die Kinder aus einem Stadtteil besuchen, sowie die Straßenzüge, die Kinder auf dem Weg dorthin durchqueren (vgl. Hartung, Rosenbrock 2015). Mit Blick auf die europäische Umweltpolitik mit ihrem Verschlechterungsverbot sowie Verbesserungsgebot (Art. 191, Absatz 2, Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union) kann dies beispielsweise bedeuten, neben der modellierten Lärmimmission an der exponiertesten Fassade von Wohn-, Arbeits- oder Schuladressen auch die Verfügbarkeit einer relativ ruhigen Fassadenseite als gesundheitliche Ressource zu berücksichtigen (siehe z. B. die Studie von de Kluizenaar et al. 2013 sowie Art. 1 Abs. 1c der EU-Umgebungs-lärmrichtlinie: „[...] den Umgebungslärm so weit erforderlich und insbesondere in Fällen, in denen das Ausmaß der Belastung gesundheitsschädliche Auswirkungen haben kann, zu verhindern und zu mindern und die Umweltqualität in den Fällen zu erhalten, in denen sie zufrieden stellend ist“). Zusätzlich vermögen Elemente öffentlicher Stadtnatur positive Geräuschkulissen in Lebenswelten zu vermitteln, die der Gesundheit direkt als auch indirekt zuträglich sein können (Claßen et al. 2016; van Kamp et al. 2016). Lebensweltübergreifende Studien legen mindestens kumulative Effekte von Lärmexpositionen am Wohnort und auf der Arbeit sowie von Arbeitsstress (Selander et al. 2013) oder von subjektiver Belästigung durch Luft- und Lärmverschmutzung am Wohnort und wahrgenommener Arbeitsunsicherheit (Riedel et al. 2017b) nahe. Inwiefern sozialbedingte Faktoren Vulnerabilität gegenüber Lärmexpositionen begründen können, bedarf weiterer Forschung (Science for Environmental Policy 2016). Denkbar ist, dass mit sozialen Positionen Konstellationen von lebensweltlichen und individuellen

Ressourcen und Stressfaktoren verbunden sind, die unmittelbar und mittelbar über Bewältigungs- und Verhaltensmuster zu einer höheren oder niedrigeren Stressreaktivität und damit Vulnerabilität gegenüber umweltbedingten Pathogenen einschließlich Lärmexpositionen führen können (vgl. z.B. Gee, Payne-Sturges 2004).

An dieser Stelle mag ein weiterer konzeptioneller Zugang hilfreich sein. Als lebensweltlicher Faktor kann Verkehrslärm selbst an der Entstehung von Vulnerabilität beteiligt sein, deren Auswirkung über die Veränderung von Expositions-Wirkungs-Beziehungen hinausgeht: Verkehrslärm kann hinsichtlich der zweiten Voraussetzung die Beteiligung von Bevölkerungsgruppen an der Lärmaktionsplanung betreffen. Das Konzept der lebensweltlichen Risiko- und Potenzialanalyse kann deshalb durch ein Modell erweitert werden, das beide oben skizzierte Aufgaben und Voraussetzungen der EU-Umgebungslärmrichtlinie adressiert (Riedel et al. 2017c). Im Fokus dieses Modells stehen sogenannte kognitiv-motivationale Faktoren, das heißt erlernte Erwartungen von (Stress-)Reizen und vom Ergebnis eigener Handlungen (allgemein und spezifisch bezogen auf Beteiligung). Gemäß diesem Modell können kognitiv-motivationale Faktoren einerseits direkt mittels physiologischer Aktivierung den Zusammenhang zwischen chronischem Verkehrslärm und „harten“ Erkrankungen wie Bluthochdruck moderieren. Andererseits können sie auch indirekt über den Weg einer reduzierten Bereitschaft zur Beteiligung an der Lärmaktionsplanung zu einer Verstärkung ungleich hoher Lärmexpositionen und deren gesundheitlichen Folgen beitragen (siehe für eine detaillierte Darstellung Riedel et al. 2017c). Dieses neue, sehr ambitionierte und in einem international angelegten Diskurs entwickelte Modell stellt eine Integration bestehender Modelle und Annahmen unter anderem aus folgenden Disziplinen dar: Sozial- und Umweltepidemiologie und -psychologie, Geographie und Raumplanung. Die empirische Validierung dieses Modells im Rahmen bevölkerungsbezogener, epidemiologischer Studien ist geplant.

FAZIT

Die pauschale Anwendung von durchschnittlichen Expositions-Wirkungs-Funktionen im Rahmen der EU-Umgebungslärmrichtlinie wird der Mehrheit städtischer Bevölkerungen mutmaßlich nicht gerecht. Dies kann – insbesondere in Verbindung mit ungleichen Voraussetzungen zur Beteiligung an der Lärmaktionsplanung – zu einer Verletzung des Vorsorgeprinzips führen und genügt damit auch nicht den Ansprüchen eines wirksamen Umwelt- und Gesundheitsschutzes (Kühling 2014 a,b). Die vorgestellten konzeptionellen Ansätze sprechen für ein differenziertes Verständnis von Vulnerabilität jenseits von „Schutzbedürftigkeit“ weniger Bevölkerungsminderheiten. Mit Blick auf die viel beschworene Handlungsmaxime „health in all policies“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) könnte eine gruppenspezifische, lebensweltliche Auseinandersetzung mit Vulnerabilität sowie kognitiv-motivationalen Faktoren die reguläre Stadtentwicklungs- und Umweltplanungspraxis im Sinne einer effektiven Vorsorge informieren (Riedel et al. 2017a,c). In Anbetracht der jüngsten Entwicklung „Urbane Gebiete“ im Namen sozialintegrativer Nachverdichtung könnten die skizzierten konzeptionellen Ansätze Planerinnen und Planer darin unterstützen, ungleiche Beteiligungsvoraussetzungen zu erkennen, eine Verschärfung von (lebensweltübergreifenden) Expositionen für Bevölkerungsgruppen abzuwenden und Argumente für die Ausweitung „ruhiger Gebiete“ gemäß der EU-Umgebungslärmrichtlinie zu schärfen. Der notwendige Handlungsdruck wäre gegeben, zumal selbst bei Annahme durchschnittlicher Expositions-Wirkungs-Beziehungen Lärmpegelwerte unterhalb der zuvor genannten 55 Dezibel und 50 Dezibel für eine vollständige Beurteilung gesundheitlicher Gefährdung zu beachten wären (van Beek et al. 2015).

Es bleibt mit Spannung abzuwarten, welche Hinweise die zu erwartenden neuen Environmental Noise Guidelines der WHO-Re-

gion Europa und die darauffolgende Revision der EU-Umgebungslärmrichtlinie (insbesondere des Anhangs III; Juraga et al. 2015) bezüglich vulnerabler Bevölkerungsgruppen geben werden.

DANKSAGUNG

Die Autorin und der Autor bedanken sich bei den Mitgliedern der Unterarbeitsgruppe „Vulnerabilität und Vorsorge in Planungs- und Zulassungsverfahren“ innerhalb der Arbeitsgruppe Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft sowie bei den an der Entwicklung des Modells kognitiv-motivationaler Faktoren beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern für die erkenntnisreichen und spannenden Diskussionen. ●

LITERATUR

Claßen T (2013): Lärm macht krank! – Gesundheitliche Wirkungen von Lärmbelastungen in Städten. Informationen zur Raumentwicklung 3: 223–234.

Claßen T, Jäcker-Cüppers M, Riedel N (2016): Stadtnatur mindert Lärm. In: Kowarik I, Bartz R, Brenck M (Hrsg.): Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Berlin (Naturkapital Deutschland – TEEB DE): 80–85.

de Kluizenaar Y, Janssen S A, Vos H et al. (2013): Road traffic noise and annoyance: a quantification of the effect of quiet side exposure at dwellings. Int. J. Environ. Res. Public Health 10(6): 2258–70. DOI: 10.3390/ijerph10062258.

EU Umgebungslärm-Richtlinie – Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, ABl. EG L 189: 12.

Gee G C, Payne-Sturges D C (2004): Environmental health disparities: A framework integrating psychosocial and environmental concepts. EHP 112(1): 1645–1653.

Hartung S, Rosenbrock R (2015): Settingansatz / Lebensweltansatz. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung, <http://www.leitbegriffe.bzga.de/alphabetisches-verzeichnis/settingansatz-lebensweltansatz> (Zugriff am: 07.04.2017).

Juraga I, Berger B, Paviotti M (2016): Introduction: Policy context and evaluation of the Environmental Noise Directive. Proceedings of the 45th International Congress on Noise Control Engineering - Towards a Quieter Future. INTER-NOISE 2016. Hamburg: German Acoustical Society (DEGA): 1230–1235.

Juraga I, Paviotti M, Berger B (2015): The Environmental Noise Directive at a turning point. Conference Proceedings of EuroNoise. Science and technology for a quiet Europe, 31 May – 3 June 2015. Maastricht. http://www.euronoise2015.eu/workshop/workshop_437.pdf (Zugriff am: 15.11.2016).

Köckler H (2014): Nur die Einladung reicht nicht. Teilhabe als Schlüssel umweltbezogener Gerechtigkeit. Politische Ökologie 32: 43–48.

Kühling W (2014a): Der Vorsorgebegriff. In: UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, Hamm: 23–24.

Kühling W (2014b): Vorsorge als gesetzlicher Auftrag. In: UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, Hamm: 25–28.

Mekel O, Ewers U (2005): Expositionsabschätzung. In: Fehr R, Neus H, Heudorf U (Hrsg.): Gesundheit und Umwelt. Ökologische Prävention und Gesundheitsförderung, Bern: 119–136.

Riedel N, Machtoft M, Claßen T et al. (2017a): Vulnerable Bevölkerungsgruppen – eine lebensweltliche Risiko- und Potenzialanalyse als Ansatz zur Konkretisierung der wirksamen Umwelt- und Gesundheitsvorsorge in umweltbezogenen Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. UVP-Report 31 (2): 109–117. DOI: <http://dx.doi.org/10.17442/uvp-report.031.12>.

Riedel N, Loerbroks A, Bolte G et al. (2017b): Do perceived job insecurity and annoyance due to air and noise pollution predict incident self-rated poor health? A prospective analysis of independent and joint associations using a German national representative cohort study. BMJ Open 7: e012815. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-012815.

Riedel N, van Kamp I, Köckler H et al. (2017c): Cognitive-Motivational Determinants of Residents' Civic Engagement and Health (Inequities) in the Context of Noise Action Planning: A Conceptual Model. Int. J. Environ. Res. Public Health 14(6): 578. DOI: 10.3390/ijerph14060578.

Science for Environmental Policy (Hrsg.) (2016): Links between noise and air pollution and socioeconomic status. In-depth Report produced for the European Commission. DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol.

Schulze-Fielitz H (2009): Brauchen wir eine Verordnung zur Lärmaktionsplanung? NuR 31: 87–93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10357-009-1751-x>.

Selander J, Bluhm G, Nilsson M, et al. (2013): Joint effects of job strain and road-traffic and occupational noise on myocardial infarction. Scand. J. Work Environ. Health 39(2):195–203. DOI: 10.5271/sjweh.3324.

Van Beek A, Houthuijs D, Swart W et al. (2015): Towards a complete Health Impact Assessment for Noise in Europe. Conference Proceedings EuroNoise. Science and technology for a quiet Europe, 31 May – 3 June 2015, Maastricht: 2595–2599.

Van Kamp I, Davies H (2013): Noise and health in vulnerable groups: A review. Noise and Health [online], 15, 153–159. <http://www.noiseandhealth.org/text.asp/2013/15/64/153/112361> (Zugriff am 21. August 2013).

Van Kamp I, Klæboe R, Brown A L et al. (2016): Soundscapes, human restoration and quality of life. In: Kang J, Schulte-Fortkamp B (Hrsg.): Soundscape and the Built Environment. CRC Press, Taylor & Francis Group: Abdington, UK: 43–68.

Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, i.d.F. vom 1. Dezember 2009, ABl. EG C 115: 47, zuletzt geändert am 24. Februar 2012, ABl. EU L 112: 21.

KONTAKT

Natalie Riedel
Universität Bremen
Institut für Public Health und Pflegeforschung
Abteilung Sozialepidemiologie
Grazer Str. 4
28359 Bremen
E-Mail: [nriedel\[at\]uni-bremen.de](mailto:nriedel[at]uni-bremen.de)

[UBA]

Nach der Flut: Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen im Huasco-Tal, Chile

After the flood: Impacts and adaptation strategies in the Huasco Valley, Chile

LAURA MELTZER ^{1,2},
JULIANE DAME ^{2,3},
SABINE GABRYSCH ^{1,2}

ZUSAMMENFASSUNG

Um die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Menschen zu reduzieren, sind geeignete Anpassungsmaßnahmen unerlässlich. Neben Anpassungsmaßnahmen auf Ebene der politischen Entscheidungsträger sind solche, die direkt von Betroffenen realisiert werden, im Hinblick auf die Konsequenzen für die menschliche Gesundheit von besonderer Bedeutung. Um deren Entscheidungsprozesse bei der Durchführung von Anpassungsmaßnahmen zu verstehen, müssen mögliche Einflussfaktoren identifiziert werden. Der Beitrag berichtet über das Huasco-Tal im trockenen (ariden) Norden Chiles, welches 2015 von einem Flutereignis betroffen war. Im Rahmen einer Studie wurden 262 Haushalte von Februar bis Juni 2016 befragt. Neben soziodemographischen Daten wurden die Auswirkungen der Flut auf die Bewohner und ihre Gesundheit sowie materielle Schäden erfasst. Zusätzlich wurde die persönliche Beurteilung von möglichen Anpassungsmaßnahmen und deren Umsetzung durch die befragten Haushalte dokumentiert. Einflussfaktoren auf die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen sollen in einem nächsten Projektbaustein identifiziert werden.

ABSTRACT

In order to reduce the negative impacts of climate change, adaptation is essential. In addition to public adaptation strategies, concerning impacts on human health, adaptation measures that are implemented by the affected individuals themselves are of special importance. Factors that influence the implementation of individual adaptive measures need to be identified to better understand the process of adaptation. This article reports on a study conducted in the arid Huasco Valley in Northern Chile. The valley had been strongly affected by a flood in 2015. From February to June 2016, we interviewed 262 households. In addition to collecting sociodemographic data, we assessed the impact of the flood on the inhabitants, considering material damages as well as health impacts. Furthermore, we ascertained which adaptation measures respondents considered useful to reduce the impact of flood events and which they actually implemented. In a next step, we will identify factors that influence the implementation of adaptation measures.

HINTERGRUND

Durch den fortschreitenden anthropogenen Klimawandel ist eine Zunahme sowohl der Frequenz als auch der Intensität von klimatischen Extremereignissen und den damit verbundenen Naturkatastrophen zu erwarten

(Cubasch et al. 2013). Klimatische Extremereignisse können die menschliche Gesundheit auf verschiedenste Weise bedrohen (Balbus, Malina 2009). Möglich sind dabei direkte Auswirkungen, wie Schäden durch Flutereignisse, aber auch indirekte Auswirkungen, wie beispielsweise Ernteausfälle als

1 Institut für Public Health, Universität Heidelberg

2 Heidelberg Center for the Environment, Universität Heidelberg

3 Südasiens-Institut, Universität Heidelberg



Resultat von zunehmender Niederschlagsvariabilität (Smith et al. 2014). Flutereignisse sind hierbei von besonderer Bedeutung, da die Konsequenzen vielgestaltig und sowohl unmittelbar als auch langfristig spürbar sind. Die Erfassung der vielfältigen Folgen für die menschliche Gesundheit stellt eine besondere Herausforderung dar (Sauerborn, Ebi 2012). Die konkreten Auswirkungen hängen dabei zum einen von naturräumlichen Gegebenheiten, zum anderen von politischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen ab.

Um die Folgen von Extremereignissen zu minimieren, sind zusätzlich zu Vorsorge und Risikoreduktion geeignete Anpassungsstrategien erforderlich.

Neben Maßnahmen, die von Nationalstaaten oder anderen politischen Entscheidungsträgern geplant und durchgeführt werden (Dunford et al. 2015; Schröter et al. 2004), verdienen Anpassungsstrategien der Bevölkerung ebenfalls Aufmerksamkeit.

Auch bei öffentlichen Maßnahmen ist die Einbindung von Betroffenen in den Entscheidungsprozess für die Gewährleistung der Nachhaltigkeit entscheidend (Uitto, Shaw 2006). Interessant ist dabei insbesondere die Fragestellung, welche Maßnahmen von direkt Betroffenen umgesetzt werden und welche Faktoren sie bei deren Umsetzung beeinflussen. Da die negativen Auswirkungen von klimatischen Extremereignissen auf die menschliche Gesundheit insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen treffen (Smith et al. 2014; vgl. den Beitrag Hornberg et al. in diesem Heft), sollen geeignete Anpassungsstrategien die Resilienz von Bevölkerungsgruppen gegenüber Flutereignissen stärken.

Die in Chile durchgeführte Fallstudie soll die Auswirkungen eines klimatischen Extremereignisses auf die Bewohnerinnen und Bewohner einer Region und deren Gesundheit dokumentieren und individuelle Anpassungsstrategien nachvollziehbar machen. Außer-

FOTO
Laura Meltzer

dem sollen in einem nächsten Schritt Faktoren identifiziert werden, die die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen beeinflussen.

STUDIENGEBIET

Das Huasco-Tal liegt in der Atacama-Region im Norden Chiles, circa 750 Kilometer nördlich der Hauptstadt Santiago. Die Region ist durch ein arides Klima mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von nur 55 Millimetern gekennzeichnet, der vorwiegend während der chilenischen Wintermonate Juli und August fällt (Merkel 2012). Bergbau und Landwirtschaft, insbesondere der exportorientierte Anbau von Tafeltrauben und Oliven, zählen zu den

wichtigsten wirtschaftlichen Sektoren der Region (INE 2006).

Im März 2015 war die Atacama-Region von einem klimatischen Extremereignis betroffen. Bei Starkregenfällen fielen innerhalb weniger Tage über 61 Millimeter Niederschlag, mehr als sonst im gesamten Jahr (Díaz Labbé, ONEMI 2015). Dadurch kam es vielerorts zu einem drastischen Anstieg der Flusspegel sowie zu Schlammlawinen, welche Ortschaften, Infrastruktur und landwirtschaftliche Nutzflächen zerstörten. In der gesamten Atacama-Region gab es über 28.000 betroffene Personen und 31 Tote; im Huasco-Tal kam es zu vier Todesopfern (Díaz Labbé, ONEMI 2015). Aufgrund der gravierenden Auswirkungen der Flut im oberen Huasco-Tal wurde diese Region als Studiengebiet ausgewählt (ABBILDUNG 1).

ABBILDUNG 1
Das Befragungsgebiet
(rot markiert) im
Huasco-Tal in der Ata-
cama-Region, Chile.



DURCHFÜHRUNG DER STUDIE

Von Februar bis Juni 2016 wurden potenziell betroffene Haushalte zwischen den Ortschaften Alto del Carmen, San Félix und El Tránsito befragt. Angelehnt an eine ähnliche Studie in Thailand (Srikuta et al. 2015), wurde ein Fragebogen entwickelt und eingesetzt (TABELLE 1), um die Auswirkungen der Flut auf die Haushalte und deren Bewohner, Kenntnisse und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sowie soziodemographische Daten zu erfassen. Des Weiteren wurden Kenntnisstand und Eindrücke der Befragten zum Thema Klimawandel erfasst. Wegen der großen Relevanz von Emotionen bei Entscheidungsprozessen (Pfister, Boehm 2008) wurden auch die psychische Befindlichkeit und Emotionen bezüglich des Flutereignisses detailliert erfasst.

Die angestrebte Stichprobengröße betrug 260 Haushalte. Die Auswahl der zu befragenden Haushalte erfolgte jeweils zur Hälfte in beiden Seitentälern. In kleineren Ortschaften wurden alle Haushalte befragt, in größeren erfolgte die Auswahl der Haushalte Smartphone-gestützt per Zufallsgenerator. Es wurden 357 Haushalte kontaktiert, wo-

von 73 Prozent befragt werden konnten, insgesamt 262 Haushalte. Von diesen lagen 134 im San Félix-Tal und 128 im El Tránsito-Tal. Über die Hälfte der Befragten war weiblich (59 %), das Durchschnittsalter betrug 55 Jahre, wobei die Teilnehmenden zwischen 18 und 90 Jahren alt waren. Die Datenerhebung wurde auf Smartphone und Tablet mit der Software ODK Collect durchgeführt, die Speicherung und Übertragung der Daten erfolgte über ONA. Die Analyse wird im Statistikprogramm Stata durchgeführt.

ERGEBNISSE

Die Haushalte im Huasco-Tal sind stark von der Landwirtschaft abhängig, die für 40 Prozent die wichtigste Einkommensquelle darstellt. Von den befragten Personen hatten 34 Prozent gar keinen Schulabschluss und weitere 26 Prozent nur einen Grundschulabschluss. Das mittlere Pro-Kopf-Einkommen betrug 157.771 chilenische Pesos (umgerechnet etwa 212€) und lag damit zum Zeitpunkt der Befragung unterhalb des chilenischen Mindestlohns von 250.000 chilenischen Pesos (Ministerio del Trabajo y Previsión Social 2016). Es lebten durchschnittlich drei Personen gemeinsam in einem Haushalt.

Über die Hälfte der befragten Haushalte (54 %) hatte materielle Schäden durch die Flut im März 2015 erlitten. Für nahezu 70 Prozent der Teilnehmenden war es die erste Flut, die sie erlebten. Gesundheitliche Schäden durch die Flut wurden von 11 Prozent der Befragten berichtet, wobei vor allem Erkältungssymptome (32 %) und die Verschlechterung einer vorbestehenden Erkrankung (18 %) genannt wurden. Die meisten Personen (93 %) hatten während und direkt nach der Flut Hilfe erhalten, die am häufigsten von der Gemeinde (29 %) ausging und meist materielle Güter, wie Lebensmittel (42 %) und Hygieneprodukte (22 %), umfasste. Neben diesen Sofortmaßnahmen half die Lokalregierung im weiteren Verlauf, zerstörte Infrastruktur wiederaufzubauen und Schutt abzutragen. Als Vorsorgemaßnahmen für zukünftige Flutereignisse wurden Flusssufer und Hänge befestigt und Auffangbecken in ausgetrockneten Flusstälern ausgehoben.

Fast alle befragten Personen konnten individuelle Anpassungsmaßnahmen, die sie als geeignet einschätzten, benennen. Am häufigsten wurde die Lagerung von Trinkwasser und nicht-verderblichen Lebensmitteln (18 %) genannt sowie die Vorbereitung eines Notfallkastens mit Taschenlampen und Kerzen (13 %). Vor der Flut 2015 hatten allerdings nur wenige eine Maßnahme

TABELLE I
Fragebogen zu Auswirkungen der Flut auf die Haushalte und deren Bewohner.

1 Informationen über die teilnehmende Person	Name, Alter, Geschlecht, Zugehörigkeit zu einer Ethnie, höchster Bildungsabschluss, derzeitige Beschäftigungssituation, Arbeitssektor, Haushaltseinkommen
2 Charakteristika des Haushalts	Wohndauer im aktuellen Haushalt, Anzahl der verfügbaren Schlafzimmer, weitere Zimmer, Baumaterial des Hauses, Verfügbarkeit von Strom, Trinkwasser und Abwasserentsorgung, Anzahl der mit im Haushalt lebenden Personen und deren Beschäftigungssituation
3 Betroffenheit durch das Flutereignis	Anzahl erlebter Fluten im Leben des Befragten, materielle Schäden durch die Flut 2015 und deren Ausmaß, Zeit bis zur Wiederherstellung des Zustands, erhaltene Hilfe/Unterstützung, Auswirkungen auf die Gesundheit des Befragten, seiner Familie und Nachbarn, Auswirkungen auf vorbestehende chronische Erkrankungen des Befragten und dessen Familie, psychische Auswirkungen auf den Befragten und dessen Familie, Auswirkungen auf den Zugang zu Trinkwasser, Lebensmittel, Abwasser- und Müllversorgung, Auswirkungen auf den Arbeitsalltag und das Einkommen des Haushalts
4 Anpassungsmaßnahmen	Bekannte Maßnahmen, Maßnahmen, die vor der Flut 2015 ergriffen worden waren, Maßnahmen, die nach der Flut 2015 ergriffen wurden, Informationsquellen über Anpassungsmaßnahmen, Gründe für ausgebliebene Umsetzung von Maßnahmen
5 Risikowahrnehmung und Klimawandel	Risikowahrnehmung für ein weiteres Flutereignis in der Region, Risikowahrnehmung für eine erneute Beschädigung von Eigentum, wahrgenommene Einflussfaktoren auf klimatische Extremereignisse, anthropogene Einflüsse auf den Klimawandel, subjektive Veränderungen im Wetter und deren Ursachen

umgesetzt (26%), während nach der Flut 82 Prozent zumindest eine dieser Maßnahmen angewandt hatten. Dabei wurden am häufigsten die Lagerung von Wasser und Lebensmitteln (31 %) sowie die Vorbereitung eines Notfallkastens (25 %) genannt. Weitere Maßnahmen stellten die Etablierung einer alternativen Stromquelle (5 %) und ein Umbau des Hauses dar (4 %). Der Umzug an einen anderen Ort wurde zwar von 8 Prozent als geeignete Maßnahme genannt, jedoch nur von zwei Teilnehmenden realisiert.

Die Mehrheit der Befragten (89 %) gab an, über die Zeit, in der sie im Tal gelebt hatten, eine Veränderung in Wetter und Klima bemerkt zu haben, wobei von den meisten ein Anstieg der Temperatur und vermehrt auftretende Trockenperioden angegeben wurden. Als vermuteter Grund für diese Veränderungen wurden Umweltverschmutzung (23 %), Umweltzerstörung (14 %) und Klimawandel (17 %) angegeben.

AUSBLICK

Mit Hilfe von Regressionsanalysen soll in einem nächsten Projektschritt untersucht werden, welche Faktoren die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen beeinflussen. Damit sollen diejenigen Faktoren identifiziert werden, welche die Vulnerabilität der Bevölkerung reduzieren, und dazu beigetragen werden, Anpassungsvorgänge zu verstehen und zu fördern.

DANKSAGUNG

Die Autorinnen danken Carina Zang für die Mitarbeit bei der Ausarbeitung des Fragebogens und für das Kartenmaterial, Sergio Monge, María de Jesús Sanabria und Jimena Hevia für die Hilfe bei der Übersetzung des Fragebogens, Valentina Pineda für die Unterstützung bei der Datenerhebung vor Ort und Anja Schoeps für die Beratung bei der Datenanalyse.

Wir danken dem Heidelberg Center for the Environment (Universität Heidelberg) für die finanzielle Unterstützung der Studie im Rahmen der Nachwuchsgruppe "Umwelt und Gesundheit in ariden Regionen". ●

LITERATURVERZEICHNIS

- Balbus J M, Malina C (2009): Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States. *J. Occup. Environ. Med.* 51: 33–37. DOI: 10.1097/JOM.0b013e318193e12e.
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social (Hrsg.) (2016): Reajusta el monto del ingreso mínimo mensual, así como de la asignación familiar y maternal y del subsidio familiar. Chile. (In Ley 20935). <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1091980&idVersion=2016-06-30>.
- Cubasch U, Wuebbles D, Chen D. et al. (2013): Introduction. In: Stocker T F, Qin D, Plattner G-K et al. (Hrsg.): *Clim. Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: 134–136.
- Díaz Labbé F, ONEMI – Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (Hrsg.) (2015): *Aluviones Zona Norte 2015. Fenómeno y elementos gatillantes, cantidad de aluviones, sectores afectados, obras de mitigación*. Santiago, Chile.
- Dunford R, Harrison P A, Jager J et al. (2015): Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Clim. Change* 128: 339–354. DOI: 10.1007/s10584-014-1162-8.
- INE - Instituto Nacional de Estadísticas (Hrsg.) (2006): *Compendio estadístico 2006*. In *Compendio estadístico*: 1–475.
- Merkel E (2012): *Clima: Vallenar*. <http://es.climate-data.org/location/2067/> (Zugriff am: 09.01.2016).
- Pfister H R, Boehm G (2008): The multiplicity of emotions: A framework of emotional functions in decision making. *Judgment and Decision Making* 3: 5–17.
- Sauerborn R, Ebi K (2012): Climate change and natural disasters: integrating science and practice to protect health. *Glob. Health Action* 5: 1–7. DOI: 10.3402/gha.v5i0.19295.
- Schröter D, Acosta-Michlik L, Arnell A et al. (2004): *ATEAM Final Report 2004*. Potsdam Institute for Climate Impact Research. Potsdam.

Smith K R, Woodward A, Campbell-Lendrum D et al. (2014): Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Field C B, Barros V R, Dokken D J et al. (Hrsg.) Clim. Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: 709–754.

Srikuta P, Inmuong U, Inmuong Y et al. (2015): Health Vulnerability of Households in Flooded Communities and Their Adaptation Measures: Case Study in Northeastern Thailand. Asia Pac. J. Public Health. 27: 743–755. DOI: 10.1177/1010539514568709.

Uitto J I, Shaw R (2006): Adaption to changing climate: Promoting community-based approaches in the developing countries. In Kyoto University Research Information Repository. Kyoto, Japan: 93–107.

KONTAKT

Laura Meltzer
Institut für Public Health
Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 324
69120 Heidelberg
L.Meltzer[at]stud.uni-heidelberg.de

[UBA]

»Älter, weniger, bunter«: der demografische Wandel in Deutschland

»Older, fewer, more diverse«: demographic change in Germany

ENNO
NOWOSSADECK,
JULIA FIEBIG

ZUSAMMENFASSUNG

Die drei wesentlichen Prozesse des demografischen Wandels in Deutschland sind Alterung, Schrumpfung und Internationalisierung der Bevölkerung. Der zunehmende Anteil älterer und sinkende Anteil jüngerer Menschen bewirkt, dass die Bevölkerung insgesamt altert. Die Schrumpfung der Bevölkerung durch mehr Sterbefälle als Geburten oder durch Abwanderung wird besonders in ländlichen Regionen beobachtet, während zugleich viele Städte wachsen. Ein steigender Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund, welcher sich derzeit auf etwa ein Fünftel der Bevölkerung beläuft, führt zur Internationalisierung und Heterogenisierung der Bevölkerung. Der Beitrag beschäftigt sich mit den Ursachen, dem Verlauf sowie regionalen Aspekten dieser drei Prozesse. Sie stellen die Gesellschaft vor Herausforderungen, die in einigen Regionen Deutschlands schon heute bewältigt werden müssen: In ländlichen Regionen ist die Schließung und Erreichbarkeit von Einrichtungen der sozialen Infrastruktur wie Schulen und Krankenhäusern ein zunehmendes Problem, in Städten kommt es unter anderem zu wachsendem Verkehrsaufkommen und damit steigenden Lärmbelastungen.

ABSTRACT

Demographic change in Germany is mainly characterized by three processes: population aging, shrinkage and internationalization. The growing proportion of older people and decreasing proportion of younger people leads to an overall aging of the population. The decline in population caused by more deaths than births as well as by emigration can especially be observed in rural areas, whereas many cities continue to grow. An increasing proportion of people with migration background – approximately one fifth of the population at present – has led to a more international and heterogeneous population. This article deals with causes, trends as well as regional aspects of these three processes. They pose societal challenges that some regions in Germany already have to cope with: The closure and accessibility of social infrastructure facilities like schools and hospitals is a growing problem in rural areas, whereas in cities there is an increasing volume of traffic with more noise pollution.

EINLEITUNG

Der demografische Wandel ist in Deutschland in den letzten Jahren im Bewusstsein der Öffentlichkeit angekommen. Das ist kein Zufall, ist er doch ein langanhaltender und ein in seinen Folgen nicht zu unterschätzender Prozess. Dennoch besteht häufig nur eine

vage Vorstellung davon, was demografischer Wandel eigentlich bedeutet. Würde man „demografischer Wandel“ mit anderen Worten beschreiben, wird schnell ersichtlich, dass es sich um Änderungen von Bevölkerungszahl und -strukturen handelt. Damit verbunden sind Fragen wie: Wächst oder schrumpft die Zahl der in Deutschland lebenden Menschen?



Wächst oder schrumpft die Zahl Älterer? Wächst oder schrumpft die Zahl der Menschen mit Migrationshintergrund? Welche Prozesse sind dafür verantwortlich und welche Herausforderungen sind damit verbunden? Mögliche Antworten auf diese Fragen soll dieser Beitrag geben.

Zunächst ist zu klären, was wir uns unter demografischem Wandel vorzustellen haben. Gegenwärtig, das heißt in der zweiten Hälfte des 20. und der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts, verstehen wir unter demografischem Wandel folgende drei Prozesse: Alterung, Schrumpfung und Internationalisierung der Bevölkerung. Dieser Dreiklang wird häufig auf die griffige Formel „älter, weniger, bunter“ gebracht (Schönig 2003). Die drei genannten Prozesse verändern Zahl und Struktur der Bevölkerung und sind damit bestimmende Wesensmerkmale des gegenwärtigen demografischen Wandels.

An diesem Verständnis orientiert sich dieser Beitrag. Zunächst werden empirische Ergebnisse zur demografischen Alterung dargestellt. Daran schließen sich Ausführungen zur Schrumpfung (und zum Wachstum) der Bevölkerungszahl an. In einem weiteren Abschnitt geht es um die Internationalisierung der Bevölkerung, also um den wachsenden Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund und die damit verbundenen Herausforderungen.

DEMOGRAFISCHE ALTERUNG DER BEVÖLKERUNG

Die Struktur und Größe einer Bevölkerung wird von der Anzahl der Geburten und Sterbefälle sowie dem Saldo von Zu- und Fortzügen bestimmt, wobei diese demografischen Ereignisse selbst von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. Langfris-

FOTO
Rosmarie Voegtli,
CC BY-NC-SA 2.0.

tige Entwicklungen, aber auch kurzfristige Änderungen dieser Bestimmungsgrößen wirken sich nachhaltig auf den Bevölkerungsaufbau aus.

Der Begriff „demografische Alterung“ beschreibt relative Veränderungen der Altersstruktur über die Zeit, hin zu einem höheren Anteil älterer und einem niedrigeren Anteil junger Menschen. Dieser Prozess bezieht sich auf eine Bevölkerung als Ganzes und unterscheidet sich daher von der individuellen Alterung, die jeder Mensch mit zunehmendem Lebensalter erfährt (Dinkel 2008). Zu den Ursachen demografischer Alterung in Deutschland gehören das anhaltend niedrige Geburtenniveau, der Rückgang der Sterblichkeit und der damit verbundene Anstieg der Lebenserwartung, Auswirkungen von Wanderungsbewegungen sowie bereits in der Altersstruktur angelegte Besonderheiten (Dinkel 2008; Schwarz 1997). Dabei wird der Einfluss der Geburtenzahlen der größte Einfluss zugeschrieben (Scharein 2012).

Die Herausforderungen, die sich aus der demografischen Alterung ergeben, sind vielfältig. Zum einen wird für die Zukunft ein erheblicher

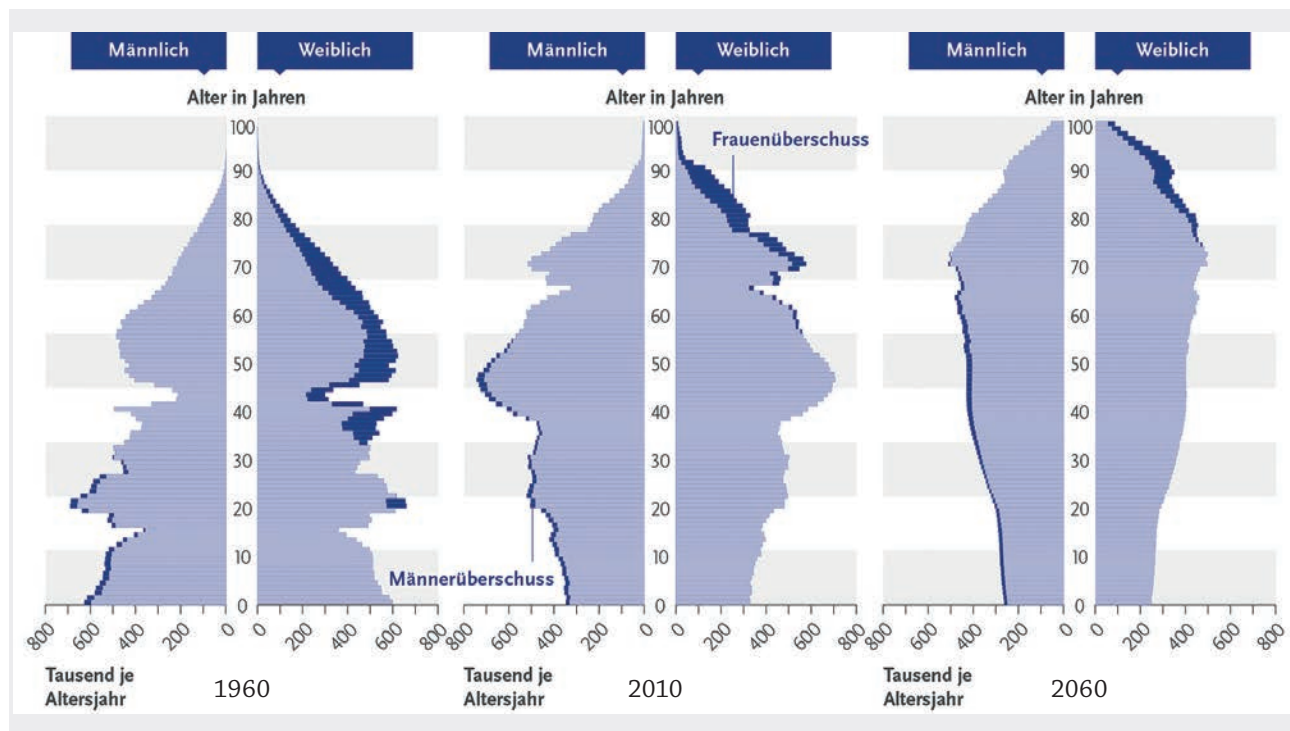
Rückgang des Erwerbspersonenpotenzials erwartet, wenn die zurzeit noch stark besetzten mittleren Altersgruppen (die sog. Babyboomer – vgl. dazu weiter unten) in den Ruhestand eintreten. Außerdem wird mit einem Anstieg der Zahl älterer Menschen auch die Häufigkeit von altersassoziierten Erkrankungen zunehmen. Dies könnte zu Problemen im Bereich der medizinischen Versorgung und Pflege führen (vgl. den Beitrag Fuchs et al. in diesem Heft).

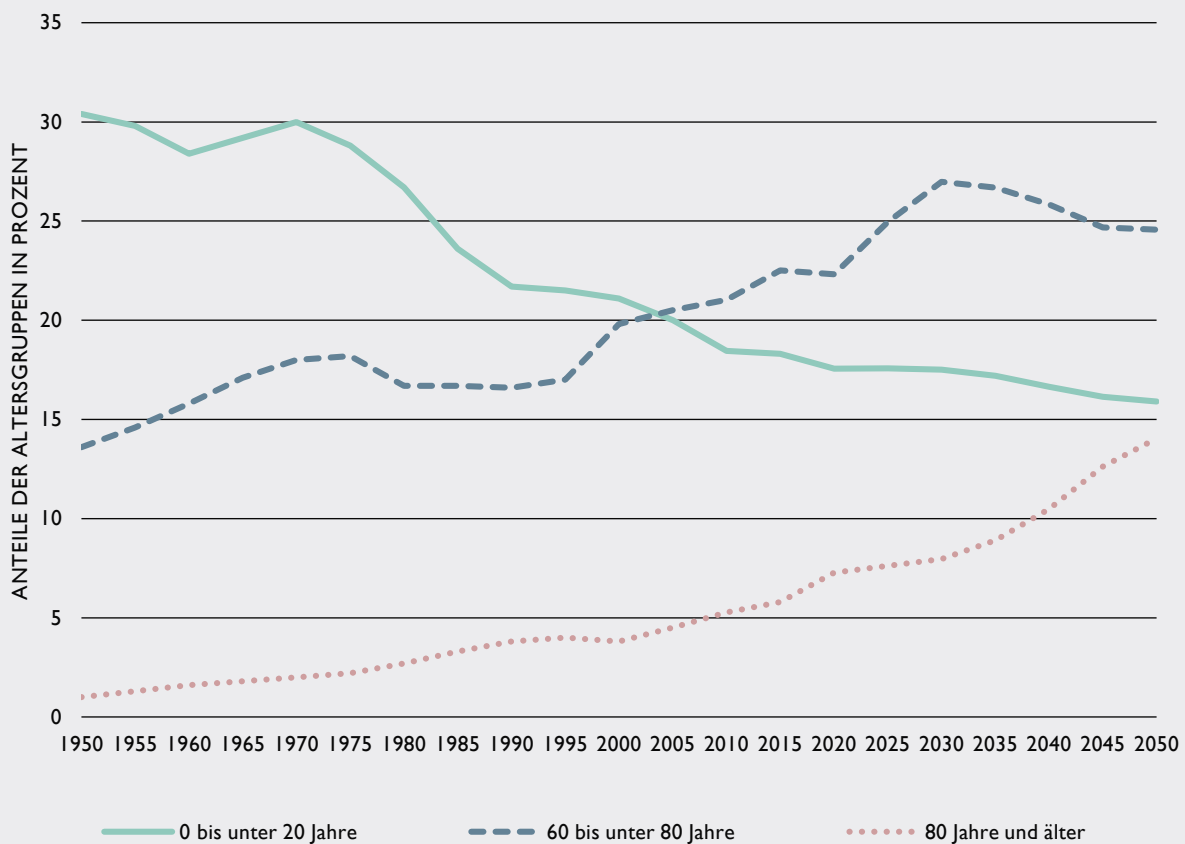
Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick zum Verlauf der demografischen Alterung in Deutschland, erläutern Ursachen für die Veränderungen der Altersstruktur und zeigen regionale Unterschiede der Alterung auf.

VERLAUF UND URSACHEN DER ALTERUNG IN DEUTSCHLAND

Wie die demografische Alterung in Deutschland bereits in den vergangenen Jahren verlief und sich in den kommenden Jahren möglicherweise noch entwickeln wird, lässt sich mit Hilfe von grafischen Abbildungen der Altersstruktur („Bevölkerungspyramiden“) besonders anschaulich darstellen. Der Altersaufbau

ABBILDUNG I
 Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland 1960, 2010 und 2060.
 Quelle: Robert Koch-Institut (Hrsg.) 2015.





Datenbasis: 1950–2015: Bevölkerungsfortschreibung; ab 2016: 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Variante 4.

einer Bevölkerung wird durch die demografischen Prozesse und durch historische Ereignisse geformt. Bereits im Jahr 1960 entsprach das Bild des Bevölkerungsaufbaus in Deutschland nicht mehr einer klassischen Pyramidenform (ABBILDUNG 1). Der Altersaufbau zeigt markante Einschnitte, die das Ergebnis von Geburtenrückgängen zu Zeiten der beiden Weltkriege und der Weltwirtschaftskrise sind. Weiterhin ist ab den mittleren Altersklassen ein deutlicher Frauenüberschuss zu erkennen, bedingt durch die vielen gefallenen Männer im Ersten und Zweiten Weltkrieg (Grünheid, Sulak 2016). Im Jahr 2010 sieht die Bevölkerungsstruktur schon etwas ausgeglichener aus: Der Frauenüberschuss hat sich in die höheren Altersgruppen verschoben, zum einen

noch als Ergebnis des Zweiten Weltkriegs und auch bedingt durch die allgemein höhere Lebenserwartung von Frauen gegenüber Männern. In der Mitte des Bevölkerungsaufbaus ist die Kohorte der Babyboomer zu verorten. Diese zehn geburtenstärksten Jahrgänge aus 1959 bis 1968 (Menning, Hoffmann 2009) schieben sich bis zum Jahr 2060 immer weiter nach oben in die höchsten Altersgruppen, wobei der größte Einfluss auf die demografische Alterung um das Jahr 2030 erwartet wird, wenn sie in das Rentenalter eintreten.

Die Anteile einzelner Altersgruppen an der Gesamtbevölkerung haben sich bereits in der Vergangenheit verschoben und werden sich auch zukünftig weiter verändern (ABBILDUNG 2). So lag der Anteil der unter

ABBILDUNG 2
 Entwicklung der Anteile der Altersgruppen 0 bis unter 20, 60 bis unter 80 sowie 80 Jahre und älter an der Gesamtbevölkerung in Deutschland, 1950 – 2050.
 Datenquelle: Statistisches Bundesamt.

20-Jährigen im Jahr 1950 noch bei etwa 30 Prozent, während die Gruppe der 60- bis 79-Jährigen einen Anteil von rund 14 Prozent ausmachte und der Anteil 80-Jähriger und Älterer nur bei rund einem Prozent lag. In den Jahren darauf gab es bei den jüngeren und mittleren Altersgruppen gegensätzliche Tendenzen: Während der Anteil unter 20-Jähriger bis zum Jahr 2015 auf etwa 18 Prozent gesunken ist, hat sich der Anteil 60- bis 79-Jähriger auf 22 Prozent erhöht. Bis zum Jahr 2060 wird es nach der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes (Variante 4) zu weiteren Verschiebungen kommen. Im Jahr 2050 werden voraussichtlich 16 Prozent der Bevölkerung jünger als 20 Jahre alt sein, wohingegen knapp 25 Prozent der Bevölkerung im Alter von 60–79 Jahren und 14 Prozent älter als 80 Jahre sein werden (Statistisches Bundesamt 2015; Statistisches Bundesamt 2016b).

Die Geburtenentwicklung hat einen starken Einfluss auf den Alterungsprozess. In Deutschland sind die Geburtenzahlen schon lange Zeit nicht ausreichend hoch, um die jeweilige Elterngeneration vollständig zu ersetzen. Damit verringert sich auch die Anzahl potenzieller Mütter beständig und der Anteil jüngerer Altersgruppen in der Bevölkerung sinkt. Für den Rückgang der Geburtenrate Anfang der 1970er Jahre und das anhaltend niedrige Geburtenniveau werden verschiedene Gründe genannt: die Einführung der Pille als Verhütungsmittel, ein gesellschaftlicher Wertewandel in Bezug auf Ehe und Familie, steigende Bildungschancen für Frauen und zunehmende Vereinbarkeitsprobleme von Beruf und Familie (Bujard et al. 2012).

Immer mehr Menschen erreichen ein höheres Lebensalter. Die durchschnittliche Lebenserwartung bei Geburt hat sich in Deutschland in den letzten rund 140 Jahren mehr als verdoppelt und liegt heute (2013/2015) für neugeborene Mädchen bei 83,1 Jahren und für neugeborene Jungen bei 78,2 Jahren (Statistisches Bundesamt 2016c). Dieser nachhaltige Anstieg ist das Ergebnis von zwei unterschiedlichen Entwicklungen im Mortalitätsgeschehen. Bis etwa zur Mitte

des 20. Jahrhunderts sank die Sterblichkeit vor allem im Säuglings- und Kindesalter durch einen Rückgang von Infektionskrankheiten. Damit gewannen degenerative Erkrankungen als Todesursache an Bedeutung (Omran 1971). Seit Beginn der 1970er Jahre verringerte sich dann vor allem die Sterblichkeit im höheren Alter, insbesondere an einer koronaren Herzkrankheit und am Schlaganfall, was unter anderem durch Fortschritte in der medizinischen Versorgung und eine gesündere Lebensweise der Bevölkerung erreicht werden konnte (Olshansky, Ault 1986).

Für die Zukunft geht das Statistische Bundesamt von einem weiteren Anstieg der Lebenserwartung bei Geburt aus. Nach Variante 4 der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung würden neugeborene Mädchen beziehungsweise Jungen im Jahr 2060 eine Lebenserwartung von 90,4 Jahren beziehungsweise 86,7 Jahren haben (Statistisches Bundesamt 2015).

Die demografische Entwicklung wird neben der natürlichen Bevölkerungsbewegung (Geburten und Sterbefälle) auch durch die räumliche Bevölkerungsbewegung (Wanderungen) beeinflusst. Dabei werden zwei Arten von Wanderungen unterschieden: Die Außenwanderung bezeichnet Zu- und Fortzüge über internationale Grenzen hinweg, während die Binnenwanderung Zu- und Fortzüge innerhalb eines Landes beinhaltet. Für Deutschland insgesamt betrachtet hatte die Außenwanderung stets einen abmildernden Einfluss auf die demografische Alterung, da die Zuwanderung von jungen Menschen die Alterung der Gesamtbevölkerung verlangsamt (Dinkel 2008). Im Gegensatz dazu führt das Binnenwanderungsgeschehen, vor allem in den Abwanderungsregionen, zu einer Beschleunigung des Alterungsprozesses.

REGIONALE UNTERSCHIEDE DER ALTERUNG

Die Alterung der Bevölkerung vollzieht sich innerhalb Deutschlands sehr unterschiedlich. Dabei sind die Auswirkungen demografischer Ereignisse besonders deutlich auf klein-

räumiger Ebene zu spüren (Mai et al. 2007). Betrachtet man zunächst die Alterung auf Bundeslandebene, so ist für jedes einzelne Bundesland ein Anstieg des mittleren Alters seit dem Jahr 1991 erkennbar. Allerdings erhöhte sich das Alter in den neuen Ländern stärker als in den alten Ländern, sodass die neuen Länder heute im Schnitt älter sind. Dieses Verhältnis war 1991 noch umgekehrt. In Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg stieg das mittlere Alter am stärksten, während Hamburg den geringsten Anstieg zu verzeichnen hatte. Der schnelle Alterungsprozess in Mecklenburg-Vorpommern ist vor allem das Ergebnis hoher Wanderungsverluste in den jungen Altersgruppen (Mai et al. 2007; Menning et al. 2010). Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes war Sachsen-Anhalt im Jahr 2015 mit einem Durchschnittsalter von 47,4 Jahre das Bundesland mit der ältesten Bevölkerung. Im Vergleich dazu hatte Hamburg mit einem Durchschnittsalter von 42,3 Jahren die jüngste Bevölkerung (Statistisches Bundesamt 2016b).

Auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte Deutschlands existieren ebenfalls deutliche Unterschiede in der Geschwindigkeit der Alterung, beschrieben im 2010 erschienenen Report des Deutschen Zentrums für Altersfragen (Menning et al. 2010).

SCHRUMPfung DER BEVÖLKERUNG

Ein weiteres Element des demografischen Wandels in Deutschland ist der Rückgang, die Schrumpfung, der Bevölkerungszahl (Kaufmann 2005). Schrumpfende Bevölkerungszahlen treten dann auf, wenn mehr Menschen sterben als geboren werden („Sterbefallüberschuss“), und/oder wenn mehr Menschen ab- als zuwandern. Umgekehrt kann der Sterbefallüberschuss durch Zuwanderung kompensiert werden, was in den letzten Jahren in Deutschland häufig der Fall gewesen ist. So ist die Zahl der in Deutschland wohnenden Menschen seit 1950 mit Unterbrechungen

gestiegen. Stagnierende und leicht rückläufige Bevölkerungszahlen gab es in den 1970er und 1980er Jahren sowie erneut seit Mitte der 1990er Jahre bis circa 2010. Der Rückgang im Jahr 2011 ist auf die in diesem Jahr durchgeführte Volkszählung (Zensus 2011) und die damit verbundene Korrektur der Bevölkerungszahl zurückzuführen.

REGIONALE UNTERSCHIEDE DER BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG

Die für Deutschland insgesamt beschriebenen Trends scheinen die These von der Schrumpfung nur teilweise zu bestätigen. Ein anderes Bild zeichnet sich jedoch ab, wenn die Bevölkerungsentwicklung regional differenziert betrachtet wird. Dann zeigt sich, dass verschiedene Regionen bereits seit geraumer Zeit Schrumpfungsprozesse von teilweise erheblichem Ausmaß zu bewältigen hatten und haben (Fuchs et al. 2017). Beispielsweise hat die kreisfreie Stadt Suhl seit 1995 31,4 Prozent ihrer Bevölkerung verloren. Zugleich ist die Bevölkerungszahl im Landkreis Erding um 28,0 Prozent gestiegen (TABELLE 1). Neben dem Landkreis Erding gehören fünf bayrische Landkreise sowie die kreisfreie Stadt Ingolstadt, die der Metropolregion München angehören, sowie drei Landkreise des Berliner Umlands zu den zehn wachstumsstärksten Kreisen.

Insgesamt lebten 2005 bis 2010 fast zwei Drittel der Bevölkerung in den neuen Ländern in schrumpfenden oder stark schrumpfenden Städten und Gemeinden (RKI 2015: Kap. 9). Hauptsächliche Ursache für den Bevölkerungsrückgang ist die Abwanderung insbesondere junger Menschen (die sogenannte altersselektive Abwanderung), vor allem gut ausgebildeter junger Frauen (Leibert, Wiest 2010). Damit verließen auch potenzielle Mütter die schrumpfenden Regionen, was zu einer Spirale aus Schrumpfung/Alterung – altersselektiver Abwanderung – weniger Geburten führte. Zwar gibt es Hinweise auf eine zunehmende Rückwanderung (Fuchs et al. 2017), doch überwiegen bei den Rückwanderern Männer.

LANDKREIS/KREISFREIE STADT	RÜCKGANG IN %	LANDKREIS/KREISFREIE STADT	ANSTIEG IN %
Suhl, kreisfreie Stadt	-31,4	Erding, Landkreis	+28,0
Oberspreewald-Lausitz, Landkreis	-28,3	Ebersberg, Landkreis	+24,7
Frankfurt (Oder), kreisfreie Stadt	-28,1	Potsdam-Mittelmark, Landkreis	+22,9
Uckermark, Landkreis	-24,5	Freising, Landkreis	+22,8
Görlitz, Landkreis	-24,2	Dachau, Landkreis	+22,3
Elbe-Elster, Landkreis	-23,5	München, Landkreis	+21,9
Prignitz, Landkreis	-23,5	Oberhavel, Landkreis	+21,7
Altenburger Land, Kreis	-23,5	Havelland, Landkreis	+20,0
Gera, kreisfreie Stadt	-22,3	Ingolstadt, kreisfreie Stadt	+18,3
Stendal, Landkreis	-21,8	Landsberg am Lech, Landkreis	+18,2

TABELLE I
 Kreise mit den stärksten Bevölkerungsrückgängen und -anstiegen, 1995–2015.
 Datenquelle: Statistisches Bundesamt.

FOLGEN DEMOGRAFISCHER SCHRUMPUNGSPROZESSE

Demografischer Wandel stellt sich in den schrumpfenden Regionen in erster Linie als Problem der Abwanderung dar. Die Folgen dieser Schrumpfung sind vielfältig. Der Bevölkerungsrückgang steht in einer sich gegenseitig verstärkenden Wechselwirkung mit anderen, die regionale Entwicklung beeinflussenden Faktoren. Bevölkerungsrückgang führt unter anderem zu einem Rückgang der Nachfrage nach und der Inanspruchnahme von Angeboten der Daseinsvorsorge wie Schulen, Einrichtungen des Gesundheitswesens etc., was wiederum die Attraktivität der Regionen verringert und in der Folge weitere Abwanderungen nach sich zieht (Stielike 2013). Insbesondere in dünn besiedelten Regionen stellen Veränderungen im Wohnumfeld, wie Schließungen von Schulstandorten ein relevantes Problem für Kinder dar, die einen längeren Schulweg in Kauf nehmen müssen (Schlömer, Pütz 2011). Gleiches gilt für Einrichtungen der

Gesundheitsversorgung. So würde die Schließung von Krankenhäusern, insbesondere in Mecklenburg-Vorpommern oder Brandenburg, für die Bevölkerung in diesen Regionen bedeuten, dass sich der Weg zum nächstgelegenen Krankenhaus deutlich verlängert (Schlömer, Pütz 2011). Problematisch ist hier die Bemessung der Erreichbarkeit der Krankenhäuser an der PKW-Fahrzeit. Gerade ältere Frauen können im Vergleich zu gleichaltrigen Männern, insbesondere in ländlichen Regionen, weniger häufig auf einen PKW als Verkehrsmittel zurückgreifen (Giesel et al. 2013). Ohne PKW-Verfügbarkeit verändern sich die Wegezeiten zu Einrichtungen des Gesundheitswesens zum Teil erheblich: Eine Studie für die Kreise Mansfeld-Südharz und Kyffhäuserkreis fand heraus, dass für 5 Prozent (Mansfeld-Südharz) respektive 15 Prozent (Kyffhäuserkreis) der Einwohner die Wegezeiten zur nächstgelegenen Hausarztpraxis mehr als zwei Stunden betrug, sofern sie die öffentlichen Verkehrsmittel oder das Fahrrad nutzten oder zu Fuß gingen (Gutsche et al. 2010).

Die Abwanderung aus einem Teil der Regionen führt zu einer Zuwanderung in anderen Regionen. Diese Regionen sind in der Regel Städte. Städte, die von Zuwanderungen insbesondere junger Erwachsener profitieren, werden als „Schwarmstädte“ bezeichnet (Simons, Weiden 2015). Generell sind neue Tendenzen einer Reurbanisierung zu beobachten, die sich in einem nachhaltigen Wachstum von (Groß-)Städten niederschlagen (Milbert 2017). Infolge der Zuwanderung steigt die Bevölkerungszahl dieser Städte, was zu Problemen führt: Verknappungen auf dem Wohnungsmarkt mit nachfolgendem Mietpreisanstieg oder zu geringes Schulplatzangebot seien hier exemplarisch genannt. Auch soziale Folgen sind unübersehbar: Die Aufwertung innerstädtischer und innenstadtnaher Stadtviertel führt zu Verdrängungsprozessen (Segregation und Gentrifizierung (Adam 2017)). Zudem sind Umweltaspekte wie wachsendes Verkehrsaufkommen oder steigende Lärmbelastungen von Relevanz.

INTERNATIONALISIERUNG DER BEVÖLKERUNG

Mit dem Begriff Internationalisierung der Bevölkerung wird der Anstieg des Anteils von Menschen mit Migrationshintergrund in Deutschland und die damit verbundene Heterogenisierung der Bevölkerung beschrieben. Einen Migrationshintergrund haben Menschen, die aus einem anderen Land nach Deutschland zugewandert sind, oder deren Nachkommen. Die aktuelle Definition des Statistischen Bundesamtes lautet: „Eine Person hat einen Migrationshintergrund, wenn sie selbst oder mindestens ein Elternteil die deutsche Staatsangehörigkeit nicht durch Geburt besitzt.“ Das sind im Einzelnen:

- zugewanderte und nicht zugewanderte Ausländer
- zugewanderte und nicht zugewanderte Eingebürgerte
- (Spät-)Aussiedler

- mit deutscher Staatsangehörigkeit geborene Nachkommen der drei zuvor genannten Gruppen.

Insgesamt leben in Deutschland circa 17,1 Millionen Menschen mit Migrationshintergrund, das sind mehr als 20 Prozent der Gesamtbevölkerung (Statistisches Bundesamt 2016a).

Es ist nicht ausreichend, im hier diskutierten Zusammenhang nur Ausländer einzubeziehen. Im Jahr 2015 lebten daneben in Deutschland 9,3 Millionen Menschen mit Migrationshintergrund, die die deutsche Staatsangehörigkeit besitzen. Dabei handelt es sich um Eingebürgerte (pro Jahr gibt es ca. 100 Tsd. Einbürgerungen) sowie um Nachkommen von Menschen mit Migrationshintergrund, die hier geboren sind und die deutsche Staatsangehörigkeit besitzen (also keine eigene „Migrationserfahrung“ haben). Eine eigene Migrationserfahrung haben circa zwei Drittel der Menschen mit Migrationshintergrund und gehören somit zur sogenannten ersten Migrantengeneration.

Damit ist die Außenwanderung, bei der im Gegensatz zur Binnenwanderung die Grenzen der Bundesrepublik überschritten werden, der wichtigste Parameter für die Internationalisierung der Bevölkerung.

BEVÖLKERUNG MIT MIGRATIONSHINTERGRUND

Die Bevölkerungsgruppe mit Migrationshintergrund weist eine deutlich jüngere Altersstruktur auf als die Bevölkerung ohne Migrationshintergrund, unterliegt aber ebenso dem Prozess der demografischen Alterung. Betrug das Durchschnittsalter der Personen mit Migrationshintergrund 2005 noch 33,4 Jahre, waren es 2016 35,4 Jahre (zum Vergleich die Werte für die Personen ohne Migrationshintergrund: 2005: 44,4 Jahre; 2015: 46,9 Jahre (Statistisches Bundesamt 2016a)).

Zunehmend mehr Menschen kommen aus weiter entfernten Regionen als bisher. Dies traf in den vergangenen Jahren vor allem auf

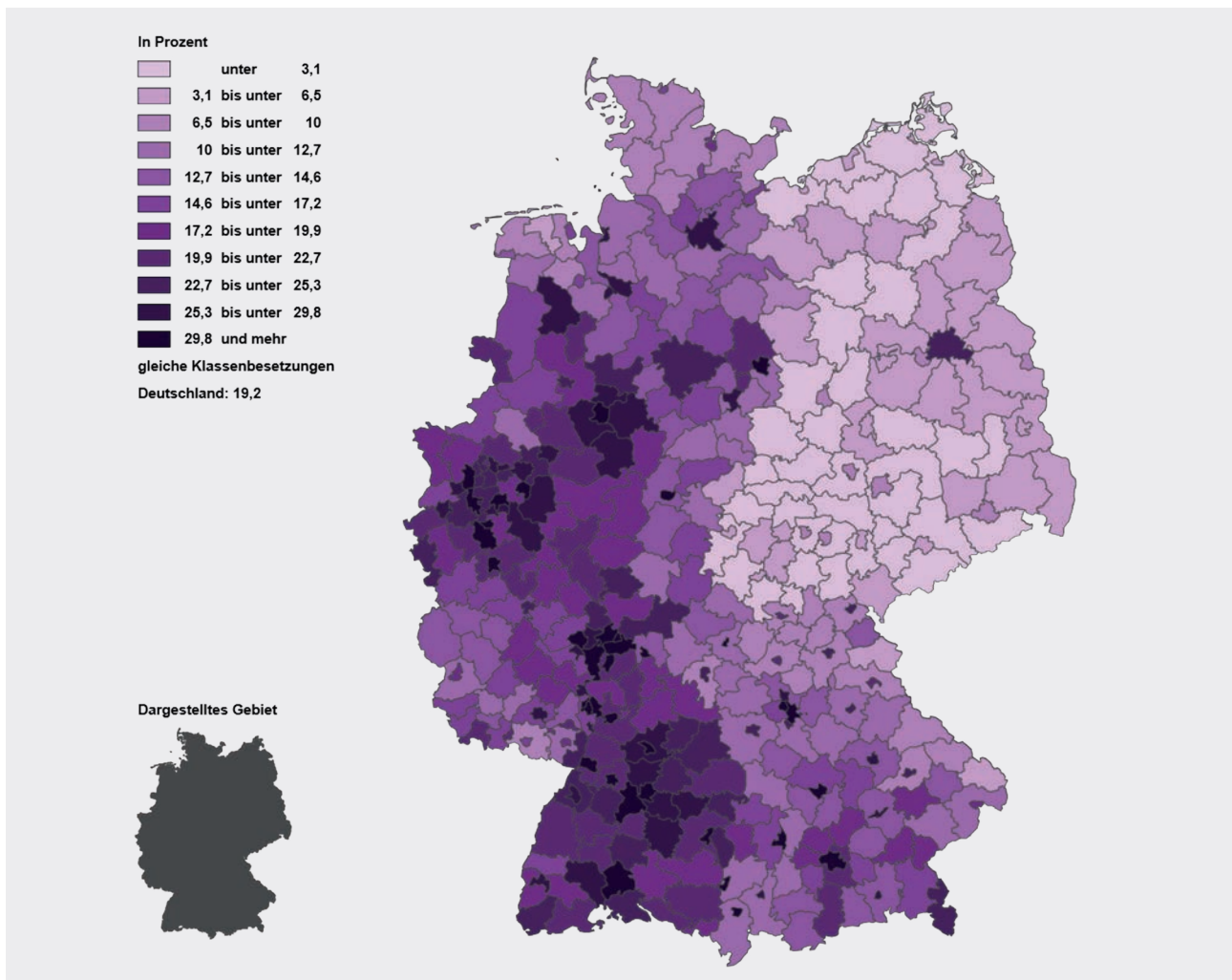


ABBILDUNG 3
 Anteil der Bevölkerungs-
 gruppe mit Migrations-
 hintergrund an der
 Bevölkerung 2011 nach
 Kreisen. Datenquelle:
 Statistische Ämter des
 Bundes und der Länder,
 GeoBasis-DE/BKG.

den Nahen und Mittleren Osten zu. Im Mai 2009 verfügten knapp 11 Prozent der Menschen mit eigener Migrationserfahrung über die Staatsangehörigkeit eines Landes des Nahen und Mittleren Ostens. Im Mai 2015 (als letztverfügbare Jahresangabe) waren es 12 Prozent. Dies war noch vor der starken Zuwanderung im zweiten Halbjahr 2015, die in hohem Maße von Personen aus diesen Ländern getragen wurde. Unter Berücksichtigung dieser Zuwanderung könnte der Anteil inzwischen um 15 Prozent betragen. Die stärkste Gruppe bleiben jedoch die Menschen mit Migrationserfahrung, die über die Staatsangehörigkeit eines der Gastarbeiteranwerbestaaten verfügen (ca. 3,5 Mio. Menschen, Anteil ca. 30 Prozent).

Trotz jahrelanger Zuwanderung seit der Wiedervereinigung beträgt der Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund in weiten Teilen der neuen Bundesländer 3 Prozent oder weniger (ABBILDUNG 3). Mit Ausnahme von Berlin hat kein Kreis einen Anteil von 10 Prozent oder mehr. Aus vielen dieser Regionen sind in den letzten Jahren zudem viele Menschen abgewandert (vgl. den Abschnitt zur Schrumpfung). Ersichtlich ist ein West-Ost- sowie ein Stadt-Land-Gefälle, das durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt wird: das Vorhandensein von mehr (geeigneten) Arbeitsplätzen im Westteil Deutschlands und die Existenz einer in der Regel dort bereits vorhandenen, größeren gleichsprachigen „Community“.

AUSBLICK

Was wird die Zukunft bringen? Die Zuwanderung nach Deutschland wird weiter zunehmen. Das betrifft sowohl die Erwerbsmigration aus EU- als auch aus Nicht-EU-Staaten, was aus dem Schrumpfen des hiesigen Erwerbspersonenpotenzials resultiert. Zunehmen wird aber auch die Migration nach Deutschland aus völkerrechtlichen, humanitären, politischen und familiären Gründen. Der Zuwanderungsdruck auf Europa und damit auch auf Deutschland wird hoch bleiben, sei es aus Gründen wie (Bürger-)Kriegen, politischer Verfolgung und wirtschaftlicher Krisen. Auch Klimakatastrophen und Klimawandel werden eine zunehmende Rolle spielen. In Zeiten der Globalisierung werden größere Entfernungen immer weniger ein unüberwindbares Hindernis für Zuwandernde darstellen. Für Europa und damit Deutschland stellt sich nicht die Frage, ob Migration stattfindet, sondern wie diese gestaltet werden kann: in einer eher aktiven oder in einer eher passiven Weise.

Eine oft diskutierte Frage ist, ob die Zuwanderung die Alterung aufhalten kann. Die Ergebnisse von demografischen Analysen sind eindeutig: Zuwanderung kann die Alterung abmildern, nicht aber aufhalten.

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Der demografische Wandel in Deutschland ist ein lang anhaltender Prozess der Veränderung der Bevölkerungsstruktur. Wie dargestellt, betrifft dies die Altersstruktur und die regionale Verteilung der Bevölkerung sowie die Vielfalt der Staatsangehörigkeiten. Dabei sind unterschiedliche Entwicklungen gleichzeitig zu beobachten: differierende Tempi der Alterung in den bundesdeutschen Regionen, gleichzeitiges Schrumpfen und Anwachsen der Bevölkerungszahl sowohl in verschiedenen Altersgruppen als auch in den Regionen sowie regional unterschiedliche Ausprägungen der Internationalisierung der Bevölkerung.

„Älter, weniger, bunter“ – diese Zusammenfassung der Prozesse des demografischen Wandels in Deutschland in einer griffigen Formulierung ist sehr anschaulich, auch wenn bedacht werden muss, dass in einigen Aspekten eine differenziertere Betrachtungsweise erforderlich ist. Dies betrifft insbesondere die Schrumpfungsprozesse. Bisher betroffene Regionen können dabei quasi als Werkstatt für das Finden und Erproben von Lösungen gelten.

Demografischer Wandel findet allerdings nicht erst jetzt oder in der Zukunft statt. Vielmehr sind diese Prozesse schon seit den frühen 1970er Jahren (Absinken der Geburtenraten) und zum Teil auch schon länger (Zuwanderung von Gastarbeitern bereits seit den 1950er Jahren) zu beobachten. Nach gegenwärtigen Vorstellungen wird der demografische Wandel noch einige Jahre und Jahrzehnte andauern. Dabei gewinnt dieser nicht durch kurzfristige Auswirkungen an Bedeutung, seine Effekte sind von Jahr zu Jahr gesehen eher moderat. Erst durch das langfristige Andauern mit Kumulation der moderaten Effekte entstehen nicht nur die großen gesellschaftlichen Herausforderungen, wie oben beschrieben, sondern auch die im Leben miteinander, im direkten Wohnumfeld. Diese längeren Zeithorizonte eröffnen dabei die Chance, künftige Herausforderungen durch ein nachhaltiges und kontinuierliches gemeinsames Handeln zu bewältigen. ●

LITERATUR

Adam B (2017): Wachstumsdruck in deutschen Großstädten. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). BBSR-Analysen KOMPAKT 10/2017. Bonn.

Bujard M, Dorbritz J, Grünheid E et al. (2012): (Keine) Lust auf Kinder? Geburtenentwicklung in Deutschland. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. Wiesbaden.

Dinkel R H (2008): Was ist demographische Alterung? Der Beitrag der demographischen Parameter zur demographischen Alterung in den alten Ländern seit 1950. In: Staudinger UM, Häfner H (Hrsg) Was ist Alter(n)? Neue Antworten auf eine scheinbar einfache Frage. Springer, Berlin: 97–117.

Fuchs M, Nadler R, Roth D et al. (2017): Rückwanderung von Erwerbspersonen – aktuelle Deutschlandzahlen im regionalen Vergleich. In: Nationalatlas aktuell 11 (05.2017) 4 [22.05.2017]. Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL). Leipzig.

Giesel F, Köhler K, Nowossadeck E (2013): Alt und immobil auf dem Land? Mobilitätseinschränkungen älterer Menschen vor dem Hintergrund einer zunehmend problematischen Gesundheitsversorgung in ländlichen Regionen. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 56: 1418–1424.

Grünheid E, Sulak H (2016): Bevölkerungsentwicklung: Daten, Fakten, Trends zum demografischen Wandel. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, Wiesbaden.

Gutsche J M, Albrecht M, Einig K (2010): Masterplan Daseinsvorsorge. Demografischer Wandel – Region schafft Zukunft in den Modellregionen Südharz-Kyffhäuser und Stettiner Haff. Bundesministerium für Verkehr BuSB, BMVBS-Online-Publikation 35/2010. Bonn.

Kaufmann F X (2005): Schrumpfende Gesellschaft. Vom Bevölkerungsrückgang und seinen Folgen. Suhrkamp Verlag, Frankfurt a.M.

Leibert T, Wiest K (2010): Ist die ländliche Peripherie männlich? In: Nationalatlas aktuell 4 (11.2010) 11 [24.11.2010]. Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL). Leipzig.

Mai R, Roloff J, Micheel F (2007): Regionale Alterung in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Binnenwanderungen. Materialien zur Bevölkerungswissenschaft, Heft 120. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, Wiesbaden.

Menning S, Hoffmann E (2009): Die Babyboomer - ein demografisches Porträt. GeroStat Report Altersdaten 02/2009. Deutsches Zentrum für Altersfragen. Berlin.

Menning S, Nowossadeck E, Maretzke M (2010): Regionale Aspekte der demografischen Alterung. GeroStat Report Altersdaten 1-2/2010. Deutsches Zentrum für Altersfragen. Berlin.

Milbert A (2017): Wie viel (Re-)Urbanisierung zieht das Land? Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2017. Bonn.

Olshansky S J, Ault A B (1986): The fourth stage of the epidemiologic transition: the age of delayed degenerative diseases. Milbank Q 64 (3): 355–391.

Omran A R (1971): The epidemiologic transition. A theory of the epidemiology of population change. Milbank Mem Fund Q 49 (4): 509–538.

RKI – Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2015): Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. Berlin.

Scharein M G (2012): Altersstruktur, Fertilität, Mortalität und Migration - Vier Komponenten befeuern den demografischen Wandel. Bevölkerungsforschung Aktuell 33 (1): 23–24.

Schlömer C, Pütz T (2011): Bildung, Gesundheit, Pflege – Auswirkungen des demographischen Wandels auf die soziale Infrastruktur. BBSR-Berichte KOMPAKT 11/2011. Bonn.

Schönig W (2003): Weniger, älter, bunter. Konsequenzen des demographischen Wandels für die Kommunalpolitik. In: Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (Hrsg) Arbeitspapiere zur Kommunalpolitik Nr 26. Wesseling.

Schwarz K (1997): Bestimmungsgründe der Alterung einer Bevölkerung - Das deutsche Beispiel. Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft 22: 347–359.

Simons H, Weiden L (2015): Schwarmstädte in Deutschland. Ursachen und Nachhaltigkeit der neuen Wandlungsmuster in Deutschland. Berlin.

Statistisches Bundesamt (2016a): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Bevölkerung mit Migrationshintergrund, Fachserie 1, Reihe 2.2. Destatis. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2016b): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011. Fachserie 1, Reihe 1.3. Destatis. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2016c): Sterbetafeln. Ergebnisse aus der laufenden Berechnung von Periodensterbetafeln für Deutschland und die Bundesländer. 2013/2015. Destatis. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015): Bevölkerung Deutschlands bis 2060. Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Destatis. Wiesbaden.

Stielike JM (2013): Konstitutionelle Anforderungen an die Versorgung peripherster Räume mit Infrastrukturen und Angeboten der Daseinsvorsorge Vom demografischen Wandel besonders betroffene Regionen Ein wichtiges Thema im Kontext der Demografiestrategie BBSR-Online-Publikation, Nr 11/2014. Bonn.

KONTAKT

Enno Nowossadeck
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
FG 28 Soziale Determinanten der Gesundheit
Postfach 650261
13302 Berlin
E-Mail: NowossadeckE[at]rki.de

[RKI]

Gesund älter werden als Thema des Gesundheitsmonitorings am Robert Koch-Institut

Healthy Ageing as an area of focus in the health monitoring of the Robert Koch Institute

ZUSAMMENFASSUNG

Durch die verlängerte Lebenserwartung und die Zunahme des Anteils Älterer an der Bevölkerung in Deutschland ist es wesentlich, die gesundheitliche Lage älterer und alter Personen umfassend abbilden zu können. Mit Bezug zum aktuellen Bericht der Weltgesundheitsorganisation WHO zu Alter und Gesundheit gibt der vorliegende Beitrag einen Überblick darüber, welche für ältere Menschen relevanten Gesundheitsthemen im kontinuierlichen Gesundheitsmonitoring des Robert Koch-Instituts (RKI) bereits berücksichtigt werden. Es werden exemplarische Ergebnisse zu ausgewählten Risikofaktoren (körperliche Aktivität), nicht-übertragbaren Erkrankungen, Multimorbidität, Gebrechlichkeit, Sozialstatus sowie Wohnen und Umwelt vorgestellt. Die Ergebnisse basieren auf verschiedenen, im RKI durchgeführten Studien. Der Beitrag zeigt die Relevanz der Berücksichtigung dieser Themenbereiche sowie die Bedeutung der Umwelt für die Gesundheit Älterer auf und endet mit einem Ausblick auf künftige Schritte.

JUDITH FUCHS
CHRISTA SCHEIDT-
NAVE

ABSTRACT

Due to the extended life expectancy and the increase in the proportion of older people in Germany, it is essential to thoroughly describe the health situation of older persons. With regard to the World Health Organization's Report on Age and Health, this paper provides an overview of what health topics relevant to older persons have already been integrated into the continuous health monitoring conducted at the Robert Koch Institute (RKI). The paper presents exemplary results on selected risk factors (physical activity), non-communicable diseases, multimorbidity, frailty, social status, as well as housing and the environment. The results are based on health studies conducted at the RKI. The contribution shows the relevance of these topics as well as the importance of the environment for the health of older people ends with an outlook on future steps.

HINTERGRUND

In Deutschland nimmt, wie in vielen anderen Ländern der Welt, die Lebenserwartung stetig zu. So stieg in den letzten 15 Jahren die Lebenserwartung bei Frauen um 2,0 Jahre von 81,1 auf 83,1 Jahre und bei Männern um 3,1 Jahre von 75,1 auf 78,2 Jahre (Statistisches Bundesamt (Destatis)) (vgl. den Beitrag Nowossadeck et al. in diesem Heft). Nach Schätzungen der 13. Koordinier-

ten Bevölkerungsvorausberechnung steigt der Anteil der Personen ab 65 Jahren in der Bevölkerung von derzeit 21,1 Prozent (2015) auf 29,6 Prozent im Jahr 2040.

Viele Ältere können sich auch lange nach Beendigung der Berufs- und/oder Familientätigkeit aktiv am gesellschaftlichen Leben beteiligen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Verlängerung der Lebenserwartung nicht unbedingt mit einem guten Gesundheitszustand einhergeht.



FOTO
Judith Fuchs

Kuhlmei (2006) stellt dar, dass mit der verlängerten Lebenserwartung einerseits eine zunehmende Vitalität in biologischer, psychologischer, sozialer und geistiger Hinsicht verbunden ist, andererseits aber auch chronische und psychische Erkrankungen sowie Pflegebedürftigkeit zunehmen. Diese können die Möglichkeiten einer selbstbestimmten Lebensweise einschränken und mit hohen Belastungen für die betroffenen Personen, ihrer Familien und der Gesellschaft einhergehen.

Gesund Altern (healthy ageing) ist mittlerweile zu einem häufig verwendeten Begriff geworden, der die aus dem demografischen Wandel resultierenden Anforderungen für Individuum und Gesellschaft zusammenfasst. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat sich diesem Themenschwerpunkt in ihrem aktuellen Bericht zu Alter

und Gesundheit gewidmet (Beard et al. 2015) und definiert den Begriff des ‚Gesunden Alterns‘ in einem umfassenden Sinne: Es geht darum, körperliche und geistige Fähigkeiten so lange wie möglich zu erhalten, um selbstbestimmt handeln zu können. Hier ist zum einen die Gesamtheit der körperlichen und geistigen Kapazitäten (intrinsische Kapazität) von Bedeutung, die sowohl persönliche Eigenschaften (z. B. Geschlecht, Alter, Herkunft, genetische Faktoren) als auch gesundheitliche Eigenschaften (z. B. Blutdruck, Erkrankungen, Verletzungen, Gebrechlichkeit) umfasst. Auf der anderen Seite ist das Lebensumfeld relevant, wie zum Beispiel die Wohnung, das Wohnumfeld, die Gemeinde oder die Gesellschaft. Aus Kapazitäten, Lebensumfeld und deren Wechselbeziehungen ergibt sich die sogenannte funktionale Fähigkeit, die es (nicht nur älteren) Menschen



ermöglicht, ihr Leben und ihre Aktivitäten danach auszurichten, was ihnen wichtig ist (WHO 2015).

Um die gesundheitliche Lage Älterer umfassend zu beschreiben und angepasste Präventions- und Versorgungsangebote zu entwickeln und umzusetzen, sind genaue Kenntnisse zur gesundheitlichen Lage und zu den Lebensbedingungen der Menschen in Deutschland in den verschiedenen Altersgruppen erforderlich. Viele dieser Informationen können den Gesundheitsstudien des RKI entnommen werden. Das RKI hat im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) ein bundesweites Gesundheitsmonitoring aufgebaut, welches aus regelmäßig wiederkehrenden Gesundheitsstudien mit Befragungen und Untersuchungen der bundesdeutschen Bevölkerung besteht (Kurth 2012). Für diese Studien werden jeweils repräsentative Stichproben der Bevölkerung in Privathaushalten gezogen. Die Datenerhebungen sind auf die spezifischen Gesundheitsprobleme, Risiken

und Ressourcen der Menschen in bestimmten Alters- und Lebensphasen abgestimmt. **ABBILDUNG 1** gibt einen Überblick über gesundheitsrelevante Themenbereiche, zu denen in den Surveys in unterschiedlichem Umfang Informationen erhoben werden.

Einen Überblick über die Gesundheitsstudien des RKI in Hinblick auf umweltbezogene Komponenten geben Thißen und Niemann (2016). Das Gesundheitsmonitoring wird außerdem ergänzt durch Analysen zur Verbreitung von Krebserkrankungen, die vom Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) im RKI durchgeführt werden (ZfKD 2016).

Im Hinblick auf die besondere Situation von Älteren wurden im RKI darüber hinaus Studien durchgeführt, die auf die gesundheitliche Lage älterer Menschen ausgerichtet sind. Hierzu zählt eine Untersuchung zur Erfassung von Mehrfacherkrankungen (Multimorbidität) und Selbstbestimmung im höheren Alter (OMAHAI) (Holzhausen et al. 2011), eine Studie zur Anpassung der hausärztlichen Versorgungsstrukturen an

ABBILDUNG 1
Überblick über gesundheitsrelevante Themenbereiche, zu denen in den Surveys Informationen erhoben werden.

die Erfordernisse älterer Menschen mit Mehrfacherkrankungen (OMAHA2) (Gaertner et al. 2016) und Studien zur Bekämpfung von Infektionen bei Pflegeheimbewohnern (Ruscher et al. 2015; Wischniewski et al. 2011). Im Folgenden werden ausgewählte altersrelevante Ergebnisse aus den Arbeiten des RKI vorgestellt.

AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE AUS STUDIEN DES RKI

KÖRPERLICHE AKTIVITÄT

Regelmäßige körperliche Aktivität leistet einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung beziehungsweise Wiedererlangung der Gesundheit. Verschiedene Studien zeigen, dass die körperliche Aktivität sowohl bei der Vermeidung als auch bei der Behandlung und Rehabilitation von vielen chronischen Erkrankungen eine wichtige Rolle spielt. In der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) wurde differenziert nach körperlicher und sportlicher Aktivität gefragt (Krug et al. 2013). Zur körperlichen Aktivität lautete die Frage, an wie vielen Tagen in der Woche die Teilnehmenden körperlich so aktiv waren, dass sie ins Schwitzen oder außer Atem gerieten und gegebenenfalls wie lange sie aktiv waren. Daraus wurde annäherungsweise der Anteil derjenigen bestimmt, die die WHO-Empfehlung von 2,5 Stunden körperlicher Aktivität pro Woche erfüllen. Es zeigte sich, dass ein Großteil der Älteren nicht ausreichend körperlich aktiv ist: Nur 16,8 Prozent der Frauen und 19,3 Prozent der Männer im Alter von 60 bis 69 Jahren sind mindestens 2,5 Stunden pro Woche körperlich aktiv; bei den 70- bis 79-Jährigen liegt der Anteil bei 11,0 beziehungsweise 16,5 Prozent.

Allerdings gaben in DEGS1 mehr ältere als jüngere Befragte an, dass sie stark auf ausreichend körperliche Bewegung achten. Bei den Frauen waren dies 40,9 Prozent bei den 60- bis 69-Jährigen und 41,8 Prozent

bei den 70- bis 79-Jährigen; bei den Männern 44,8 beziehungsweise 52,3 Prozent.

KREBSERKRANKUNGEN

Nach dem aktuellen Bericht des ZfKD zum Krebsgeschehen in Deutschland lag die Zahl der Krebsneuerkrankungen in Deutschland im Jahr 2013 bei 482.470 (ZfKD 2016), was etwa doppelt so viele Neuerkrankungen sind wie Anfang der 1970er Jahre. Dieser Anstieg ist insbesondere auf die kontinuierlich steigende Zahl älterer Menschen in der Bevölkerung zurückzuführen, da für fast alle Krebsarten das Erkrankungsrisiko mit zunehmendem Lebensalter steigt. Obwohl die Erkrankungsraten der über 75-Jährigen seit Ende der 1990er Jahre eher zurückgehen, stieg im gleichen Zeitraum nicht nur die absolute Zahl älterer Krebspatienten, sondern vor allem bei den Männern auch ihr Anteil an allen Erkrankten: Inzwischen sind bei beiden Geschlechtern rund 35 Prozent der Betroffenen zum Zeitpunkt der Diagnose über 75 Jahre alt.

In den kommenden Jahren ist aufgrund der zu erwartenden weiteren Zunahme älterer Menschen in unserer Bevölkerung von einem Anstieg der absoluten Erkrankungszahlen auszugehen, woraus sich Fragen zur Therapie und Nachsorge und den sich daraus ergebenden Kosten für die Gesellschaft, insbesondere für das Gesundheitswesen, ableiten.

MEHRFACHERKRANKUNGEN (MULTIMORBIDITÄT)

Unter Multimorbidität wird das gleichzeitige Vorliegen mehrerer chronischer Erkrankungen verstanden, wobei es keine festgelegte Definition gibt, ab wie vielen Erkrankungen Multimorbidität vorliegt (Lefevre et al. 2014). Bei Älteren ist Multimorbidität aufgrund der längeren Lebenserwartung, der veränderten Lebensbedingungen und der verbesserten medizinischen Versorgung häufig: Ergebnisse aus der GEDA-Studie 2009 zeigen, dass in Deutschland nur etwa eine von vier Personen ab 65 Jahren keine

oder nur eine chronische Erkrankung hat. Der Anteil der Multimorbiden liegt bei den 65- bis 74-Jährigen bei 76 Prozent der Frauen und 68 Prozent der Männer, bei Personen im Alter ab 75 Jahren steigt der Anteil auf 82 Prozent bei Frauen und 74 Prozent bei Männern (Fuchs et al. 2012).

Personen, die mehrfach erkrankt (multimorbide) sind, müssen mit komplexen gesundheitlichen Problemen umgehen und nehmen mit zunehmendem Alter und Anzahl der vorliegenden Erkrankungen das ambulante und stationäre Gesundheitssystem mehr in Anspruch. Es ist davon auszugehen, dass auch künftig mit einem steigenden Anteil älterer Personen die Nachfrage im ambulanten und stationären Sektor nach Gesundheitsleistungen weiter steigen wird.

GEBRECHLICHKEIT (FRAILTY)

Gebrechlichkeit bezeichnet das gleichzeitige Vorliegen verschiedener, auch krankheitsbedingter Einschränkungen, die mit dem Alter zunehmen und das Risiko für betroffene Personen erhöhen, weitere Erkrankungen, Behinderungen oder Stürze zu erleiden. In der Folge kann es zu wiederholten Krankenhausaufenthalten und/oder Pflegebedürftigkeit sowie einer erhöhten Sterblichkeit kommen (Buttery et al. 2015; RKI 2016). In der DEGS1-Studie wurden Fragebogen und Tests eingesetzt, die die Erfassung von Gebrechlichkeit möglich machen. In DEGS1 wurde Gebrechlichkeit in Anlehnung an die Kriterien von Fried et al. (2001) definiert als Erschöpfung (Medical Outcome Short Form-36, keine oder wenig Energie), geringe Muskelkraft (reduzierte Greifkraft; adjustiert nach Geschlecht und Body-Mass-Index), langsame Gehgeschwindigkeit (Timed Up and Go Test ≥ 15 Sekunden), geringe körperliche Aktivität (kein Sport und keine körperliche Aktivität) und ein Body-Mass-Index (BMI) von $<23 \text{ kg/m}^2$ in den vergangenen 12 Monaten (Buttery et al. 2015). Gebrechlichkeit liegt vor, wenn drei und mehr dieser Einschränkungen gleichzeitig bestehen.

Von einer Vorstufe der Gebrechlichkeit (pre-frailty) spricht man, wenn ein oder zwei dieser Einschränkungen vorliegen. In DEGS1 sind insgesamt 2,6 Prozent der 65- bis 79-Jährigen körperlich gebrechlich (2,8 % der Frauen, 2,3 % der Männer); pre-frail sind 38,8 Prozent (40,4 % der Frauen; 36,9 % der Männer). Die vergleichsweise geringe Prävalenz von Gebrechlichkeit liegt in der in dieser Studie festgelegten oberen Altersgrenze von 79 Jahren begründet. Mit fortschreitendem Alter und im Zuge der demografischen Entwicklung nimmt der Anteil an gebrechlichen Personen in der Bevölkerung weiter zu. Deshalb ist es wichtig, Gebrechlichkeit auch bei alten und sehr alten Menschen angemessen zu erfassen, präventive und therapeutische Maßnahmen zur Vermeidung von Gebrechlichkeit zu ergreifen und damit einer Verschlechterung des Zustands Älterer entgegenzuwirken (Fuchs et al. 2015).

GESUNDHEITLICHE UNGLEICHHEIT IM HÖHEREN LEBENSALTER

In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass die soziale Lage einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit darstellt: So leben Menschen mit höherem sozialen Status länger und gesünder als Menschen mit niedrigem sozialen Status (Lampert et al. 2016). Im Weltbericht über Altern und Gesundheit wird zusammenfassend dargestellt, dass dies auch für ältere und alte Menschen zutrifft; Menschen mit niedrigem Sozialstatus sind beispielsweise häufiger multimorbide und gebrechlich und nehmen das Gesundheitssystem anders in Anspruch als Menschen mit höherem sozialen Status (Beard et al. 2015).

Lampert et al. (2016) analysierten die Zusammenhänge auf Basis der zusammengefassten Daten der GEDA-Studien 2009, 2010 und 2012 für Personen ab 65 Jahren. Ihre Ergebnisse zeigen, dass es im höheren Lebensalter einen Zusammenhang zwischen dem selbsteingeschätzten Gesundheitszustand („mittelmäßig“, „schlecht“ oder „sehr schlecht“), gesundheitlich bedingten Aktivi-

tätseinschränkungen, der Verbreitung von chronischen Krankheiten und dem Sozialstatus gibt. Sowohl bei Frauen als auch bei Männern gilt, je niedriger der soziale Status ist, desto höher liegen die Prävalenzen einer mittelmäßigen bis sehr schlechten Gesundheit, gesundheitlich bedingten Aktivitätseinschränkungen und dem Vorliegen von chronischen Erkrankungen. Die Ergebnisse der GEDA-Studie zeigen darüber hinaus, dass die im mittleren Lebensalter stark ausgeprägte gesundheitliche Ungleichheit im höheren Lebensalter fortbesteht, allerdings gibt es Hinweise auf eine Verringerung der gesundheitlichen Ungleichheit bei Männern.

WOHNEN UND UMWELT UND DER EINFLUSS AUF DIE GESUNDHEIT

Im Kapitel 3 des Gesundheitsberichts für Deutschland wird der Einfluss von Wohnen und Umwelt auf die Gesundheit dargestellt (RKI 2015). Der Überblick fasst zusammen, dass sowohl die Einhaltung baulicher Mindestanforderungen (ausreichende Größe der Wohnung, Heizung, Beleuchtung, Lüftung und sanitäre Anlagen) als auch gesundheitliche Belastungen aus dem Wohnumfeld bedeutsam sind. Zu den gesundheitlichen Belastungen aus dem Wohnumfeld zählen Außenluft (Feinstaub, Stickstoffdioxid aus Straße, Industrie, Landwirtschaft), Lärm (Straßenverkehr, Gewerbe, Nachbarn), Strahlung (UV-Licht, Radioaktivität) und Innenraumluft (Schimmelpilze). Zur Analyse dieser Faktoren werden Daten des Luftmessnetzes des Umweltbundesamtes (UBA) sowie Ergebnisse der vom UBA regelmäßig durchgeführten Repräsentativerhebung "Umweltbewusstsein in Deutschland" und Daten zur Wohnqualität aus den Surveys des RKI genutzt. Bisher wurden keine Ergebnisse speziell für die Altersgruppe ab 65 Jahren vorgelegt, bisherige Analysen nach Altersgruppen zeigen allerdings die Relevanz aller genannten Punkte für ein gesundes Altern auf.

RELEVANZ DER UMWELT FÜR ,GESUNDES ÄLTERWERDEN‘

Im Hinblick auf die gebaute Umgebung („built environment“) benennt Burton (2012) drei Ziele, die sowohl in der Forschung als auch in der Politik besondere Aufmerksamkeit erfahren haben:

- 1 Ältere und alte Menschen werden in ihrer Umgebung ermuntert, körperlich aktiv zu sein, das heißt die Wohnung zu verlassen und sich in der Nachbarschaft zu bewegen. Ältere gehen mehr aus ihrer Wohnung, wenn zum Beispiel die Bürgersteige eben und breit sind, es genügend Grünflächen gibt und Gegenstände des alltäglichen Bedarfs fußläufig erreichbar sind. Mit zunehmendem Alter gewinnt die nähere Wohnumgebung an Bedeutung für ältere und alte Personen, da sie aus den verschiedensten Gründen (Pflegen sozialer Kontakte, Aufstockung der Vitamin-D-Reserven, Muskelerhalt) das Haus verlassen und sich in der (näheren) Umgebung bewegen sollten.
- 2 Die Umwelt ist so gestaltet, dass sie Unabhängigkeit und Autonomie befördert und älteren und alten Menschen ermöglicht, so lange wie möglich in ihrer eigenen Wohnung zu verbleiben, sofern sie das wünschen. Dies fördert einerseits Wohlbefinden und Gesundheit und verringert kurzfristige Nachfragen nach Pflegeheimplätzen.
- 3 Die Umgebung kann darüber hinaus auch dazu beitragen, Symptome von Demenz wie beispielsweise Unruhe, Verwirrtheit oder Schlaflosigkeit zu mildern. Eine Demenz-freundliche Umgebung wird zunehmend auch in Pflegeeinrichtungen angestrebt. Hier können Faktoren wie Farbgebung, klare Kontrastierung zwischen Boden, Wänden und Mobiliar und Beleuchtung Personen unterstützen, sich zurechtzufinden.

Eine altersgerechte Umwelt spielt also eine wichtige Rolle, um so lange wie möglich in der gewohnten Wohnumgebung bleiben zu können. Mit Aufzügen, Rampen, Handläufen oder Treppenlifts sind Wohnungen auch für gehbeeinträchtigte Personen bewohnbar. Im öffentlichen Raum sind ausreichend Bänke und öffentliche Toiletten hilfreich.

In Deutschland wurde der Frage nach der Schaffung eines altersgerechten Wohnumfelds im Rahmen eines interdisziplinären Workshops nachgegangen, mit dem Fazit, dass zur Schaffung eines seniorenfreundlichen Wohnumfelds ein breites Spektrum an Maßnahmen erforderlich ist, welche sowohl Unterstützung beim Abbau physischer Barrieren geben sowie Programme zur Förderung des Miteinanders anstoßen (Strobl et al. 2014). Auch der WHO-Report (Beard et al. 2015: 64) weist auf die Bedeutung der Wohnumgebung hin. So wird in Bezug auf Stürze betont, dass zur Prävention die Gestaltung des Wohnumfeldes eine ausschlaggebende Rolle spielt. In Wohnungen selbst können beispielsweise rutschige Bodenbeläge, unzureichende Beleuchtung, Hindernisse oder lose Teppiche und Kabel Stürze nach sich ziehen, dazu kommen im Wohnumfeld ungeeignete Treppen, holprige Gehwege oder schwer überwindbare Schwellen an Ein- oder Ausgängen.

Die Mehrzahl der Älteren möchte so lange wie möglich in der eigenen Wohnung bleiben und die vertraute Wohnumgebung nicht verlassen („ageing in place“) (Beard et al. 2015: 106). Hierdurch können sie einerseits Freundschaften und Bekanntschaften pflegen, die im Bedarfsfall ein unterstützendes Netzwerk bilden, zusätzlich können professionelle Unterstützungsleistungen den Verbleib in der eigenen Wohnung ermöglichen.

grafischen Wandels weiterhin von hoher Bedeutung für das Gesundheitsmonitoring in Deutschland und die betroffenen Altersgruppen sein.

So wird beispielsweise derzeit eine Studie durchgeführt, die ein Rahmenkonzept zur Erweiterung des Indikatoren-gestützten Gesundheitsmonitorings für die Bevölkerung ab 65 Jahren entwickelt (Improving Health Monitoring in Old Age (IMOA)) (Grube et al. 2017). Auch wird das Monitoring chronischer Erkrankungen in Richtung einer Surveillance (kontinuierliche Überwachung von Erkrankungsfällen) ausgebaut, wie es am Beispiel der Diabetes-Surveillance derzeit geleistet wird (Gabrys et al. 2017; Schmidt et al. 2017).

Darüber hinaus beteiligt sich das RKI an der Europäischen Gesundheitsumfrage (EHIS). In GEDA 2014/2015 wurde der vollständige EHIS-Fragebogen integriert, der unter anderem auch einen Fragebogenteil zu Einschränkungen des täglichen Lebens enthält. Hierüber sind erstmals zwischen den Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) vergleichbare Gesundheitsdaten verfügbar (Saß et al. 2017).

Im aktuellen Strategiepapier des RKI „RKI 2025: Evidenz erzeugen – Wissen teilen – Gesundheit schützen und verbessern“ (RKI 2017) wird ‚Healthy Ageing‘ als eines der Themen benannt, denen sich das RKI als Public Health-Institut in Zukunft widmen wird. ‚Healthy Ageing‘ soll kontinuierlich und über die Abteilungsgrenzen hinweg in der Arbeit des RKI berücksichtigt werden. Auf dieser Basis ist es möglich, gesundheitsrelevante gesellschaftliche Veränderungen und deren Ursachen beschreiben und Handlungsempfehlungen ableiten zu können. ●

AUSBLICK

In künftigen Studien des RKI werden nicht alle der genannten Faktoren erhoben werden können; das Thema ‚Healthy Ageing‘ wird allerdings vor dem Hintergrund des demo-

LITERATUR

- Beard J, Officer A, Cassels A (2015): World report on ageing and health. World Health Organization. Geneva.
- Burton E (2012): Streets ahead? The role of the built environment in healthy ageing. Perspectives in public health 132 (4): 161–162.
- Buttery A K, Busch M A, Gaertner B et al. (2015): Prevalence and correlates of frailty among older adults: findings from the German health interview and examination survey. BMC Geriatr 15: 22.
- Fried L, Tangen C, Walston J et al. (2001): Frailty in older adults: evidence for a phenotype. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56: M146–M156.
- Fuchs J, Busch M, Lange C et al. (2012): Prevalence and patterns of morbidity among adults in Germany. Results of the German telephone health interview survey German Health Update (GEDA) 2009. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 55 (4): 576–586.
- Fuchs J, Scheidt-Nave C, Gaertner B et al. (2015): Frailty in Deutschland: Stand und Perspektiven. Z Gerontol Geriatr: 1–9.
- Gabrys L, Schmidt C, Heidemann C et al. (2017): Diabetes-Surveillance in Deutschland – Hintergrund, Konzept, Ausblick. Journal of Health Monitoring 2 (1).
- Gaertner B, Seitz I, Fuchs J et al. (2016): Baseline participation in a health examination survey of the population 65 years and older: who is missed and why? BMC Geriatrics 16 (1): 1–12.
- Grube M, Fuchs J, Meyer G et al. (2017): Entwicklung eines Rahmenkonzepts für ein Public-Health-Monitoring der Bevölkerung ab 65 Jahren. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 60 (8): 879–882.
- Holzhausen M, Fuchs J, Busch M A et al. (2011): Operationalizing multimorbidity and autonomy for health services research in aging populations - the OMAHA study. BMC Health Serv Res 11.
- Krug S, Jordan S, Mensink G B M et al. (2013): Körperliche Aktivität. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 56 (5): 765–771.
- Kuhlmey A (2006): Gesundes Altern – geht das? Gesundheit und Gesellschaft Wissenschaft (GGW) 1: 7–13.
- Kurth B-M (2012): Das RKI-Gesundheitsmonitoring – was es enthält und wie es genutzt werden kann. In: Public Health Forum. 20: 4.
- Lampert T, Hoebel J, Kuntz B et al. (2016): Gesundheitliche Ungleichheit im höheren Lebensalter. Robert Koch-Institut. GBE kompakt. 7 (1). Berlin.
- Lefevre T, d'Ivernois J F, De Andrade V et al. (2014): What do we mean by multimorbidity? An analysis of the literature on multimorbidity measures, associated factors, and impact on health services organization. Revue d'epidemiologie et de sante publique. 62 (5): 305–314.
- RKI – Robert Koch-Institut (2017): RKI 2025. Evidenz erzeugen – Wissen teilen – Gesundheit schützen. Berlin.
- RKI – Robert Koch Institut (Hrsg) (2016): Prävalenz von körperlicher Gebrechlichkeit (Frailty). Faktenblatt zu DEGS1: Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (2008 – 2011). Berlin.
- RKI – Robert Koch-Institut (2015): Gesundheit in Deutschland, Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. Berlin.
- Ruscher C, Kraus-Haas M, Nassauer A et al. (2015): Healthcare-associated infections and antimicrobial use in long term care facilities (HALT-2). Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 58 (4): 436–451.
- Saß A-C, Lange C, Finger J D et al. (2017): „Gesundheit in Deutschland aktuell“ – Neue Daten für Deutschland und Europa. Hintergrund und Studienmethodik von GEDA 2014/2015-EHIS. Journal of Health Monitoring. 2 (1).
- Schmidt C, Bätzing-Feigenbaum, J, Bestmann, A et al. (2017): Integration von Sekundärdaten in die Nationale Diabetes-Surveillance: Hintergrund, Ziele und Ergebnisse des Sekundärdaten-Workshops am Robert Koch-Institut. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 60 (6): 656–661.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Natürliche Bevölkerungsbewegung 2014. Fachserie 1 Reihe 1.1. <https://www.destatis.de>. (Zugriff am: 15.05.2017).
- Strobl R, Maier W, Mielck A et al. (2014): Wohnumfeld - Stolperstein oder Weg zum gesunden Altern? – Ergebnisse der Augsburger Regionalkonferenz „Wohnumfeld, Alter und Gesundheit“. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz (9): 1120–1126.
- Thißen M, Niemann H (2016): Wohnen und Umwelt – Ergebnisse aus dem bundesweiten Gesundheitsmonitoringsystem des Robert Koch-Instituts. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst. (2): 18–29.
- Wischnewski N, Mielke M, Wendt C (2011): Health-care-associated infections in long-term care facilities (HALT). Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 54 (11): 1147.

WHO – Weltgesundheitsorganisation (2015): Weltbericht über Altern und Gesundheit. Zusammenfassung. WHO/FWC/ALC/1501. Geneva: 32.

ZfKD – Zentrum für Krebsregisterdaten im Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2016): Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland 2016. Berlin.

KONTAKT

Dr. Judith Fuchs
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
FG 25, Körperliche Gesundheit
Postfach 65026 I
13302 Berlin
E-Mail: fuchsj[at]rki.de

[RKI]

Wiederverwendung von behandeltem Abwasser – Was plant die EU?

Reuse of treated wastewater – what are the EU's plans?

MANUELA HELMECKE,
REGINE SZEWZYK

ZUSAMMENFASSUNG

Die Wiederverwendung von behandeltem Abwasser wird schon heute in Ländern und Regionen mit Wasserknappheit praktiziert. Gegenwärtig erarbeitet die Europäische Kommission EU-weite Mindestanforderungen für die landwirtschaftliche Bewässerung und Grundwasseranreicherung mit behandeltem Abwasser. Die Gemeinsame Forschungsstelle der EU (Joint Research Centre, JRC) wurde mit der Erstellung eines technischen Berichts beauftragt, der die Grundlage für einen Regelungsvorschlag darstellen wird. Der aktuelle Entwurf adressiert allerdings bisher nicht ausreichend die Umwelt- und Gesundheitsrisiken, die sich durch im behandelten Abwasser befindliche Krankheitserreger und Schadstoffe ergeben können, und wird somit dem Anspruch, eine sichere Wasserwiederverwendung zu gewährleisten, nicht gerecht. Betrachtet man das schon heute bestehende europäische Regelwerk und den unterschiedlichen Bedarf für die Nutzung von behandeltem Abwasser in den Mitgliedstaaten, erscheint eine verbindliche EU-Regelung für die Wasserwiederverwendung nicht gerechtfertigt.

ABSTRACT

The use of treated wastewater is already practiced in various countries facing water scarcity. Currently the European Commission is working on EU-wide minimum requirements for agricultural irrigation and aquifer recharge with treated wastewater. The Joint Research Centre (JRC) has been tasked with the development of a technical report that will serve as a basis for a regulation proposal. However, the current draft does not yet adequately address environmental and health risks that can result from pathogens and pollutants present in treated wastewater and does therefore not fulfill its claim to ensure safe water reuse. Considering the already existing EU legislation and the different needs of member states to use treated wastewater, a binding EU regulation for water reuse does not seem justified.

EINLEITUNG

Die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser („water reuse“) steht gegenwärtig sowohl international als auch in der EU weit oben auf der Agenda. So betont der diesjährige Weltwasserbericht „Abwasser, die ungenutzte Ressource“ die Potenziale der Abwassernutzung – als Wasserressource, Nährstoff- und Energiequelle (UN-ESCO 2017). Das UN-Nachhaltigkeitsziel

(sustainable development goal) 6.3 sieht neben einer „beträchtliche[n] Steigerung der Wiederaufbereitung“ eine Verbesserung der „gefahrlosen Wiederverwendung weltweit“ vor (UN 2015) und auch die diesjährige Stockholm Water Week widmete sich der Thematik (SIWI 2017).

Innerhalb der EU soll die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser durch die Festschreibung von Mindestanforderungen gefördert werden (Details s.u.).



Ungeachtet dessen ist die Aufbereitung und Verwendung von Abwasser in einigen Regionen der Welt schon lange gängige Praxis. Mögliche Anwendungen erstrecken sich von der Bewässerung in der Landwirtschaft, in urbanen Bereichen (z.B. Straßenreinigung, Parkbewässerung) über industrielle Anwendungen, die Grundwasseranreicherung zur Speicherung für eine spätere Nutzung oder als Barriere gegen Salzwasserintrusion bis hin zu einer Stützung der Trinkwasserversorgung.

Durch die Nutzung von aufbereitetem Abwasser für Zwecke, die keine Trinkwasserqualität erfordern, können Frischwasserressourcen für qualitativ höherwertige Bedarfe erhalten werden. Am weitesten verbreitet ist die Nutzung von aufbereitetem Kommunalabwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung. Aufgrund der kontinuierlichen Verfügbarkeit von Abwasser stellt diese Wasserquelle vor allem in semi-ariden und ariden

Regionen eine zuverlässige Alternative zum vergleichsweise unzuverlässigen Niederschlag dar und trägt somit zu einer Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion bei.

Eines der führenden Länder in diesem Verfahren ist Israel, wo schon seit den 1950er Jahren Abwasser für eine weitere Nutzung recycelt wird. Rund 75–80 Prozent des Abwassers werden dort aufbereitet und decken über die Hälfte des landwirtschaftlichen Bedarfs (Tal 2013). Auch in den USA, vor allem in Kalifornien, und Australien bestehen langjährige Erfahrungen im Bereich der Wasserrückverwendung für die Bewässerung von Grünflächen und Landwirtschaft sowie der Grundwasseranreicherung (Lazarova et al. 2013). Mit Windhoek, Namibia, besteht seit 1969 ein Beispiel für eine Aufbereitung für Trinkwasserzwecke (WHO 2017).

Innerhalb der EU ist Spanien mit über 500 Millionen Kubikmetern pro Jahr das Land

FOTO
Umweltbundesamt

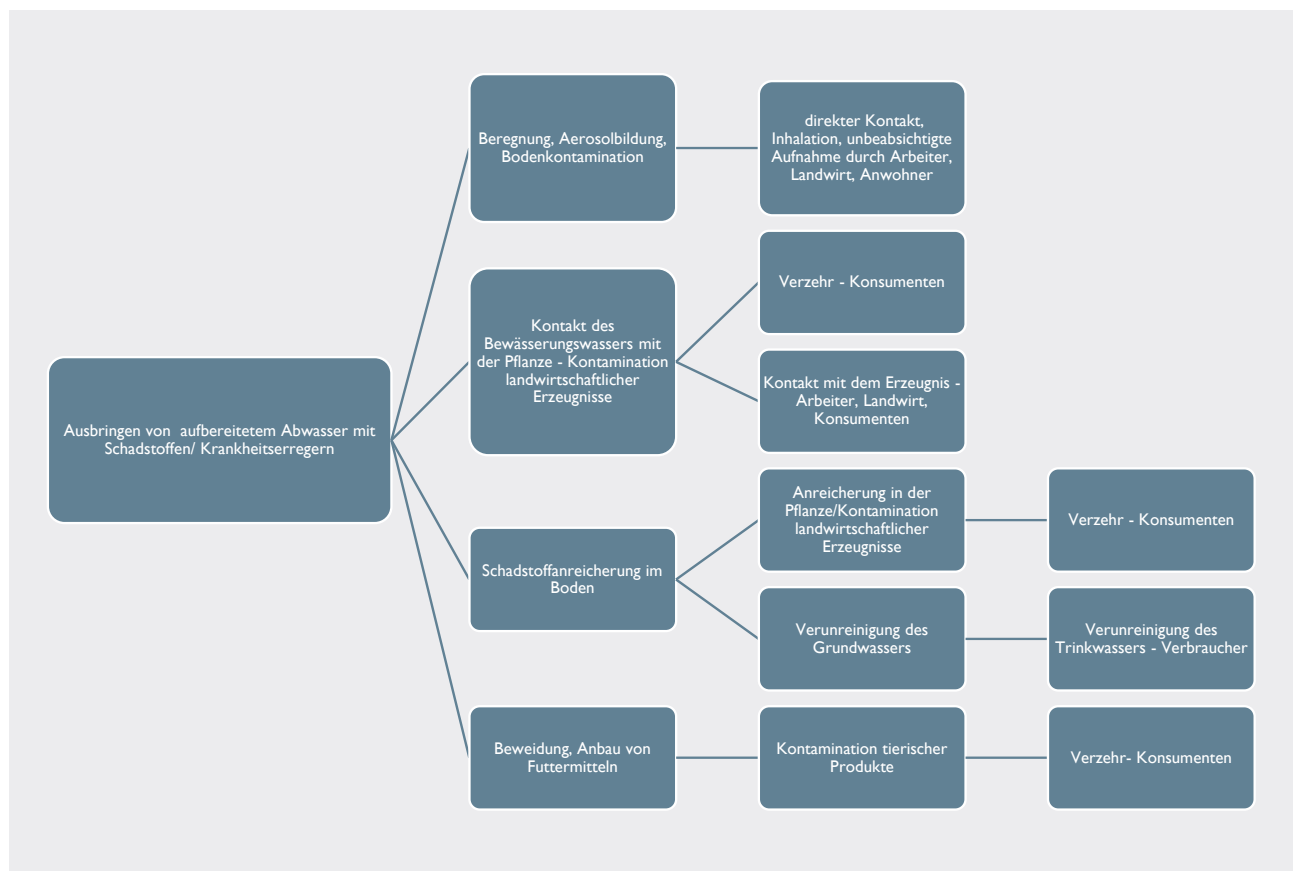
mit der größten Menge an aufbereitetem Abwasser, das einer weiteren Nutzung zugeführt wird (BIO 2015). Ebenso besteht diese Praxis in Portugal, Italien, Griechenland, Zypern und Frankreich – in unterschiedlichem Umfang und für verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, die in nationalen Gesetzen beziehungsweise Normen geregelt sind (JRC 2014; Bixio, Wintgens 2006; Lazaro et al. 2013). Darüber hinaus bestehen auch außerhalb der mediterranen Mitgliedsstaaten Erfahrungen. Zum Beispiel werden in Torreele, Belgien, 2,5 Millionen Kubikmeter pro Jahr aufwendig aufbereitetes Abwasser zur Grundwasseranreicherung für die indirekte Trinkwassergewinnung genutzt (BIO 2015; van Houtte et al. 2012).

In Deutschland wird aufbereitetes Abwasser in Wolfsburg und Braunschweig genutzt – eine Praxis die dort historisch gewachsen ist. Heute werden in Braunschweig zwei Drittel des im Klärwerk Steinhof aufbereiteten

Abwassers, circa 15 Millionen Kubikmeter pro Jahr, auf landwirtschaftlichen Flächen verregnet (Abwasserverband Braunschweig 2017). In Wolfsburg wird behandeltes nährstoffreiches Abwasser im Sommer für die Bewässerung und im Winter nährstoffarmes Wasser zur Grundwasseranreicherung genutzt (Wolfsburger Entwässerungsbetriebe 2017). An beiden Standorten werden Energie- und Nutzpflanzen (z.B. Zuckerrüben, Mais, Getreide, Raps) angebaut.

Neben dieser geplanten Wiederverwendung gibt es auch eine sogenannte indirekte, ungeplante Wiederverwendung zum Beispiel in urbanen Wasserkreisläufen bei der Trinkwassergewinnung aus mit Abwasser beeinträchtigten Oberflächenwässern. So wird bei der Uferfiltration (z.B. Berlin, Ruhrgebiet, Hessisches Ried) durch Förderbrunnen am Ufer Rohwasser gefördert, das abwasserbürftige mikrobielle und chemische Schadstoffe enthalten kann (Rice et al. 2015).

ABBILDUNG I
 Mögliche Expositionspfade für Mensch und Umwelt bei landwirtschaftlicher Bewässerung mit aufbereitetem Abwasser (nach Seis et al. 2016).



RISIKEN DURCH WASSER- WIEDERVERWENDUNG

Ungeachtet der möglichen Vorteile birgt die Nutzung von behandeltem Abwasser Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Schadstoffe und Krankheitserreger, die bei der Abwasseraufbereitung nicht oder unvollständig entfernt werden, werden bei der Bewässerung und Grundwasseranreicherung flächenhaft in die Umwelt ausgebracht und können zu Verunreinigungen des Bodens, des Grundwassers sowie der Oberflächengewässer führen. Durch den Kontakt mit dem Wasser, dem bewässerten Boden oder den bewässerten Produkten sowie durch eine mögliche Beeinträchtigung des Trinkwassers sind das Betriebspersonal, Landwirte, Anwohner, die Öffentlichkeit, Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Nutztiere potenziell betroffen (ABBILDUNG 1).

Relevante abwasserbürtige Schadstoffe sind Metalle, Nährstoffe, Salze und ihre Ionen, organische Stoffe (Mikroverunreinigungen) einschließlich der Rückstände von Arzneimitteln, Chemikalien, Bioziden und entstehende Metabolite/Transformationsprodukte. Außerdem finden sich im Abwasser potenzielle Krankheitserreger (Viren, Parasiten, Bakterien) für Mensch und Tier.

Entsprechend des Aufbereitungsniveaus unterschieden sich die resultierenden Risiken für Umwelt und Gesundheit. Die in Deutschland übliche Abwasseraufbereitung (3. Reinigungsstufe) ist nicht für die Elimination von organischen Schadstoffen und Krankheitser-

regern optimiert. Unabhängig von einer weiteren Nutzung des behandelten Abwassers bestehen daher Empfehlungen, Kläranlagen, unter anderem solche, die in Gewässer mit sensiblen Nutzungen – wie Badegewässer oder Trinkwasserressourcen – einleiten, mit einer weitergehenden vierten Reinigungsstufe nachzurüsten (UBA 2015).

Auch die Art der Bewässerung (u.a. der Kontakt des Wassers mit der Pflanze, Menge und Dauer der Bewässerung), die Herkunft und Zusammensetzung des Abwassers, ebenso wie Bodeneigenschaften und klimatische Bedingungen haben einen Einfluss auf die Risiken für Umwelt und Gesundheit.

ANFORDERUNGEN FÜR DIE WASSERWIEDER- VERWENDUNG

Um bestehende Risiken für Umwelt und Gesundheit von Mensch und Tier zu verhindern, bestehen internationale (z.B. WHO 2006; ISO 16075) und nationale Regelwerke (z.B. US EPA 2012; NHMRC 2006). Innerhalb der EU haben bisher sechs Mitgliedstaaten Regelungen für die Wasserwiederverwendung erlassen (TABELLE 1) (BIO 2015).

In Deutschland gibt es keine gesetzlichen Vorgaben für die Wasserwiederverwendung. In DIN-Normen sind Toleranzbereiche verschiedener Metalle und Halbmetalle für Bewässerungswasser (DIN 19684-10) und Anforderungen für hygienische Belange von Bewässerungswasser (DIN 19650) festge-

TABELLE 1
Beispiele internationaler
Richtlinien und nationaler
Regelungen für die Was-
serwiederverwendung.

BEREICH	RICHTLINIE/REGELUNG
WHO	Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater (2006) Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta (2016) Potable reuse: Guidance for producing safe drinking-water (2017)
ISO	ISO 16075 „Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects“ (Teil 1-4) (weitere in Bearbeitung)
Australien	National Guidelines for water recycling: managing health and environmental risks (NHMRC 2006)
USA	EPA: Guidelines for Water Reuse (2012) Kalifornien: Regulations Related to Recycled Water (2009) (Title 22)
EU	Spanien, Zypern, Italien, Griechenland, Frankreich, Portugal

EIGNUNGSKLASSE (EK)	ANWENDUNG	INTESTINALE ENTEROKOKKEN KOLONIEZAHL PRO 100 ML	E. COLI-KOLONIEZAHL PRO 100 ML
EK 1 ^{1),2)} (Trinkwasser)	alle Gewächshaus und Freilandkulturen	Nicht nachweisbar	Nicht nachweisbar
EK 2 ^{1),2),3)}	Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr, öffentliche Parkanlagen	< 100	< 200
EK 3 ^{1),2),3)}	Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr (Gemüse und Obst), Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland oder Grünlandpflanzen bis 2 Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung	< 400	< 2.000
EK 4 ^{3),4)}	Wein und Obstkulturen zum Frostschutz, Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung Futter zur Konservierung bis 2 Wochen vor der Ernte	Abwasser, das mindestens eine biologische Reinigungsstufe erfahren hat.	

- 1) Salmonellen: nicht nachweisbar in 1.000 ml.
- 2) potenziell infektiöse Stadien von Mensch- und Haustierparasiten pro 1.000 ml: nicht nachweisbar (Untersuchung nur bei Verdacht nach Anordnung).
- 3) Wenn durch das Bewässerungsverfahren eine Benetzung der zum Verzehr geeigneten Teile der Ernteprodukte ausgeschlossen ist, entfällt eine Einschränkung nach hygienisch-mikrobiologischen Eignungsklassen.
- 4) Bei der Beregnung muss durch Schutzmaßnahmen sichergestellt werden, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen.

TABELLE 2
Beispiele für hygienisch-mikrobiologische Anforderungen an Bewässerungswasser für verschiedene Anwendungen nach DIN 19650 (Auszug).

halten, die auch für Bewässerungswasser aus aufbereitetem Abwasser herangezogen werden können.

Wie auch in entsprechenden Regelwerken anderer Länder, unterscheidet die DIN 19650 Eignungsklassen entsprechend der vorgesehenen Anwendung (siehe **TABELLE 2**) für die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen).

WAS PLANT DIE EU ZUR FÖRDERUNG VON WASSER-WIEDERVERWENDUNG?

Bis Ende 2017 möchte die Europäische Kommission (KOM) im Rahmen des Aktionsplans der EU für die Kreislaufwirtschaft (COM(2015)614) EU-weite Mindestanforderungen für die landwirtschaftliche Bewässerung erstellen und – wenn möglich – als verbindliche europäische Verordnung auf den Weg bringen.

Diese Bestrebungen gehen auf den 2012 veröffentlichten „Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen“ zurück, in dem die KOM „Wasserwiederverwendung für Bewässerungs- und industrielle Zwecke“ als Maßnahme zur verbesserten Wasserversorgung in der EU identifizierte (COM (2012)673 final, S.16). In diesem Dokument wurde die Notwendigkeit für gemeinsame EU-Umwelt- und Gesundheitsstandards festgehalten, die dazu beitragen sollen, die Wasserwiederverwendung zu fördern und „potenzielle Hindernisse im freien Verkehr mit Agrarerzeugnissen“ abzubauen (ebd.).

Die Gemeinsame Forschungsstelle der EU (Joint Research Centre, JRC) wurde mit der Erstellung eines technischen Berichts beauftragt, der die Grundlage für einen Regelungsvorschlag für EU-Mindestanforderungen darstellen wird. Der aktuelle Entwurf (JRC 2017) beinhaltet eine Zusammenstellung der minimalen Anforderungen, die sich in den bestehenden Regelwerken der

EU-Mitgliedstaaten oder in internationalen Richtlinien finden. Eine Ableitung von einheitlichen europäischen Anforderungen auf Grundlage einer Risikoabschätzung für den EU-Kontext erfolgte nicht. Im Ergebnis werden für vier Parameter (*E. Coli*, BSB5, Suspensierte Schwebstoffe, Trübung) EU-einheitliche Grenzwerte, differenziert nach Nutzungskategorien, vorgeschlagen. Ein Teil der vorgeschlagenen Grenzwerte entspricht lediglich denen der EU-Kommunalabwasserrichtlinie (91/271/EWG).

Für weitere physiko-chemische Parameter wird eine Festlegung von Anforderungen durch die Mitgliedstaaten infolge eines standortbezogenen Risikomanagementansatzes empfohlen. Allerdings enthält der bisher vorliegende Entwurf keine Vorgaben zur Durchführung einer Risikobewertung und schafft daher keine Grundlage für ein einheitliches vergleichbares Vorgehen. Mit den bisher vorgeschlagenen Anforderungen wird der Bericht dem Anspruch, eine sichere Wasserwiederverwendung zu gewährleisten, nicht gerecht (EFSA 2017; SCHEER 2017; UBA 2017).

Mit Blick auf bestehende EU-Regelungen, den unterschiedlichen Bedarf für die Nutzung von behandeltem Abwasser innerhalb der EU und die verbleibenden Umwelt- und Gesundheitsrisiken ergibt sich die Frage nach dem Mehrwert einer verbindlichen EU-Regelung.

BESTEHENDE RELEVANTE EU-REGELUNGEN

Für den Schutz von Oberflächengewässern und Grundwasser besteht in der EU schon heute ein substanzielles europäisches Regelwerk. Prinzipien und Qualitätsziele zur Vermeidung und Minderung von Schadstoff- und Nährstoffeinträgen ergeben sich aus der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL – 2000/60/EG), der Grundwasserrichtlinie (GWRL – 2006/118/EG, verändert durch die Richtlinie 2014/80/EU), der Umweltqualitätsnormenrichtlinie (2008/105/EG, verändert durch die Richtlinie 2013/39/EU), der Kommunalabwasserrichtlinie (91/271/EWG), der

Nitratrichtlinie (91/676/EWG) und der Badegewässerrichtlinie (76/160/EWG). Für die Wasserwiederverwendung sind dabei vor allem folgende Regelungen zu beachten:

- das Verschlechterungsverbot für Grundwasser und Oberflächengewässer (Artikel 4 WRRL),
- die EU-weiten Qualitätsnormen sowie die national festgelegten Schwellenwerte für Grundwasser (Anhang I und II GWRL),
- das Verbot einer direkten Einleitung von Schadstoffen des Anhangs VIII der WRRL in das Grundwasser (Artikel 11.3(j) WRRL und Artikel 6 GWRL) – dies beinhaltet unter anderem Stoffe mit karzinogenen oder mutagenen Eigenschaften, solche mit endokriner Wirkung sowie persistente und bioakkumulierende organische toxische Stoffe. Dies ist vor allem bei der direkten Einleitung von behandeltem Abwasser in den Grundwasserkörper zu beachten – eine Ausnahme der Regelung ist nur in sehr begrenzten Fällen möglich.
- die Anforderungen an Einleitungen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen entsprechend Anhang I, Tabelle 1 sowie Tabelle 2 für empfindliche Gebiete der Kommunalabwasserrichtlinie,
- die Regeln der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft (Anhang II) und zu ergreifende Maßnahmen (Anhang III) für die Sicherstellung einer angepassten Düngung entsprechend der Nitratrichtlinie.

Darüber hinaus bestehen im Bereich des Lebensmittelrechts Verordnungen über die Lebensmittelhygiene (853/2004/EG) und zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (1831/2003/EG) sowie ein Leitfaden zur Eindämmung mikrobiologischer Risiken durch gute Hygiene bei der Primärproduktion von frischem Obst und Gemüse (2017/C 63/01).

KEIN FLÄCHENDECKENDER BEDARF IN DER EU

Während Wasserwiederverwendung in Ländern und Regionen mit Wasserknappheit eine wertvolle alternative Wasserressource darstellen kann, können in Ländern mit ausreichendem Wasserangebot die Risiken, Kosten und der Aufwand für die nötige Infrastruktur und Regelungen den Nutzen übersteigen. Grundsätzlich gebührt Wassereffizienzmaßnahmen der Vorrang zur Verhinderung von Wasserknappheit.

In Deutschland werden gegenwärtig nur 13 Prozent des verfügbaren Wasserdargebots überhaupt genutzt. Nur 1,5 Prozent davon werden für die Bewässerung eingesetzt. Eine Analyse des gegenwärtigen und zukünftigen Bewässerungsbedarfs kommt zu dem Ergebnis, dass kein flächendeckender Bedarf für die Nutzung von behandeltem Abwasser besteht (Seis et al. 2016).

Durch die potenziell im Abwasser verbleibenden Schadstoffe und Krankheitserreger ergeben sich bei der Verwendung von aufbereitetem Abwasser Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt, die in dem oben genannten Entwurf des JRC nicht ausreichend adressiert sind.

Dementsprechend sollte auch in Zukunft jedem Mitgliedstaat die grundsätzliche Entscheidung über den Einsatz der Wasserwiederverwendung und die Möglichkeit zur Festsetzung strengerer Anforderungen vorbehalten bleiben.

RISIKO: KRANKHEITSERREGER

Trotz einer Abwasseraufbereitung können sich Bakterien, Viren und Parasiten im behandelten Abwasser befinden. Das größte Risiko für die menschliche Gesundheit stammt von Pathogenen, die für eine lange Zeit überleben können und schon in kleinen Dosen Krankheiten auslösen können. Dies ist bei einigen Parasiten (z.B. *Giardia*, *Cryptosporidium*) und Viren (z.B. Rota-, Norovirus) der Fall. Insbesondere Viren stellen auch bei der Grundwasseranreicherung eine bedeutende

Gefährdung für die menschliche Gesundheit dar. Die Entfernung von Viren in der Bodenpassage ist aufgrund ihrer geringen Größe stark von den Standortfaktoren abhängig.

In den bestehenden Regelungen (TABELLE 1) für Wasserwiederverwendung ist *Escherichia coli* ein gängiger mikrobieller Parameter für die Bewertung der Wasserqualität. Allerdings genügt *E. coli* aufgrund der geringen Persistenz (vor allem bei Desinfektionsmaßnahmen) und der vergleichsweise geringen Überlebensfähigkeit im Boden und in Gemüse nicht als Indikator für die sichere Wasserwiederverwendung.

Zur Gewährleistung des Gesundheitsschutzes ist auch ein Monitoring oder zumindest eine Risikoabschätzung für Viren und Protozoen nötig. Wenn Desinfektion oder Filtration bei der Wasseraufbereitung zum Einsatz kommen, bedarf es einer Berücksichtigung von Indikatoren für Protozoen (z.B. *Clostridium perfringens*) beziehungsweise Viren (z.B. somatische Coliphagen oder F-spezifische Phagen) in Ergänzung zu *E. coli*, um die Aufbereitungsleistung zu bewerten.

RISIKO: MIKROVERUNREINIGUNGEN

Nicht alle Mikroverunreinigungen, wie zum Beispiel Arzneimittelrückstände, werden in konventionellen Kläranlagen effektiv entfernt, können aber schon in geringen Konzentrationen (einige Mikro- bis Nanogramm pro Liter) negative Auswirkungen für die aquatische Umwelt hervorrufen. Durch die Verwendung von behandeltem Abwasser können Stoffe über die Bodenpassage in das Grundwasser gelangen und dort eine potenzielle Gefährdung für das Trinkwasser darstellen (z.B. Heberer, Adam 2004; Christou et al. 2017).

Besonders besorgniserregend sind dabei Substanzen, die persistent, bioakkumulierend und toxisch oder persistent, mobil und toxisch sind, ebenso wie solche, die sehr persistent und sehr bioakkumulierend oder endokrin wirksam sind.

Verschiedene Forschungsergebnisse belegen, dass infolge der Bewässerung mit be-

handeltem Abwasser Rückstände von Arzneimitteln, die während der Bodenpassage nicht absorbiert oder abgebaut werden, das Grundwasser erreichen. Dazu zählen Carbamazepin und Sulfamethoxazol (POSEIDON 2004; Ternes et al. 2007; Avisar et al. 2009). Bei Untersuchungen an den Standorten Braunschweig und Wolfsburg wurden Überschreitungen von einzelstoffspezifischen gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) (v.a. Antiepileptika und Röntgenkontrastmittel) festgestellt (NLWKN 2014 und 2017).

Auch eine Anreicherung von Arzneimitteln in Pflanzen ist durch verschiedene internationale Studien belegt (Shenker et al. 2011; Riemenschneider et al. 2017; Carter et al. 2014). Ein Gesundheitsrisiko durch den Verzehr der Pflanzen mit entsprechenden Rückständen wurde in diesen Untersuchungen bisher nicht erkannt, da die festgestellten Mengen jeweils deutlich unter der medizinisch wirksamen Dosis lagen. Allerdings ist für eine Risikobewertung auch die Berücksichtigung von Kumulation und Mischung verschiedener Rückstände und die toxikologische Relevanz von Metaboliten nötig (Shenker et al. 2011; Riemenschneider et al. 2017; Webb et al. 2003).

Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung sollten Mikroverunreinigungen berücksichtigen – durch ein Monitoring relevanter Indikatorsubstanzen und durch die Ableitung vorbeugender Grenzwerte entsprechend (öko-)toxikologischer Bewertungen. Das Konzept der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) (UBA 2003), welches im Trinkwasserbereich angewendet wird, kann für eine vorläufige Bewertung neuer Substanzen Orientierung geben.

RISIKO: ANTIBIOTIKARESISTENZEN

Die aquatische Umwelt spielt möglicherweise bei der Entwicklung von Antibiotikaresistenzen eine wichtige Rolle. Aktuelle Studien zeigen, dass antibiotikaresistente Bakterien in Abwasser und von Abwasser beeinflussten Oberflächengewässern zu finden sind (Rizzo et al. 2013; Rodriguez-Mozaz et al. 2015;

Zhang et al. 2014). Auch Antibiotika werden in geringen Konzentrationen in der Umwelt nachgewiesen. Gegenwärtig bestehen noch Unsicherheiten bezüglich des Verbleibs, dem Verhalten und möglichen Auswirkungen der Antibiotika und antibiotikaresistenten Bakterien (Christou et al. 2017).

Es besteht die Sorge, dass es durch die Verwendung von aufbereitetem Abwasser zu einer wachsenden Verbreitung von antibiotikaresistenten Bakterien und Resistenzgenen kommt. Ein entsprechendes Monitoring wäre daher ratsam.

RISIKO: PER- UND POLYFLUORIERTER ALKYLSTOFFE (PFAS)

PFAS weisen Eigenschaften auf, die ihre Eliminierung erheblich erschweren (z.B. Mobilität in Grund- und Oberflächenwässern, Persistenz und erschwerter Abbau in Böden). Mit den bisher bekannten Verfahrensstufen der Abwasserbehandlung werden kritische Stoffgruppenvertreter der PFAS nicht effizient entfernt (Thompson et al. 2011). Schadensfälle sind nach unkontrollierter Aufbringung von PFAS-haltigen Komposten, Klärschlämmen oder Biomasserückständen und Löschmitteleinsätzen bekannt. Aber auch kontaminiertes Wasser in der Beregnung landwirtschaftlicher Flächen kann zu großräumigen und flächenhaften Bodenverunreinigungen führen, indem langkettige PFAS-Verbindungen an der Bodenmatrix anhaften und dort akkumulieren. Untersuchungen bestätigen zudem eine Bioakkumulation von per- und polyfluorierten Chemikalien in Pflanzen (Blaine et al. 2014) infolge der Bewässerung mit aufbereitetem Abwasser.

Es bedarf Maßnahmen zur konsequenten Minderung/Substitution der PFAS-Belastung in behandelten Abwässern. Abwasser sollte bei Kenntnis einer möglichen PFAS-Belastung als für die Wiederverwendung ungeeignet eingestuft werden.

RISIKO: ÜBERSCHÜSSIGE NÄHRSTOFFE

Mit dem behandelten Abwasser werden auch Nährstoffe ausgebracht. Diese Nährstoffzufuhr über das behandelte Abwasser wird häufig als Vorteil für die landwirtschaftliche Beregnung betrachtet. Vor dem Hintergrund, dass in Deutschland circa 28 Prozent der Grundwassermessstellen, in deren Einzugsgebiet viele landwirtschaftliche Nutzungen vorkommen, den Schwellenwert für Nitrat von 50 Milligramm je Liter überschreiten (BMUB, BMEL 2016), ist ein Eintrag zusätzlicher Nährstoffe aber bedenklich.

Bei Einhaltung der in der deutschen Abwasserverordnung festgeschriebenen Anforderungen¹ an die Konzentrationen von Stickstoff und Phosphor im Kläranlagenablauf, können die im Bewässerungswasser verbleibenden Nährstoffe circa 10 Prozent des Nährstoffbedarfs der Pflanzen decken (Seis et al. 2016). Die aufgebrachten Nährstoffmengen sollten bei der Nährstoffbilanzierung berücksichtigt werden. Bei einem Verzicht auf die Stoffelimination im Klärwerk wird durch die kontinuierliche Nährstofffracht eine zeitlich angepasste, pflanzenbedarfsgerechte Düngung jedoch deutlich erschwert und mögliche Nährstoffüberschüsse können zu Grundwasserbelastungen führen.

Bei Grundwasseranreicherung mit aufbereitetem Abwasser sollten die Schwellenwerte der Grundwasserverordnung (entspricht N_{ges} -Konzentration von ca. 11 mg/l) zum Schutz des Grundwassers vorsorglich schon vor der Infiltration eingehalten werden.

BEDARF EINES SYSTEMATISCHEN UND UMFASSENDEN RISIKOMANAGEMENTSYSTEMS

Die beschriebenen potenziellen Risiken, die sich aus der Verwendung von behandeltem Abwasser ergeben können, variieren aufgrund zahlreicher Faktoren. Dies erfordert ein systematisches Risikomanagement, in dem mögliche Gefahren des geplanten Wasserwiederverwendungsvorhabens analysiert

und effiziente Maßnahmen zur Risikominimierung identifiziert werden. Eine mögliche Herangehensweise beschreibt das Handbuch für Sanitation safety planning der Weltgesundheitsorganisation (WHO 2016). Der WHO-Ansatz ermöglicht es, die potenziellen Gefahren in dem System zu analysieren, Risiken einzuschätzen, Maßnahmen für deren Beherrschung zu identifizieren und Monitoringkriterien abzuleiten. Damit kann der Erfolg der Kontrollpunkte für die Reduzierung, Vermeidung oder Entfernung der Gefahren überprüft werden.

Die Beschreibung des Risikomanagements ist unter anderem in den australischen Richtlinien (NHMRC 2006) sehr umfassend ausgeführt. Entsprechend sollte auch für die EU eine Anleitung für die Durchführung der Risikobewertung und des Risikomanagements erarbeitet werden und mit einem einheitlichen tolerablen Risikolevel in Einklang stehen, das mit Standards anderer EU-Richtlinien harmonisiert ist.

Neben angemessenen Qualitätsanforderungen bedarf es einer effizienten und zuverlässigen Risikominimierung durch multiple Barrieren an verschiedenen Ansatzpunkten in dem Gesamtsystem. Dieses schließt das Einzugsgebiet, die Wasseraufbereitung, die Wasserspeicherung und -verteilung sowie die landwirtschaftliche Praxis mit ein.

VORSORGE FÜR BODEN- UND GRUNDWASSERSCHUTZ

Böden haben eine bedeutende Funktion für den Rückhalt und Abbau von Schadstoffen und somit für den Grundwasserschutz. Diese Funktionen müssen erhalten werden, um den Durchbruch von Schadstoffen in das Grundwasser, die Anreicherung in Pflanzen sowie Risiken für die Bodenökologie zu vermeiden.

Das natürliche Abbau- und Rückhaltevermögen des Bodens variiert stark entsprechend verschiedener standortspezifischer Faktoren. So können Veränderungen der Redoxbedingungen (z.B. durch Nitrat) bei der Grundwasseranreicherung natürlich vorkommende toxische Stoffe wie Uran mobilisieren.

¹ Für die Größenklassen GK 4 und GK 5 liegen die Grenzwerte für Gesamt-Stickstoff N_{ges} bei 18 bzw. 13 mg/l und für Gesamt-Phosphor P_{ges} bei 2 bzw. 1 mg/l (AbwV, 2004).

Verallgemeinernde Annahmen über den Schadstoffabbau im Boden können daher nicht getroffen werden. Eine Risikobewertung und die Ableitung von Anforderungen bedürfen standortspezifischer Untersuchungen, die in der Festlegung maximal tolerabler Frachten verschiedener toxischer Chemikalien sowie regulärem Bodenmonitoring resultieren sollten.

Aufgrund der Abbau- und Rückhalteprozesse im Boden kommt der Bodenpassage bei der Grundwasseranreicherung eine erhebliche Bedeutung zu. Eine Anreicherung ohne Bodenpassage (direkte Injektion) bringt ungleich höhere Risiken mit sich und sollte für Deutschland nicht in Betracht gezogen werden. Dies entspricht dem in der bestehenden EU-Regelung festgeschriebenen Verbot eines direkten Schadstoffeintrags in das Grundwasser.

NOTWENDIGKEIT ANSPRUCHSVOLLER ABWASSERAUFBEREITUNG

Eine Abwasseraufbereitung entsprechend der geltenden Kommunalabwasser-Richtlinie setzt mindestens eine zweite Reinigungsstufe voraus. Dies ist allerdings eindeutig nicht ausreichend für eine sichere Wasserwiederverwendung. Auch mit einer dritten Reinigungsstufe, wie in Deutschland üblich, werden Mikroverunreinigungen und Krankheitserreger nicht ausreichend entfernt. Das so aufbereitete Abwasser würde die Hygieneanforderungen für die Bewässerung von Lebensmitteln entsprechend der DIN 19650 (TABELLE 2) nicht einhalten (Seis et al. 2016).

Daher ist eine weitergehende Abwasserbehandlung nötig, um den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit zu gewährleisten. Für die Entfernung von Mikroverunreinigungen können Aktivkohle und Ozon zum Einsatz kommen. Verfahren für die Desinfektion umfassen beispielsweise UV-Strahlung, Ozonung und Mikro- sowie Ultrafiltration. Aufgrund von toxischen Desinfektionsnebenprodukten kann Chlorung nicht empfohlen werden. Aber auch bei anderen Desinfektionsverfahren muss die Bildung

von toxischen Transformationsprodukten in die Risikoabschätzung einbezogen werden.

FAZIT

Bei der Wiederverwendung von behandeltem Abwasser liegen umfangreiche Erfahrungen vor, die den Mehrwert dieser Praxis vor allem in ariden und semi-ariden Regionen belegen. Gesundheits- und Umweltrisiken, die sich durch abwasserbürtige Krankheitserreger und Schadstoffe ergeben können, erfordern anspruchsvolle Anforderungen an die Wasserqualität. Die gegenwärtig auf EU-Ebene geplanten Mindestanforderungen werden in ihrer aktuellen Entwurfsfassung aufgrund der zuvor beschriebenen Aspekte dem Anspruch einer verbindlichen EU-Verordnung nicht gerecht. Zielführender erscheint eine Leitlinie (Guidance), die in Ergänzung zu den bestehenden EU-Regelungen ein harmonisiertes Risikomanagementsystem etabliert, das dem Vorsorgeprinzip folgt und Risikominimierungsmaßnahmen in dem Gesamtsystem adressiert, um eine für Umwelt und Gesundheit sicherere Wasserwiederverwendung zu gewährleisten. Für Regionen ohne Wassermengenprobleme können allerdings die Risiken und Kosten, der Energiebedarf sowie die zusätzlichen Infrastrukturanforderungen für die Wasserwiederverwendung den möglichen Nutzen übersteigen.

Ende Oktober 2017 wird eine Entscheidung des Ausschusses für Regulierungskontrolle der Europäischen Kommission erwartet, ob ein EU-Regelungsinstrument für die Mindestanforderungen angemessen ist und eine Verordnung (oder ein anderes Instrument) auf den Weg gebracht werden soll. ●

LITERATUR

Abwasserverband Braunschweig (2017): Das Braunschweiger Modell. <https://www.abwasserverband-bs.de/de/was-wir-machen/braunschweiger-modell/> (Zugriff am: 28.08.2017).

- Avisar et al. (2009): Sulfamethoxazole contamination of a deep phreatic aquifer. *Sci. Total Environ.* 407 (14): 4278–4282. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.03.032.
- BIO by Deloitte (2015): Optimising water reuse in the EU – Final report prepared for the European Commission (DG ENV). <http://ec.europa.eu/environment/consultations/pdf/Water%20Reuse.pdf> (Zugriff am: 28.08.2017).
- Bixio D, Wintgens T (Hrsg.) (2006): Water Reuse System Management Manual: AQUAREC. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg.
- Blaine A C, Rich C D, Sedlacko E M et al (2014): PerS fluoroalkyl Acid Uptake in Lettuce (*Lactuca sativa*) and Strawberry (*Fragaria ananassa*) Irrigated with Reclaimed Water. *Environ. Sci. Technol.* 48 (24): 14361–14368. DOI: 10.1021/es504150h.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2016): Nitratbericht 2016. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf (Zugriff am: 28.08.2017).
- Carter L J, Harris E, Williams M et al. (2014): Fate and Uptake of Pharmaceuticals in Soil-Plant Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62 (4): 816–825. DOI:10.1021/jf404282y.
- Christou A, Agüera A, Bayona J M et al. (2017): The potential implications of reclaimed wastewater reuse for irrigation on the agricultural environment: The knowns and unknowns of the fate of antibiotics and antibiotic resistant bacteria and resistance genes - A review. *Water Res.* 2017 Oct 15;123:448–467. DOI: 10.1016/j.watres.2017.07.004. Epub 2017 Jul 3.
- EFSA – Europäische Lebensmittelbehörde (2017): Request for scientific and technical assistance on proposed EU minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. Technical report. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2017.EN-1247/epdf> (Zugriff am: 24.08.2017).
- Heberer T, Adam M (2004): Transport and attenuation of pharmaceutical residues during artificial groundwater replenishment. *Environ. Chem.* 1: 22–5.
- JRC – Joint Research Center (Hrsg.) (2017): Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. <https://circabc.europa.eu/d/a/workspace/SpacesStore/29cd709e-c696-4914-92de-ff81c5a12d80/JRC%20%20min%20qual%20req%20v%203%203%20%2012th%20JUNE%202017.docx> (Zugriff: 24.08.2017).
- JRC – Joint Research Center (Hrsg.) (2014): Water Reuse in Europe. Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation. DOI: 10.2788/29234.
- Lazarova V, Asano T, Bahri A et al. (Hrsg.) (2013): Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories. IWA publishing. London.
- NHMRC – National Health and Medical Research Council (2006): Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase I). NWQMS – National water quality management strategy 21.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2017): Regionaler Themenbericht. Rückstände von Arznei- und Röntgenkontrastmitteln im Grund- und Oberflächenwasser. Wiederholende und ergänzende Untersuchung in Abwasser- bzw. Klärschlammverregnungsgebieten im Raum Braunschweig-Wolfsburg. Grundwasser Band 30.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2014): Regionaler Themenbericht. Arznei- und Röntgenkontrastmittelrückstände im Grundwasser. Untersuchung in Abwasser- bzw. Klärschlammverregnungsgebieten im Raum Braunschweig-Wolfsburg. Grundwasser Band 20.
- POSEIDON (2004): Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse. Detailed Report related to the overall duration. Project coordinator: Dr. Thomas Ternes. http://undine.bafg.de/servlet/is/2888/Final-Report-POSEIDON-Feb_20051e77.pdf?command=downloadContent&filename=Final-Report-POSEIDON-Feb_2005.pdf (Zugriff am: 28.08.2017).
- Rice J, Via S, Westerhoff P (2015): Extent and Impacts of Unplanned Wastewater Reuse in US Rivers. *Journal of American Water Works Association*. 107 (11): 571–581.
- Riemenschneider C, Seiwert B, Moeder M et al. (2017): Extensive Transformation of the Pharmaceutical Carbamazepine Following Uptake into Intact Tomato Plants. *Environmental Science & Technology*. 51 (11): 6100–6109. DOI: 10.1021/acs.est.6b06485.
- Rizzo L, Manaia C, Merlin C et al. (2013): Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *Sci. Total Environ.* 447: 345–360.
- Rodriguez-Mozaz S, Charmorro S, Marti E et al. (2015): Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital and urban wastewaters and their impact on the receiving river. *Water Res.* 69: 234–242.
- SCHEER – Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (2017): Scientific advice on proposed EU minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/scheer/docs/scheer_o_010.pdf (Zugriff am: 24.08.2017).

Seis W, Lesjean B, Maaßen S et al. (2016): Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung. UBA-Texte 34. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rahmenbedingungen-fuer-die-umweltgerechte-nutzung> (Zugriff am: 27.08.2017).

Shenker M, Harush D, Ben-Ari J et al. (2011): Uptake of carbamazepine by cucumber plants – A case study related to irrigation with reclaimed wastewater. *Chemosphere*. 82 (6): 905–910. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.052.

SIWI – Stockholm International Water Institute (2017): World Water Week 2017. <http://www.worldwater-week.org/> (Zugriff am: 28.08.2017).

Tal A (2013): Management of transboundary wastewater discharges: Wastewater management in urban communities along the Israeli-Palestinian “border”. In: Megdal S B, Varady R G, Eden S (Hrsg.): *Shared Borders, Shared Waters*: 221–231.

Ternes T A, Bonerz M, Herrmann N et al. (2007): Irrigation of treated wastewater in Braunschweig, Germany: An option to remove pharmaceuticals and musk fragrances. *Chemosphere* 2007 Jan;66(5): 894–904. Epub 2006 Jul 26. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2006.06.035

Thompson J, Eaglesham G, Reungoat J et al. (2011): Removal of PFOS, PFOA and other perfluoroalkyl acids at water reclamation plants in South East Queensland Australia. *Chemosphere*. 82 (1): 9–17. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.040.

UBA – Umweltbundesamt (2017): Empfehlungen des Umweltbundesamtes für die Entwicklung von EU-Mindestqualitätsanforderungen für Wasserwiederverwendung. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/water-reuse_positionspapier_uba_de.pdf (Zugriff am: 28.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2015): Positionspapier März 2015, Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern - Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/organische_mikroverunreinigungen_in_gewassern_vierte_reinigungsstufe_0.pdf (Zugriff am: 28.08.2017).

UBA – Umweltbundesamt (2003): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 46: 249–25. DOI: 10.1007/s00103-002-0576-7.

UN – United Nations (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. <http://www.un.org/depts/german/gv-70/a70-11.pdf> (Zugriff am: 23.08.2017).

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2017): The United Nations World Water Development Report 2017. *Wastewater: The untapped resource*. Paris. https://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/WWDR_2017_Full.pdf. Informationen in Deutsch: <https://www.unesco.de/wissenschaft/2017/weltwasserbericht-2017.html> (Zugriff jeweils am: 23.08.2017).

van Houtte E, Cauwenberghs J, Weemaes M et al (2012): Indirect potable reuse via managed aquifer recharge in the Torreele/St. André project. In: Kazner C, Wintgens T, Dillon P (eds.): *Water Reclamation Technologies for Safe Managed Aquifer Recharge*. IWA Publishing. London.

Webb S, Ternes T, Gibert M et al. (2003): Indirect human exposure to pharmaceuticals via drinking water. *Toxicology Letters*. 142 (3): 157–67.

WHO – World Health Organization (2017): Potable reuse: Guidance for producing safe drinking-water. Geneva. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258715/1/9789241512770-eng.pdf?ua=1> (Zugriff am: 23.08.2017).

Wolfsburger Entwässerungsbetriebe (2017): Wolfsburger Modell. <http://www.wolfsburg.de/newsroom/2015/02/11/17/44/web-wolfsburger-modell> (Zugriff am: 28.08.2017).

Zhang Q, Jia A, Wan Y et al. (2014): Occurrences of three classes of antibiotics in a natural river basin: association with antibiotic-resistant *Escherichia coli*. *Environ. Sci. Technol.* 48 (24): 14317–14325.

KONTAKT

Manuela Helmecke
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 2.1 „Übergreifende Angelegenheiten
Wasser und Boden“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
E-Mail: manuela.helmecke[at]uba.de

[UBA]

EU-Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) – Ihre Bedeutung für den Schutz der Gesundheit

EU-limit values of nitrogen dioxide (NO₂) – Their significance for health protection

WOLFGANG STRAFF,
KERSTIN BECKER

ZUSAMMENFASSUNG

Zur gesundheitlichen Relevanz des NO₂-Jahresmittel-Grenzwertes für die Außenluft von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft gab es in den letzten Monaten viele Diskussionen in der Öffentlichkeit und auch Nachfragen an das Umweltbundesamt (UBA). Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die fachlichen Hintergründe der Grenzwertfestsetzung für NO₂.

ABSTRACT

In the recent public debate about NO₂ limit values, numerous questions reached the German Environment Agency (UBA). The technical background of the origin of the NO₂ limit values will be discussed in the following text.

HINTERGRUND

Wir atmen das gesamte Leben lang: Kinder atmen zum Beispiel schon bei geringer körperlicher Belastung etwa 10 Kubikmeter Luft pro Tag, Erwachsene erreichen bei körperlicher Belastung schnell ein Gesamtatemvolumen von 30 Kubikmeter pro Tag, das sind 10.000 beziehungsweise 30.000 Liter jeden Tag. Luft ist damit das Gemisch von Substanzen, von dem wir am meisten in den Körper aufnehmen. Der darin enthaltene Sauerstoff ist für alle Zellen unseres Körpers überlebensnotwendig. Deshalb kommt einer gesundheitsförderlichen Qualität der Atemluft eine sehr hohe Bedeutung zu. Schadstoffe sollten daher in der Atemluft kaum vorkommen.

Grenzwerte für Luftschadstoffe sollen alle Gruppen der Allgemeinbevölkerung an allen Orten vor nachteiligen gesundheitlichen Folgen schützen. Dazu gehören auch besonders empfindliche Menschen, wie zum Beispiel Personen mit Asthma, sowie Kleinkinder und ältere Menschen, auch mit vorgeschädigten Atemwegen.

NO₂: SCHÄDLICHES REIZGAS UND SCHADSTOFFINDIKATOR

Die expositionsrelevante Hauptquelle für NO₂ in der Außenluft von Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr und hier insbesondere Fahrzeuge mit Dieselmotor. NO₂ hat auch deshalb eine große Bedeutung für die Luftverschmutzung, weil es eine Vorläufersubstanz für Fein- und Ultrafeinstaub ist. Außerdem gilt es als sogenannter Luftqualitätsindikator, denn dort, wo NO₂ entsteht, kommt es meist auch zur Freisetzung zahlreicher weiterer Luftschadstoffe aus der Gruppe der leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Bei der Beurteilung gesundheitlicher Wirkungen wird NO₂ daher meist als Repräsentant für Schadstoffe betrachtet, die bei Verbrennungsprozessen unter hohen Temperaturen entstehen.

Luftschadstoffe werden mit der Atemluft aufgenommen und entfalten ihre nachteilige Wirkung in den Atemwegen. NO₂ selbst ist ein wenig wasserlösliches Gas und reagiert deshalb – ähnlich wie Schwefeldioxid (SO₂) – kaum mit der Schleimhaut der oberen Atem-



wege, sondern schädigt eher die Gewebe in den Bronchien und Lungenbläschen. Dies ist besonders bei vorgeschädigten Atemwegen problematisch, sodass es zu Bronchienverengungen oder Entzündungen kommen kann.

FESTLEGUNG DER GRENZWERTE

Der gültige NO₂-Jahresmittelwert für die Außenluft von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter wurde 1999 auf Vorschlag der EU-Kommission von den EU-Mitgliedstaaten beschlossen und 2008 von der EU bestätigt. Gleichzeitig wurde ein 1-Stunden-Mittelwert von 200 Mikrogramm pro Kubikmeter verabschiedet, der höchstens 18-mal pro Jahr überschritten werden darf (EU 2008). Die EU-Grenzwerte zur Luftreinhaltung wurden in allen Mitgliedstaaten

und so auch in Deutschland in nationales Recht umgesetzt.

Die EU-Kommission stützt ihre Vorschläge für Grenzwerte auf Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO – so auch vor der ersten Festschreibung der EU-Grenzwerte für NO₂. Die Empfehlungen der WHO wurden im Jahr 2000 als Luftgüteleitwerte in den WHO Air Quality Guidelines for Europe veröffentlicht (WHO 2000).

Der Empfehlung eines 1-Stunden-Mittelwerts legte die WHO klinische Studien zu Wirkungen von NO₂ bei Menschen mit asthmatischen Erkrankungen zugrunde. Diese zeigten bei einer 30-minütigen Exposition gegenüber einer Konzentration von 375 bis 565 Mikrogramm pro Kubikmeter eine erhöhte bronchiale Reaktion. Ein Sicherheitsfaktor von 50 Prozent und damit der Wert von gerundet 200 Mikrogramm pro Kubikmeter wurde auch deshalb vorgeschla-

FOTO

© Artens / Fotolia.com

gen, da eine Studie vorlag, die zeigte, dass bei kurzfristiger Belastung mit 190 Mikrogramm NO₂ pro Kubikmeter keinerlei Wirkungen zu beobachten waren (WHO 2000).

Für den Langzeit-Richtwert schlussfolgerte die WHO im Jahr 2000, dass eine Festlegung auf der Basis geeigneter Studien nicht möglich war. Dennoch zog sie den Wert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter aus einer früheren Abschätzung heran (WHO 1997). Zusätzlich zitierte sie eine Innenraumexpositionsstudie, bei der eine durch Gasöfen verursachte Exposition gegenüber 30 Mikrogramm NO₂ pro Kubikmeter über zwei Wochen bei Kindern zu einer 20-prozentigen Erhöhung der Zahl der Atemwegserkrankungen führte.

Beide WHO-Richtwerte für NO₂ wurden durch die WHO in einer Aktualisierung 2005 bestätigt. Die WHO argumentierte, dass damals aktuelle Tierstudien und Studien am Menschen zeigten, dass Kurzzeitkonzentrationen über 200 Mikrogramm pro Kubikmeter signifikante Gesundheitseffekte haben. Tierstudien zeigten außerdem, dass Langzeitbelastungen gegenüber Hintergrundwerten zu adversen Effekten führen. Die mittlere „natürliche“ jährliche Hintergrundkonzentration von NO₂ liegt weltweit bei Werten zwischen 0,4 bis 9,0 Mikrogramm pro Kubikmeter.

Zu diesem Zeitpunkt gab es aber noch immer keine robuste Datenbasis für einen Langzeitwert. Die WHO hielt auch fest, dass es bei Studien an der Bevölkerung schwierig ist, Wirkungen des NO₂ von denen anderer Luftschadstoffe zu trennen, da Menschen eben nicht nur einem einzelnen Schadstoff ausgesetzt sind, sondern einem „Cocktail“ aus gas- und partikelförmigen Verbrennungsprodukten (WHO 2006). Der WHO-Richtwert für NO₂ von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter wurde in dem Sinne abgeleitet, dass er geeignet ist, die Gesundheit der Bevölkerung (auch empfindlicher Gruppen) bei dauerhafter Exposition zu schützen. Dieser empfohlene Richtwert sollte auch der Tatsache Rechnung tragen, dass NO₂ als ein Indikator für komplexe, durch Verbrennung erzeugte Luftschadstoffgemische überwacht wird.

Es wurde also schon zur damaligen Zeit als sinnvoll angesehen, diesen Stoff streng zu regulieren.

RELEVANZ VON NO₂ BESTÄTIGT

In Vorbereitung auf das Jahr der Luft 2013 hatte die EU eine Überarbeitung und Prüfung der aktuellen Grenzwerte für Luftschadstoffe in die Wege geleitet. Die WHO wurde wiederum in den Prozess einbezogen und um eine wissenschaftliche Bewertung gebeten. Sie stellte in dem Bericht ‚Review of evidence on health aspects of air pollution‘ (REVIHAAP) fest, dass seit 2004 eine Vielzahl epidemiologischer Studien veröffentlicht wurde, die Zusammenhänge zwischen der NO₂-Kurzzeitbelastung und der Mortalität, Krankenhausbesuchen und Atemwegssymptomen aufzeigen. Diese Ergebnisse der Studien ließen sich durch Kammerversuche bestätigen und deuten darauf hin, dass bei einer Neu-Empfehlung der Kurzzeit-Richtwert für NO₂ möglicherweise niedriger als bisher anzusetzen wäre. Das WHO-Expertengremium empfahl, auch die wissenschaftlichen Arbeiten zu den Langzeiteffekten intensiv zu sichten, verwies aber darauf, dass sich die Effekte von NO₂ bis dato noch immer nicht vollständig von denen der anderen verkehrsbedingten Luftschadstoffe trennen ließen (WHO 2013a).

Dieser Erkenntnisstand zu den Langzeitfolgen von NO₂ wurde in der Folge im Rahmen des WHO-Projektes ‚Health risks of air pollution in Europe‘ (HRAPIE) erweitert (WHO 2013b; Heroux et al. 2015). Die WHO-Gremien zogen dazu aktuelle Bevölkerungsstudien aus Europa heran, die den Zusammenhang zwischen der Mortalität von Erwachsenen in einem Konzentrationsbereich von NO₂ unter 40 Mikrogramm pro Kubikmeter im Jahresmittel untersuchten. Sie kamen zu dem Schluss, dass gesundheitsrelevante Wirkungen von NO₂ ab einer langfristigen durchschnittlichen Exposition von 20 Mikrogramm pro Kubikmeter kalkuliert werden müssen.

Die Auswirkungen einer langfristigen Exposition in diesen niedrigen NO₂-Konzentrationsbereichen werden von einigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kontrovers diskutiert. Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA (United States Environmental Protection Agency) veröffentlichte 2016 eine systematische Übersicht über Studien zu NO₂ bis zum Jahr 2014, wobei besonderes Augenmerk darauf gelegt wurde, die Effekte von NO₂ unabhängig von anderen Schadstoffen zu beurteilen. Der Zusammenhang zwischen einer kurzfristigen NO₂-Belastung und Asthmaanfällen wurde demnach als kausal belegt eingestuft. Der Zusammenhang zwischen einer langfristigen NO₂-Belastung und der Asthmaentstehung wird als „möglicherweise“ kausal eingestuft. Es fehlen nach Ansicht der US EPA genügend aussagekräftige Studien, die einen von anderen Schadstoffen unabhängigen Effekt zeigen. Gleiches gilt für die in Betracht gezogenen gesundheitlichen Folgen Herz-/Kreislauferkrankungen, Diabetes, reduziertes Wachstum im Mutterleib, Krebs und die Sterblichkeit (EPA 2016).

Unabhängig von dieser auch in Deutschland teils kontroversen Diskussion über die Bedeutung des Langzeitbeurteilungswertes für NO₂ als solches, bleibt festzuhalten, dass gesundheitsschädliche Wirkungen von Luftschadstoffen aus dem Straßenverkehr unstrittig nachgewiesen sind, ob nun durch NO₂ allein verursacht oder zusätzlich durch andere Luftschadstoffe. NO₂ ist und bleibt daher ein gut geeigneter Indikator für die Umweltbelastung durch den Straßenverkehr. Schon aus diesem Grund erfüllt der Jahresgrenzwert für NO₂ seinen Zweck für die öffentliche Gesundheitsvorsorge. ●

EU – Europäische Union (2008): Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

Heroux M E, Anderson H R, Atkinson R et al. (2015): Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. Int. J. Public Health 60 : 619–627.

WHO – World Health Organization (2013a): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. Copenhagen, Denmark.

WHO – World Health Organization (2013b): Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Report. Copenhagen, Denmark.

WHO – World Health Organization (2006): Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, Switzerland.

WHO – World Health Organization (2000): Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No.91. Copenhagen, Denmark.

WHO – World Health Organization (1997): Nitrogen Oxides. Environmental Health Criteria No. 188. Geneva, Switzerland.

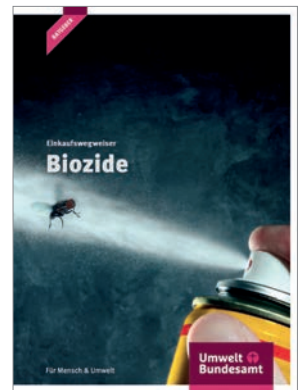
KONTAKT

Dr. Wolfgang Straff
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 „Umweltmedizin und
gesundheitliche Bewertung“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: wolfgang.straff[at]uba.de

[UBA]

LITERATUR

EPA – Environmental Protection Agency (2016): Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen – Health Criteria. National Centre for Environmental Assessment. Research Triangle Park. NC. USA



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