

Schwerpunktthema Chemikalien, Umwelt und Gesundheit



Außerdem in diesem Heft:

Gesundheitliche Risiken durch die niederfrequenten Felder der Stromversorgung – Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und offene Fragen

Zielgruppengerechte Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel

Kommission Umweltmedizin am Robert Koch-Institut hat ihre Arbeit begonnen



Aktionsprogramm
Umwelt und Gesundheit
(APUG)

UMID

Ausgabe 1 • 2013

UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst ist ein Beitrag zum "Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit" (APUG) und Teil der Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 1/2013

ISSN 2190-1120 (Print), ISSN 2190-1147 (Internet)

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

Druck: Umweltbundesamt

Redaktion:	Dr. Suzan Fiack Bundesinstitut für Risikobewertung Thielallee 88-92 14195 Berlin E-Mail: pressestelle[at]bfr.bund.de	Dr. med. Ute Wolf Robert Koch-Institut General-Pape-Straße 62-66 12101 Berlin E-Mail: u.wolf[at]rki.de
	Dipl.-Ing. Dipl.-Soz. Helmut Jahraus Bundesamt für Strahlenschutz Ingolstädter Landstraße 1 85764 Oberschleißheim (Neuherberg) E-Mail: hjahraus[at]bfs.de	Dr. phil. Dipl.-Ing. Hedi Schreiber Umweltbundesamt Corrensplatz 1 14195 Berlin E-Mail: hedi.schreiber[at]uba.de

Gesamtkoordination: Kerstin Gebuhr M.A.
Umweltbundesamt
Geschäftsstelle Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: kerstin.gebuhr[at]uba.de

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.

E-Mail für UMID: [umid\[at\]uba.de](mailto:umid[at]uba.de)

UMID im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/umid/index.htm>

UMID im ÖGD-Intranet: <http://www.uminfo.de> (Bereich Literatur)

UMID auf apug.de: <http://www.apug.de/risiken/umweltmedizin/umid.htm>

Gedruckt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen "Blauer Engel".

Titelbild: © Karamba Production / Fotolia.com.

UMID erscheint jährlich in 3 bis 4 Ausgaben im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit (APUG) und kann kostenfrei abonniert werden. Er dient der Information von Behörden und Institutionen, die im Bereich Umwelt und Gesundheit arbeiten, außerdem auf dem Gebiet der Umweltmedizin tätigen Fachkräften sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern.

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

INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

SCHWERPUNKTTHEMA: CHEMIKALIEN, UMWELT UND GESUNDHEIT

Bestimmung der VOC-Emissionen aus Grobspanplatten (OSB-Platten) und ihre Bewertung nach dem AgBB-Schema 5 Measurement of VOC emissions from OSB boards and their assessment according to the AgBB scheme <i>Olaf Wilke, Frank Brozowski, Katharina Wiegner, Frank Brauer</i>	5
Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC): Einsatz mit Konsequenzen 12 Per- and polyfluorinated chemicals (PFC): use with consequences <i>Annegret Biegel-Engler, Claudia Staude, Lena Vierke, Christoph Schulte</i>	12
Antibiotika in der Umwelt – Wirkung mit Nebenwirkung 18 Antibiotics in the environment – effects and side-effects <i>Anette Küster, Simone Lehmann, Arne Hein, Jens Schönfeld</i>	18
Europäische Human-Biomonitoring Pilotstudie DEMOCOPHES: Umweltbelastung von Müttern und Kindern..... 29 European human biomonitoring pilot study DEMOCOPHES: environmental exposure of mothers and children <i>Gerda Schwedler, Margarete Seiwert, Ulrike Fiddicke, Marike Kolossa-Gehring</i>	29

Weitere Beiträge / Further Articles

Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Zwischenergebnisse eines Forschungsvorhabens..... 35 Environmental justice in urban areas – preliminary results of a research project <i>Christa Böhme, Christiane Bunge, Arno Bunzel, Thomas Preuß</i>	35
Hitze in der Stadt – Herausforderungen und Best-practice-Beispiele 42 Heat in the city – challenges and best-practice examples <i>Stefan Wittig, Bastian Schuchardt und das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)</i>	42
Gesundheitliche Risiken durch die niederfrequenten Felder der Strom- versorgung – Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und offene Fragen..... 47 Health impact from low-frequency fields of electrical power supply – current scientific knowledge and open questions <i>Anne Dehos, Bernd Grosche, Blanka Pophof, Thomas Jung</i>	47

Gesundheitsprävention an Schulen – Lehrerfortbildung im Rahmen des UV-Aktionsplanes des Bundesamtes für Strahlenschutz	58
Health prevention at school – a training class about UV radiation and primary prevention for teachers <i>Axel Malinek, Monika Asmuß</i>	
Zielgruppengerechte Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel.....	65
Target group-specific risk communication on food supplements <i>Stephanie Kurzenhäuser-Carstens, Mark Lohmann, Gaby-Fleur Böhl</i>	
„Information Retrieval“ / Informationsabfrage – über Suchmaschinen oder Datenbanken?	73
Information retrieval – search engines versus databases <i>Carolin Werner, Manuela Franke</i>	
Kommission Umweltmedizin am Robert Koch-Institut hat ihre Arbeit begonnen	79
Commission Environmental Health at the Robert Koch Institute has started its work	

Bestimmung der VOC-Emissionen aus Grobspanplatten (OSB-Platten) und ihre Bewertung nach dem AgBB-Schema

Measurement of VOC emissions from OSB boards and their assessment according to the AgBB scheme

Olaf Wilke¹, Frank Brozowski², Katharina Wiegner¹, Frank Brauer²

Abstract

Oriented strand boards (OSB) are often used for the construction of floors, ceilings and walls of buildings. In Germany and Europe OSB are mainly produced from pine wood (*Pinus sylvestris*). There have been complaints caused by smell or by irritation of mucous membranes when OSB have been used. Therefore some OSB were bought in Do-it-yourself stores and their VOC emissions were tested by means of emission test chambers. Out of six acquired OSB, four boards from three manufacturers would not meet the requirements of the German AgBB (Committee for Health Evaluation of Building Products) scheme. Main reason is the emission of unsaturated aldehydes. These compounds have low LCI values (lowest concentration of interest) due to their health effects. The application of anti-oxidizing agents during the production can help to reduce certain emissions.

Zusammenfassung

In den letzten Jahren ist der Markt für Grobspanplatten (engl.: Oriented Strand Boards, OSB) zum Einsatz beim Hausbau gewachsen. Die Platten werden in Deutschland und Europa hauptsächlich aus Kiefernholz hergestellt und finden Verwendung in Bodenbelägen, Decken und Wänden. Durch ihren Einsatz kann es zu gesundheitlichen Beschwerden, wie Geruchsbelästigungen oder Schleimhautreizungen, kommen. Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) ein Forschungsvorhaben zu Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen durchgeführt. In Emissionsprüfkammern wurden unter anderem Proben von sechs OSB-Platten aus Baumärkten untersucht und ihre VOC-Emissionen (engl.: Volatile Organic Compounds, VOC) gemessen. Vier dieser Platten von drei verschiedenen Herstellern würden die Anforderungen des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) nicht einhalten. Größtes Problem hierbei sind die ungesättigten Aldehyde. Der Einsatz von Antioxidantien während der Produktion kann helfen, ungewollte Emissionen deutlich zu reduzieren.

Einleitung

Die **Bewertung von Bauprodukten** hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Auswirkungen in der Nutzungsphase hat stark an Bedeutung gewonnen. Die europäische Richtlinie zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte – kurz Bauproduktenrichtlinie genannt – legt fest, dass Bauprodukte für Gebäude-nutzer gesundheitlich unbedenklich sein müssen.³

Das Grundlagendokument „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ zur Bauproduktenrichtlinie konkretisiert diese Anforderungen dahingehend, dass Schadstoffe in Innenräumen, zum Beispiel VOC, zu vermeiden oder zu begrenzen sind. Bis heute fehlen allerdings verbindliche und einheitliche europäische Bewertungsvorschriften für Bauprodukte (Wilke et al. 2012).

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin.

² Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau.

³ Inzwischen gibt es die neue Bauproduktenverordnung, die nach und nach in Kraft gesetzt wird und ab 1. Juli 2013 ausschließlich gilt und damit die Bauproduktenrichtlinie ablöst.

Holz und Holzprodukte werden oft als Konstruktionsmaterial für Häuser und Möbel genutzt. Deren Emissionen chemischer Substanzen haben einen Einfluss auf die Qualität der Innenraumluft. Insbesondere die Verwendung von Grobspanplatten (OSB-Platten) hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. 2008 wurden in Europa ungefähr 3,3 Millionen Kubikmeter produziert, davon etwa 30 % in Deutschland. OSB-Platten werden in Deutschland und Europa hauptsächlich aus Kiefernholz (*Pinus sylvestris*) hergestellt. Dabei werden lange, schmale Späne (Strands) erst bei hohen Temperaturen getrocknet und dann kreuzweise in drei Schichten unter sehr hohem Druck und bei hoher Temperatur übereinander verleimt.

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) die Emissionen von VOC aus OSB-Platten untersucht. Zu den **VOC** zählen gas- und dampfförmige Stoffe organischen Ursprungs in der Luft. Dazu gehören zum Beispiel Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde und organische Säuren. Viele Lösemittel, Flüssigbrennstoffe und synthetisch hergestellte Stoffe können als VOC auftreten, aber auch zahlreiche organische Verbindungen, die in biologischen Prozessen gebildet werden. Hunderte verschiedene Einzelverbindungen können in der Luft gemeinsam auftreten.

Die möglichen Auswirkungen raumluftrelevanter VOC und SVOC auf die **Gesundheit** und das Wohlbefinden der Raumnutzer reichen von der negativ empfundenen Geruchswahrnehmung über Reizerscheinungen an Schleimhäuten bis hin zu toxischen Langzeiteffekten. Expositionsversuche deuten darauf hin, dass kontinuierliche VOC-Emissionen Krankheitssymptome hervorrufen, die unter der Bezeichnung Sick-Building-Syndrom zusammengefasst werden (Wilke et al. 2012).

Ein Fokus lag bei dem Forschungsauftrag auf einer Evaluation der OSB-Platten nach dem 2001 eingeführten **AgBB-Schema** (AgBB 2001). Die aktuelle Version ist unter dem Link http://www.umweltbundesamt.de/produkte/bauprodukte/dokumente/agbb_bewertungsschema_2012.pdf (Abrufdatum: 06.02.2013) zu finden. Das AgBB-Schema beschreibt ein gesundheitsbezogenes Evaluierungskonzept mit Bezug auf Emissionen von flüchtigen organischen Substanzen aus Bauprodukten auf der Basis von Emissionskammermessungen. Es orientiert sich an den sogenannten NIK-Werten (**N**iedrigste [**t**oxikologisch] **I**nteressierende **K**onzentration).

Um einen Überblick darüber zu bekommen, wie es sich mit den VOC-Emissionen bezüglich der Anzahl der verschiedenen Substanzen, ihrer jeweiligen Emissionsrate und ihrem Emissionsverhalten verhält, wurden Messungen für sechs OSB-Platten von fünf verschiedenen Herstellern durchgeführt.

OSB-Platten emittieren insbesondere Monoterpene, Aldehyde, Säuren und Aceton. Die Messungen zeigen, dass es auch Emissionen von ungesättigten Aldehyden gibt. Diese ungesättigten Aldehyde, wie zum Beispiel Heptenal und Oktenal, haben besonders niedrige NIK-Werte nach dem AgBB-Schema. Bisher wurden diese Substanzen nicht besonders beachtet oder über sie wurde nicht berichtet (Horn et al. 2007; Roffael 2006; Salthammer et al. 2003). Allein Makowski hat über Emissionen ungesättigter Aldehyde aus frisch produzierten OSB-Platten geschrieben (Makowski et al. 2005; Makowski, Ohlmeyer 2006a und 2006b).

Material und Methoden

Die Emissionsmessungen wurden in Testkammern nach der internationalen Norm DIN EN ISO 16000-9 (Beuth-Verlag 2006) durchgeführt. Die Temperatur betrug 23 °C, die relative Feuchte 50 % und die flächenspezifische Luftdurchflussrate q war $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$.

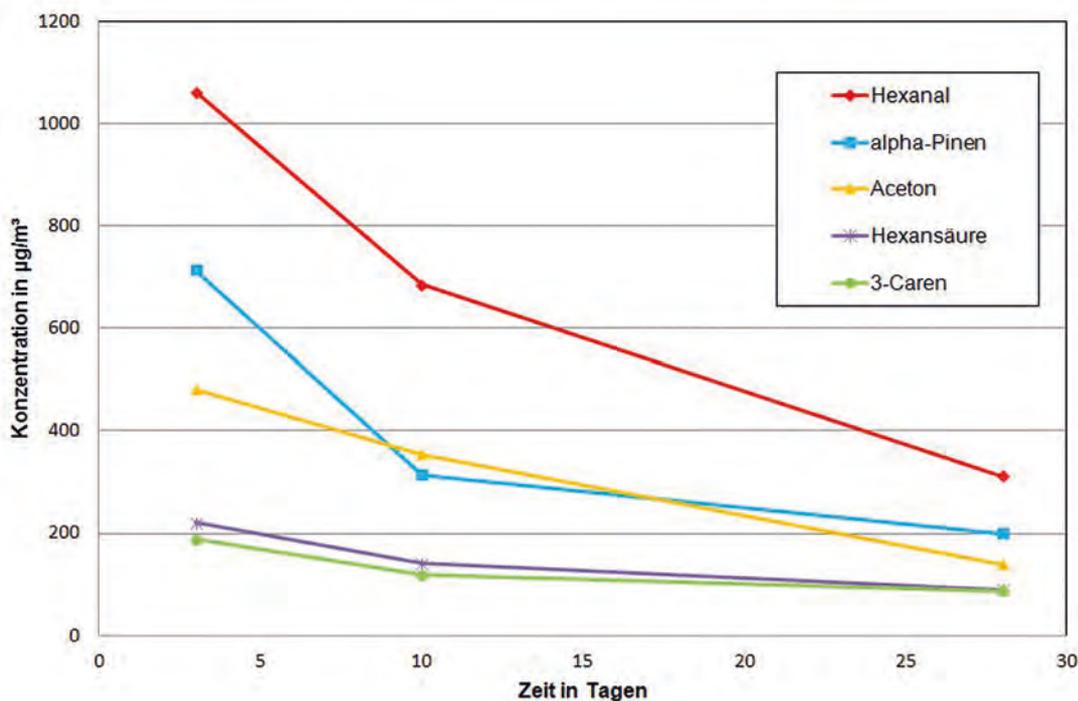
Material und Methoden

Die Probennahmen der organischen Stoffe wurden mit Hilfe von Tenax-Röhrchen durchgeführt. Die Analyse erfolgte mit thermaler Desorption plus

Abbildung 1: 24-Liter Prüfkammer mit Proben der OSB-Platten. Foto: Verfasser.



Abbildung 2: Emissionskurven für die wichtigsten Substanzen über die 28 Tage der Testkammermessungen.



Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung nach der Norm DIN ISO 16000-6 (Beuth Verlag 2004). Zusätzlich wurden Aldehyde und Ketone mit DNHP-Röhrchen beprobt und per HPLC-DAD nach DIN ISO 16000-3 (Beuth Verlag 2002) analysiert.

Die getesteten OSB-Platten wurden alle in lokalen Baumärkten gekauft, ihr genaues Alter war nicht feststellbar. Sie wurden aus der Mitte des jeweiligen Stapels entnommen. OSB 1 bis 5 wurden zwischen Dezember 2008 und März 2009 gekauft, OSB 6 im Februar 2010.

Die Proben hatten die Maße 19,1 x 19,1 cm und wurden aufrecht in die 24-Liter-Kammer eingestellt (**Abbildung 1**). Die Kanten wurden mit selbstklebender Aluminiumfolie abgedichtet, sodass ein Verhältnis von abgedichteten zu offenen Kanten erreicht wurde, wie es in der Norm DIN EN 717-1 (Beuth Verlag 2005) beschrieben wird.

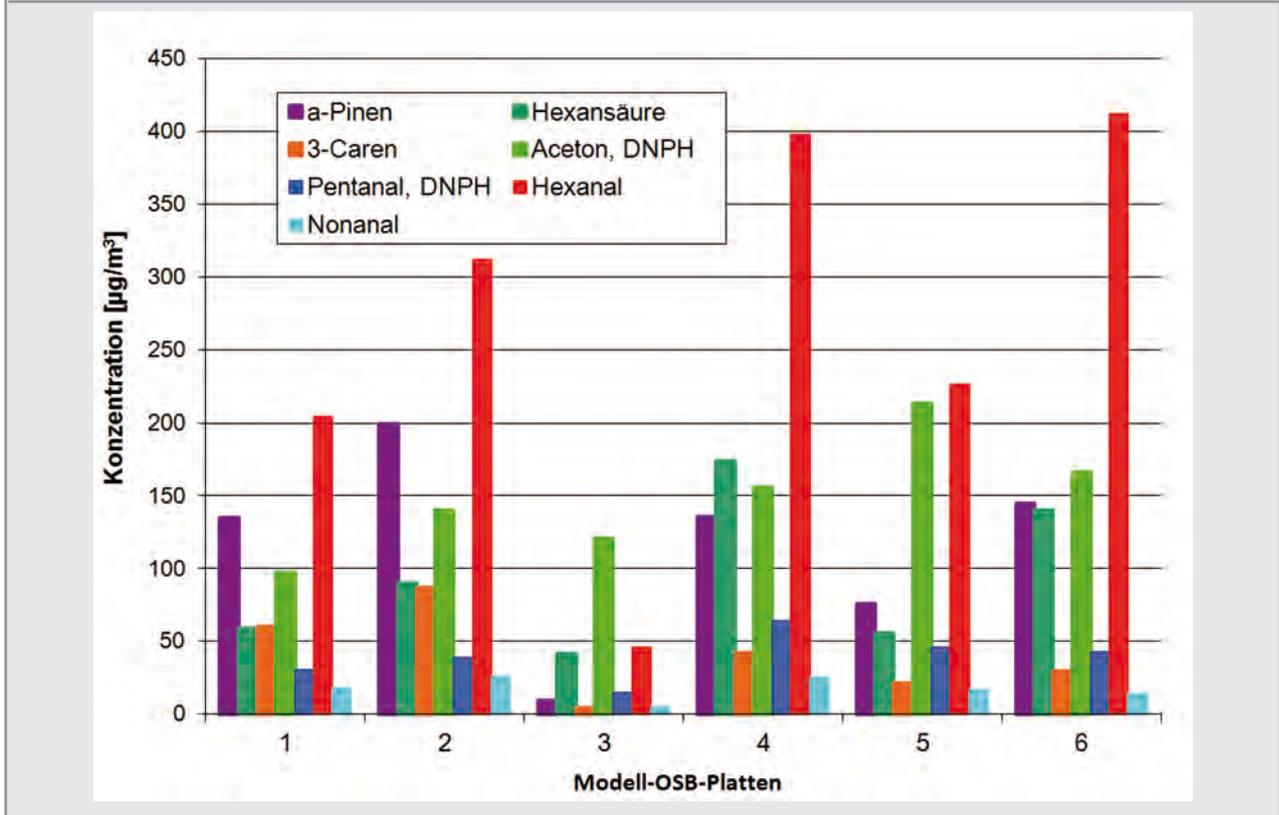
Die Bestimmung der Luftkonzentrationen in der Prüfkammer und die Bewertung nach dem AgBB-Schema fanden am 3., 7., 10. und 28. Tag statt (**Abbildung 2**).

Damit OSB-Platten eine zukünftige Gesundheitsbewertung nach dem AgBB-Schema bestehen können, ist es notwendig, die VOC-Emissionen und speziell die Aldehyd-Emissionen abzusenken. Deshalb wurden weitere Untersuchungen gemacht, wie VOC-Emissionen gesenkt werden könnten. Dazu wurde der Einfluss des Holzes, der Prozessparameter, wie Trocknungs- und Press-Temperaturen, und der Einsatz von Antioxidantien untersucht (Wilke et al. 2012; Wiegner et al. 2009).

Um den Einfluss von Antioxidantien zu testen, wurden vier mit Konservierungsstoffen (Wein- und Zitronensäure: Lösung B) behandelte OSB hergestellt. Die Trocknung der Späne (Strands) erfolgte dabei für jeweils zwei Platten bei 250 °C und 400 °C. Zum Vergleich erfolgte die Herstellung einer OSB-Platte ohne den Zusatz der Konservierungsstoffe (nur Wasser: Lösung A).

Fünf Tage nach der Herstellung wurden die Platten in Emissionsprüfkammern eingebracht und die VOC-Emission über einen Zeitraum von bis zu 49 Tagen gemessen.

Abbildung 3: Emissionen aus den in Baumärkten gekauften sechs OSB-Platten von fünf verschiedenen Herstellern am 28. Tag der Prüfkammermessungen (OSB 1 und OSB 2 sind vom selben Hersteller).



Evaluierung der Testergebnisse nach dem AgBB-Schema

Die Bewertung wurde mit Hilfe der Ergebnisse aus den Bestimmungen der VOC-Emissionen aus den Bauprodukten in Emissionskammertests durchgeführt. Konkret wurden für die Bewertung die Ergebnisse der Prüfkammeruntersuchungen nach 3 und 28 Tagen verwendet.

Der konkrete Ablauf der Prüfung richtete sich nach dem AgBB-Schema (AgBB 2001).

Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die wichtigsten VOC-Emissionen der sechs OSB-Platten von fünf verschiedenen Herstellern (OSB 1 und 2 sind vom selben Hersteller)

Tabelle 1: AgBB-Bewertung der OSB-Platten.

Kriterium/Anforderung nach AgBB-Schema OSB-Platte	TVOC ₃ mg/m ³ ≤ 10	TVOC ₂₈ mg/m ³ ≤ 1	TSVOC ₂₈ mg/m ³ ≤ 0,1	R ≤ 1	nicht bewertbare VOC mg/m ³ ≤ 0,1	Ergebnis AgBB	q m ³ /m ² × h
OSB 1	1,1	0,54	0	1,56	0,04	nicht bestanden	1,0
OSB 2	3,03	0,93	0	1,81	0,06	nicht bestanden	1,0
OSB 3	0,16	0,14	0	0,17	0,01	bestanden	1,0
OSB 4	2,82	0,98	0	1,90	0,02	nicht bestanden	1,0
OSB 5	1,75	0,56	0	0,56	0,03	bestanden	1,0
OSB 6	1,64	0,99	0	4,32	0,00	nicht bestanden	1,0

R-Wert: Summenwert aller Quotienten Ci/NIKi; q: flächenspezifische Luftdurchflussrate.

Tabelle 2: Emissionen ungesättigte Aldehyde aus den getesteten OSB-Platten.							
	OSB 1	OSB 2	OSB 3	OSB 4	OSB 5	OSB 6	NIK-Wert
Heptenal, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4	3	2	5	2	12	16
Oktenal, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	10	11	0	9	4	20	18
Nonenal, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0	0	0	0	0	4	20
Decenal, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6	6	2	4	2	4	22

am 28. Tag der Prüfkammertests. Die wichtigsten emittierten Stoffe sind Aldehyde, Terpene, Hexansäure und Aceton mit Hexanal als dominierender Substanz.

Die Ergebnisse der Bewertung nach dem AgBB-Schema sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Vier von sechs OSB-Platten haben die Bewertung nach dem AgBB-Schema nicht bestanden. Entscheidend hierfür sind Emissionen ungesättigter Aldehyde. Diese Stoffe haben bei der Anwendung des AgBB-Schemas zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten einen dominierenden Einfluss, weil sie sehr niedrige NIK-Werte besitzen.

Der wichtigste Faktor bei der gesundheitlichen Bewertung von OSB-Platten ist der R-Wert – Summenwert aller Quotienten C_i/NIK_i . Dieser darf nicht über 1 liegen (bis 1,49 wird auf 1 abgerundet). OSB-Platten emittieren Stoffe, wie gesättigte Aldehyde und Terpene, mit NIK-Werten nahe

1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aber auch ungesättigte Aldehyde mit NIK-Werten unter 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Summe der einzelnen R-Werte dieser Stoffe führt oft zu generellen R-Werten, die höher als 1 sind.

Die Konzentrationen der ungesättigten Aldehyde bei den getesteten OSB-Platten sind in **Tabelle 2** aufgeführt. OSB 1, 2, 4 und 6 zeigen erhöhte Konzentrationen insbesondere beim Oktenal, was zu hohen R-Werten führt. So liegt zum Beispiel der R-Wert bei OSB 2 nur für Oktenal ($11/18 = 0,61$) und Decenal ($6/22 = 0,27$) schon bei 0,88.

Die Auswirkungen der Behandlung der OSB-Platten mit Wein- und Zitronensäure (Lösung B) sind in den **Abbildungen 4 und 5** dargestellt. Stellvertretend für die Klasse der Aldehyde sind in der **Abbildung 4** die Ergebnisse für die Hexanal-Emission dargestellt.

Es zeigte sich eine deutlich geringere Emission an Hexanal aus den mit Lösung B behandelten Platten als aus den mit Lösung A behandelten Platten. Die

Abbildung 4: Hexanal-Emission aus OSB-Platten, die mit Lösung B (Wein- und Zitronensäure) oder ohne Antioxidantien (Lösung A: nur Wasser) hergestellt wurden.

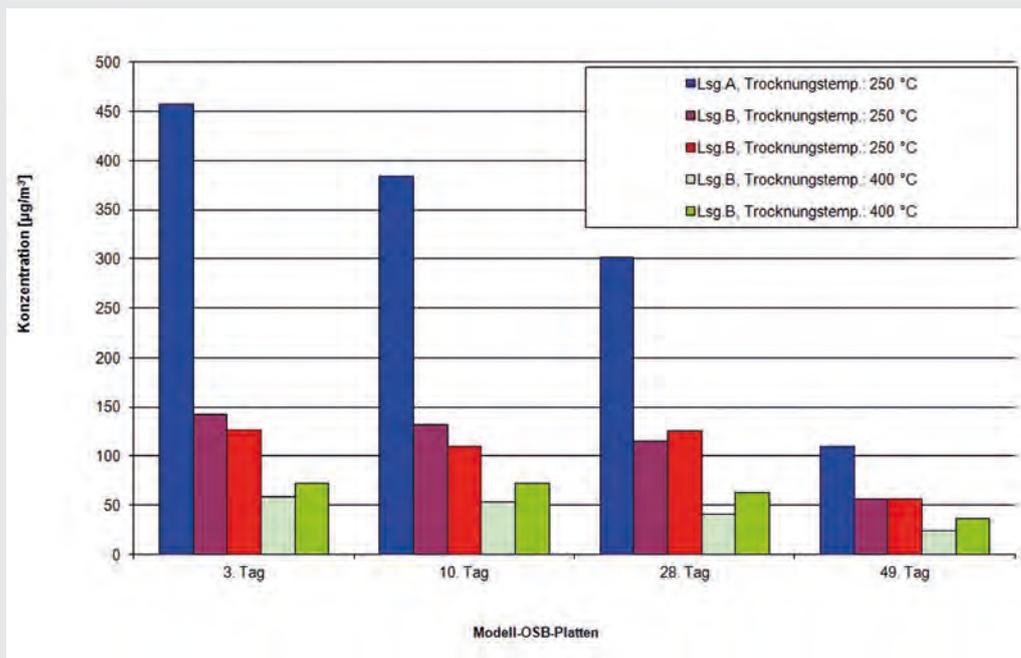
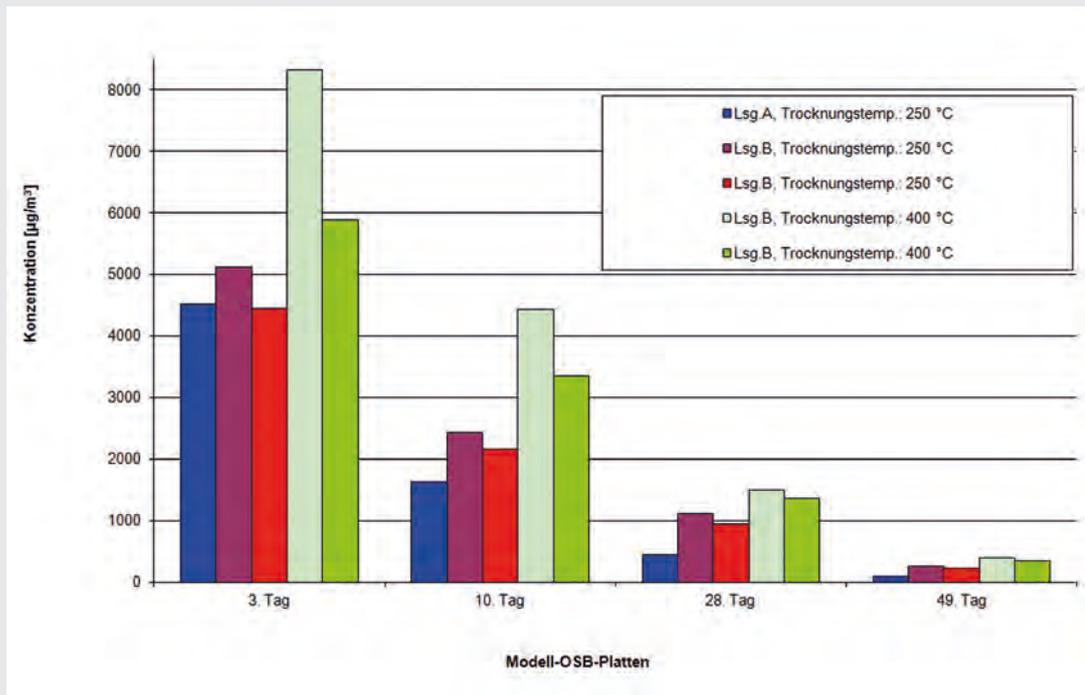


Abbildung 5: α -Pinen-Emission aus OSB-Platten, die mit (Lösung B) oder ohne Antioxidantien (Lösung A) hergestellt wurden.



Hexanal-Emission wurde um circa zwei Drittel auf ein Drittel der Vergleichsprobe reduziert. Die mit Lösung B behandelten Platten zeigten zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung eine höhere Konzentration an Hexanal. Die Behandlung mit Lösung B erbrachte also eine Reduzierung und nicht nur eine zeitliche Verzögerung der Aldehyd-Emissionen.

In **Abbildung 5** sind die α -Pinen-Emissionen der fünf OSB-Platten, die mit den Lösungen A oder B behandelt wurden, dargestellt. Dabei zeigte sich eine höhere Terpen-Emission aus den mit Lösung B behandelten Platten, insbesondere beim Trocknen der Strands bei 400 °C (die mit Lösung A behandelten OSB-Strands wurden bei 250 °C getrocknet).

Diskussion

Schwerpunkt des Projektes war es insbesondere, Möglichkeiten zur Emissionsminderung aus OSB-Platten zu finden. Dazu kamen zum einen Variationen der Herstellungsprozessparameter in Frage, zum anderen wurde die Idee des Einsatzes von Antioxidationsmitteln aus der Lebensmittelindustrie umgesetzt (Patentanmeldung DE 10 2009 000 109.3).

Die Untersuchungen zum Einfluss der Herstellungsprozessparameter Trocknungs- und Presstemperatur

führten nicht zu der gewünschten Reduzierung der VOC-Emissionen. Obwohl Vorversuche an Strands bei einer Trocknungstemperatur von 400 °C höhere VOC-Emissionen (insbesondere von Terpenen) als bei 250 °C erbrachten, konnte bei den im Technikum entsprechend hergestellten OSB-Platten kein deutlicher Unterschied festgestellt werden.

Auch die Variation der Presstemperatur erbrachte keine eindeutigen Erkenntnisse für eine Reduzierung der VOC-Emissionen.

Als gute Möglichkeit zur Emissionsminderung erwies sich hingegen der Einsatz von Antioxidantien für die Reduzierung von Aldehyden. Hierdurch konnte die Aldehyd-Emission auf ein Drittel der Emission aus einer unbehandelten OSB-Platte abgesenkt werden.

Die Ergebnisse der Prüfkammermessungen an den eingekauften OSB-Platten zeigen, dass deren Emissionen teilweise die Werte des AgBB-Schemas überschreiten und damit also durchaus eine unerwünschte Belastung der Innenraumluft bei Verwendung von OSB-Platten für den Innenausbau von Häusern oder Wohnungen möglich ist. Hierbei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Beladung bei gleichzeitigem Einbau von OSB-Platten im Fussboden, in der Wand und an der Decke deutlich

höher ist, als bei den im Vorhaben durchgeführten Prüfkammermessungen.

Der Vergleich von Aldehyd- und Terpen-Emissionen aus OSB-Platten (aus Kiefernholz) und aus Naturholz (massives Kiefernholz und Kiefernleimholz) zeigte, dass die Bildung der Aldehyde durch den Herstellungsprozess der OSB-Platten erhöht wird. Das Verhältnis von Aldehyden zu Terpenen wurde geändert: Beim nicht behandelten Kiefernholz war α -Pinen am stärksten vertreten, während bei OSB Hexanal die höchsten Emissionswerte zeigte (Wilke et al. 2012).

Hexanal ist ein guter Marker für die Emission auch anderer Aldehyde. Je höher die Hexanal-Emission ist, desto höher ist auch die Emission der kritischen ungesättigten Aldehyde.

Frisches Kernholz der Kiefer (*Pinus sylvestris*) zeigte deutlich geringere Aldehyd-Emissionen als Splintholz. In der Praxis ist es aber nicht möglich, OSB nur aus Kernholz herzustellen. Zwei vielversprechende Wege, Aldehyd-Emissionen zu senken, sind der Einsatz von Wein- und Zitronensäure als Antioxidantien während des Produktionsprozesses und die Produktion von OSB aus Fichtenholz.

Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass bei einer gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten nach dem AgBB-Schema viele OSB-Platten wegen zu hoher VOC-Emissionen durchfallen, insbesondere wegen zu hoher Emissionen ungesättigter Aldehyde. Die Holzwerkstoffindustrie ist gefordert, hier tätig zu werden.

Literatur

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) (2001): Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten. Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/produkte/bauprodukte/agbb.htm> (Abrufdatum: 06.02.2013).

Beuth Verlag (2002): DIN ISO 16000-3 – Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carboxylverbindungen, Probenahme mit einer Pumpe. DIN ISO 16000. Berlin: Beuth-Verlag. 2002.

Beuth Verlag (2004): DIN ISO 16000-6 – Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf TENAX TA®, thermische Desorption und Gaschroma-

tographie mit MS/FID. DIN ISO 16000. Berlin: Beuth-Verlag.

Beuth Verlag (2005): DIN EN 717-1 – Holzwerkstoffe – Bestimmung der Formaldehydabgabe – Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammermethode DIN EN 717. Berlin: Beuth-Verlag.

Beuth Verlag (2006): DIN ISO 16000-9 – Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen – Emissionsprüfkammer-Verfahren. DIN ISO 16000. Berlin: Beuth-Verlag.

Horn W, Jann O, Kasche J, Bitter J, Müller D, Müller B (2007): Environmental and Health Provisions for Building Products – Identification and evaluation of VOC emissions and odour exposure. Federal Environmental Agency (Germany). UBA-Texte 21/2007. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3247.pdf> (Abrufdatum: 17.01.2013).

Makowski M, Ohlmeyer M (2006a): Impact of drying temperature and pressing time factor on VOC emissions from OSB made of scots pine. In: *Holzforschung* 60: 414–422.

Makowski M, Ohlmeyer M (2006b): Influences of hot pressing temperature and surface structure on VOC emissions from OSB made of scots pine. In: *Holzforschung* 60: 533–538.

Makowski M, Ohlmeyer M, Meier D (2005): Long-term development of VOC emissions from OSB after hot pressing. In: *Holzforschung* 59: 519–523.

Patentanmeldung DE 10 2009 000 109.3: Verfahren zur Emissionsminderung (Aldehydminderung) von Holz und Holzwerkstoffen.

Roffael E (2006): Ursachen für Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen. In: *Holz-Zentralblatt*, Nummer 20, 19.5.2006: 630ff.

Salthammer T, Boehme C, Meyer B, Siwinski N (2003): Release of primary compounds and reaction products from oriented strand board (OSB). Proceedings of the 7th International Conference Healthy Buildings 2003: 160–165.

Wilke O, Wiegner K, Jann O, Scheffer H, Brödner D (2012): Emissionsverhalten von Holz und Holzwerkstoffen. UBA-Texte 07/2012. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4262.pdf> (Abrufdatum: 16.01.2013).

Wiegner K, Wilke O, Jann O (2009): Study on VOC-Emissions from Oriented Strand Boards (OSB). Proceedings of the 9th International conference Healthy Buildings 2009. Syracuse, NY, USA. paper 247.

Kontakt

Dr. Olaf Wilke
Bundesanstalt für Materialforschung
Fachbereich 4.2: Materialien und Luftschadstoffe
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
E-Mail: [olaf.wilke\[at\]bam.de](mailto:olaf.wilke[at]bam.de)

[UBA]

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC): Einsatz mit Konsequenzen

Per- and polyfluorinated chemicals (PFC): use with consequences

Annegret Biegel-Engler, Claudia Staude, Lena Vierke, Christoph Schulte

Abstract

Per- and polyfluorinated chemicals (PFC) are used in a variety of consumer products and are ubiquitously present in the environment. The chemicals are not degradable and remain for centuries in the environment. PFC are also present in human blood and breast milk. Humans are mainly exposed to PFC via nutrition, contaminated drinking water and air. The results of the largest epidemiological study on PFC with 69,000 subjects illustrate the health risks of PFC. The German Federal Environment Agency is therefore working on the regulation of these chemicals.

Zusammenfassung

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) werden in einer Vielzahl von Verbraucherprodukten eingesetzt. Gleichzeitig führte dies bereits zu einer weltweiten Verbreitung in allen Umweltmedien. PFC sind kaum abbaubar und verbleiben deshalb für Jahrhunderte in der Umwelt und reichern sich dort an. Auch im menschlichen Blut und in Muttermilch sind PFC nachweisbar. Die Aufnahme in den menschlichen Organismus erfolgt hauptsächlich über Nahrung, kontaminiertes Trinkwasser und die Atemluft in Innenräumen. Die Ergebnisse der bisher größten epidemiologischen PFC-Studie mit 69.000 Menschen verdeutlichen die gesundheitsschädlichen Wirkungen der PFC. Das Umweltbundesamt arbeitet deshalb an der Regulierung dieser Chemikalien.

Einleitung

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) geraten immer wieder in den Fokus der Öffentlichkeit. Neben Meldungen zu PFC-Funden in Grund- und Oberflächenwasser in verschiedenen Regionen Deutschlands erregte die Greenpeace-Studie zu umweltschädlichen PFC in Outdoor-Kleidung im Oktober 2012 Aufsehen (Greenpeace 2012). Alle in dieser Studie untersuchten Kleidungsstücke waren mit PFC belastet.

Dies kommt nicht von ungefähr, denn PFC verleihen Kleidungsstücken atmungsaktive, wasser-, schmutz- und fettabweisende Eigenschaften. Wegen dieser besonderen Eigenschaften und ihrer chemischen und thermischen Stabilität werden PFC auch in vielen anderen Verbraucherprodukten eingesetzt.

Perfluorierte Chemikalien sind weltweit im Blut der Allgemeinbevölkerung verbreitet (Schröter-Kermani et al. 2012; Fromme et al. 2009). Perfluorierte Oktansäure (PFOA), einer der bekanntesten Vertreter der PFC, verbleibt lange im menschlichen Blut: Die Halbwertszeit beträgt circa 3,5 Jahre. PFOA

reichert sich auch in anderen Organen, zum Beispiel in Lunge, Leber und Niere, an. Es ist schädlich für die Fortpflanzung und gilt als krebserregend (Fromme et al. 2009). Zusätzlich gibt es Hinweise auf endokrine Wirkungen dieser Chemikalie. Erst kürzlich wurde im Umkreis der Produktionsanlage eines bedeutenden fluorchemischen Unternehmens die bisher größte epidemiologische Studie mit 69.000 Probanden abgeschlossen. Es wurde deutlich: Erhöhte PFOA-Expositionen begünstigen eine Reihe von Krankheiten.

1. Wirkungen von PFOA auf den Menschen

In der Nähe des Chemieunternehmens DuPont (West Virginia Washington Works) im Südwesten Parkersburgs (USA) wurden circa 500-fach höhere PFOA-Konzentrationen im Blut der Bevölkerung als bei der Allgemeinbevölkerung gemessen. Seit den 1950er Jahren emittierte dieses Chemieunternehmen PFOA in die Luft und in den Ohio River.

Was sind per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)?

PFC kommen nicht natürlich vor, sondern haben einen anthropogenen Ursprung. Chemisch gesehen bestehen PFC aus Kohlenstoffketten verschiedener Längen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind (**Tabelle 1**). Diese extrem starke Bindung zwischen Kohlenstoff und Fluor trägt zu ihrer hohen Stabilität bei.

Neben den in **Tabelle 1** dargestellten Stoffen sind noch eine Vielzahl anderer PFC am Markt erhältlich, zum Beispiel per- und/oder polyfluorierte Phosphon- und Phosphorsäuren, Acrylate, Amine, Iodide und so weiter. Unter den mehr als 650 verschiedenen PFC sind die perfluorierte Oktansulfonsäure (PFOS) und die perfluorierte Oktansäure (PFOA) die bekanntesten Verbindungen.

PFOS wurde bereits wegen der persistenten, bioakkumulierenden und toxischen Eigenschaften als langlebiger organischer Schadstoff (POP, persistent organic pollutant) identifiziert und somit in den Anhang B der Stockholmer Konvention aufgenommen. Bis auf wenige Ausnahmen darf PFOS weder hergestellt noch verwendet werden.

PFOA ist genau wie PFOS nicht abbaubar, reichert sich in Organismen an und ist toxisch. PFOA bindet an Proteine im Blut und reichert sich so in Blut, Niere, Leber und anderen Organen an.

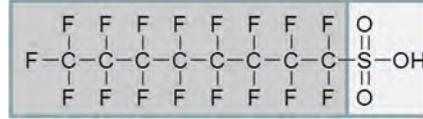
Polyfluorierte Chemikalien können zu perfluorierten Stoffen abgebaut werden. Daher werden sie weitläufig als Vorläufer bezeichnet. Sie sind zum Teil flüchtig und werden deshalb vorwiegend in der Luft gemessen (Vierke et al. 2012).

In Verbraucherprodukten werden überwiegend Polymere verwendet (**Tabelle 2**). Dies können zum einen Fluorpolymere sein, wie zum Beispiel PTFE (Teflon). PFOA wird als Hilfsstoff in der PTFE-Herstellung verwendet, wobei manche Fluorpolymerhersteller PFOA bereits ersetzt haben. Darüber hinaus werden häufig fluorierte Polymere eingesetzt, die aus einem organischen Grundgerüst bestehen und in den Seitenketten kovalent gebundene PFC aufweisen, die sogenannten Fluorcarbonharze. Diese Seitenketten können poly- oder auch perfluoriert sein. Die Polymerisierungsreaktion erfolgt nicht vollständig. Deshalb können diese Polymere Spuren von freien PFC enthalten, die dann entweder aus dem Verbraucherprodukt ausgasen oder ausgewaschen werden (Prevedouros et al. 2006). Unter Wissenschaftlern wird außerdem debattiert, welchen Einfluss der Abbau der fluorierten Polymere an den Umweltkonzentrationen der PFC hat und ob ein solcher Abbau überhaupt möglich ist.

Tabelle 1: Beispiele per- und polyfluorierter Verbindungen und ihre chemische Struktur.

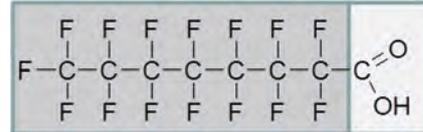
Perfluorierte Sulfonsäuren (PFSAs)

z. B. perfluorierte Oktansulfonsäure (PFOS)



Perfluorierte Carbonsäuren (PFCAs)

z. B. perfluorierte Oktansäure (PFOA)



Polyfluorierte Vorläuferverbindungen

z. B. Fluortelomeralkohole (FTOHs)

8:2 Fluortelomeralkohol (FTOH)

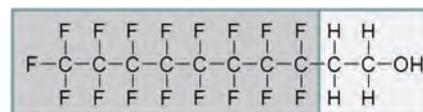
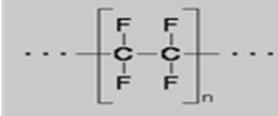


Tabelle 2: Beispiele von Fluorpolymeren und fluorierten Polymeren und ihre chemische Struktur.

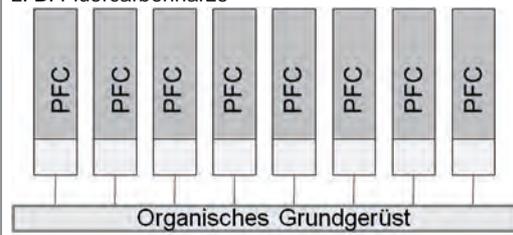
Fluorpolymere

z. B. Polytetrafluorethylen (PTFE)



Fluorierte Polymere

z. B. Fluorcarbonharze



Im Jahr 2002 bemerkten sechs Wasserversorger der Region erstmalig, dass PFOA auch im Trinkwasser der Region verbreitet ist. Wie lange die Bevölkerung dem verunreinigten Trinkwasser ausgesetzt war, ist unbekannt. Die betroffenen Gemeinden klagten gegen DuPont. Ein Ergebnis dieses Prozesses war die Durchführung einer einjährigen Studie – das PFOA-Gesundheitsprojekt (C8 Health Project: <http://www.c8sciencepanel.org/index.html> [Abrufdatum: 31.01.2013]). Von August 2005 bis Juli 2006 sammelten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

Informationen über den Gesundheitszustand der Bevölkerung durch Interviews und Fragebögen. Auch Blutproben von rund 69.000 Menschen, die in der Nähe der DuPont-Fabrik in West Virginia leben, wurden untersucht (Frisbee et al. 2009). Unabhängige Epidemiologen wiesen einen möglichen Zusammenhang zwischen verschiedenen Krankheiten und der langen PFOA-Exposition nach. Neben hohen Cholesterinwerten, chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen (Colitis Ulcerosa), Schilddrüsenerkrankungen, Hoden- und Nierenkrebs, wurde

auch Präeklampsie und erhöhter Blutdruck während der Schwangerschaft durch erhöhte PFOA-Blutwerte begünstigt (Knox et al. 2011; Lopez-Espinosa et al. 2011; Lopez-Espinosa et al. 2012; Frisbee et al. 2010; Savitz et al. 2012).

Eine kürzlich veröffentlichte Studie mit 656 Kindern zeigt, dass der langfristige Impferfolg bei den Kindern vermindert ist, die PFC stärker ausgesetzt waren und dementsprechend höhere PFC-Konzentrationen im Blut aufwiesen. Gegenstand der Untersuchungen aus dem Zeitraum von 1997 bis 2000 waren Impfungen gegen Diphtherie und Tetanus. Die im Säuglingsalter geimpften Kinder wurden im Alter von fünf und sieben Jahren auf ihre Serum-Antikörperkonzentrationen gegen Diphtherie und Tetanus und gleichzeitig auf die PFC-Konzentration untersucht (Grandjean et al. 2012).

In Langzeitstudien mit Ratten und Mäusen fördern perfluorierte Oktansulfonsäure (PFOS) und PFOA die Entstehung von Leber-, Bauchspeicheldrüsen- und Leydigzell-Tumoren. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf den Menschen ist umstritten. Arbeiter aus der fluorchemischen Industrie erkrankten jedoch häufiger an Krebs. Unbestritten ist die reproduktionstoxische Wirkung von PFOA und PFOS. Versuche zeigten eine erhöhte Sterblichkeit neugeborener Mäuse bei PFOA-Exposition. Zusätzlich war ihr Körpergewicht gegenüber nichtexponierten Mäusen deutlich geringer. Auch wurde eine verzögerte Geschlechtsreife in verschiedenen Studien an Mäusen festgestellt (European Chemicals Agency, 2011). Erste Hinweise für fortpflanzungsschädigende Wirkungen von PFC am Menschen gibt es bereits: Eine Studie begründet den Verdacht, dass PFOS und PFOA die Fruchtbarkeit von Frauen negativ beeinflussen (Fei et al. 2009). Eine weitere Studie zeigte, dass die Spermienqualität und die Spermienanzahl bei Männern mit höherer PFOA- und PFOS-Exposition vermindert war (Joensen et al. 2009). Es liegen weitere Studien vor, die die Wirkungen von PFOA auf das Hormonsystem beschreiben (White et al. 2011).

2. Wie nehmen wir PFC in unseren Körper auf?

Menschen nehmen PFC hauptsächlich über die Nahrung oder über kontaminiertes Trinkwasser auf. PFC wurden zum Beispiel bereits in Kartoffeln, Popcorn, Fleisch, Milchprodukten, Eiern, Fisch und so weiter

nachgewiesen. Quellen sind hier entweder PFC in Boden, Wasser und Luft oder Verpackungsmaterialien. Auch erhöhte Konzentrationen in Innenräumen – zum Beispiel durch mit PFC behandelte Teppiche oder Möbelstücke – tragen zur PFC-Belastung im Blut bei. Kleinkinder nehmen PFC zusätzlich durch erhöhte Hausstaubexpositionen beim Krabbeln auf (D'Hollander et al. 2010; Fromme et al. 2009). Die Chemikalien können die Placenta überwinden und werden dadurch bereits im Mutterleib auf den Fötus übertragen. Die PFC-Konzentrationen im Nabelschnurblut liegen zwischen 30 und 79 % der mütterlichen Blutkonzentrationen (Gützkow et al. 2011). Stillende Mütter übertragen PFC durch die Muttermilch auf ihre Kinder. Einer norwegischen Studie zufolge nehmen die PFOA-Konzentrationen im mütterlichen Blut um 46 % nach 6-monatiger Stillzeit und um 93 % bei einjähriger Stillzeit ab (Thomsen et al. 2010). Die Serumkonzentrationen von 6 Monate alten Säuglingen war durchschnittlich 4,6-mal höher als im mütterlichen Blutserum während der Geburt (Fromme et al. 2010). Norwegische Wissenschaftler zeigten, dass gestillte Kinder durchschnittlich täglich 4,1 Nanogramm PFOA pro Kilogramm Körpergewicht aufnehmen. Diese Aufnahme rate ist 15-fach höher als die von Erwachsenen (Haug et al. 2011). Stillen ist demnach eine Hauptquelle für PFOA bei Säuglingen.

3. Welche Produkte enthalten PFC?

PFC sind langlebig, das heißt chemisch und thermisch stabil. Die fluorierten Kohlenstoffketten sind außerdem sowohl wasser- als auch fettabweisend. In Verbraucherprodukten sind meist PFC-Polymere enthalten. Die fluorierten Ketten sind bei fluorierten Polymeren wie die Borsten einer Bürste angeordnet. Dadurch wird erreicht, dass weder Wassermoleküle noch Fetttropfen in Textilien eindringen können, sondern vom Stoff abperlen. Auf diese Art und Weise lassen sich sogar ölabweisende Oberflächen generieren. Diese Eigenschaften verleihen Produkten Charme: Teppiche sind leicht zu reinigen, Arbeitshosen werden nicht schmutzig und weiße Hemden bleiben lange fleckenfrei. PFC in Imprägniermitteln helfen nach ihrer Anwendung, dass diese Eigenschaften auch nach mehrmaligem Waschen bestehen bleiben. Die wasserdichte Membran in Outdoorbekleidung ist oft nicht sichtbar, denn sie befindet sich unterhalb der äußeren Textilschicht. Diese Membranen bestehen häufig aus einem Fluorpolymer, wie zum Beispiel Poly-

tetrafluorethylen (PTFE) – besser bekannt als Teflon. PFOA wird zum Teil noch als Hilfsstoff in der PTFE-Herstellung verwendet. Spuren von PFOA können noch im fertigen Produkt enthalten sein. Durch das Waschen und den Gebrauch der Textilien gelangen PFC in die Umwelt.

Die gleichzeitig fett- und wasserabweisenden Eigenschaften der Chemikalien werden aber auch in der Lebensmittelverpackungsindustrie geschätzt. Mit Fluorchemie ausgerüstete Papiere und Kartons verhindern das Austreten von Fett und Wasser – Eigenschaften, die vom Pappbecher bis zum Pizzakarton Anwendung finden. PTFE und andere Fluorpolymere sorgen auch dafür, dass in der Küche nichts anbrennt. In antihaftbeschichteten Töpfen, Pfannen, Backblechen und so weiter werden solche Polymere häufig verwendet.

Die fluorierten Kohlenstoffketten weisen noch weitere einzigartige Eigenschaften auf: Sie sorgen für reibungsfreie Grenzflächen, sodass quasi keine Reibung zwischen zwei verschiedenen Phasen entsteht. Dies macht man sich zum Beispiel in Feuerlöschschäumen zunutze. Brennt eine Flüssigkeit, wie etwa Diesel, so sorgen PFC im Löschschaum dafür, dass sich der Schaum sehr schnell auf der brennenden Flüssigkeit ausbreitet. Allerdings sorgt damit fast jeder Löscheinsatz für einen Eintrag von PFC in die Umwelt.

Der geringe Reibungswiderstand ist auch für Wintersportler vorteilhaft. Skiwaxen enthalten PFC. Beim Wachsen der Ski können PFC über die Atemluft in den Körper aufgenommen werden (Freberg et al. 2010; Nilsson et al. 2010). Die geringe Reibung vermindert auch den Verschleiß von Geräten. Deshalb werden die Polymere auch in Druckerfarben, Wachsen und Schmierstoffen eingesetzt. PFC werden auch Pestiziden beigemischt, weil dadurch erreicht werden kann, dass sich kleinste Tropfen mit geringen Mengen der hochaktiven Wirkstoffe auf dem Feld verteilen lassen. Häuserfassaden lassen sich mit Fluorchemie vor unerwünschten Verschmutzungen, zum Beispiel Graffiti, schützen. Auch Wetterschutzfarben und -lacke können PFC enthalten (Prevedouros et al. 2006).

Die unerwünschten Eigenschaften – Persistenz, Anreicherung in Organismen und Toxizität – der langkettigen PFC sind den Behörden und auch den Unternehmen bekannt. Die Industrie setzt daher vermehrt auf kurzkettige Alternativen, mit Ketten-

längen von bis zu sechs Kohlenstoffatomen. Der derzeitigen Datenlage zufolge reichern diese sich deutlich weniger in Organismen an und sind weit aus weniger toxisch. Daten aus Schweden zeigen allerdings bereits im Blutserum einen Anstieg der kurzkettigen perfluorierten Sulfonsäuren im Blut von Frauen (Glynn et al. 2012).

4. Wo finden sich PFC in der Umwelt?

PFC sind ubiquitär in der Umwelt nachweisbar. Perfluorierte Chemikalien werden in der Umwelt weder abiotisch noch biotisch abgebaut und sind daher noch viele Jahrzehnte nachdem sie in die Umwelt gelangt sind, dort zu finden. Vor allem in **Gewässern** werden die gut wasserlöslichen perfluorierten Chemikalien nachgewiesen. Über Wasserströmungen werden die Stoffe in weit entfernte Gebiete transportiert, zum Beispiel bis in die Arktis. Aufgrund der Persistenz der Substanzen können ihnen Kläranlagen nichts anhaben. Vielmehr entstehen in der Kläranlage durch Umwandlungsprozesse von abbaubaren Vorläuferverbindungen zusätzliche perfluorierte Stoffe. PFC gelangen dann über die Flüsse in die Meere. Sogar in entlegenen Gebieten, wie der Tiefsee oder der Arktis, sind PFC nachweisbar. Manche PFC binden auch an Partikel in Wasser und Luft (Prevedouros et al. 2006).

Andere PFC adsorbieren während der **Abwasserreinigung** an Klärschlamm. Wegen seines hohen Nährstoffgehaltes wird Klärschlamm in der Landwirtschaft oft als Dünger verwendet. Dadurch können PFC in den Boden und somit ins Grundwasser gelangen, aber auch in angrenzende Oberflächengewässer abgeschwemmt werden.

In der **Luft** werden hauptsächlich flüchtige PFC gefunden. Diese Verbindungen, wie beispielsweise die Fluortelomeralkohole, werden zu den langlebigen Perfluorcarbonsäuren abgebaut. Diese flüchtigen Vorläuferverbindungen werden in der Atmosphäre über Luftströmungen verteilt und durch Niederschlag ausgewaschen. **Innenraumkonzentrationen** übersteigen die Außenluftkonzentrationen um das 10- bis 20-Fache (Langer et al. 2010; Shoeib et al. 2005). Dies ist abhängig von der Ausstattung des Innenraums. In Outdoorläden wurden bisher die höchsten Luftkonzentrationen von PFC gemessen. Die Quellen sind hier etwa wasserabweisende Texti-

lien und Imprägniermittel aber auch schmutzabweisende Teppichböden.

Besorgniserregend sind zudem die Funde von perfluorierten Chemikalien in **Biota**. Langkettige PFCA und PFSA werden weltweit in Organismen nachgewiesen, zum Beispiel in Fischen, Eisbären und Robben. Aquatische Lebewesen nehmen PFC vorrangig aus dem Wasser und durch kontaminierte Beute auf. PFC reichern sich sogar entlang der Nahrungskette an. Die höchsten PFOS-Werte wurden bisher bei Eisbären gemessen. PFOA reichert sich zusätzlich auch in terrestrischen Nahrungsketten an. Terrestrische Lebewesen nehmen PFC aus Luft, Boden, Wasser und Nahrung auf. Die Aufnahme von kurzkettigen perfluorierten Chemikalien mit bis zu sechs Kohlenstoffatomen wiesen Wissenschaftler kürzlich in Salatblättern und anderen Pflanzen nach (Felizeter et al. 2012).

In die Umwelt können PFC bereits bei ihrer Herstellung und der Herstellung PFC-haltiger Produkte gelangen. Im weiteren Verlauf des Lebenszyklus können PFC beim Einsatz und dem Gebrauch dieser Produkte freigesetzt werden. Werden diese Erzeugnisse dann entsorgt, besteht weiterhin die Möglichkeit, dass PFC in die Umwelt gelangen.

5. Was macht das Umweltbundesamt, um Mensch und Umwelt vor PFC-Belastungen zu schützen?

Im Dezember 2012 identifizierte die EU auf Initiative des Umweltbundesamtes (UBA) die langkettigen Perfluorcarbonsäuren mit einer Kohlenstoffkette von elf bis vierzehn Kohlenstoffatomen als besonders besorgniserregende Stoffe. Als besonders besorgniserregend gelten Stoffe zum Beispiel wegen ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Eigenschaften oder weil sie schwer abbaubar (persistent) sind, sich in Organismen anreichern (bioakkumulierend) und toxisch in der Umwelt wirken. Die oben genannten Perfluorcarbonsäuren sind aufgrund ihrer sehr persistenten und sehr bioakkumulativen Eigenschaften in die Kandidatenliste der Europäischen Chemikalienverordnung REACH (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) aufgenommen worden. Damit werden diese vier PFC Kandidaten für eine gesetzliche Regulierung. Außerdem ergeben sich für den Gebrauch dieser Chemikalien Auskunftspflichten für Hersteller und Auskunftsrechte für Verbraucher

(<http://www.reach-info.de/verbraucheranfrage.htm> [Abrufdatum: 31.01.2013]).

Das UBA bewertet auch PFOA als persistenten, bioakkumulativen und toxischen Stoff (PBT-Stoff) im Sinne von REACH (Vierke et al. 2012). Deutschland hat deshalb gemeinsam mit Norwegen einen Vorschlag für die Identifizierung von PFOA als besonders besorgniserregenden Stoff bei der europäischen Chemikalienagentur ECHA eingereicht. Die öffentliche Kommentierungsfrist beginnt im Februar 2013. Anschließend berät das Mitgliedstaatenkomitee der ECHA über den Vorschlag. Bestätigt dieses Gremium die PBT-Eigenschaften von PFOA, wird es ebenfalls in die Kandidatenliste aufgenommen.

Als nächsten Schritt schlägt das UBA die Beschränkung der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung von PFOA und aller anderen langkettigen PFCAs vor. Der Beschränkungsvorschlag, an dem Deutschland und Norwegen gemeinsam arbeiten, wird dem Komitee zur Risikobewertung der ECHA im Jahr 2014 vorgelegt. Dieses Komitee erarbeitet daraus eine Stellungnahme. Diese ist dann die Entscheidungsgrundlage der Europäischen Kommission. Eine Beschränkung ist notwendig, um auch PFC-haltige Produkte, die in die EU importiert werden (z. B. Textilien) zu regulieren und wird auch die Vorläuferverbindungen berücksichtigen.

Kurzkettige PFC, die vermehrt als Alternative für die langkettigen Verbindungen eingesetzt werden, sind zwar genauso persistent, jedoch nicht so bioakkumulierend. Dafür sind sie umso mobiler: Zum einen können sie durch ihre gute Wasserlöslichkeit die Gewässer bis hin zum Trinkwasser verunreinigen. Zum anderen können sie über weite Strecken bis hin in entlegene Regionen transportiert werden. Das UBA prüft daher, ob auch diese Gruppe durch REACH zu regulieren ist.

Literatur

D'Hollander W, de Voogt P, De Coen W, Bervoets L (2010): Perfluorinated substances in human food and other sources of human exposure. In: *Rev Environ Contam Toxicol* 208: 179–215.

European Chemicals Agency (2011): Opinion proposing harmonised classification and labelling at Community level of Perfluorooctanoic acid (PFOA). <http://echa.europa.eu/documents/10162/e7f15a22-ba28-4ad6-918a-6280392fa5ae> (Abrufdatum: 31.01.2013).

Fei C, McLaughlin JK, Lipworth L, Olsen J (2009 Jan.): Maternal levels of perfluorinated chemicals and subfecundity. In: *Hum Reprod* 24(5): 1200–1205.

- Felizeter S, McLachlan MS, de VP (2012 Nov.): Uptake of perfluorinated alkyl acids by hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa*). In: *Environ Sci Technol* 46(21): 11735–11743.
- Freberg BI, Haug LS, Olsen R, Daae HL, Hersson M, Thomsen C, Thorud S, Becher G, Molander P, Ellingsen DG (2010 Oct.): Occupational exposure to airborne perfluorinated compounds during professional ski waxing. In: *Environ Sci Technol* 44(19): 7723–7728.
- Frisbee SJ, Brooks AP, Jr., Maher A, Flensburg P, Arnold S, Fletcher T, Steenland K, Shankar A, Knox SS, Pollard C, Halverson JA, Vieira VM, Jin C, Leyden KM, Ducatman AM (2009 Dec.): The C8 health project: design, methods, and participants. In: *Environ Health Perspect* 117(12): 1873–1882.
- Frisbee SJ, Shankar A, Knox SS, Steenland K, Savitz DA, Fletcher T, Ducatman AM (2010 Sep.): Perfluorooctanoic acid, perfluorooctanesulfonate, and serum lipids in children and adolescents: results from the C8 Health Project. In: *Arch Pediatr Adolesc Med* 164(9): 860–869.
- Fromme H, Mosch C, Morovitz M, Alba-Alejandre I, Boehmer S, Kiranoglu M, Faber F, Hannibal I, Genzel-Boroviczeny O, Koletzko B, Volkel W (2010 Sep.): Pre- and postnatal exposure to perfluorinated compounds (PFCs). In: *Environ Sci Technol* 44(18): 7123–7129.
- Fromme H, Tittlemier SA, Volkel W, Wilhelm M, Twardella D (2009): Perfluorinated compounds – Exposure assessment for the general population in western countries. In: *Int J Hyg Environ Health* 212(3): 239–270.
- Glynn A, Berger U, Bignert A, Ullah S, Aune M, Lignell S, Darnerud PO (2012 Aug.): Perfluorinated alkyl acids in blood serum from primiparous women in Sweden: serial sampling during pregnancy and nursing, and temporal trends 1996–2010. In: *Environ Sci Technol* 46(16): 9071–9079.
- Grandjean P, Andersen EW, Budtz-Jorgensen E, Nielsen F, Molbak K, Weihe P, Heilmann C (2012 Jan.): Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. In: *JAMA* 307(4): 391–397.
- Greenpeace (2012). *Chemistry for any weather*.
- Gützkow KB, Haug LS, Thomsen C, Sabaredzovic A, Becher G, Brunborg G (2011): Placental transfer of perfluorinated compounds is selective – A Norwegian Mother and Child sub-cohort study. In: *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 215: 216–219.
- Haug LS, Huber S, Becher G, Thomsen C (2011): Characterisation of human exposure pathways to perfluorinated compounds – Comparing exposure estimates with biomarkers of exposure. In: *Environment International* 37(4): 687–693.
- Joensen UN, Bossi R, Leffers H, Jensen AA, Skakkebaek NE, Jorgensen N (2009): Do Perfluoroalkyl Compounds Impair Human Semen Quality? In: *Environmental Health Perspectives* 117(6): 923–927.
- Knox SS, Jackson T, Javins B, Frisbee SJ, Shankar A, Ducatman AM (2011): Implications of early menopause in women exposed to perfluorocarbons. In: *J Clin Endocrinol Metab* 96(6): 1747–1753.
- Langer V, Dreyer A, Ebinghaus R (2010): Polyfluorinated compounds in residential and nonresidential indoor air. In: *Environ Sci Technol* 44(21): 8075–8081.
- Lopez-Espinosa MJ, Fletcher T, Armstrong B, Genser B, Dhatriya K, Mondal D, Ducatman A, Leonardi G (2011 Oct.): Association of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) with Age of Puberty among Children Living near a Chemical Plant. In: *Environ Sci Technol* 45(19): 8160–8166.
- Lopez-Espinosa MJ, Mondal D, Armstrong B, Bloom MS, Fletcher T (2012 Jul.): Thyroid function and perfluoroalkyl acids in children living near a chemical plant. In: *Environ Health Perspect* 120(7): 1036–1041.
- Nilsson H, Karrman A, Rotander A, Van BB, Lindstrom G, Westberg H (2010 Oct.): Inhalation exposure to fluorotelomer alcohols yield perfluorocarboxylates in human blood? In: *Environ Sci Technol* 44(19): 7717–7722.
- Prevedouros K, Cousins IT, Buck RC, Korzeniewski SH (2006 Jan.): Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. In: *Environ Sci Technol* 40(1): 32–44.
- Savitz DA, Stein CR, Elston B, Wellenius GA, Bartell SM, Shin HM, Vieira VM, Fletcher T (2012 Aug.): Relationship of perfluorooctanoic Acid exposure to pregnancy outcome based on birth records in the mid-ohio valley. In: *Environ Health Perspect* 120(8): 1201–1207.
- Schröter-Kermani C, Müller J, Jüriling H, Conrad A, Schulte C (2012 Sep.): Retrospective monitoring of perfluorocarboxylates and perfluorosulfonates in human plasma archived by the German Environmental Specimen Bank. In: *Int J Hyg Environ Health*. In Press.
- Shoeib M, Harner T, Wilford BH, Jones KC, Zhu J (2005 Sep.): Perfluorinated sulfonamides in indoor and outdoor air and indoor dust: occurrence, partitioning, and human exposure. In: *Environ Sci Technol* 39(17): 6599–6606.
- Thomsen C, Haug LS, Stigum H, Frøshaug M, Broadwell SL, Becher G (2010): Changes in concentrations of perfluorinated compounds, polybrominated diphenyl ethers, and polychlorinated biphenyls in Norwegian breast-milk during twelve months of lactation. In: *Environmental Science and Technology* 44(24): 9550–9556.
- Vierke L, Staude C, Biegel-Engler A, Drost W, Schulte C (2012). Perfluorooctanoic acid (PFOA)-main concerns and regulatory developments in Europe from an environmental point of view. In: *Environmental Sciences Europe* 24(5).
- White SS, Fenton SE, Hines EP (2011): Endocrine disrupting properties of perfluorooctanoic acid. In: *J Steroid Biochem Mol Biol* 127(1–2): 16–26.

Kontakt

Dr. Christoph Schulte
 Fachgebiet IV 2.3 „Chemikalien“
 Umweltbundesamt
 Wörlitzer Platz 1
 06844 Dessau-Roßlau
 E-Mail: christoph.schulte[at]juba.de

[UBA]

Antibiotika in der Umwelt – Wirkung mit Nebenwirkung

Antibiotics in the environment – effects and side-effects

Anette Küster, Simone Lehmann, Arne Hein, Jens Schönfeld

Abstract

Antibiotics have been used in human and veterinary medicinal products for several decades. In addition high and even increasing amounts of antibiotic prescription and usage data have been reported in literature. However, precise numbers of antibiotic prescription and usage are hard to obtain and scarce. Due to their permanent and high use antibiotics are frequently detected in the environment throughout the last years. Results obtained within the environmental risk assessments for new antibiotic products revealed a risk for some environmental organisms in laboratory test systems. In such cases the environmental risk assessment for pharmaceuticals provides the possibility of risk mitigation measures for those antibiotic products. Nevertheless, this possibility has rarely been used during the environmental risk assessments of antibiotics. Furthermore, the potential environmental risk of "old" antibiotic products still cannot be assessed during the authorization process because those have already been used before the relevant legislation for the environment came into force. As a consequence the respective data set on environmental properties and effects are still not or only partially available. A program that deals with those antibiotics therefore needs to be implemented. In addition an increasing amount of antimicrobial resistance in the environment has been reported. An assessment of the potential environmental risk of antimicrobial resistance is yet not addressed within the environmental risk assessment of pharmaceuticals and needs to be investigated. As a consequence the combination of those measures and approaches is needed in order to reduce possible risks of antibiotics to the environment.

Zusammenfassung

Antibiotika werden sowohl in der Human- als auch Tiermedizin seit Jahrzehnten eingesetzt. Zusätzlich wurde in der Literatur über sehr hohe und ansteigende Einsatzmengen berichtet. Genaue Zahlen zu Verschreibungs- wie auch Anwendungsdaten von Antibiotika sind jedoch selten und schwer erhältlich. Wegen ihres kontinuierlichen und hohen Einsatzes konnten Antibiotika in den letzten Jahren in der Umwelt nachgewiesen werden. Im Rahmen der Umweltbewertungen neuer Antibiotika wurden bereits Effekte auf einige Umweltorganismen in Laborsystemen festgestellt. In diesem Falle sind Auflagen zum Schutz der Umwelt in der entsprechenden Gesetzgebung vorgesehen. Weiterhin müssen die Daten zur Umweltbewertung im Rahmen der Zulassung von "alten" Antibiotika nicht vorgelegt werden, da diese Antibiotika auf den Markt kamen, bevor die Gesetzgebung zur Umweltbewertung verankert wurde. Daher sollte aus Sicht des Umweltbundesamtes (UBA) für diese Antibiotika ein "Altwirkstoffprogramm" implementiert werden. In den letzten Jahren wurde außerdem über den Anstieg von Antibiotikaresistenzen in der Umwelt berichtet. Eine Bewertung des möglichen Umweltrisikos von Antibiotikaresistenzen ist jedoch bisher in der Gesetzgebung nicht vorgesehen und sollte daher untersucht werden. Als Konsequenz kann nur eine Kombination dieser Maßnahmen und Ansätze die Reduzierung möglicher Risiken von Antibiotika in der Umwelt ermöglichen.

Einleitung

Antibiotika sind das wichtigste Instrument zur Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier. Jedoch nehmen komplizierte Infektionen durch multi-resistente Bakterien immer mehr zu. Antibiotika erweisen sich infolge der Resistenzbildung der Krankheitserreger oft nicht mehr als geeignete Therapeutika. In diesem Beitrag sollen

anhand vorliegender Daten zur Umweltbewertung von Antibiotika zunächst allgemeine Informationen präsentiert werden, um die Folgen des weitverbreiteten Einsatzes von Antibiotika in der Human- und Tiermedizin für die Umwelt zu diskutieren.

Allgemeine Grundlagen Antibiotika

Antibiotika im engeren Sinne sind Naturstoffe, die zum Beispiel von Bakterien, Pilzen, Flechten und Moosen zur „Selbstverteidigung“ gebildet werden. Das Wirkungsspektrum der Antibiotika umfasst fast ausschließlich Bakterien. Sie besitzen keine Wirksamkeit gegen Viren. Antibiotika haben spezifische Angriffspunkte an den Zellstrukturen der Zielbakterien, wobei die Störung der Proteinbiosynthese von Zellorganellen im Vordergrund steht. Man unterteilt die Antibiotika in zwei verschiedene Wirkungstypen:

- **Bakterizid wirkende Antibiotika** führen durch Schädigung essentieller Bakterienzellstrukturen (z. B. der Bakterienzellwand) zum Absterben der Erreger.
- **Bakteriostatisch wirkende Antibiotika** hemmen das Wachstum der Bakterien. Die im Wachstum gestörten Krankheitserreger müssen dann von körpereigenen Abwehrmechanismen eliminiert werden (Wiesner, Ribbeck 2000).

Die Herstellung von Antibiotika erfolgte ursprünglich durch die Kultivierung von Hochleistungstämmen (Fermentation). Die dabei gebildete Grundstruktur wird zunehmend teilsynthetisch weiterbearbeitet, um neue Substanzen mit erwünschten Eigenschaften zu erzeugen (z. B. Benzylpenicillin). Seitdem die Struktur vieler Stoffe aufgeklärt ist, erfolgt auch zunehmend die synthetische Herstellung (z. B. Penicillin). Inzwischen wurden neue antibakteriell wirkende Substanzen auf rein chemisch-synthetischem Wege entwickelt (z. B. Sulfonamide, Chinolone) (Wiesner, Ribbeck 2000). Deshalb fasst man heute die Antibiotika im engeren Sinne (Naturstoffe) und die halb- beziehungsweise vollsynthetisch hergestellten antibakteriell wirksamen Substanzen unter dem Begriff Antiinfektiva (BfT 1999) oder antibakterielle Chemotherapeutika (Frey, Löscher 2002) zusammen. Im nachfolgenden Text wird der umgangssprachlich gebräuchliche Begriff „Antibiotika“ verwendet.

Anwendung von Antibiotika in der Human- und Veterinärmedizin

Gegenwärtig ist die Kritik am weitverbreiteten Einsatz von Antibiotika in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, insbesondere in der Mast von Geflügel (Huhn, Pute), Schweinen und Kälbern omni-

präsent, in erster Linie wegen der damit verbundenen Gefahr der Resistenzbildung bei den Krankheitserregern. Eine Aufstellung der in der Tiermedizin am häufigsten eingesetzten Antibiotika-Wirkstoffgruppen zeigt **Tabelle 1**.

Der Einsatz von Antibiotika in der Veterinärmedizin ist von Erwägungen des Tierschutzes geprägt und auf Nutztierseite zudem durch das Ziel bestimmt, gesunde Lebensmittel zu erzeugen. Der Antibiotikaeinsatz zielt darauf ab, Einzeltiere, Gruppen oder Bestände in einem frühen Erkrankungsstadium zu behandeln, damit eine Beeinträchtigung der Gesundheit der Tiere und der Qualität der Lebensmittel Fleisch, Milch, Eier möglichst vermieden wird. Ein metaphylaktischer Einsatz von Antibiotika ist bei landwirtschaftlichen Nutztieren oft unabdingbar. Darunter versteht man die Behandlung großer Tiergruppen oder sogar des gesamten Bestandes, weil ein Erreger den Bestand bereits infiziert hat, erst wenige Tiere erkrankt sind, die Haupterkrankungswelle aber verhindert werden soll (Wiesner, Ribbeck 2000). Dabei werden wesentlich größere Mengen von Antibiotika eingesetzt als bei der Einzeltierbehandlung und Arzneimittelwirkstoffe direkt – über Futter- und Wasserreste – oder indirekt – nach Ausscheidung durch die Tiere – in die Umwelt eingetragen.

Um den aktuellen Stand der veterinärmedizinischen Wissenschaft beim Einsatz von Arzneimitteln zur Gruppen- oder Bestandsbehandlung zu sichern, wurde von einer Arbeitsgruppe im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) der Leitfaden „Orale Anwendung von Tierarzneimitteln im Nutztierbereich über das Futter oder das Trinkwasser“ (19.06.2009) als Arbeitsinstrument für Tierhalter und Tierärzte erarbeitet (BMELV 2009).

Die Bundestierärztekammer hat in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Veterinärbeamten (ArgeVet) im Jahr 2000 erstmals die „Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln“ herausgegeben und im Jahr 2010 mit der 2. Auflage aktualisiert (BTK 2010). Damit steht den Tierärzten ein wissenschaftlich fundiertes Konzept zum Einsatz von Antibiotika in der Tiermedizin zur Verfügung.

Die Erfassung der eingesetzten Antibiotikamengen ist eine Voraussetzung, um mögliche Zusammenhänge zwischen den angewendeten Antibiotika und den

Tabelle 1: In der Tiermedizin eingesetzte Antibiotika-Wirkstoffgruppen, geordnet nach Einsatzhäufigkeit (BfT 2006; BTK 2010; Frey, Löscher 2002).		
Wirkstoffgruppe	Wirkungsmechanismus	Indikation
1. Tetracycline (Tetracyclin, Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Doxycyclin)	bakteriostatisch	Breitspektrumantibiotika, Infektionen des Atmungs-, Verdauungs- und Urogenitalsystems, starker Einsatz bei Masttieren
2. β-Lactame - Benzylpenicillin, - Amoxicillin, Ampicillin, - Cephalosporine der 1., 2. und 3. Generation (3. Generation: Cefovectin, Ceftiofur)	bakterizid	Benzylpenicilline: Atemwegsinfektionen, eitrige Infektionen Aminopenicilline (Amoxicillin, Ampicillin): Breitspektrum-penicilline, an erster Stelle bei Mastgeflügel, Mastschwein und Mastkalb bei Infektionen des Atmungs- und Verdauungstraktes, eitrige Infektionen, Euterentzündung, spezielle Infektionskrankheiten wie Rotlauf, Listeriose Cephalosporine: Reserveantibiotika in der Humanmedizin
3a. Sulfonamide (Sulfadimidin, Sulfadimethoxin, Sulfamethoxazol u. a.)	bakteriostatisch	Breitspektrumantibiotika, starker Einsatz bei Masttieren gegen Infektionen des Atmungs- und Verdauungstraktes, Listeriose, einzige Antibiotika mit Wirkung gegen Protozoen (Kokzidien bei Geflügel, Kalb)
3b. Trimetoprim	bakterizid	eingesetzt in Kombination mit Sulfonamiden
4. Makrolidantibiotika (Erythromycin, Tulatromycin, Tylosin, Tilmicosin u.a.)	bakteriostatisch	Atemwegsinfektionen, Euterentzündung Nachteil: gewebsreizend nach Injektion
5. Aminoglycoside (Streptomycin, Gentamicin C, Spectinomycin)	bakterizid	Infektionen des Atmungs-, Verdauungs- und Urogenitalsystems
6. Polypeptidantibiotika (Colistin)	bakterizid	vor allem bei Infektionen des Verdauungstraktes mit Enterobakterien, wie z. B. E. coli, Salmonellen
7. Lincosamide (Lincomycin, Clindamycin)	bakteriostatisch	vor allem bei Infektionen des Atmungssystems, stark eingesetzt in der Geflügelmast
8. Pleuromutiline (Tiamulin)	bakteriostatisch	Breitspektrumantibiotika, Wirkung bei Infektionen des Atmungs- und Verdauungssystems
9. Phenicole (Florfenicol)	vorwiegend bakteriostatisch	Breitspektrumantibiotika, Infektionen des Atmungstraktes
10. Fluorchinolone (Enrofloxacin, Marbofloxacin)	bakterizid	Breitspektrumantibiotika, Infektionen des Atmungs- und Verdauungstraktes

auftretenden Resistenzen erkennen zu können. Eine erste Schätzung der Verbrauchsmengen von Antibiotika in der Tierhaltung, basierend auf Verkaufszahlen, wurde auf der Grundlage des Veterinärpanels der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) in Nürnberg durch den Bundesverband für Tiergesundheit (BfT) im Jahr 2005 durchgeführt (BfT 2006). Gemäß dieser Erhebung wurden im Jahr 2005 circa 784 Tonnen Antibiotika an Tierärzte abgegeben (**Tabelle 2**).

Durch das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) wurde erfasst, dass im Jahr 2011 circa 1.734 Tonnen Antibiotika von pharmazeutischen Unternehmen und Großhändlern an Tierärzte in Deutschland abgegeben wurden, darunter circa 576 Tonnen Tetracycline, 505 Tonnen Aminopenicilline, 8 Tonnen Fluorchinolone und 3,8 Tonnen Cephalosporine der 3. und 4. Generation

(BVL 2012). Aktuelle Daten zum Antibiotikaeinsatz in der Nutztierhaltung finden sich im Bericht „Evaluierung des Antibiotikaeinsatzes in der Hähnchenhaltung“ aus Nordrhein-Westfalen (LANUV 2012). Der Bericht liefert keine Angaben zu eingesetzten Wirkstoffmengen, jedoch über die Häufigkeit der eingesetzten Wirkstoffe. Es dominieren zwei Kombinationspräparate (Lincomycin/Spectinomycin bzw. Trimethoprim/Sulfamethoxazol). Im „Bericht über den Antibiotikaeinsatz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in Niedersachsen“ (LAVES 2011) wurden Masthühner, Puten, Mastschweine, Mastkälber und Jungbullen betrachtet. In der Hühner- und Putenmast werden vor allem β -Lactame (z. B. Amoxicillin) sowie Sulfonamide allein oder in Kombination mit Trimethoprim angewendet. Bei den Mastschweinen dominiert der Einsatz von β -Lactamen (Amoxicillin), gefolgt von Tetracyclinen, Makroliden, Polypeptiden und Fenicolen. Bei

Tabelle 2: Schätzung der Verbrauchsmengen von Antibiotika-Wirkstoffgruppen in der Tierhaltung basierend auf Verkaufszahlen (Veterinärpanel der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) für 2005. Angaben in Tonnen (t).	
Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung in Deutschland gesamt in t (2005)	784,4
Tetracycline	350,0
β-Lactame	199,2
Sulfonamide	97,5
Makrolidantibiotika	52,6
Aminoglycoside	52,6
Polypeptide	21,8
Lincosamide	12,1
Pleuromutiline	6,4
Phenicole	4,8
Chinolone	3,7

Mastkälbern und Jungbullen sind es die β-Lactame, Tetracycline, Sulfonamide oder Sulfonamide in Kombination mit Trimethoprim (LAVES 2011).

In der Humanmedizin werden jährlich 450 bis 600 Tonnen Antibiotika über öffentliche Apotheken und Klinikapotheken abgegeben. In der Zeit von 2002 bis 2009 war hier ein Anstieg um 30 % zu verzeichnen (Bergmann et al. 2011). Am häufigsten werden in der Humanmedizin die β-Lactame (Penicilline, Aminopenicilline und Cephalosporine) eingesetzt. Bis zu 50 % der Antibiotika-Therapien in der Humanmedizin werden von Experten als unangemessen angesehen, beispielsweise hinsichtlich der Dosierung oder der Therapiedauer (Schröder 2011). Kritisch betrachtet wird der zunehmende Einsatz von Reserveantibiotika, das heißt solcher Substanzen, die der Behandlung von schwerwiegenden Infektionen vorbehalten sein sollten, bei denen die Standardantibiotika, wie zum Beispiel Tetracycline oder Aminopenicilline, wegen einer Resistenzbildung nicht mehr eingesetzt werden können. Im Jahr 2010 entfiel in Deutschland fast jede zweite Antibiotika-Verordnung auf ein Reserveantibiotikum (Schröder 2011).

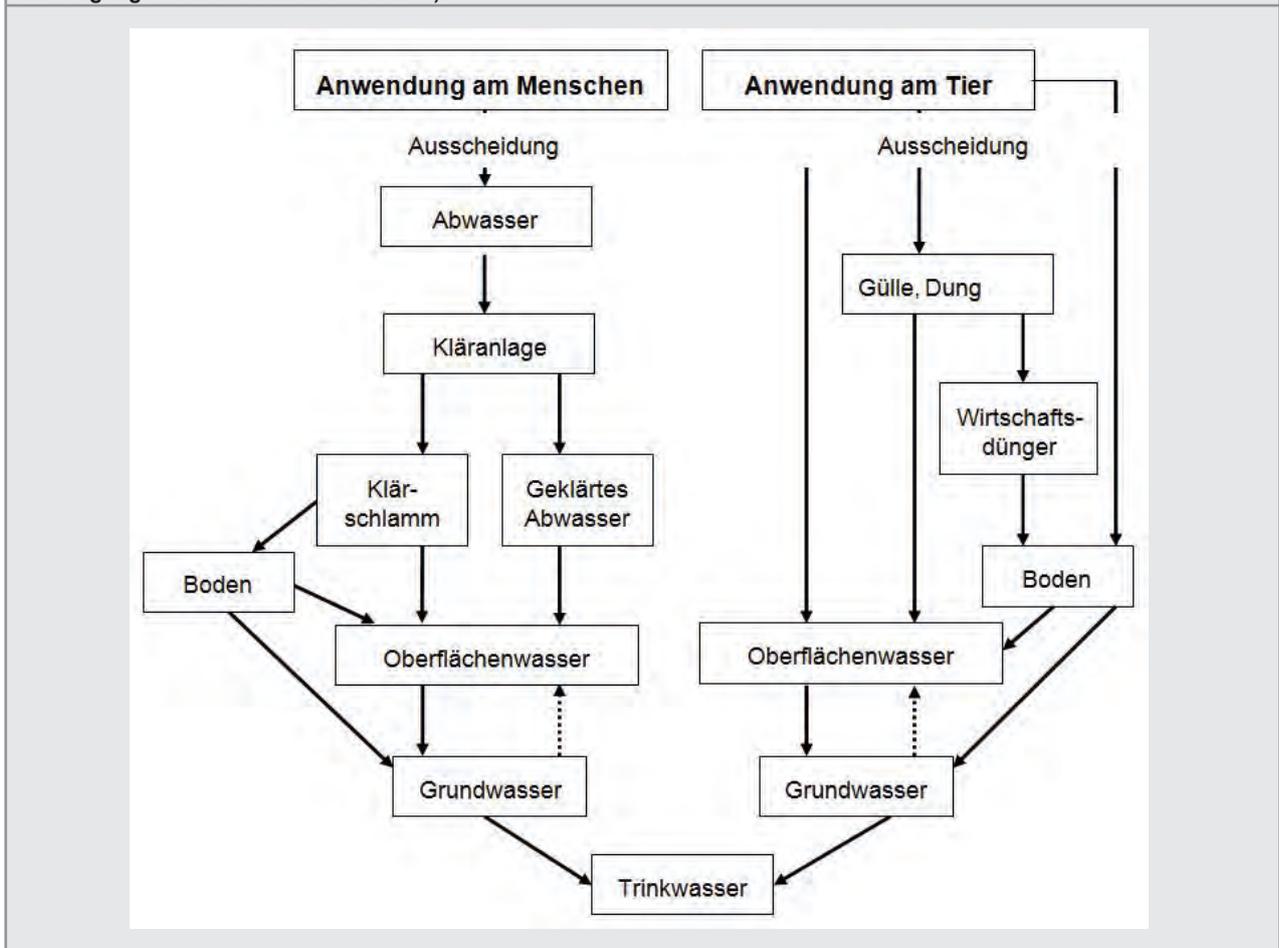
Beim Vergleich von Human- und Tiermedizin wird deutlich, dass ein paralleler Einsatz von Antibiotika-Wirkstoffen erfolgt (z. B. β-Lactame, neuer Tetracyclinwirkstoff Doxycyclin). Häufig werden in der Tiermedizin ältere Wirkstoffe genutzt (z. B. die älteren Tetracyclinwirkstoffe). Seit etwa 10 Jahren werden aber auch Wirkstoffe speziell für die Tiermedizin entwickelt (z. B. die Makrolide Tulathromycin und Tildipirosin). Kritisch zu betrachten ist die Tatsache, dass der Einsatz von Reserveantibiotika der Humanmedizin in der Tiermedizin nicht

verboten ist. All diese Fakten können der Entwicklung von Resistenzen und deren Übertragung zwischen bakteriellen Krankheitserregern von Mensch und Tier Vorschub leisten.

Eintrag von Antibiotika in die Umwelt

Durch den Einsatz von Antibiotika sowohl in der Human- als auch Tiermedizin können antibiotische Wirkstoffe über unterschiedliche Eintragswege in die Umwelt gelangen. Werden Antibiotika am Menschen angewendet, so steht in erster Linie die Ausscheidung der Wirkstoffe durch den Menschen im Vordergrund. Die Antibiotika gelangen durch die Kanalisation in die Kläranlage. Sie können anschließend sowohl durch das geklärte Abwasser als auch durch aufgebrauchten Klärschlamm in die Umweltmedien Boden, Oberflächen- und Grundwasser gelangen. Aus der Anwendung der Antibiotika in der Tiermedizin ergeben sich die vorrangigen Eintragspfade über die Ausscheidung von behandelten Tieren. Durch das Ausbringen von Gülle und Mist als Wirtschaftsdünger, aber auch infolge direkter Ausscheidung durch die behandelten Tiere können antibiotische Rückstände auf landwirtschaftlich genutzte Flächen gelangen. Als Konsequenz erreichen die Antibiotika auch hier die Umweltmedien Boden, Oberflächen- und Grundwasser. In der Tiermedizin ist der zusätzliche Eintragsweg zu erwähnen, der sich durch die Aquakultur von Fischen (z. B. die Forellen- und Lachszucht) ergibt. Diese mittlerweile oft intensiv betriebene Zuchtmethodik wird unter anderem durch einen hohen Antibiotikaeinsatz häufig in sogenannten „offenen“ Zuchtkäfigen in küstennahen Gewässergebieten aber auch in (künst-

Abbildung 1: Haupt-Eintragswege von Human- und Tierantibiotika (zusätzliche Eintragspfade wie Produktion, Entsorgung etc. wurden nicht betrachtet).



lichen) Binnengewässern optimiert. Die Medikation der Fische kann somit zu einem direkten Eintrag von Antibiotika in die Gewässer und angrenzende Sedimentbereiche führen (Abbildung 1).

Vorkommen von Antibiotika in der Umwelt

Antibiotika wurden in den letzten Jahren sowohl in den Ausscheidungsprodukten behandelter Tiere als auch in den verschiedensten Umweltmedien regelmäßig nachgewiesen. Vertreter aller antibiotischen Wirkstoffgruppen konnten sowohl im Dung behandelter Tiere, im Boden aber auch im Oberflächen- und Grundwasser gemessen werden. Eine Auswahl an Wirkstoffen und deren nachgewiesenen Konzentrationsbereichen in den verschiedenen Umweltmedien zeigt **Tabelle 3**. Zusätzlich gab es bereits vereinzelte Hinweise auf Antibiotika im Trinkwasser (LfU und LGL 2010) und auch in landwirtschaftlichen Pflanzen wie Porree und Weißkohl (Grote et al. 2009).

Umweltbewertung von Antibiotika

Verankerung der Umweltbewertung in der Gesetzgebung

Die Umweltbewertung von Antibiotika erfolgt gemäß der vorhandenen Gesetzgebung zu Arzneimitteln. Die EU-Gesetzgebung der Richtlinien 2001/82/EC (Tierarzneimittel) und 2001/83/EC (Humanarzneimittel) beziehungsweise der Verordnung 726/2004/EC regelt die rechtlichen Voraussetzungen für die Zulassung neuer Human- und Tierarzneimittel. Sie geben vor, dass im Rahmen von neuen Zulassungsanträgen Umweltrisiken von Arzneimitteln abzurufen und gegebenenfalls Sonderbestimmungen zu deren Begrenzung vorzusehen sind. Bereits zugelassene Präparate werden dagegen nachträglich keiner Umweltbewertung unterzogen. Auf nationaler Ebene sieht das deutsche Arzneimittelgesetz (AMG) vor, dass die Zulassung von solchen Arzneimitteln, die ein Umweltrisiko darstellen, mit Auflagen zum Schutz der Umwelt verknüpft wird.

Tabelle 3: Vorkommen ausgewählter Antibiotika-Wirkstoffe in verschiedenen Umweltmedien.				
Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	Umweltmedium	Konzentration	Referenz
Tetracycline	Chlortetracyclin	Gülle	46000 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	810 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Oberflächengewässer	0,5 µg/L	Meyer et al. 2000
		Grundwasser	-	-
	Oxytetracyclin	Gülle	29000 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	-	-
β-Lactame	Amoxicillin	Gülle	-	-
		Boden	-	-
		Oberflächengewässer	0,245 µg/L	Kasprzyk-Hordern et al. 2007
		Grundwasser	0,1 µg/L	BLAC 2003
Sulfonamide	Sulfadimidin	Gülle	20000 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	<0,1 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Oberflächengewässer	0,145 µg/L	BLAC 2003
		Grundwasser	4,0 µg/L	Weiss 2008
	Sulfamethoxazol	Gülle	-	-
		Boden	-	-
Diaminopyrimidin	Trimethoprim	Oberflächengewässer	0,550 µg/L	BLAC 2003
		Grundwasser	0,41 µg/L	Sacher et al. 2001
		Gülle	17000 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	<0,1 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
Makrolide	Tylosin	Oberflächengewässer	0,190 µg/L	BLAC 2003
		Grundwasser	0,023 µg/L	BLAC 2003
		Gülle	320 µg/kg	Weiss 2008
		Boden	1,0 µg/kg TM	Hamscher et al. 2004
Chinolone	Enrofloxacin	Oberflächengewässer	0,020 µg/L	LfW 2004
		Grundwasser	1,0 µg/L	Weiss 2008
		Gülle	8300 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	200 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
	Ciprofloxacin	Oberflächengewässer	0,102 µg/L	Pena et al. 2007
		Grundwasser	-	-
Chinolone	Ciprofloxacin	Gülle	2900 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Boden	370 µg/kg TM	Sattelberger et al. 2005
		Oberflächengewässer	0,119 µg/L	Pena et al. 2007
		Grundwasser	-	-

Bewertungskonzepte in Form von sogenannten Leitfäden (VICH 2000; VICH 2004; EMA 2005; EMA 2006) bilden für Behörden und Industrie die gemeinsame Grundlage für die Umweltprüfungen. Sie enthalten neben einer Listung der durchzuführenden Tests eine detaillierte Anleitung und Kriterien für das schrittweise Erstellen der Umweltbewertung. Die eigentliche Umweltbewertung wird in zwei aufeinanderfolgenden Teilen durchgeführt. Im ersten Teil (Phase I) wird zunächst die zu erwartende Umweltkonzentration des Wirkstoffes

des zu genehmigenden Präparates berechnet. Ist diese berechnete Umweltkonzentration kleiner als die gegebenen Grenzwerte für Human- oder Tierarzneimittel, ist die Umweltbewertung abgeschlossen. Werden die gegebenen Grenzwerte jedoch überschritten, so ist für das Präparat eine vertiefte Umweltbewertung (Phase II) notwendig. Diese vertiefte Umweltbewertung umfasst sowohl Studien zu dem Umweltverhalten als auch zu möglichen Effekten auf umweltrelevante Organismen (z. B. Toxizität für Fische, Wasserflöhe und Algen).

Wird ein Umweltrisiko identifiziert, kann die Zulassung des Arzneimittels mit Auflagen zum Schutz der Umwelt, den sogenannten Risikominderungsmaßnahmen, verbunden werden. Im Gegensatz zu Humanarzneimitteln kann die Zulassung von Tierarzneimitteln aufgrund von möglichen Umweltrisiken in letzter Konsequenz versagt werden.

Ergebnisse der Umweltbewertungen

Das UBA prüft als fachkompetente Behörde in Deutschland die eingereichten Studien hinsichtlich Leitfaden-konformer Durchführung und Plausibilität der Ergebnisse, der Auswertung und der Schlussfolgerungen und erstellt anschließend eine abschließende Umweltbewertung. Seit der Verankerung der Umweltbewertung in der Gesetzgebung wurden dem UBA zahlreiche Zulassungsanträge für Präparate mit antibiotischen Wirkstoffen vorgelegt. Im Rahmen der Zulassungsanträge konnten diese Präparate auf ihr potentiell Umweltrisiko bewertet werden. Für eine Vielzahl der existierenden antibiotischen Wirkstoffgruppen, wie zum Beispiel die β -Lactame, Tetracycline, Makrolide, Polypeptid-Antibiotika, Fluorchinolone und Sulfonamide, liegen dem UBA somit Daten zur Umweltbewertung vor. Im Rahmen der vertieften Phase II-Bewertungen zeigten im aquatischen Umweltmedium (Gewässer) die Testorganismen der Cyanophyceen (umgangssprachlich: Blaualgen) eine erhöhte Sensitivität auf antibiotische Wirkstoffe. Im Gegensatz dazu reagierten die höheren Pflanzen als Testorganismen im terrestrischen Umweltmedium (Boden) besonders empfindlich auf Antibiotika. Ein potentiell Risiko für die Umwelt konnte bereits im Rahmen einzelner Präparatezulassungen für verschiedene Wirkstoffe in Laborexperimenten identifiziert werden. Im Rahmen der Zulassung der betroffenen Präparate wurden daher sogenannte Risikominderungsmaßnahmen zu der Aufnahme in die Produkteigenschaften des jeweiligen Präparates erarbeitet. Bisher wurde jedoch sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene nur eine geringe Anzahl an Auflagen auf Grundlage dieser Bewertungsergebnisse durchgesetzt. So wurde etwa für ein Präparat mit dem in der Schweinezucht eingesetzten Wirkstoff Tilmicosin im Rahmen der Umweltbewertung ein aquatisches und terrestrisches Umweltrisiko identifiziert. Daher wurde der folgende Hinweis zur Risikominderung in die Produkteigenschaften dieses Präparates aufgenommen: „... „Präparat“ darf nur einmal pro Produktionszyklus über den vorgeschriebenen Behandlungszeitraum im gesamten Bestand angewendet werden, da nur mit einer geringen Abbaurate der ausgedie-

nen „Präparat“-Rückstände zu rechnen ist. „Präparat“ darf nicht in Gewässer gelangen, da es für im Wasser lebende Organismen gefährlich ist“. Eine weitergehende Verankerung möglicher Auflagen für Antibiotika zum Schutz der Umwelt gibt es jedoch bisher nicht.

Es bleibt ebenso zu erwähnen, dass für viele Antibiotika, die bereits vor der Verankerung der Umweltbewertung auf den Markt kamen, die entsprechenden Daten zum Verhalten und zu möglichen Wirkungen in der Umwelt fehlen. Gerade diese Altarzneimittel werden bereits seit Jahrzehnten angewendet. Häufig werden sie zusätzlich in hohen Mengen vor allem in der Tiermedizin eingesetzt (**Tabelle 2**). Resultierend aus diesen beiden Faktoren werden diese Antibiotika mittlerweile kontinuierlich in den verschiedenen Umweltmedien nachgewiesen. Trotz allem liegen dem UBA zum Beispiel für die sogenannten antibiotischen „Bestseller“ Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Sulfamethoxazol und Trimetoprim keine beziehungsweise wenige unvollständige Daten zu einer möglichen Umweltbewertung vor. Das potenzielle Umweltrisiko dieser Altarzneimittel bleibt trotz bestehender gesetzlicher Verpflichtung zur Umweltbewertung für neue Arzneimittel selbst nach jahrzehntelanger Vermarktung bisher unbewertet beziehungsweise kann nicht eingeschätzt werden. Das UBA fordert daher die Etablierung eines „Altwirkstoffprogrammes“, um die bestehenden Datenlücken zu schließen.

Antibiotikaresistenzen und deren Umweltrelevanz

Als Resistenzen werden alle Eigenschaften von Bakterien betrachtet, die es ihnen ermöglichen, die Wirkung von antibiotisch aktiven Substanzen abzuschwächen oder ganz zu unterbinden. Da Antibiotikaresistenzen selbst bei Bakterien gefunden werden, die seit mehreren Millionen Jahren isoliert leben (Bhullar et al. 2012), nimmt die Wissenschaft an, dass es sich um ein sehr altes, grundlegendes Merkmal dieser Organismen handelt. Prinzipiell lassen sich vier Hauptmechanismen von Antibiotikaresistenzen bei Bakterien unterscheiden (**Abbildung 2**). Dabei können die zur Resistenzentwicklung nötigen Veränderungen entweder durch Mutationen im Erbgut eines Bakteriums entstehen oder von resistenten Bakterien auf zuvor nicht resistente Bakterien übertragen werden (Gentransfer). Man spricht von vertikalem Gentransfer bei Übertragung zwischen

Bakterien einer Art beziehungsweise horizontalem Gentransfer bei Übertragung zwischen Bakterien verschiedener Artzugehörigkeit.

Seit dem Beginn der industriellen Produktion von Antibiotika (Penicilline, 1942) haben Resistenzen im Vergleich zur natürlichen Hintergrundbelastung stetig zugenommen. Vergleichende Untersuchungen heutiger Böden mit archivierten Böden von 1940 aus den Niederlanden (Knapp et al. 2010) haben für einzelne Resistenzgene Zuwächse bis mehr als das 15-Fache nachgewiesen. Der Zeitraum, in dem sich Resistenzen ausprägen, ist je nach der Klasse von Antibiotika sehr unterschiedlich. So bilden sich zum Beispiel gegen Makrolid-Antibiotika vergleichsweise schnell Resistenzen, weil sie nur ein bestimmtes Enzym (die Translokase) hemmen. Ist dieses Enzym mutiert, wirken sie eventuell nicht mehr. Somit gibt es gegen Makrolide zunehmend Resistenzen, obwohl sie erst seit den 1990er Jahren industriell hergestellt wurden. Im Gegensatz dazu greift Penicillin an sechs verschiedenen Penicillin-Bindungs-Proteinen an. Durch die erschwerte Resistenzbildung kann Penicillin, obwohl es schon seit Jahrzehnten eingesetzt wird, auch heute noch zur Behandlung vieler Infektionen bei Mensch und Tier verwendet werden.

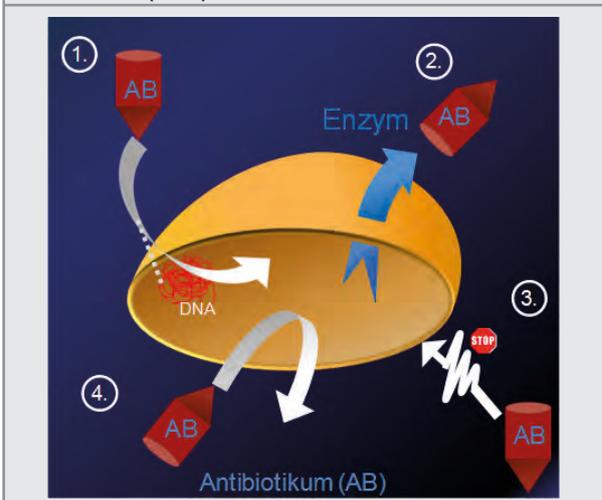
Die Bedeutung des Beitrages von Umweltfaktoren zur zunehmenden Verschlechterung der Resistenzsituation, wie sie in den regelmäßigen „Berichten über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland“ (GERMAP 2008; GERMAP 2010) dokumentiert wird, lässt sich bislang nur unzureichend in Zahlen fassen. Aus diesem Grunde wurde Anfang 2012 eine internationale Arbeitstagung mit dem Titel „Antimicrobial Resistance in the Environment: Assessing and Managing Effects of anthropogenic Activities“ („Antibiotika-Resistenz in der Umwelt: Bewertung und Bewältigung der Auswirkungen menschlichen Handelns“) unter Beteiligung des UBA und der Canadian Society of Microbiologists (CSM) in Montebello, Kanada, ausgerichtet. Ziel der Arbeitstagung war es, den aktuellen Kenntnisstand und die wesentlichen Informationslücken zum Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die Entwicklung von Antibiotika-resistenzen bei Mikroorganismen in einem Kreis weltweit führender Experten zu diskutieren. Die Umweltrelevanz der Resistenzproblematik wurde während der Veranstaltung unter verschiedenen Aspekten beleuchtet. Es wurden zunächst Belege

für die Bedeutung der unterschiedlichen Faktoren der Exposition der Umwelt und des Menschen gegenüber Resistenzgenen und Antibiotikarückständen zusammengetragen. Desweiteren wurden Beispiele für den Erwerb von Resistenzen durch menschliche bakterielle Krankheitserreger aus der Umwelt aufgeführt. Es wurde daraufhin versucht, den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen beziehungsweise der Häufigkeit von Resistenzgenen in der Umwelt und dem wachsenden Problem antibiotikaresistenter Krankheitserreger in der Humanmedizin herzustellen. Die Bedingungen in der Umwelt, die eine Übertragung zu human- und tierpathogenen Bakterien ermöglichen beziehungsweise begünstigen, wurden eingehend diskutiert. In den Diskussionen hat sich allerdings herausgestellt, dass das Ausmaß der Förderung der Verbreitung von Resistenzen in der Umwelt durch den vermehrten Eintrag von Antibiotika bislang nur unzureichend zu beziffern ist. Demzufolge ist auch die Erhöhung des Risikos für die menschliche Gesundheit derzeit nur schwer zu quantifizieren. Die wesentlichen Ergebnisse der Tagung werden in mehreren Artikeln in Fachzeitschriften veröffentlicht (z. B. Ashbolt et al. 2013). Für einen umfassenden vertieften Ein-

Abbildung 2: Die vier Hauptmechanismen von Antibiotika-resistenz dargestellt an einer schematischen Bakterienzelle.

- 1) Änderung der Zielstruktur; z. B. durch Veränderung der Zellwand (Glycopeptide).
- 2) Produktion eines Enzyms, welches das Antibiotikum inaktiviert; z. B. Spaltung des Antibiotikums durch Hydrolasen.
- 3) Undurchlässigkeit der Zellwand durch Änderung der Struktur der Porenkanäle; z. B. durch Veränderung der äußeren Membran der Bakterienzelle.
- 4) Aktives Ausschleusen des Antibiotikums („Efflux-Pumpen“), z. B. durch zusätzliche Membranproteine (Transportproteine).

Abb.: Verfasser auf der Grundlage von: Périchon, Courvalin (2009).



blick in das Thema Antibiotikaresistenzen in der Umwelt ist außerdem die Lektüre von Keen und Montforts (2012) empfohlen.

Aus Sicht des UBA sollten die Handlungsmöglichkeiten, um Risiken zu begegnen, die von einer zunehmenden Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Umwelt für Mensch, Tier und Umwelt ausgehen, auf zwei Ebenen ausgeschöpft werden. Zum einen sollte eine Analyse der Wirksamkeit bestehender Optionen zur Minderung der Risiken durchgeführt werden. Auf Grundlage dieser Analyse sollten geeignete neue Risikominderungsmaßnahmen entwickelt werden. Zum anderen sollten Vorschläge zur Einarbeitung der Resistenzproblematik in die bestehenden Verfahren zur Bewertung von Human- und Tierarzneimitteln erarbeitet werden.

Ein vermehrter Eintrag von Antibiotika in die Umwelt verstärkt möglicherweise die Gefahr, dass resistente Erreger aus der Umwelt zum Problem der Resistenzentwicklung beitragen können. Das UBA begleitet daher ein Forschungsvorhaben zur Fragestellung „Entstehung und Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen in Mikroorganismen unter umweltrelevanten Arzneimittelkonzentrationen, Berücksichtigung dieser Umweltwirkung bei der Umweltrisikobewertung von Arzneimitteln“ (FKZ 3711 63 423). Ziel des Vorhabens ist es, das Ausmaß der Entstehung und Ausbreitung von Resistenzen unter dem Einfluss von in der Umwelt vorkommenden Antibiotikakonzentrationen zu untersuchen. Darauf aufbauend sollen mögliche Testmethoden erarbeitet werden, um diese in die bestehenden Leitfäden zur Umweltrisikobewertung von Arzneimitteln einzuarbeiten.

Das UBA nimmt weiterhin eine Beraterfunktion bei der Durchführung des von der EU finanzierten internationalen Projektes PHARMAS – Ecological and human health risk assessments of antibiotics and anticancer drugs found in the environment (7th FP of the European Commission, Laufzeit 2011–2013) wahr. Im Rahmen dieses Projektes wird angestrebt, sowohl den Eintrag als auch die Toxizität von Antibiotika umfassend zu untersuchen. Weiterhin soll eine eventuell notwendige Anpassung der bestehenden Richtlinien zur Umwelt- beziehungsweise Toxizitätsbewertung, unter anderem auch vor dem Hintergrund der Resistenzentwicklung, erarbeitet werden.

Fazit

Antibiotika werden in der Human- und Tiermedizin sowohl regelmäßig als auch in großen Mengen eingesetzt. Zu den Einsatzmengen der Antibiotika gibt es bisher jedoch lediglich geschätzte und keine quantitativ gesicherten Daten. Diese Daten sind zusätzlich zu der lückenhaften Erfassung oft nicht beziehungsweise schwer öffentlich zugänglich. In den letzten Jahren wurde über jährliche Abgabemengen von circa 500 Tonnen in der Humanmedizin und mehr als 1.000 Tonnen in der Tiermedizin berichtet. Als Folge dieses kontinuierlichen und hohen Einsatzes werden Antibiotika inzwischen in den verschiedensten Umweltmedien, wie zum Beispiel Boden, Oberflächen- und Grundwasser, nachgewiesen. Bei der Zulassung von neuen Arzneimitteln wird auch das Untersuchen potentieller Risiken von Antibiotika auf die Umwelt erfasst. Das UBA nimmt für neue Zulassungsanträge von Antibiotika die Prüfung der durch die Hersteller vorzulegenden Umweltbewertungen vor. Im Rahmen dieser Arbeit konnten für einige antibiotische Wirkstoffe bereits Effekte auf Umweltorganismen nachgewiesen und Auflagen zum Schutz der Umwelt ausgearbeitet werden. Es muss jedoch erwähnt werden, dass diese bestehende Gesetzgebung ausschließlich die Neuzulassung für Antibiotika regelt. Für einen Großteil der seit vielen Jahren und auch in hohen Mengen eingesetzten antibiotischen „Bestseller“ liegen dem UBA keine beziehungsweise lückenhafte Daten zur Bewertung des Umweltrisikos vor.

Weiterhin wurde in den letzten Jahren vermehrt auf den Anstieg von Antibiotikaresistenzen sowohl in der Umwelt als auch beim Menschen hingewiesen. Diese zunehmende Verbreitung von Resistenzen in der Umwelt ist eine Folge des steigenden Antibiotika-Einsatzes in Human- und Tiermedizin. Inwieweit diese Resistenzbildung für die Umwelt ein potentielles Risiko darstellt, wird bisher jedoch in der Gesetzgebung nicht betrachtet. Um möglichen Risiken von Antibiotika auf die Umwelt und den Menschen vorzubeugen, sind daher verschiedene Maßnahmen zu ergreifen. Zum einen ist es zwingend erforderlich den Eintrag von Antibiotika in die Umwelt zu reduzieren. Zum anderen ist die Umweltbewertung im Rahmen der Zulassung von Human- und Tierarzneimitteln hinsichtlich der Verankerung einer Umweltbewertung für alte Wirkstoffe und der Optimierung der Auflagen zum Schutz der Umwelt verbesserungswürdig. Durch eine Kombination dieser Maßnahmen können mög-

liche Risiken sowohl für die Umwelt als auch den Menschen reduziert werden.

Literatur

Ashbolt NJ et al. (2013): Human health risk assessment (HHRA) for environmental development and transfer of antibiotic resistance. Peer reviewed by Environmental Health Perspectives.

Bergmann A (2011). Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. Gutachten zum FKZ 360 14 013. Auftraggeber Umweltbundesamt. IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (Hrsg.). Mülheim an der Ruhr.

BfT (1999): Bundesverband für Tiergesundheit e.V. Antinfektiva. Verantwortungsvoller Umgang mit Antiinfektiva zum Schutz von Tier, Mensch und Umwelt. Hrsg. Bundesverband für Tiergesundheit.

BfT (2006): Bundesverband für Tiergesundheit e.V. Vortrag: Antibiotikaeinsatz in der Veterinärmedizin – Situation in Deutschland und anderen europäischen Veredelungsregionen. <http://www.bft-online.de/schwerpunktthemen/vortrag-antibiotikaeinsatz-in-der-veterinaermedizin/> (Abrufdatum:17.01.2013).

Bhullar K, Waglechner N, Pawlowski A, Koteva K, Banks ED et al. (2012): Antibiotic Resistance Is Prevalent in an Isolated Cave Microbiome. In: PLoS ONE 7(4).

BLAC(2003): Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit. Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Hrsg. Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Umwelt und Gesundheit.

BMELV (2009): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Praxishilfen zum Umgang mit Antibiotika http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tierarzneimittel/Dossier_Antibiotika/LeitfadenArzneimittel-Neu.html (Abrufdatum 21.01.2013).

BTK (2010): Bundestierärztekammer e. V. Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln. Beilage zum Deutschen Tierärzteblatt. Schlütersche Verlagsgesellschaft.

BVL (2012): Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Erstmals Zahlen über die Antibiotika-Abgabe in der Tiermedizin erfasst. http://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/01_FuerJournalisten/01_Presse_und_Hintergrundinformationen/01_PI_und_HGI/TAM/2012/2012_abgabemengenregister/2012_09_11_pi_abgabemengenregister.html (Abrufdatum 21.01.2013).

EMA (2005): European Medicines Agency. Committee for medicinal products for veterinary human use (CVMP). Revised guideline on environmental impact assessment for veterinary medicinal products in support of the VICH Guidelines GL6 and GL38. Doc. Ref. EMEA/CVMP/ERA/418282/2005-Rev.1. London; 17 November 2008.

EMA (2006): European Medicines Agency. Committee for medicinal products for human use (CHMP). Guideline on the environmental risk assessment of medicinal products for human use. Doc. Ref. EMEA/CHMP/SWP/4447/00. London; 01 June 2006.

EU (2001a): Richtlinie 2001/82/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Tierarzneimittel. 1–66.

EU (2001b): Richtlinie 2001/83/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel. 67–128.

EU (2004): Verordnung 726/2004/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Festlegung von Gemeinschaftsverfahren für die Genehmigung und Überwachung von Human- und Tierarzneimitteln und zur Errichtung einer Europäischen Arzneimittel-Agentur. 1–33.

Frey und Löscher (2002): Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin. Enke Verlag. 2. Aufl. 2002.

GERMAP (2008): Antibiotika-Resistenz und -Verbrauch. Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie, Infektiologie Freiburg (Hrsg). Rheinbach: Antiinfectives Intelligence.

GERMAP (2010): Antibiotika-Resistenz und -Verbrauch. Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie, Infektiologie Freiburg (Hrsg). Rheinbach: Antiinfectives Intelligence.

Grote M, Meric DH, Langenkämper G, Hayen H, Bettsche T, Freitag M (2009): Untersuchungen zum Transfer pharmakologisch wirksamer Substanzen aus der Nutztierhaltung in Porree und Weißkohl. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 4: 287–304.

Hamscher G, Pawelzick H T, Höper H, Nau H (2004): Antibiotics in soil: routes of entry, environmental concentrations, fate and possible effects. In: Kümmerer K (Hrsg.): Pharmaceuticals in the Environment. 2 ed.

Kasprzyk-Hordern B, Dinsdale RM, Guwy AJ (2007): Multiresidue method for the determination of basic/neutral pharmaceuticals and illicit drugs in surface water by solid-phase extraction and ultra performance liquid chromatography-positive electrospray ionisation tandem mass spectrometry. In: Journal of Chromatography A 1161(1-2): 132–145.

Keen P L, Montforts MHMM (Eds.) (2012): Antimicrobial Resistance in the Environment. Edition February 2012. John Wiley & Sons.

Knapp CW, Doling J, Ehlert PAI, Graham DW (2010): Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940. In: Environ. Sci. Technol. 44: 580–587.

Kolpin DW, Furlong ET, Meyer MT, Thurman EM, Zaugg SD, Barber LB, Buxton HT (2002): Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: A national reconnaissance. In: *Environmental Science & Technology* 36(6): 1202–1211.

Krapac IG, Koike S, Meyer MT, Snow DD, Chou SFJ, Mackie RI, Roy WR, Chee-Sandford JC (2005): Long-term monitoring of the occurrence of antibiotic residues and antibiotic resistance in groundwater near swine confinement facilities. In: Report of the CSREES Project 2001-35102-10774.

LANUV (2012): Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Überarbeiteter Abschlussbericht Evaluierung des Antibiotikaeinsatzes in der Hähnchenhaltung. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Abteilung 8 Verbraucherschutz, Tiergesundheit, Agrarmarkt.

LAVES (2011): Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung und Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Bericht über den Antibiotikaeinsatz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in Niedersachsen. November 2011.

LfU und LGL (2010): Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Auftreten und Bewertung von Arzneimittelwirkstoffen, ausgewählter Metaboliten sowie weiterer polarer Spurenstoffe im Roh- und Trinkwasser aus oberflächenwasserbeeinflussten Gewinnungsanlagen (Gemeinsamer Bericht von LfU und LGL).

LfW (2004): Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Arzneimittel in der Umwelt. F+E-Vorhaben 2000–2002. Kennnummer 73e 04010049. Schlussbericht. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

Meyer MT, Bumgarner JE, Varns JL, Daughtridge JV, Thurman EM, Hostetler KA (2000): Use of radioimmunoassay as a screen for antibiotics in confined animal feeding operations and confirmation by liquid chromatography/mass spectrometry. In: *SciTotal Environ* 248:181–187.

Pena A, Chmielova D, Lino CM, Solich P (2007): Determination of fluoroquinolone antibiotics in surface waters from Mondego River by high performance liquid chromatography using a monolithic column. In: *J Sep Sci* 30: 2924–2918.

Périchon B, Courvalin P (2009): Artikel „Antibiotic Resistance“. In: *Encyclopedia of Microbiology* (Third Edition): 193–200.

Sacher F, Lange F T, Brauch H-J, Blankenhorn I (2001): Pharmaceuticals in groundwaters. Analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Württemberg, Germany. In: *Journal of Chromatography A* 938: 199–210.

Sattelberger R, Gans O, Martinez E (2005): Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden. In: *Umweltbundesamt* (Hrsg.). Wien.

Schröder H (2011): Hände weg von der eisernen Reserve. In: *Gesundheit und Gesellschaft 2011* (Ausgabe 7-8): 21–26.

VICH International Cooperation on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Veterinary Medicinal Products (2000): Environmental impact assessment (EIAs) for veterinary medicinal products (VMPs) – Phase I. VICH GL 6. Ecotoxicity Phase I.

VICH International Cooperation on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Veterinary Medicinal Products (2004): Environmental Impact Assessment for Veterinary Medicinal Products Phase II Guidance. VICH GL 38. Ecotoxicity Phase II.

Wiesner E, Ribbeck R (2000): *Lexikon der Veterinärmedizin*. Enke Verlag, 4. Aufl.

Weiss K (2008): Austrag von Tierarzneimitteln aus Wirtschaftsdünger in Sickerwasser, Grundwasser und oberirdische Gewässer. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg, 56.

Kontakt

Kontakt
Dr. Anette Küster
Umweltbundesamt
Fachgebiet IV 2.2 „Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel“
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail:anette.kuester[at]uba.de

[UBA]

Europäische Human-Biomonitoring Pilotstudie DEMOCOPHES: Umweltbelastung von Müttern und Kindern

European human biomonitoring pilot study DEMOCOPHES: environmental exposure of mothers and children

*Gerda Schwedler, Margarete Seiwert,
Ulrike Fiddicke, Marike Kolossa-Gehring*

Abstract

Human biomonitoring (HBM) focuses on measuring the uptake of chemicals by the human body and on assessing the internal exposure of humans. In order to harmonize HBM studies the European consortium COPHES developed coherent guidelines. These guidelines were tested in the pilot study DEMOCOPHES simultaneously in 17 European countries. Mercury, cadmium, cotinine and several phthalates were examined in hair and urine samples of 6 to 11 year old children and their mothers. Data on exposure were also collected.

DEMOCOPHES generated the first comparable HBM results for 1,844 mother and child pairs throughout Europe. Exposure to pollution varies greatly in Europe. Variance is greatest for mercury and cotinine and lowest for phthalates. Throughout Europe, including Germany, there are still mothers and children whose exposure to at least one chemical is too high to completely rule out an impact on health.

Zusammenfassung

Human-Biomonitoring (HBM) hilft zu klären, ob und in welchem Ausmaß Stoffe im menschlichen Körper aufgenommen werden und wie hoch die interne Belastung ist. Zur europaweiten Harmonisierung von HBM-Studien entwickelte das europäische Konsortium COPHES einheitliche Richtlinien, die in der Pilotstudie DEMOCOPHES parallel in 17 europäischen Ländern getestet wurden. Dabei wurden die Schadstoffe Quecksilber, Cadmium, Cotinin und Phthalate in Haar- und Urinproben von 6- bis 11-jährigen Kindern und ihren Müttern bestimmt sowie belastungsrelevante Daten erhoben.

Damit lieferte DEMOCOPHES die ersten direkt vergleichbaren europäischen HBM-Daten, erhoben an insgesamt 1.844 Mutter-Kind-Paaren. In Europa gibt es große Unterschiede in der Belastung mit Quecksilber und Cotinin, geringere in der Belastung mit Phthalaten. In Europa wie auch in Deutschland fanden sich immer noch Mütter und Kinder, deren Belastung mit zumindest einem Stoff so hoch war, dass sie gesundheitlich bedenklich sein könnte.

Einleitung

Human-Biomonitoring (HBM) hilft zu klären, ob und in welchem Ausmaß Stoffe im menschlichen Körper aufgenommen werden und wie hoch die durchschnittliche Belastung ist (Angerer 2007). Beim HBM werden Schadstoffe oder ihre Stoffwechselprodukte im menschlichen Körper, das heißt in Körperflüssigkeiten wie Blut oder Urin, in Haaren oder in Gewebeproben, gemessen. In HBM-Studien können Belastungsquellen identifiziert und ihre Bedeutung für die Gesundheit bewertet werden.

Da Schadstoffe Ländergrenzen überschreiten und HBM zur Kontrolle des Europäischen Chemikaliengesetzes REACH eingesetzt werden soll, ist die

„Entwicklung eines kohärenten Vorgehens zum Human-Biomonitoring in Europa“ ein wesentliches Ziel, das die Europäische Kommission mit ihrem Aktionsplan „Umwelt und Gesundheit 2004–2010“ erreichen wollte (Europäische Kommission 2004).

Um die Schadstoffbelastung künftig europaweit vergleichbar zu messen, entwickelten deshalb seit Dezember 2009 Fachleute aus 27 europäischen Ländern gemeinsam im Projekt COPHES (**C**onsortium to **P**erform **H**uman **B**iomonitoring on a **E**uropean **S**cale, Vorhaben im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU), einheitliche

Arbeitsanweisungen für die Durchführung von HBM-Studien in Europa.

Diese einheitlichen Arbeitsanweisungen wurden in DEMOCOPHES, einer ebenfalls von der EU (Life+) geförderten Pilotstudie, parallel in 17 verschiedenen europäischen Ländern erprobt. Dazu wurde die Schadstoffbelastung mit Quecksilber, Cadmium, Cotinin (Abbauprodukt des Nikotins) und Phthalaten (Weichmachern in Plastikerzeugnissen) in Haar- und Urinproben von Mutter-Kind-Paaren gemessen. Die Schadstoffe wurden aufgrund ihrer schädlichen Wirkung ausgewählt und weil es für sie gesundheitsbasierte Bewertungsmaßstäbe gibt – allen voran die toxikologisch-gesundheitlich abgeleiteten HBM-Werte der Deutschen HBM-Kommission (Schulz 2012).

Ziel dieser ersten europaweiten HBM-Pilotstudie war es, durch einheitliche Vorgaben und Richtlinien vergleichbare Daten zur Schadstoffbelastung in europäischen Ländern zu erhalten und die Machbarkeit eines einheitlichen Human-Biomonitorings in Europa zu demonstrieren (Casteleyn 2007; Joas 2012).

Durchführung

Das Umweltbundesamt (UBA) beteiligte sich sowohl an COPHES als auch an DEMOCOPHES. Es war Mitglied des Leitungsgremiums von COPHES und konnte seine Kompetenz bei der Durchführung von HBM-Surveys (Becker 2007; Schulz 2007) in die Gestaltung der zukünftigen europäischen Gesundheits- und Umweltbeobachtung einbringen. Es war außerdem COPHES-Work-Package-Leader für „Sampling, recruitment and sample collection“ und koordinierte den deutschen Beitrag zur Pilotstudie DEMOCOPHES.

Im Zeitraum von September 2011 bis Februar 2012 wurden in den 17 an DEMOCOPHES teilnehmenden Ländern Haar- und Urinproben von jeweils 120 (60 in den Ländern Luxemburg und Zypern) Mutter-Kind-Paaren gesammelt, um die Schadstoffe Quecksilber im Haar und Cadmium, Cotinin und Phthalat-Metabolite in Urinproben zu messen. Gleichzeitig wurden belastungsrelevante Daten per Fragebogen erhoben. Die teilnehmenden Kinder waren zwischen 6 und 11 Jahren alt, ihre Mütter nicht älter als 45 Jahre. Jeweils 60 Kinder wohnten in einem städtischen, 60 Kinder in einem ländlichen Gebiet des jeweiligen Landes.

Der deutsche Beitrag zu DEMOCOPHES wurde zu 50% vom europäischen Förderprogramm Life+ und zu 50% vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert.

Im Auftrag des UBA sammelte die Ruhr-Universität Bochum von September bis Dezember 2011 in Bochum und im Hochsauerlandkreis Haar- und Urinproben zufällig ausgewählter Kinder und ihrer Mütter. Zusätzlich wurden die umweltrelevanten Expositionsdaten ermittelt. Die chemische Analytik führten vom UBA beauftragte Labore durch. Nach Abschluss der Untersuchungen erhielten die beteiligten Familien ihre Analyseergebnisse mitgeteilt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden Befragungsdaten und Schadstoffanalysen von 1.844 Mutter-Kind-Paaren aus allen 17 teilnehmenden europäischen Ländern ausgewertet. Diese Länder waren: Belgien, Schweiz, Zypern, Tschechien, Deutschland, Dänemark, Spanien, Ungarn, Irland, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Slowenien, Slowakei und Großbritannien.

Deutsche Bevölkerungsgruppe

Es nahmen etwa gleich viele Mädchen und Jungen aus den einzelnen Jahrgängen 2000 bis 2006 (6- bis 11-Jährige) teil. Ihre Mütter waren zwischen 28 und 45 Jahren alt. Ältere Mütter wurden nicht in die Studie einbezogen.

Von den Müttern hatten 68%, von den Kindern 2,5% Amalgam-Zahnfüllungen. Die Teilnehmenden aus Deutschland konsumierten deutlich weniger Fisch als der europäische Durchschnitt. 17,5% der befragten deutschen Mütter rauchten regelmäßig oder gelegentlich. Zwar rauchte keines der teilnehmenden Kinder, 8,4% von ihnen waren aber zu Hause und 46,7% anderswo zumindest gelegentlich Passivrauch ausgesetzt.

Quecksilber

Die Quecksilberwerte variierten am stärksten zwischen den einzelnen Ländern. Die in Deutschland gemessenen Quecksilberwerte lagen deutlich unter dem europaweiten Mittel (geometrisches Mittel) (**Tabelle 1**). Diese vergleichsweise geringe Belastung ist damit zu erklären, dass in Deutschland deutlich seltener Fisch verzehrt wird als im europäischen Durchschnitt: Die Kinder verzehrten nur

Tabelle 1: Mittlere Belastung mit Quecksilber.		
	Teilnehmende in	
	Deutschland	Europa
Kinder	0,055 µg/g Haar	0,145 µg/g Haar
Mütter	0,113 µg/g Haar	0,225 µg/g Haar

Tabelle 2: Mittlere Belastung mit Cadmium.		
	Teilnehmende in	
	Deutschland	Europa
Kinder	0,174 µg/L Urin	0,071 µg/L Urin
Mütter	0,333 µg/L Urin	0,219 µg/L Urin

circa ein Sechstel und die Mütter nur rund ein Drittel so häufig Fisch wie dies durchschnittlich in Europa getan wird.

Eine chronische Quecksilberbelastung kann zu einer Schädigung des Zentralnervensystems, der Nieren und des Magens führen. Dabei weist der sich entwickelnde Organismus eine fünf- bis zehnmal höhere Empfindlichkeit auf als der Erwachsene (Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes 1999).

Cadmium

Die Cadmiumwerte der deutschen Kinder und ihrer Mütter lagen oberhalb des europäischen Gesamtmittels (**Tabelle 2**). Da eine Cadmiumanalyse in den gemessenen Konzentrationsbereichen sehr schwierig ist, wird das UBA diesen unerwartet hohen Werten in weiteren HBM-Studien nachgehen. Die Belastung mit Cadmium steigt mit dem Alter, auch Tabakrauchen erhöht die Cadmiumwerte.

Eine hohe Cadmium-Belastung ist insbesondere deshalb mit Bedacht zu kommunizieren, da Cadmium fruchtbarkeitsstörende und immuntoxische Wirkungen besitzt und aufgrund von Tierversuchen als wahrscheinlich krebserzeugend beim Menschen eingestuft wird (Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes 2011a).

Cotinin

Cotinin als Abbauprodukt des Nikotins wird als Indikator für die Belastung durch aktives und passives Rauchen gemessen. Die Kinder aus Deutschland und ihre Mütter waren weniger belastet als der europäische Durchschnitt (**Tabelle 3**). Es gab einen starken Zusammenhang zwischen der Höhe

der Belastung der Mütter und der ihrer Kinder. Da außerdem fast die Hälfte der Kinder in Deutschland außerhalb der häuslichen Wohnung mit Passivrauch belastet wurde, kann der Schutz der Kinder vor Passivrauch weiter verbessert werden.

Phthalate

Es wurden die Metabolite der ausgewählten Phthalate DnBP, DiBP, BBzP, DEHP, und DEP bestimmt. Bei dieser Substanzgruppe gab es die geringsten Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern. Verglichen mit dem europäischen Mittel hatten die deutschen Kinder und Mütter niedrigere Werte für DiBP, DEHP und DEP, durchschnittliche Werte für BBzP und höhere Werte für DnBP.

Die Kinder waren mit Ausnahme von DEP mit allen gemessenen Phthalaten höher belastet als die Mütter. Ebenfalls mit Ausnahme von DEP waren die jüngeren Kinder mit Phthalaten stärker belastet als ältere (**Tabelle 4**).

Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch geringe Phthalatbelastungen sind beim Menschen noch nicht sicher nachgewiesen. Kontinuierliche und wiederholte Belastungen mit höheren Mengen bestimmter Phthalate können jedoch unter anderem mit einer Störung des Hormonsystems in Verbindung gebracht werden (Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes 2011b).

Gesundheitsbasierte Beurteilungswerte

Zur Beurteilung der Schadstoffbelastung einer Bevölkerungsgruppe ist neben der durchschnittlichen Belastung auch von Bedeutung, ob und in welchem Ausmaß Werte überschritten werden, bei denen

Tabelle 3: Mittlere Belastung mit Cotinin.		
	Teilnehmende in	
	Deutschland	Europa
Kinder	0,308 µg/L Urin	0,797 µg/L Urin
Mütter	0,917 µg/L Urin	2,75 µg/L Urin

eine gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist. In Europa wie auch in Deutschland fanden sich immer noch Mütter und Kinder, deren Belastung mit zumindest einem Stoff so hoch war, dass nach Einschätzung der HBM-Kommission beim UBA (Schulz 2012) gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können: In Deutschland waren das 3,4% der teilnehmenden Mütter und 2,5% der Kinder, die stärker mit Cadmium beziehungsweise Phthalaten belastet waren als angestrebt (**Tabelle 5**).

Fazit

Mit der Pilotstudie DEMOCOPHES wurde erstmalig ein einheitliches HBM in Europa, standardisiert durch die COPHES-Vorgaben, nach einem harmonisierten Verfahren und mit einer Qualitätssicherung auf hohem Niveau durchgeführt. Durch den gemeinsamen Ansatz lieferte DEMOCOPHES erste europäische Vergleichsdaten, die jedoch nicht bevölkerungsrepräsentativ sind.

In Europa gibt es große Unterschiede in der Schadstoffbelastung, die am stärksten für Cotinin und Quecksilber, am schwächsten für die Phthalate ausfielen. Dies hängt mit Unterschieden in Wohnumgebung, Ernährung und Lebensstil zusammen.

Die Höhe der Schadstoffbelastungen der Mütter war eng mit der ihrer Kinder verbunden. Offenbar werden beide aus ähnlichen Quellen, zum Beispiel durch ihre Ernährung oder ihre Lebensumgebung belastet.

Schadstoffbelastungen, die gesundheitlich bedenklich sein könnten, traten bei Teilnehmenden in Europa und in Deutschland auf. Bei den Kindern aus Deutschland war dies mit 1,7% am häufigsten bei dem Phthalat DEHP der Fall. Dieser Anteil liegt außerdem auch über dem europäischen Durchschnitt.

Das UBA hat die Belastung der Menschen in Deutschland mit allen in DEMOCOPHES gemessenen Chemikalien in der Vergangenheit bereits in HBM-Studien an Umweltprobenbank-Proben (BMU 2008) und in bevölkerungsrepräsentativen Umweltsurveys (Becker 2007; Schulz 2007) untersucht, Quellen identifiziert und damit zur Erarbeitung von Risikobegrenzungsmaßnahmen beigetragen. In Deutschland konnte auf diesem Weg eine Abnahme der Belastungen beobachtet werden. Die europäische Harmonisierung von HBM-Studien kann nun in vielen anderen der DEMOCOPHES-Länder und auf europäischer Ebene dazu beitragen, rechtliche Regelungen zur Vermeidung von Schadstoffbelastungen abzuleiten und anschließend die Abnahme der Belastungen zu kontrollieren.

Tabelle 4: Mittlere Belastung mit Phthalaten.			
Phthalat		Teilnehmende in	
		Deutschland	Europa
DnBP	Kinder	46,06 µg/L Urin	34,82 µg/L Urin
	Mütter	31,47 µg/L Urin	23,94 µg/L Urin
DiBP	Kinder	40,95 µg/L Urin	45,41 µg/L Urin
	Mütter	25,07 µg/L Urin	30,12 µg/L Urin
BBzP	Kinder	6,47 µg/L Urin	7,15 µg/L Urin
	Mütter	4,55 µg/L Urin	4,51 µg/L Urin
DEHP	Kinder	39,17 µg/L Urin	47,62 µg/L Urin
	Mütter	21,55 µg/L Urin	29,19 µg/L Urin
DEP	Kinder	22,69 µg/L Urin	34,36 µg/L Urin
	Mütter	39,41 µg/L Urin	48,20 µg/L Urin

Tabelle 5: Überschreitungen gesundheitsbasierter Beurteilungswerte.			
Gesundheitsbasierte Beurteilungswerte		Überschreitungen der gesundheitsbasierten Beurteilungswerte	
		Kinder	Mütter
Quecksilber: Deutscher HBM-I-Wert für Hg im Blut (lt. HBM-Kommission auch anwendbar auf Hg im Haar)	5,0 µg/g Haar oder 5,0 µg/L Blut	0%	0%
Cadmium: Deutscher HBM-I-Wert für Cd	0,5 µg/L Urin (Kinder) 1,0 µg/L Urin (Mütter)	0,8%	3,4%
Phthalat DEHP: Deutscher HBM-I-Wert für DEHP, basierend auf $\Sigma(\text{OH-MEHP, oxo-MEHP})$	500 µg/L Urin (Kinder) 300 µg/L Urin (Mütter)	1,7%	0%
Biomonitoring Equivalent (BE), basierend auf $\Sigma(\text{MEHP, OH-MEHP, oxo-MEHP})$	260 µg/L Urin (Kinder) 260 µg/L Urin (Mütter)	1,7%	0,9%

Internetseiten COPHES und DEMOCOPHES:

Webseite des Konsortiums: www.eu-hbm.info

UBA-Webseite DEMOCOPHES: <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/gbub/democophes/index.htm>

(Abrufdatum beider Seiten: 29.01.2013)

Danksagung

COPHES (Consortium to Perform Human Biomonitoring on a European Scale) wurde aus dem 7. Forschungsrahmen-Programm der EU (DG Research – No. 244237) gefördert.

DEMOCOPHES (Demonstration of a study to coordinate and perform human biomonitoring on a European Scale) wurde durch LIFE+ 2009 (DG Environment – LIFE09 ENV/BE/000410) und in Deutschland zusätzlich durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 3709 62 210) gefördert.

Wir danken der Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum, dem Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherungen an der Ruhr-Universität Bochum und dem Institut und

Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Erlangen für die Durchführung der Feldarbeit und der Analytik der Schadstoffe.

Ein herzlicher Dank gilt auch allen Müttern und Kindern, die an der Studie teilgenommen haben.

Literatur

Angerer J, Ewers U, Wilhelm M (2007): Human biomonitoring: State of the art. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health 210: 201–228.

Becker K, Müssig-Zufika M, Conrad A et al. (2007): Kinder-Umwelt-Survey 2003/2006 (KUS): Human Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland. WaBoLu-Hefte 01/07. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. ISSN: 1862-4340. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3257.html> (Abrufdatum: 31.01.2013).

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Umweltprobenbank des Bundes – Konzeption. <http://www.umweltprobenbank.de/en/documents/11426> (Abrufdatum: 29.01.2013).

Casteleyn L, Van Tongelen B, Reis F et al. (2007): Human biomonitoring: Towards more integrated approach in Europe. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health 210: 199–200.

Europäische Kommission: European Parliament resolution on the European Environment & Health Action Plan 2004–2010 (2004/2132(INI)).

Joas R, Casteleyn L, Biot P et al. (2012): Harmonised human biomonitoring in Europe: Activities towards an EU HBM framework. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health 215: 172–175.

Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1999): Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human-Biomonitoring(HBM)-Werte. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 42: 522–532.

Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2011a): Aktualisierung der Stoffmonographie Cadmium – Referenz- und Human-Biomonitoring(HBM)-Werte. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 8: 981–996.

Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2011b): Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. In: Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 6: 770–785.

Schulz C, Conrad A, Becker K (2007): Twenty years of the German Environmental Survey (GerES): Human biomonitoring – Temporal and spatial (WestGermany/East Germany) differences in population exposure. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health 210: 271–297.

Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U (2012): Reprint of “Update of the reference and HBM values derived by the German Human biomonitoring Commission”. In: International Journal of Hygiene and Environmental Health 215: 150–158.

Kontakt

Dr. Gerda Schwedler
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: gerda.schwedler[at]uba.de

[UBA]

Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Zwischenergebnisse eines Forschungsvorhabens

Environmental justice in urban areas – preliminary results of a research project

Christa Böhme¹, Christiane Bunge², Arno Bunzel¹, Thomas Preuß¹

Abstract

People with a low income and a low educational level are more likely to be exposed to health risks resulting from environmental problems than those of a better social status. Particularly in inner city areas high levels of environmental burdens and social problems are often concentrated. In the framework of the environmental research plan the research project “Environmental justice in urban areas” of the German Institute of Urban Affairs (Difu) is funded by the Federal Environment Agency (UBA) and the Federal Ministry of the Environment. The project focuses on the development of feasible strategies and measures to reduce socially unequal distributed health-related environmental burdens and benefits. For the local level, recommendations are developed to support policy makers in improving the environmental quality and the living conditions of the inhabitants of highly burdened residential areas.

Zusammenfassung

Menschen mit geringem Einkommen und niedriger Bildung sind in Deutschland oft höheren Gesundheitsbelastungen durch Umweltprobleme ausgesetzt als Menschen, die sozial besser gestellt sind. Gerade in innerstädtischen Gebieten konzentrieren sich oftmals hohe Umweltbelastungen und soziale Problemlagen. Das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesumweltministerium (BMU) fördern im Rahmen des Umweltforschungsplanes das Forschungsprojekt „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu). Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Strategien und praxistauglichen Instrumenten zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen und -ressourcen. Für die kommunale Praxis werden Handlungsempfehlungen erarbeitet, die die Entscheidungsträger dabei unterstützen sollen, ressortübergreifend die Umweltqualität und die Lebensverhältnisse der Bewohnerinnen und Bewohner in stark belasteten Stadtquartieren zu verbessern.

Einführung

Menschen mit geringem Einkommen und niedriger Bildung sind in Deutschland oft höheren Gesundheitsbelastungen durch Umweltprobleme ausgesetzt als Menschen, die sozial besser gestellt sind. Sie wohnen oft an stark befahrenen Straßen und sind besonders häufig von Lärm und Luftverschmutzungen betroffen (u. a. Heinrich et al. 1998; Bolte, Mielck 2004; Bolte, Kohlhuber 2008; Bunge, Katzschner 2009). Dies zeigen beispielsweise die Auswertungen der repräsentativen Umwelt-Surveys des Umweltbundesamtes (UBA) (Becker et al. 2007). Die ungleiche Verteilung von Umweltbelastungen und -ressourcen sowie die gesundheitlichen Folgen stehen im Fokus des Themenfeldes „Um-

weltgerechtigkeit“ (vgl. UMID 02/2008 und UMID 02/2011).

Fragen zu Umweltgerechtigkeit gewinnen auch vor dem Hintergrund des Klimawandels und steigender sozialer Ungleichheit an Bedeutung. Gerade in innerstädtischen Gebieten, in denen sich oftmals hohe Umweltbelastungen und soziale Problemlagen konzentrieren, werden die negativen gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels – beispielsweise durch Hitzeperioden – zunehmen. Hier sind Lösungen gefragt, die Nachhaltigkeit, Umweltschutz, Gesundheitsschutz und soziale Gerechtigkeit miteinander verbinden.

¹ Deutsches Institut für Urbanistik.

² Umweltbundesamt.

Zahlreiche Fachdisziplinen und Forschungsbereiche beschäftigen sich in jüngster Zeit damit, die Ursachen, Zusammenhänge und Effekte der sozialen Verteilung von Umweltbelastungen und -ressourcen zu ermitteln. Gleichzeitig erproben verschiedene Regionen Deutschlands unterschiedliche Ansätze aus Politik und Praxis, um die Umwelt- und Lebensbedingungen in besonders belasteten Wohnquartieren zu verbessern. Das Modellvorhaben „Umweltgerechtigkeit im Land Berlin“ der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt verfolgt beispielsweise einen neuen methodischen Ansatz zur integrierten Berichterstattung von Umwelt, Gesundheit, Sozialem und Stadtentwicklung und schließt damit eine Forschungslücke. Die integrierte Betrachtung dieser Bereiche ermöglicht die Identifizierung von mehrfach belasteten Gebieten. So kann ermittelt werden, wo soziale und umweltbezogene Belastungsschwerpunkte liegen und wo der Handlungsbedarf besonders groß ist (u. a. Klimczek 2011; vgl. UMID 02/2011).

Das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesumweltministerium (BMU) fördern im Rahmen des Umweltforschungsplanes seit Januar 2012 das Forschungsprojekt „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu). Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Strategien und praxistauglichen Instrumenten zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen und -ressourcen. Das Vorhaben soll Grundlagen liefern, um eine neue Betrachtungsebene für das kommunale Verwaltungshandeln zu etablieren, die Umwelt, Soziales, Gesundheit und Stadtentwicklung im Sinne der „Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt“ integriert.

Für die kommunale Praxis werden Handlungsempfehlungen erarbeitet, die die Entscheidungsträger dabei unterstützen sollen, Umwelt-, Gesundheits- und soziale Ziele im Zusammenhang zu verfolgen. Den Kommunen sollen Wege aufgezeigt werden, wie ressortübergreifend die Umweltqualität und die Lebensverhältnisse der Bewohnerinnen und Bewohner in stark belasteten Stadtquartieren verbessert werden können.

Folgende Forschungsfragen stehen im Mittelpunkt:

- Wie lässt sich die integrierte Betrachtung von Umwelt, Gesundheit, Sozialem und Stadtplanung als Planungs- und Entscheidungsgrundlage in der kommunalen Praxis verankern?

- Wie lassen sich mehrfach belastete Gebiete entlasten und wie lässt sich die Entstehung von mehrfach belasteten Gebieten verhindern („Frühwarnsystem“)?
- Welche bestehenden Instrumente, Verfahren und Maßnahmen eignen sich und wo sind Erweiterungen oder Verknüpfungen zwischen den Politikbereichen notwendig? Welche Ressorts und Akteure müssen eingebunden werden?

Die Ziele des Forschungsvorhabens werden im Rahmen von fünf Projektbausteinen verfolgt: Expertise „Integrierte Berichtssysteme zur sozialräumlichen Stadtbeobachtung“ (Baustein 1), Expertise „Instrumente und Verfahren“ (Baustein 2), Kommunale Fallstudien (Baustein 3), Fachtagung „Potenziale für mehr Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ (Baustein 4) und Planspiel (Baustein 5). Im Folgenden werden erste Ergebnisse des Forschungsvorhabens vorgestellt und abschließend ein Zwischenfazit gezogen.

Baustein 1: Expertise „Integrierte Berichtssysteme zur sozialräumlichen Stadtbeobachtung“

Voraussetzung für den Abbau und die Vermeidung gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen ist zunächst eine kleinräumige Bestandsaufnahme der Umweltsituation in der jeweiligen Stadt. Notwendig hierfür ist ein Monitoringansatz, der Daten zu relevanten Indikatoren für die Beschreibung des Umweltzustands sowie der sozialen und gesundheitlichen Lage der Bewohnerinnen und Bewohner umfasst und damit Aspekte von Umweltgerechtigkeit abbilden kann. Durch die Verschneidung valider Indikatoren der genannten Bereiche sollen die Kommunalverwaltungen in die Lage versetzt werden, Gebiete mit Mehrfachbelastungen zu identifizieren. Ziel der Expertise ist es, ein Modell für ein solches integriertes Monitoringsystem und ein für die Kommunen handhabbares und aussagekräftiges Indikatorenset zu entwickeln.

In der Expertise wurde zunächst untersucht, welche Ansätze integrierter Berichterstattung zu Umwelt, Gesundheit, Sozialem und Stadtentwicklung es in den Kommunen in Deutschland bereits gibt und welche sich auf ein Monitoring zu Umweltgerechtigkeit übertragen lassen.

Die Auswahl der Indikatoren aus den Bereichen Umwelt, Gesundheit und soziale Lage erfolgte anhand folgender Kriterien:

- inhaltliche Relevanz in Bezug auf das Forschungsthema,
- Stabilität ihrer Bestimmungsgrößen als Grundlage für Entwicklungsanalysen,
- relativ einfache Datenverfügbarkeit für kleinräumige Monitoringsysteme (z. B. auf Blockebene).

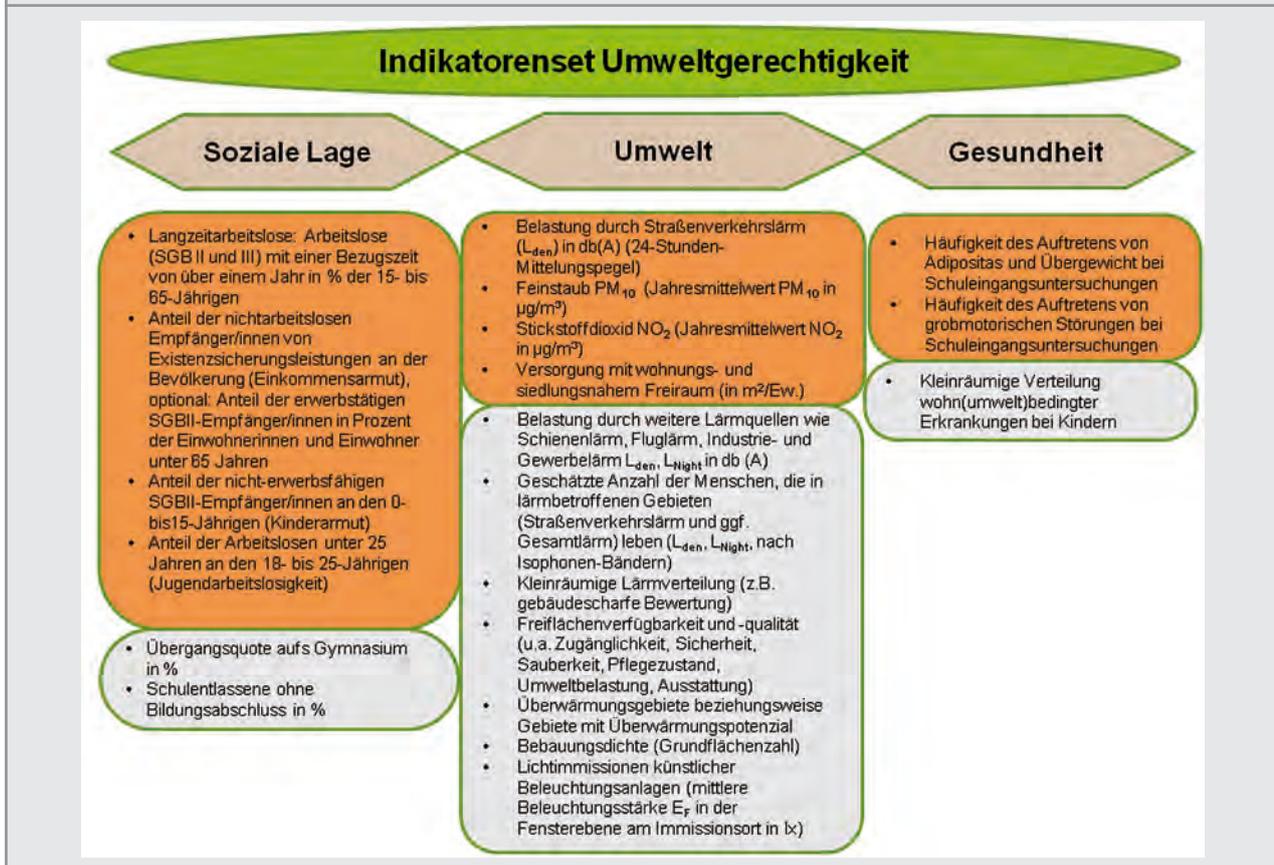
Auf eine Empfehlung einheitlich anzuwendender Indikatoren wird im Rahmen der Expertise bewusst verzichtet, da die kleinräumige Datenverfügbarkeit und der Aufwand für die Datenerhebung von Stadt zu Stadt erheblich variieren können.

Es wurde ein zweistufiges Modell entwickelt, das zwischen Indikatoren für die kleinräumige Darstellung in der Gesamtstadt und Indikatoren für vertiefende Untersuchungen in den im ersten Schritt identifizierten Gebieten mit Mehrfachbelastungen unterscheidet (**Abbildung 1**). Bei letzteren wären zum Beispiel quantitative oder qualitative Daten

aus ergänzenden Erhebungen oder Gutachten denkbar. Außerdem wird in der Expertise die inhaltliche Einordnung beziehungsweise Bewertung der mit Hilfe der Indikatoren kleinräumig ermittelten Werte zum Beispiel in Bezug auf Immissionen, Armut, Freiflächen, gesundheitliche Beeinträchtigungen diskutiert. Hierbei geht es unter anderem um die Herstellung von Bezügen zu bestimmten Zielvorgaben oder Vergleichsgrößen (z. B. Durchschnittswerte, Grenzwerte, anderweitige Richtgrößen).

Die Expertise widmet sich weiterhin Aspekten der Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit in das kommunale Verwaltungshandeln. Das Thema Umweltgerechtigkeit mit dem Anspruch an eine Integration der Themen Umwelt, soziale und gesundheitliche Lage stellt hohe Anforderungen an eine längerfristig strategisch ausgerichtete Zusammenarbeit von Ämtern und Fachbereichen. Dies betrifft die Organisation der Ämterzusammenarbeit, die Regelung von Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung (u. a. Aufgabenerfüllung, Steuerungsfunktion), die Festlegung von Schnittstellen innerhalb der Verwaltung, geeignete Verfahren der

Abbildung 1: Vorschlag eines Indikatorensets für ein flächendeckendes kleinräumiges Monitoring in der Gesamtstadt (■) und Indikatoren für weitergehende vertiefende Untersuchungen in mehrfachbelasteten Gebieten (□).
Quelle: Deutsches Institut für Urbanistik, 2012.



Prozesskoordination, die interne und externe Kommunikation, die Abstimmung der kleinräumigen Gebietsabgrenzungen in der Kommune, die operative Zusammenführung der Daten und notwendige Verfahren für Qualitätsmanagement, Evaluation und Berichtswesen. Adressiert sind hier in erster Linie die Verwaltungsbereiche Stadtentwicklung/-planung, Umwelt/Grün und Gesundheit, aber auch die Verwaltungen der Jugendhilfe und Sozialplanung.

Baustein 2: Expertise „Instrumente und Verfahren“

Ein wesentlicher Schritt zur Implementierung einer an Umweltgerechtigkeit ausgerichteten Stadtentwicklung ist die Analyse der verfügbaren rechtlichen und informellen Instrumentarien. Die ersten Ergebnisse der Expertise zeigen, dass in Deutschland ein kohärentes auf Integration aller raumrelevanten Belange in die räumliche Gesamtplanung ausgerichtetes und sozialräumliche Aspekte einbeziehendes Planungssystem existiert. Fachliche Teilaspekte gesunder Umweltbedingungen, wie zum Beispiel möglichst geringe Immissionsbelastungen und die Qualität der wohnortnahen Grün- und Freiflächen, werden in informellen aber auch in einer Reihe rechtsförmlicher Fachplanungen vertieft aufbereitet. Der Stadtentwicklungs- und der Bauleitplanung kommt die integrative, bündelnde Funktion zu, wobei insgesamt ein hoher Standard der gesundheitsrelevanten Umweltschutzanforderungen zum Tragen kommt. Die zum Teil obligatorisch durchzuführende strategische Umweltprüfung oder Umweltverträglichkeitsprüfung dienen der systematischen und integrativen Erfassung und Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsbelange. Das Planungssystem einschließlich der Umweltprüfverfahren ist primär auf die Entwicklung neuer Baugebiete und Infrastrukturvorhaben angelegt.

Mit der Reduzierung von Umweltbelastungen im Siedlungsbestand befassen sich verschiedene Umweltplanungen. Luftreinhalte- sowie die Lärminderungspläne zielen auf den Abbau von Immissionsbelastungen. Landschaftspläne treffen unter anderem auch Festlegungen zu den Zielen und Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Freiraumqualität und der Nutzbarkeit des Freiraums im Wohnumfeld dienen. Daneben gibt es vielfältige informelle Planungen (z. B. Freiraum-, Spielplatz-, Klimaschutzkonzepte). Die auf einzelne Umweltas-

pekte fokussierten Planungen berücksichtigen in der Regel jedoch weder sozialräumliche Kriterien noch die Umweltsituation insgesamt. Zusammengeführt werden solche Konzepte bei städtebaulichen Sanierungs- oder Stadtumbaumaßnahmen. Konzeptionell erfolgt dies in integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzepten. Ihnen kommt damit eine zentrale Funktion im Hinblick auf die erforderliche Gesamtbetrachtung der gesundheitsrelevanten Umweltfaktoren zu.

Für die Umsetzung der Pläne und Konzepte ist das Zusammenwirken von Instrumenten zur Partizipation von Betroffenen und zur Kooperation innerhalb der Verwaltung oder auch mit zivilgesellschaftlichen Akteuren, zur Finanzierung und zur hoheitlichen Durchsetzung entscheidend. Eine besondere Bedeutung kommt insbesondere den Förderprogrammen des Bundes, der Länder und der EU zu (insbesondere Städtebauförderung, Programme zur Lärmsanierung, Europäischer Fonds für regionale Entwicklung). Aber auch die Erschließung weiterer Finanzierungswege ist wichtig. So kann beispielsweise die Kompensationspflicht nach der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung zur Durchführung und Finanzierung von Maßnahmen genutzt werden, die der Verbesserung des Freiflächenangebots dienen. Auch die Einbindung zum Beispiel von interessierten Eigentümern und Gewerbetreibenden in die Durchführung von Maßnahmen kann finanziell entlastend wirken.

Gegenüber privaten Eigentümern und Gewerbetreibenden stellt sich der verfassungsrechtliche Bestandsschutz als Schranke dar. Fehlt die Möglichkeit der hoheitlichen Durchsetzung von Maßnahmen, kommt es auf die Mitwirkungsbereitschaft der Eigentümer oder anderer Akteure an. Hier können Förderprogramme Anreize für privates Engagement setzen. Ebenso wichtig ist eine angemessene zielgruppenadäquate Information und Beratung, um Unterstützung und Mitwirkung aus dem kommunalpolitischen Raum aber auch von zivilgesellschaftlichen Akteuren zu erreichen.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass eine auf die Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit gerichtete Strategie die Bündelung ganz unterschiedlicher Instrumente erfordert, die je nach Ausgangslage variabel und aufeinander abgestimmt zum Einsatz gebracht werden können. Wichtig dabei ist, die Instrumente nicht isoliert zu betrachten, sondern in einem integrierten Konzept zusammenzubinden.

Zudem ist deutlich geworden, dass es ohne eine angemessene Finanzausstattung nicht gelingen wird, die als notwendig erachteten Maßnahmen zur Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit umzusetzen.

Baustein 3: Kommunale Fallstudien

Das Thema Umweltgerechtigkeit trifft bislang vor allem auf wissenschaftliches Interesse unterschiedlicher Fachdisziplinen (Public Health, Sozial- und Umweltwissenschaften, Stadt- und Raumplanung). Es ist in der kommunalen Praxis noch kaum „angekommen“. Gleichwohl verfolgen einige Kommunen bereits Aktivitäten, die zwar nicht unter dem Label „Umweltgerechtigkeit“ firmieren, aber trotzdem auf die Vermeidung und den Abbau der räumlichen Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen sowie der Gewährleistung eines sozialräumlich gerechten Zugangs zu Umweltressourcen im städtischen Raum ausgerichtet sind. In fünf Fallstudienstädten (Berliner Bezirk Tempelhof-Schöneberg, Bottrop, Bremerhaven, Leipzig, Mannheim) wurde diese Praxis exemplarisch auf Basis von Experteninterviews mit den Leitungen der Verwaltungsbereiche Stadtentwicklung/-planung, Umwelt/Grün, Gesundheit und Statistik sowie anhand von Dokumentenanalysen untersucht.

Der Begriff Umweltgerechtigkeit wird bislang in der Kommunalverwaltung der fünf Fallstudienstädte so gut wie nicht verwendet. Zum Teil ist er sogar gänzlich unbekannt. Der Begriff wird von den Befragten zudem kritisch gesehen. Insbesondere der Aspekt der Gerechtigkeit wird durchgängig als verwaltungsfern und für den jeweiligen Arbeitszusammenhang als schwierig erachtet. Die Problematik, die unter dem Begriff Umweltgerechtigkeit betrachtet wird, wird allerdings in fast allen Kommunen als relevant angesehen.

Anknüpfungspunkte für das Thema Umweltgerechtigkeit bieten sich in den Fallstudien vor allem im Rahmen der integrierten Stadt(teil)entwicklung, der Stadterneuerung und der Umwelt(leit)planung sowie im Zusammenhang mit dem Ziel gesundheitlicher Chancengleichheit. Insbesondere beim Einsatz der Städtebauförderungsprogramme *Soziale Stadt*, *Stadtumbau West* und *Stadtumbau Ost* eröffnen sich vielfältige Anschlussmöglichkeiten für die Implementation von Umweltgerechtigkeit.

In allen Fallstudienstädten gibt es Maßnahmen und Aktivitäten mit direktem Bezug zu Umweltgerechtigkeit. Räumliche Schwerpunkte hierbei bilden zum einen innerstädtische Fördergebiete der Bundesländer-Programme *Stadtumbau* und *Soziale Stadt*. Zum anderen sind Hauptverkehrsstraßen, an denen sich erhebliche Lärm- und Luftbelastungen und gleichzeitig soziale Problemlagen konzentrieren, ein weiterer räumlicher Handlungsschwerpunkt in den untersuchten Kommunen.

Thematische Schwerpunkte bilden vor allem die Handlungsfelder Freiraumentwicklung und Lärmschutz. Mit Blick auf Frei- und Grünflächen stehen Aspekte wie ausreichende Versorgung, qualifizierte Gestaltung, Nutzbarkeit sowie Zugänglichkeit für verschiedene Zielgruppen (insbesondere Kinder und Jugendliche, Migrantinnen und Migranten, ältere Menschen) im Mittelpunkt. Gleichzeitig zielen die freiraumbezogenen Maßnahmen häufig auf die Bewältigung der Folgen des Klimawandels. Maßnahmen im Bereich Lärmschutz sind insbesondere die Verlagerung des Schwerkraft- und Durchgangsverkehrs, Geschwindigkeitsreduzierungen, der Einsatz lärmoptimierten Asphalts („Flüsterasphalt“), die Förderung des nichtmotorisierten Verkehrs sowie die Errichtung von Lärmschutzwänden/-wällen.

Mit Blick auf die notwendige Kooperation zwischen den verschiedenen Fachverwaltungen beim Querschnittsthema Umweltgerechtigkeit zeigen die Untersuchungen, dass die verwaltungsinterne Zusammenarbeit zwischen den Ämtern Stadtplanung, Stadtentwicklung und Umwelt überwiegend gefestigt ist. Die Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt erfolgt dagegen meist projekt- und anlassbezogen.

Baustein 4: Fachtagung „Potenziale für mehr Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“

Am 19. und 20. November 2012 fand in Berlin die Fachtagung „Potenziale für mehr Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum. Umwelt, Gesundheit und Soziales vernetzen und gemeinsam handeln“ statt, die vom Difu in Zusammenarbeit mit dem UBA veranstaltet wurde.

An der Fachtagung nahmen etwa 100 Fachleute aus Kommunalverwaltung und -politik, Verantwortliche aus Bund und Ländern, Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler sowie zivilgesellschaftliche Gruppen teil. Im Mittelpunkt stand die Frage, wie in städtischen Quartieren, die sowohl durch Umweltprobleme als auch durch soziale Benachteiligungen gekennzeichnet sind, die Umwelt- und Lebensverhältnisse der Bewohnerinnen und Bewohner verbessert werden können.

Einleitende Vorträge widmeten sich der Einordnung des Difu-Forschungsvorhabens in den Kontext einschlägiger Fachpolitiken und Forschungsansätze und umrissen den Ansatz der Umweltgerechtigkeit in Politik, Wissenschaft und Praxis. Auch ethische Überlegungen wurden präsentiert. Anlässlich der Fachtagung wurden erste Ergebnisse des Forschungsvorhabens zum Beispiel aus den Expertisen und Fallstudien präsentiert und erörtert. Weiterhin wurden beispielhafte Projekte und instrumentelle Ansätze auf dem Weg zu mehr Umweltgerechtigkeit dargestellt. In vier parallelen Foren wurden die Themen „Daten, Indikatoren und Monitoring“, „Handlungsfelder für Umweltgerechtigkeit“, „Instrumente und Verfahren“ sowie „Management, Kooperation und Partizipation“ diskutiert. Erörtert wurden erste Ergebnisse der Difu-Forschungsgruppe sowie modellhafte Vorhaben wie das Projekt „Umweltgerechtigkeit im Land Berlin“, die strategische Stadtentwicklungsplanung für mehr Umweltgerechtigkeit in der Landeshauptstadt München, der neu entwickelte Prototyp für einen Fachplan Gesundheit sowie die Erfahrungen mit Kooperation und Partizipation bei der Umgestaltung des Nauener Platzes in Berlin-Mitte. Auf einem „Markt der Möglichkeiten“ präsentierten sich 15 Projekte mit Bezug zu Umweltgerechtigkeit aus der Wissenschaft, verschiedenen Kommunen und von Nichtregierungsorganisationen. Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein moderiertes Tischgespräch mit Expertinnen und Experten des Bundes, der Länder sowie aus Kommunen und Wissenschaft, in welchem aktuelle Handlungsbedarfe und Perspektiven für eine Implementierung von Umweltgerechtigkeit in der kommunalen Praxis im Dialog mit dem Publikum diskutiert wurden.

Von der Fachtagung gingen wichtige Impulse für die weitere Umsetzung des Themas Umweltgerechtigkeit vor allem auf der kommunalen Ebene aus. Es wurden Strategien und Lösungsansätze erarbeitet, die die Teilnehmenden in ihrer Arbeit für mehr lokale Umweltgerechtigkeit zukünftig unterstützen können. Die Online-Dokumentation ist zu finden unter [http://www.difu.de/dokument/potenziale-fu-](http://www.difu.de/dokument/potenziale-fu-er-mehr-umweltgerechtigkeit-nov-2012.html)

[er-mehr-umweltgerechtigkeit-nov-2012.html](http://www.difu.de/dokument/potenziale-fu-er-mehr-umweltgerechtigkeit-nov-2012.html) (Ab-rufdatum: 07.02.2013).

Baustein 5: Planspiel

Im Zeitraum 2013 bis 2014 sollen in einem Planspiel mit voraussichtlich drei Kommunen administrative, organisatorische und rechtliche Instrumente, Verfahren und Maßnahmen zur Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit in der Kommunalverwaltung erprobt und validiert werden.

Im Ergebnis der Expertisen, Fallstudien und darüber hinausgehender Erörterungen ergeben sich folgende zentrale Untersuchungs- beziehungsweise Aufgabenbereiche für das Planspiel:

- Motivation von Kommunalpolitik und -verwaltung für die Implementierung von Umweltgerechtigkeit;
- Anschlussfähigkeit des Ansatzes Umweltgerechtigkeit im Verwaltungshandeln (Indikatoren/Monitoring, Handlungsfelder, Instrumente), wobei das Augenmerk auf bestehende Lücken in der Integration von Umwelt, sozialer und gesundheitlicher Lage liegen sollte;
- notwendige Veränderungs- beziehungsweise Anpassungsbedarfe in Hinblick auf Verfahren und Kooperation innerhalb der Verwaltung für die Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit;
- Partizipation für mehr Umweltgerechtigkeit: Zielgruppen, Methoden und Prozesse, Verzahnung mit Verwaltungshandeln.

Die Planspielerinnen und Planspieler nehmen als authentische Vertreterinnen und Vertreter maßgeblicher Akteursgruppen entsprechend ihrer Funktion in der Realität am Planspiel teil. Am Planspiel sollen Vertreterinnen und Vertreter relevanter kommunaler Verwaltungs- beziehungsweise Verantwortungsbereiche mitwirken: Stadtentwicklung, Umwelt, Gesundheit, Soziales und Statistik.

Zwischenfazit

Auf dem bisherigem Stand des Forschungsvorhabens lässt sich folgendes Zwischenfazit zur Implementierung von Umweltgerechtigkeit in das kommunale Handeln ziehen:

- Eine Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit als eigenständige kommunale Verwaltungsaufgabe mit eigenständigen Verfahren erscheint aufgrund der Vielzahl angrenzender Handlungsansätze äußerst schwierig und nicht zielführend.
- Der Ansatz Umweltgerechtigkeit sollte an bestehende sozialräumlich orientierte Aktivitäten und Programme der integrierten Stadtentwicklungsplanung angedockt werden. Hierbei ist auf bestehende Lücken der Integration von Umwelt, sozialer und gesundheitlicher Lage zu fokussieren.
- Notwendig sind die Bereitstellung von Daten, die Erhebung von Indikatoren auf kleinräumiger Ebene sowie die kartographische Darstellung von Gebieten mit Mehrfachbelastungen hinsichtlich Umwelt, sozialer und gesundheitlicher Lage. Hierbei ist soweit wie möglich auf vorhandene Daten und Monitoringansätze in den Kommunen zurückzugreifen.
- Eine auf die Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit gerichtete Strategie erfordert die Bündelung ganz unterschiedlicher Instrumente, die je nach Ausgangslage variabel und aufeinander abgestimmt zum Einsatz gebracht werden müssen. Aufgrund der hohen Flexibilität in Hinblick auf räumliche und thematische Abgrenzungen, aber auch wegen der Offenheit für ressortübergreifende und integrative Lösungsansätze haben hierbei informelle planerische Instrumente eine hohe Bedeutung.
- Die Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit kann nur im Rahmen begrenzt zur Verfügung stehender finanzieller und personeller Ressourcen der kommunalen Verwaltung geleistet werden.
- Für eine erfolgreiche Implementierung des Ansatzes Umweltgerechtigkeit ist das kommunale Verwaltungshandeln insbesondere mit Blick auf die ämterübergreifende Kooperation sowie den Informations- und Datenaustausch zu optimieren und am gemeinsamen Ziel „Umweltgerechtigkeit“ auszurichten.

Literatur

Becker K, Müssig-Zufika M, Conrad A, Lüdecke A, Schulz C, Seiwert M, Kolossa-Gehring M (2007): Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 – KUS – Human-Biomonitoring – Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland. WaBoLu-Heft 01/07. Dessau/Berlin: Um-

weltbundesamt. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3257.pdf> (Abrufdatum: 06.02.2013).

Bolte G, Kohlhuber M (2008): Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben „Untersuchungen zur Ökologischen Gerechtigkeit: Explorative Vorbereitungsstudie“ (FKZ: 3707 17 102/01). Teilprojekt A: Systematische Zusammenstellung der Datenlage in Deutschland. Oberschleißheim. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3664.pdf> (Langfassung) (Abrufdatum: 06.02.2013).

Bolte G, Mielck A (Hrsg.) (2004): Umweltgerechtigkeit. Die soziale Verteilung von Umweltbelastungen. Weinheim: Juventa.

Bunge C, Katzschner A (2009): Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Studien zur sozialen Ungleichheit gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen. Umwelt & Gesundheit 2/2009. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3801.pdf> (Abrufdatum: 06.02.2013).

Heinrich J, Mielck A, Schäfer I, Mey W (1998): Soziale Ungleichheit und umweltbedingte Erkrankungen in Deutschland. Empirische Ergebnisse und Handlungsansätze. Serie Fortschritte in der Umweltmedizin 106. Landsberg: Ecomed.

Klimeczek HJ (2011): Umweltgerechtigkeit im Land Berlin – Entwicklung und Umsetzung einer neuen ressortübergreifenden Strategie. In: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst 2: 19–21. <http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0211.pdf> (Abrufdatum: 06.02.2013).

UMID 02/2011: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst. Themenheft Umweltgerechtigkeit II. <http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0211.pdf> (Abrufdatum: 06.02.2013).

UMID 02/2008: UMID: Umweltmedizinischer Informationsdienst. Themenheft Umweltgerechtigkeit I. <http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0208.pdf> (Abrufdatum: 06.02.2013).

Kontakt

Christa Böhme
Deutsches Institut für Urbanistik
Bereich Stadtentwicklung, Recht und Soziales
Zimmerstraße 13-15
10969 Berlin
E-Mail: boehme[at]difu.de

Christiane Bunge
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.1 „Übergreifende Angelegenheiten
Umwelt und Gesundheit“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: christiane.bunge[at]uba.de

[UBA]

Hitze in der Stadt – Herausforderungen und Best-practice-Beispiele

Heat in the city – challenges and best-practice examples

*Stefan Wittig¹, Bastian Schuchardt¹
und das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)*

Abstract

Climate Change strengthens urban heat islands. Especially higher temperatures may result in an increasing risk for human health. Most vulnerable are the elderly, sick persons as well as infants. Heat stress can also diminish the people's well-being and their fitness for work. Heat balance models can help to assess the degree of heat stress for different regions. The results of these models can inform decisions aimed at a precautionary restructuring of climate resilient cities. Sector as well as administration level integrating concepts and strategies and joint action of many municipal stakeholders are a necessary precondition for a successful adaptation to climate change. The implementation of warning systems as well as establishing of "green and blue infrastructures" or the development of guidelines contribute to a better coping with climate change impacts.

Zusammenfassung

Der Klimawandel verstärkt stadtklimatische Effekte in städtischen Gebieten. Vor allem das wärmere Stadtklima kann zu höheren gesundheitlichen Belastungen und Risiken führen. Primär trifft es die vulnerablen Bevölkerungsgruppen, wie Ältere, Kranke oder Kleinkinder, aber auch bei gesunden Menschen kann Hitze die normale Leistungsfähigkeit einschränken. Wärmebilanzmodelle helfen dabei, die Wärmebelastung für verschiedene Regionen abzuschätzen. Ihre Ergebnisse bilden eine Entscheidungsgrundlage, um Städte vorsorgend klimaangepasst umzugestalten. Das erfordert fach- und ebenenübergreifende Konzepte und Strategien und ein gemeinsames Handeln vieler kommunaler Entscheidungsträger. Maßnahmen wie das Bereitstellen von Warnsystemen, das Einrichten von „grünen und blauen Infrastrukturen“ oder das Entwickeln von Leitfäden tragen dazu bei, besser auf die Folgen des Klimawandels vorbereitet zu sein.



Handlungsweisen – neu ist allerdings die hohe Geschwindigkeit mit der der Klimawandel voranschreitet. Dadurch ergeben sich für die Gesellschaft zusätzliche Herausforderungen. Insbesondere die quer durch alle Gesellschaftsbereiche wirkenden Folgen des Klimawandels erfordern gemeinschaftliches Handeln. Hierfür sind vielfach neue Ansätze und Strategien notwendig, die in Zusammenarbeit mit allen betroffenen Akteuren und Entscheidungsträgern sowie mit der Bevölkerung rechtzeitig auf den Weg gebracht werden müssen. Dabei gilt weiterhin, dass neben der Anpassung an den unvermeidbaren Klimawandel Anstrengungen zum Klimaschutz zur Verlangsamung des Klimawandels hohe Bedeutung haben.

Einleitung

Der Klimawandel macht Anpassung erforderlich. Anpassung an und Umgang mit veränderlichen klimatischen Bedingungen gehörten schon in der Vergangenheit zum Repertoire gesellschaftlicher

¹ BioConsult Schuchardt & Scholle GbR.

Klimawandel und Klimafolgen in Deutschland

Der globale Klimawandel hat auch Folgen für Deutschland. Diese sind schon heute bemerkbar und werden sich zukünftig verstärken. Abhängig von der im IPCC-Emissionsszenario A1B (www.ipcc.ch; Abrufdatum: 31.01.2013) angenommenen globalen Entwicklung der anthropogenen Emissionen treibhausgaswirksamer Gase gehen die für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) ausgewerteten Klimaprojektionen von einer Erwärmung der durchschnittlichen Jahrestemperatur in Deutschland im Zeitraum 2071–2100 um 2 bis 4,5 °C gegenüber dem Referenzzeitraum 1961–1990 aus. Dabei wird sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich ausprägen und die Häufigkeit und Stärke von Extremwetterereignissen erhöhen. So wird es zukünftig zwar weniger kalte Tage geben, die Anzahl von Sommertagen (Tagesmaximum über 25 °C), heißen Tagen (Tagesmaximum über 30 °C) und tropischen Nächten (Tagesminimum nicht unter 20 °C) wird jedoch voraussichtlich deutlich zunehmen. Durch den Temperaturanstieg und die höhere Anzahl der Hitzekenntage wird es auch häufiger Hitzeperioden geben, die länger andauern können. Infolge veränderter Niederschlagsmengen und deren jahreszeitlicher Verschiebung steigt zusätzlich die Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden, insbesondere in den Sommermonaten.

In städtischen Gebieten verstärken sich stadtklimatische Effekte, die aus einem hohen Bebauungs- beziehungsweise Versiegelungsgrad resultieren. Das Stadtklima verändert die regionalen und lokalen Klimabedingungen. Im Vergleich mit dem Umland sind zum Beispiel eine weitere Erwärmung, höhere Maximaltemperaturen und eine höhere Wärmespeicherung typisch. Wie sich diese Effekte ausprägen, ist stark von Art und Ausmaß der baulichen Nutzung, der Stadtstruktur sowie standörtlicher und lokalklimatischer Besonderheiten abhängig.

Risiken und Anfälligkeit

Der für die menschliche Gesundheit bedeutendste Effekt des Klimawandels in städtischen Gebieten betrifft den Wärmehaushalt. So zeigen Studien einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Temperaturen und Sterberaten: Sowohl bei extrem hohen als auch bei extrem niedrigen Temperaturen werden höhere Sterberaten registriert. In einem mittleren

Komfortbereich hingegen sind die niedrigsten Sterberaten zu beobachten.

Nicht nur das wärmere Stadtklima führt zu höheren gesundheitlichen Belastungen und Risiken. Auch die Empfindlichkeit der Menschen gegenüber Hitze bestimmt die Höhe dieser Risiken. Dabei sind nicht alle Menschen gleichermaßen betroffen: Vor allem Ältere, Kranke oder Kleinkinder sind empfindlicher beziehungsweise anfälliger (sog. vulnerable Bevölkerungsgruppen). Aber auch bei gesunden Menschen kann Hitze zu Erschöpfung und eingeschränkter Leistungsfähigkeit führen. Zusätzlich führen Hilfebedürftigkeit und soziale Vereinsamung oft dazu, dass Maßnahmen wie zum Beispiel ausreichende Flüssigkeitsversorgung und Flüssigkeitsaufnahme, unterlassen werden.

Um die Wärmebelastung für einen Menschen abzuschätzen, werden Wärmebilanzmodelle verwendet. Diese berechnen unter Berücksichtigung aller für das Wärmeempfinden relevanten Größen – wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, kurz- und langwellige Strahlungsflüsse sowie Bekleidung und körperliche Aktivität – die physiologisch relevante Größe „gefühlte Temperatur“ (z. B. das Klima-Michel-Modell des Deutschen Wetterdienstes oder der Universelle Thermische Klimaindex UTCI). Aus dieser Größe wird als anschaulicher Wert die Hitzebelastung als Hitzestressindex abgeleitet.

Die Anfälligkeit ist in Deutschland regional unterschiedlich ausgeprägt. Sie wird unter anderem von der regionspezifischen Akklimatisierung an hohe Temperaturen bestimmt. Das heißt, dass Menschen, die höhere Temperaturen und mehr Hitze gewohnt sind, weniger empfindlich sein können. Auch der Zeitpunkt des Auftretens einer Hitzewelle bestimmt die Auswirkungen: nach vergleichsweise kühlen Phasen wird die Hitzebelastung eher höher ausfallen, da dem Organismus die Zeit zur Anpassung fehlt. Zusätzlich wird die zukünftige Anfälligkeit gegenüber Hitze auch von anderen gesellschaftlichen Entwicklungen überlagert. Insbesondere der demografische Wandel, der zu einer Alterung der Bevölkerung führt, erhöht den Anteil vulnerabler Bevölkerungsgruppen.

Wie anpassen? – Anpassungsmaßnahmen und ihre Potenziale

Während Klimaschutz globale Absprachen und Regelungen erforderlich macht, muss Klimaanpassung meist auf regionaler und lokaler Ebene stattfinden. Bei der Klimaanpassung sind die kommunalen Entscheidungsträger gefordert, räumlich geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. Auch im „Aktionsplan Anpassung“ der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel wird betont, dass Kommunen zu den zentralen Akteuren der Anpassung an den Klimawandel gehören. Demnach zeigen viele Folgen des Klimawandels lokale Wirkungen und Maßnahmen zur Anpassung müssen mit und in den Kommunen entwickelt und umgesetzt werden.

Die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) gegenüber temperaturbedingten Klimafolgen wird durch den Umgang der Gesellschaft mit den Auswirkungen bestimmt (Anpassungskapazität). Die Anpassungskapazität des Gesundheitssystems oder der Katastrophenhilfe wird einerseits dadurch bestimmt, ob im Falle einer extremen Hitze die Bevölkerung hiervor zu warnen ist (durch Hitzewarnsysteme und Verhaltensinformationen) oder ob vorsorgend dafür gesorgt wird, dass im Fall einer Hitzewelle möglichst wenige Menschen betroffen sind. Während für die Bewältigung von Hitzeextremen vorrangig die Akteure des Gesundheitswesens und des Katastrophenschutzes zuständig sind, sind für die klimaangepasste Stadtgestaltung und städtische Flächennutzung alle (kommunalen) Entscheidungsträger gemeinsam gefordert. In der Planungspraxis sollten daher die bereits zur Verfügung stehenden Instrumente der Raumordnung und der Bauleitplanung verstärkt auf ihre Eignung für die Planung und Realisierung von Anpassungsmaßnahmen geprüft werden.

Die Fähigkeit der Menschen, auf Naturgefahren wie eine lang andauernde Hitzewelle in der Stadt zu reagieren, bestimmt die Höhe der Auswirkungen. Mangelndes Risikobewusstsein und geringe Risikowahrnehmung in der Bevölkerung verstärken die Problemsituation. So ist es im Katastrophenfall sehr viel schwieriger, ältere und kranke Menschen ausreichend zu versorgen oder ausländische Mitbürger mit notwendigen Verhaltensinformationen zu erreichen als junge und gut informierte Menschen. Hier können Warnsysteme und Informationen zum richtigen Verhalten ansetzen. Sie müssen weit verbreitet, leicht zugänglich und verständlich sein sowie sicher-

stellen, dass die Adressaten erreicht werden. Solche Anpassungsmaßnahmen sind deshalb besonders zu empfehlen, da ihre Umsetzung auch ohne den Klimawandel sinnvoll ist und sie zur Bewältigung heutiger Extremereignisse dienen (sog. Maßnahmen ohne Bedauern – „no regret“-Maßnahme).

Für die vorsorgende Umgestaltung oder Anpassung der städtischen Siedlungsräume an Extremereignisse, die klimawandelbedingt zunehmen, sind viele kommunale Entscheidungsträger gefordert gemeinsam zu handeln. Dies beginnt beim Identifizieren solcher städtischer Gebiete, die von Hitze besonders betroffen sein können. Neben der Bevölkerungsstruktur sind die Bebauungsart, die Frei- und Grünflächenanteile, das Vorhandensein von Frischluftschneisen und die Erreichbarkeit von Erholungsräumen ausschlaggebend.

Der Umbau zu einer klimaangepassten Stadt und die Berücksichtigung der Klimaanpassungserfordernisse in Stadtplanung und Siedlungsentwicklung erfordern fach- und ebenenübergreifende Konzepte und Strategien. Zur Entwicklung und Umsetzung sind Akteursnetzwerke einzurichten, in denen nicht nur die Vertreter aus dem Gesundheitswesen, sondern auch die Akteure der Raum- und Regionalplanung, der Stadt- und Freiraumentwicklung, des Bauwesens, der Siedlungswasserwirtschaft, des Hochwasser- und Küstenschutzes sowie der Verkehrsinfrastrukturplanung beteiligt sind. Zusätzlich sind langfristig gültige Absprachen zwischen benachbarten Kommunen notwendig, wie zum Beispiel für das Freihalten von Frischluftschneisen oder Kaltluftentstehungsgebieten, für die Verkehrsplanung und für die Ausweisung von Bebauungsgebieten.

Was schon getan wird: Best-Practice-Beispiele

Als Reaktion auf den Hitzesommer 2003 ist vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ein Hitzewarnsystem entwickelt worden, welches seit 2004 zur Information und Sensibilisierung im Gesundheitssystem aller Bundesländer eingesetzt wird. Zentrales Ziel ist es, durch die rechtzeitige Warnung vor Wärmebelastung vor allem Einrichtungen des öffentlichen Gesundheitswesens die Möglichkeit zu geben, geeignete Präventionsmaßnahmen zu ergreifen. Das Warnsystem richtet sich an alle Gesundheitsbehörden der Bundesländer sowie an Alten- und Pflegeheime. Verhaltensinformationen im Falle ei-

ner Hitzewelle werden von verschiedenen Stellen bereitgestellt. So sind auf bundesdeutscher Ebene neben dem DWD das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), das Robert Koch-Institut (RKI) und das Umweltbundesamt (UBA) aktiv. Auch die zuständigen Landesämter der Bundesländer stellen über ihre Internetpräsenzen Informationsbroschüren zur Verfügung.

Wie hitzebedingte Gefahren bei der Entwicklung und Umgestaltung städtischer Siedlungsräume berücksichtigt werden können, wird in aktuellen Forschungsprojekten untersucht. Neben einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas und damit zur Reduktion der bei einer Hitzewelle betroffenen Bevölkerung, stehen dabei auch integrierte handlungsfeldübergreifende Maßnahmen und Strategien im Vordergrund, die der Bewältigung der kommunalen Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung dienen.

Für Einzelmaßnahmen kann auf das Projekt „Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns“ (**GRaBS**) verwiesen werden, in dem Möglichkeiten zur Anpassung der sogenannten „grünen und blauen Infrastruktur“ in Ballungszentren untersucht werden. Grüne (z. B. Hausgärten, Parks, Grünverbindungen, Gründächer) und blaue Infrastrukturen (z. B. Gewässer, Überflutungsgebiete, Entwässerungssysteme) haben bei der Entwicklung klimaangepasster Städte eine wichtige Funktion. In einer Datenbank sind daher Fallstudien zu Anpassungsmaßnahmen zusammengestellt und ein Internet-Tool zur Bewertung der Risiken durch klimabezogene Gefahren entwickelt worden. Ein Leitfaden zum Thema „Integration grüner

und blauer Infrastrukturen in der städtischen Raumplanung“ komplettiert die Anpassungsempfehlungen (**Abbildung 1**).

Wie sich Maßnahmen zur Anpassung – inklusive möglicher Synergien bezüglich Klimaschutz oder weiterer kommunaler Politikziele, wie Natur- und Hochwasserschutz und Siedlungsentwässerung – in integrierten Strategien bündeln und umsetzen lassen, wurde in den Projekten **KlimaMORO** und **KlimaExWoSt** erforscht. Hier stehen insbesondere die übergreifenden Herausforderungen und Möglichkeiten der Raum- und der Regionalplanung auf Länder- und kommunaler Ebene im Vordergrund:

- In der **KlimaMORO**-Region Mittel- und Südhessen erfolgt Klimaanpassung durch die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten zum Beispiel für Wasserrückhalt oder Biotopschutz in der Regionalplanung (**KLAMIS** – Klimaanpassung in Mittel- und Südhessen). Eine angepasste Siedlungs- und Infrastrukturplanung erfordert unter anderem die Freihaltung von Räumen zur Sicherung der städtischen Belüftung. Welche Konsequenzen das für die Weiterentwicklung des formellen regionalplanerischen Instrumentariums hat, wird in einem kommunalen Handlungsleitfaden zur Klimaanpassung beschrieben.
- Anpassungsstrategien zum Siedlungsklima in der kommunalen Planung wurden auch in der **KlimaMORO**-Region Mittlerer Oberrhein/Nordschwarzwald betrachtet. Im Fokus stand hier die mögliche Verschlechterung des städtisch geprägten Klimas durch Zunahme der Hitzebelastung und die größere Bedeutung der Höhenlagen für die Naherholung während Hitzeperioden. Damit die Schutzgüter Klima und Luft in der Abwägung gegenüber konkurrierenden Nutzungsansprüchen im Rahmen der Bauleitplanung und der Umweltverträglichkeitsprüfung bestehen können, sind belastbare Informationen zur klimaökologischen Situation erstellt worden. Dazu wurde ein Gutachten zu „klimatischen Ausgleichsfunktionen“ erstellt und ein Leitfaden „Klimaökologie“ entwickelt.
- Unter dem Motto „Stadt begegnet Klimawandel“ ist ein integriertes Maßnahmenkonzept zur klimagerechten Stadtentwicklung im **KlimaExWoSt**-Modellprojekt Essen entwickelt worden. Dabei wurden innovative Strategien zur Stärkung der kommunalen Handlungsfähigkeit entwickelt sowie ein breiter Beteiligungsprozess

Abbildung 1: Dachbegrünung. Foto: © Reinhard Gerlach/pixelio.de.



durchgeführt. Anhand eines kleinräumigen städtebaulichen Szenarios wurden Maßnahmen zur Anpassung entworfen. Es handelt sich unter anderem um weniger versiegelte Fläche, Nutzung sickerungsfähiger Materialien, Begrünung der

Südfassaden, schmalere Straßen, Bepflanzung mit laubabwerfenden Gehölzen, Dachbegrünung, Einrichten von Grünachsen zur Luftzirkulation, ein naturnaher Gewässeraus- und -umbau sowie Schaffung von Retentionsräumen.

Internetseiten KomPass

KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung: <http://www.anpassung.net>

Klimalotse – Leitfaden zur Anpassung an den Klimawandel: <http://www.klimalotse.anpassung.net>

Tatenbank – dokumentiert Projekte und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel: <http://www.tatenbank.anpassung.net>

Weitere Aktivitäten und Forschungsprojekte zum Klimawandel

Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes (DWD): <http://www.dwd.de/cdc>

Climate Service Center (CSC) des Helmholtz-Zentrums Geesthacht: <http://www.climate-service-center.de>

Deutscher Klimaatlas des DWD: <http://www.deutscher-klimaatlas.de>,

Deutsches Klimaportal des DWD: <http://www.deutschesklimaportal.de/>

GRaBS – Green and Blue Space adaptation for Urban Areas and Eco Towns: <http://www.grabs-eu.org>

KlimaExWoSt – Urbane Strategien zum Klimawandel; **StadtKlima** – Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel: <http://www.klimaexwest.de>

KlimaMORO – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel: <http://www.klimamoro.de>

Klimaservice des DWD: <http://www.klima.dwd.de> und <http://www.dwd.de/klimawandel>

KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten: <http://www.klimzug.de>

StadtKlimaWandel – NABU-Projekt: <http://www.nabu.de/aktionenundprojekte/stadtklimawandel/>

Regionale Klimabüros der Helmholtz-Gemeinschaft: <http://www.klimabuero.de>

Regionaler Klimaatlas Deutschland: <http://www.regionaler-klimaatlas.de>

(Abrufdatum für alle Seiten: 31.01.2013)

Kontakt

Susanne Kambor
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 1.7 „KomPass – Kompetenzzentrum
Klimafolgen und Anpassung in Deutschland“
Postfach 1406
06813 Dessau-Roßlau
E-Mail: [kompass\[at\]uba.de](mailto:kompass[at]uba.de)

[UBA]

Gesundheitliche Risiken durch die niederfrequenten Felder der Stromversorgung – Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und offene Fragen

Health impact from low-frequency fields of electrical power supply – current scientific knowledge and open questions

Anne Dehos, Bernd Grosche, Blanka Pophof, Thomas Jung

Abstract

The construction of new power lines, due to the higher proportion of renewable sources for energy, makes it necessary to consider radiation protection aspects, too. The basis for risk assessment of low-frequency electric and magnetic fields, as they occur along power lines, is scientific evidence. There are proven effects but also discussed effects of long-term exposures. In order to protect the population from scientifically established health impacts exposure limits are defined in the German Electromagnetic Field Ordinance which is based on the Federal Immission Control Act (26th BImSchV). The discussion on possible long-term effects focuses mainly on childhood leukaemia and neurodegenerative diseases. Because of ambiguous evidence BfS recommends – when reconstructing the grid – a regulation that does not only ascertain that exposures are below the exposure limits but also includes an imperative for minimizing them as a precautionary measure.

Zusammenfassung

Beim Ausbau der Stromnetze, wie er durch den erhöhten Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromversorgung notwendig ist, ist der Strahlenschutz ein wichtiger Aspekt. Grundlage für die Risikobewertung der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder, die in der Umgebung von Stromleitungen entstehen, ist die Gesamtheit der wissenschaftlichen Ergebnisse zu gesundheitlichen Wirkungen. Um den Menschen vor den nachgewiesenen gesundheitlichen Wirkungen niederfrequenter Felder zu schützen, wurden in der 26. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (26. BImSchV) Grenzwerte rechtlich verbindlich festgelegt. Daneben werden vor allem weitere mögliche Langzeitwirkungen dieser Felder diskutiert und untersucht. Im Zentrum des Interesses stehen derzeit die Leukämie bei Kindern und neurodegenerative Erkrankungen. Aufgrund der nicht eindeutigen Datenlage zu diesen möglichen gesundheitlichen Risiken empfiehlt das BfS, bei dem anstehenden Ausbau des Stromnetzes eine Regelung zu treffen, die sowohl die Einhaltung der Grenzwerte zum Schutz vor Gesundheitsgefahren sicherstellt als auch aus Vorsorgeüberlegungen heraus ein Minimierungsgebot beinhaltet.

1. Einleitung

In Deutschland soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich erhöht werden. Damit verbunden ist ein wesentlicher Ausbau der Stromnetze. In diesem Zusammenhang werden in der Öffentlichkeit intensive Diskussionen um die Notwendigkeit und Machbarkeit des Neubaus und der Erweiterung des Hochspannungsnetzes geführt. Wenn die Planungen dann konkret werden, wird häufig die konkrete Trassenführung einzelner Hochspannungsleitungen diskutiert. So spielen derzeit hauptsächlich technische und wirtschaftliche Überlegungen sowie Fragen der Landschaftsplanung eine Rolle. Darüber hinaus müssen aber auch

Strahlenschutzaspekte zu möglichen gesundheitlichen Wirkungen der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder, die in der Umgebung der Stromleitungen zwangsläufig auftreten, bei der Planung berücksichtigt werden.

Der Strahlenschutz bei Anlagen der Stromversorgung ist in der 26. BImSchV (Bundesregierung 1996) geregelt. Darin sind Grenzwerte für die niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder festgelegt. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) setzt sich zusätzlich für geeignete Vorsorgemaßnahmen ein, die den bestehenden wissenschaftlichen

Unsicherheiten hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkungen niederfrequenter Felder Rechnung tragen. Im Folgenden werden die Grundlagen der Risikobewertung für niederfrequente Felder, das heißt die nachgewiesenen und die wissenschaftlich diskutierten gesundheitlichen Wirkungen sowie die sich daraus ergebenden Vorsorgemaßnahmen, erläutert.

2. Ursache und Höhe der Exposition mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern

Bei jedem elektrischen Gerät oder jeder Stromleitung, an der eine elektrische Spannung anliegt, besteht ein niederfrequentes elektrisches Feld, auch wenn kein Strom fließt. Wenn in dem Gerät oder in der Leitung Strom fließt, entsteht zusätzlich ein niederfrequentes Magnetfeld.

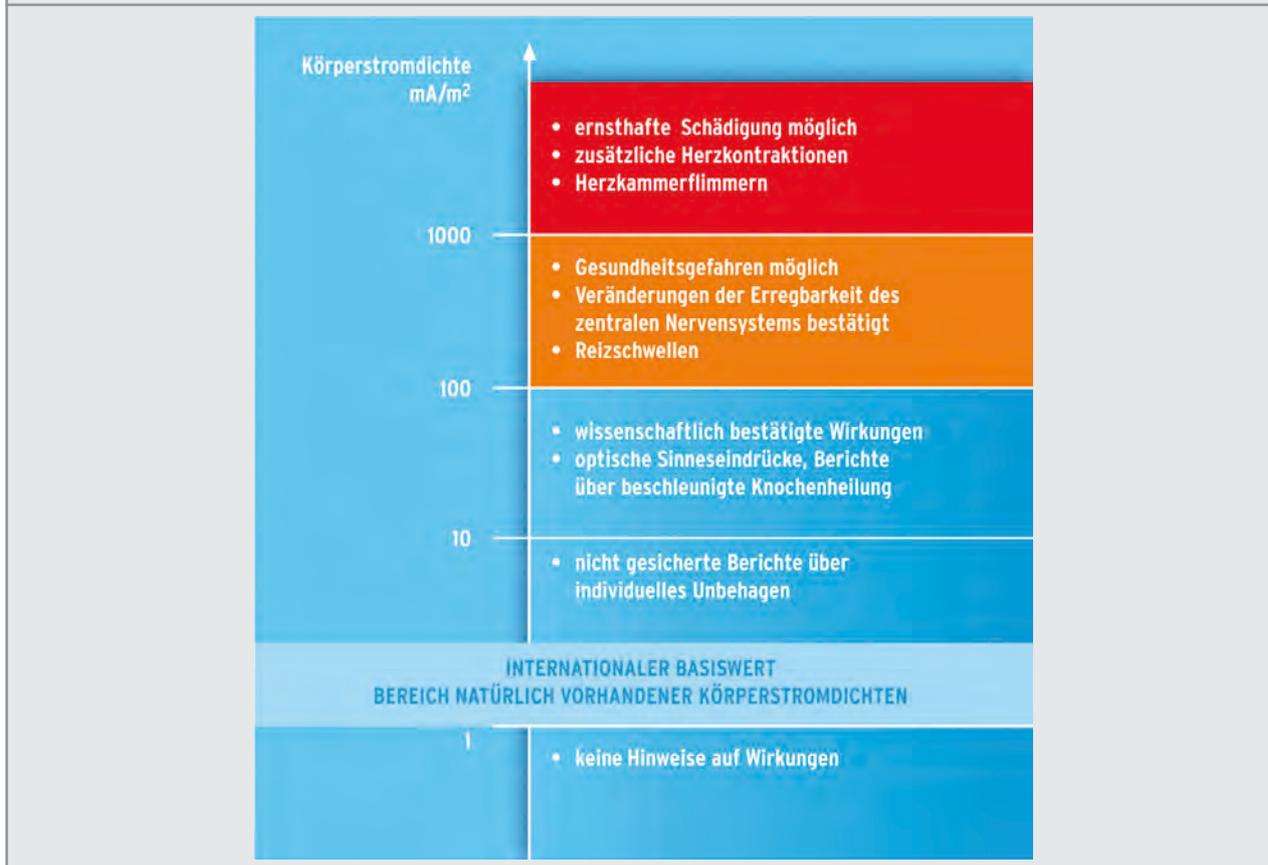
Die Stärke des elektrischen Feldes (in Volt pro Meter (V/m)) steigt bei sonst unveränderten Bedingungen mit der Spannung, die an einer Leitung anliegt. Die Stärke des Magnetfeldes (meistens als magnetische

Flussdichte in Tesla oder Mikrottesla (T bzw. μT) angegeben) hängt von der Stromstärke ab.

Elektrische Felder werden durch übliche Baumaterialien von Gebäuden und durch Erdreich gut abgeschirmt. Elektrische Felder von Freileitungen sind daher wegen der gegebenen guten Abschirmung im Inneren von Gebäuden nicht relevant. Magnetfelder sind dagegen nur mit großem Aufwand abzuschirmen. Von Baumaterialien werden sie kaum abgeschwächt, sodass die Magnetfelder von Frei- und Erdleitungen auch in Gebäude eindringen können.

Die Exposition der Bevölkerung mit niederfrequenten magnetischen Feldern liegt in der Regel weit unter den Grenzwerten von derzeit $100\ \mu\text{T}$, nämlich im Bereich von unter $0,2\ \mu\text{T}$. Den Hauptanteil liefern elektrische Geräte und Installationen im Haushalt. In der Nähe von Hochspannungsleitungen können allerdings relativ hohe Feldstärken auftreten. In Wohnungen, die nahe an einer Hochspannungsleitung liegen, kann diese einen deutlichen Beitrag zur Gesamtexposition der Bewohner mit niederfrequenten Magnetfeldern liefern.

Abbildung 1: Wirkungen unterschiedlicher Körperstromdichten. Quelle: BfS.



3. Nachgewiesene Wirkungen niederfrequenter Felder

Alle Lebewesen enthalten viele elektrisch geladene Teilchen, deren Bewegung zu elektrischen Strömen führt. Bei vielen Stoffwechselfvorgängen werden elektrisch geladene Teilchen bewegt und Nerven leiten ihre Signale in Form von elektrischen Impulsen weiter. Die natürliche Körperstromdichte erreicht dabei eine Größenordnung von 1–10 mA/m².

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder, die auf den Körper einwirken, erzeugen zusätzliche Ströme im Inneren. Wenn diese Ströme eine bestimmte Schwelle übersteigen, führen sie zu biologischen Wirkungen, die teilweise wahrnehmbar sind, und bei höheren Strömen auch zu gesundheitlichen Gefahren. **Abbildung 1** zeigt den Zusammenhang zwischen möglichen biologischen Effekten beziehungsweise gesundheitlichen Gefahren und der im Körper erzeugten Stromdichte.

Treffen elektrische Felder von außen auf den Körper, wird dessen Oberfläche elektrisch aufgeladen. Um das auszugleichen, fließen im Inneren sogenannte Körperströme. Das elektrische Feld im In-

nern des Körpers ist bei 50-Hz-Feldern um etwa 5 bis 6 Größenordnungen geringer als das äußere Feld (ICNIRP 2010).

Im Gegensatz dazu werden von magnetischen Wechselfeldern – als Folge der magnetischen Induktion – elektrische Felder und Ströme im Inneren des Körpers direkt erzeugt (**Abbildung 2**).

Zusätzliche elektrische Felder und Ströme können oberhalb bestimmter Schwellenwerte Nerven und Muskeln stimulieren, was bei hohen Körperströmen bis zu Herzkammerflimmern und zusätzlichen Herzkontraktionen führen kann (**Abbildung 1**). In der Netzhaut des Auges können Magnetophosphene (schwache Lichtblitze an der Peripherie des Sehfeldes) induziert werden.

Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) bewertet laufend die wissenschaftliche Literatur zu den gesundheitlich relevanten Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer sowie hochfrequenter elektromagnetischer Felder und erarbeitet daraus Empfehlungen für den Schutz des Menschen vor gesundheitlichen Gefahren durch diese Felder. Im Jahr 2010 hat die ICNIRP die bisherigen Empfehlungen (ICNIRP 1998) für die niederfrequenten Felder überarbeitet (ICNIRP 2010). In den früheren Empfehlungen war ein Höchstwert für die induzierte Körperstromdichte von 2 mA/m² als Basiswert festgelegt. In den überarbeiteten Empfehlungen wird die im Körper durch die Einwirkung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder hervorgerufene elektrische Feldstärke begrenzt (**Tabelle 1**). Diese verursacht die nachgewiesenen biologischen und gesundheitlichen Wirkungen der niederfrequenten Felder auf Nerven, Muskeln und Gehirn. Um den wissenschaftlichen Unsicherheiten und möglicherweise besonders empfindlichen Personengruppen (z. B. Kinder oder kranke und alte Menschen) Rechnung zu tragen, wurde der Schwellenwert für die nachgewiesenen gesundheitlichen Wirkungen mit einem Reduktionsfaktor versehen.

Da die interne elektrische Feldstärke schwierig zu messen ist, wurden für den praktischen Strahlenschutz sogenannte Referenzwerte für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte festgelegt. Halten die auf den Körper einwirkenden elektrischen und magnetischen Felder diese Referenzwerte ein, so ist gewährleistet, dass auch die Basiswerte im Körper eingehalten werden. Zur

Abbildung 2: Wirkung magnetischer Wechselfelder auf den Menschen. Quelle: BfS.

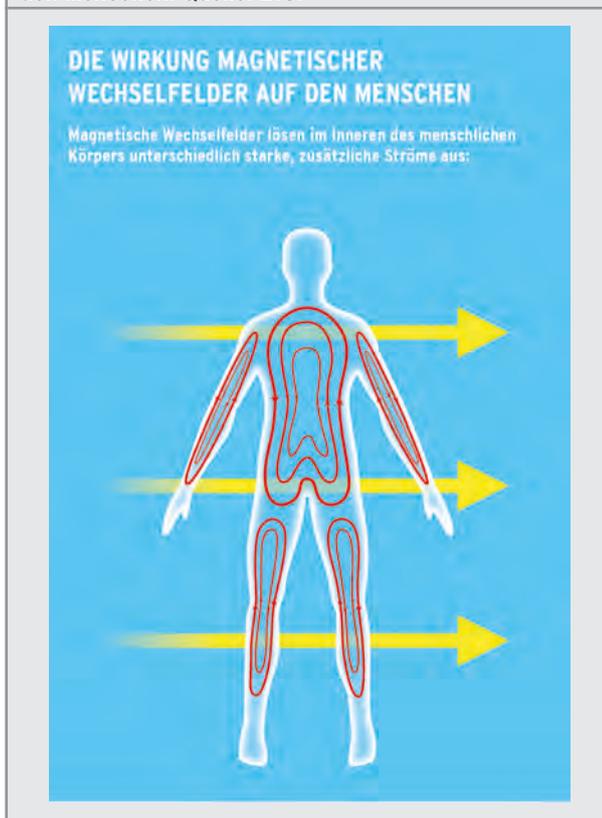


Tabelle 1: Von der ICNIRP 2010 beziehungsweise 1998 empfohlene Begrenzung der Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder mit einer Frequenz von 16,6 Hz oder 50 Hz auf die allgemeine Bevölkerung.		
	ICNIRP 2010	ICNIRP 1998; 26. BImSchV
Basiswerte für 16,6 Hz und 50 Hz		
Interne elektrische Feldstärke <ul style="list-style-type: none"> • In allen Bereichen des Körpers • Im Gehirn Körperstromdichte <ul style="list-style-type: none"> • Im zentralen Nervensystem 	0,4 V/m 0,02 V/m	2 mA/m ²
Referenzwerte für 16,6 Hz		
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Feldstärke • Magnetische Flussdichte 	5 kV/m 300 µT	10 kV/m 300 µT
Referenzwerte für 50 Hz		
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Feldstärke • Magnetische Flussdichte 	5 kV/m 200 µT	5 kV/m 100 µT

Ableitung dieser Referenzwerte wurden anatomisch korrekte Modelle des menschlichen Körpers von Erwachsenen und Kindern herangezogen, die eine unterschiedliche Statur und ein unterschiedliches Alter hatten. Der Referenzwert für die magnetische Flussdichte für 50-Hz-Felder erhöhte sich durch diese bessere Modellierung von bisher 100 µT auf 200 µT.

In der derzeit gültigen 26. BImSchV (Bundesregierung 1996) sind für 16,6-Hz- und 50-Hz-Felder die bisher empfohlenen Referenzwerte als Grenzwerte festgelegt (siehe Geschwentner, Pölzl 2011).

Tabelle 1 enthält einen Vergleich der bisher gültigen Basis- und Referenzwerte mit den von der ICNIRP im Jahr 2010 neu festgelegten Werten.

4. Wissenschaftlich diskutierte Wirkungen niederfrequenter Felder

Während die oben genannten Akutwirkungen niederfrequenter Felder wissenschaftlich abgesichert sind, gibt es vor allem bezüglich möglicher gesundheitlicher Langzeitwirkungen offene Fragen. Diese Wirkungen sind seit geraumer Zeit Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung.

Die folgenden möglichen Wirkungen niederfrequenter Felder werden diskutiert:

- Leukämie im Kindesalter,
- neurodegenerative Erkrankungen,
- Nervensystem und Verhalten,
- neuroendokrines System,

- kardiovaskuläres System,
- Immunsystem und Blutbild,
- Fortpflanzung und Entwicklung,
- Krebs,
- Elektrosensibilität.

Aufgrund der Ergebnisse epidemiologischer Studien liegt die Priorität der wissenschaftlichen Forschung derzeit auf der Leukämie im Kindesalter und den neurodegenerativen Erkrankungen.

4.1 Leukämie im Kindesalter

Im Jahre 1979 erschien eine Arbeit von Wertheimer und Leeper, in der ein Zusammenhang zwischen dem Risiko eines Kindes, an einem Tumor zu erkranken, und der Nähe des Wohnortes des Kindes zu einer Freileitung sowie deren Spannung beschrieben wurde (Wertheimer, Leeper 1979). Der Befund war hinsichtlich der Diagnose nicht spezifisch, sondern betraf alle Krebserkrankungen. Eine Erklärung für diesen Befund konnten die Autoren nicht liefern. Allerdings führten die Ergebnisse zu einer ganzen Reihe von Studien, die im Laufe der Zeit ein immer besseres Studiendesign aufwiesen. Dabei zeigte sich, dass die Diagnose, die hierbei im Vordergrund steht, die Leukämie im Kindesalter ist.

Während ein Teil der Studien sich auf die Nähe zu Freileitungen, und dabei auf Hoch- und Höchstspannungsleitungen konzentrierte (z. B. Draper et al. 2005), gab es eine andere Gruppe von Studien, die versuchten, die häusliche Belastung der Kinder mit niederfrequenten Magnetfeldern mit Hilfe von Messungen abzuschätzen. Hierzu gehörte auch eine

in Deutschland durchgeführte Fall-Kontroll-Studie (Michaelis et al. 1997), deren Ergebnisse durch eine spätere Studie bestätigt wurden, wobei sich der Zusammenhang am stärksten mit der nächtlichen Exposition zeigte (Schüz et al. 2000 und 2001).

Im Jahr 2000 veröffentlichten Ahlbom et al. eine gemeinsame Analyse der bis dahin vorliegenden Fall-Kontroll-Studien. Hierin wurden Studien berücksichtigt, für die 24- oder 48-Stunden-Messungen der Magnetfelder vorlagen oder entsprechende Berechnungen. Insgesamt konnte in dieser gepoolten Analyse mit den Daten aus neun bis dahin vorliegenden Studien bei 3.203 Kindern, die an einer Leukämie erkrankten, und 10.338 Kontrollen mit einer Magnetfeldexposition unterhalb von $0,4 \mu\text{T}$ kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Exposition und Erkrankung gesehen werden. Allerdings wurde bei den 44 Kindern mit Leukämien, bei denen die Exposition mindestens $0,4 \mu\text{T}$ betrug, eine Verdoppelung des Risikos beobachtet ($\text{OR}=2,00$; 95%-Konfidenzintervall = 1,27–3,13). Die Zahl der Kontrollen für diese Kinder betrug 62. Eine Berücksichtigung möglicher Störvariablen (Confounder) veränderte das Ergebnis nur unwesentlich. Insgesamt hatten 99,2% aller Kinder eine Belastung, die unter $0,4 \mu\text{T}$ lag, während für 0,8% der Kinder die Belastung $0,4 \mu\text{T}$ oder mehr betrug. Eine Erklärung für den Befund gab es nicht. Allerdings könnte ein Teil des beobachteten erhöhten Risikos auf eine Verzerrung bei der Auswahl der Studienteilnehmer (Selection Bias) zurückzuführen sein. Eine erweiterte gepoolte Auswertung mehrerer Studien verändert diese Aussage nicht (Kheifets et al. 2010).

Insgesamt ergibt sich in den verschiedenen Studien jeweils ein relativ konstanter Wert, ab dem ein erhöhtes Risiko zu beobachten ist. Dieser Wert liegt bei etwa $0,3\text{--}0,4 \mu\text{T}$ (zeitlich gemittelt). Eine jüngere Analyse aller vorliegenden Daten zeigt allerdings, dass die beste Beschreibung der Daten eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwelle sein könnte, das heißt, dass es auch im Expositionsbereich unterhalb von $0,3 \mu\text{T}$ ein wenn auch sehr kleines Risiko geben könnte (Kheifets et al. 2011). Allerdings lassen die Daten keine abschließende Aussage zu. Insbesondere ist bisher nicht geklärt, welcher biophysikalische Mechanismus für die Auslösung von Leukämie bei Kindern durch niederfrequente Magnetfelder verantwortlich sein könnte.

4.1.1 *Attributives Risiko*

Schätzungen darüber, wie hoch der Anteil der Leukämien im Kindesalter sein kann, der durch die Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern verursacht werden könnte (attributives Risiko), liegen bei 2 bis 4% in Nordamerika und bei knapp einem Prozent in Westeuropa (Schüz, Ahlbom 2008), also auch in Deutschland. Die bereits erwähnte Studie aus England und Wales schätzt diesen Anteil auf 0,2%, das entspräche dort etwa einem Fall pro Jahr (Kroll et al. 2010). Von verschiedenen Autorengruppen wird vorgeschlagen, dass sich die zukünftige Forschung zum Zusammenhang zwischen kindlicher Leukämie und niederfrequenten Magnetfeldern auf hoch exponierte Gruppen fokussiert und den möglicherweise vorhandenen Selektionsbias minimiert (Comba, Fazzo 2009; Schüz et al. 2009).

4.1.2 *Fehlende biologische Erklärung*

Bisher gibt es keine biologische Erklärung für die Befunde. Das klassische Modell der Tumorinduktion durch DNA-Schäden passt hier nicht, da elektrische und magnetische Felder solche Schäden nicht direkt verursachen können (Crumpton, Collins 2004).

In Laborversuchen an Zellen konnten bisher keine Tumor auslösenden Wirkungen niederfrequenter Felder nachgewiesen werden. Versuche an Tiermodellen, hauptsächlich an Mäusen, ergaben keine Befunde, die denen zur Leukämie im Kindesalter gleichen. Es ist aber einschränkend festzustellen, dass die bisher verwendeten Mausmodelle die menschliche Erkrankung Leukämie nur unzureichend abbilden. Daher wird nach besseren Tiermodellen gesucht.

4.1.3 *Einstufung durch die International Agency for Research on Cancer (IARC)*

Seit 2002 sind niederfrequente magnetische Felder von der IARC in Klasse 2B „möglicherweise kanzerogen“ eingestuft (IARC 2002). Die IARC ist Teil der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Ausschlaggebend für die Einstufung niederfrequenter magnetischer Felder als „möglicherweise kanzerogen“ sind die konsistenten Ergebnisse der epidemiologischen Studien zum statistischen Zusammenhang zwischen einer Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern oberhalb einer Schwelle von etwa $0,3\text{--}0,4 \mu\text{T}$ (zeitlich gemittelt) und Leukämie im Kindesalter.

4.1.4 Forschungsagenda des BfS zur Leukämie bei Kindern

Aufgrund der Stabilität der Ergebnisse aus epidemiologischen Studien hat das BfS eine mittel- bis langfristige Forschungsagenda zur Ätiologie von Leukämieerkrankungen bei Kindern entwickelt. Das BfS erachtet es als vordringlich, aufgrund des Fehlens einer Vorstellung darüber, welche biologischen Mechanismen bei der Entstehung von Leukämie bei Kindern beziehungsweise bei den Wirkungen verschiedener Umweltfaktoren eine Rolle spielen könnten, zunächst diese Mechanismen aufzuklären. Die Forschungsagenda umfasst folgende Punkte (Ziegelberger et al. 2011):

- 1) Biologische und genetisch-epidemiologische Untersuchungen an menschlichen Populationen mit dem Fokus auf der akuten lymphatischen Leukämie (ALL), da dies die häufigste Untergruppe bei an Leukämie erkrankten Kindern ist
 - a. Vorkommen sogenannter „First-hit“-Ereignisse
 - Häufigkeit der Vorläuferzellen für Leukämie bei neugeborenen Kindern
 - mögliche genetische Unterschiede in Bevölkerungen mit unterschiedlicher Erkrankungshäufigkeit (z. B. weiße [kaukasische] Bevölkerung gegenüber einer Bevölkerungsgruppe in Zentralafrika)
 - b. genetische Sequenzierung an Zellen erkrankter Kinder
 - Charakterisierung genetischer Veränderungen im Genom unveränderter Zellen und der Leukämiezellen bei Fällen mit ALL
 - c. Suche nach leukämie-spezifischen genetischen Veränderungen auch in anderen Zellen der Patienten
- 2) Tierversuche
 - a. Entwicklung von Mausmodellen, die die Leukämie beim Menschen abbilden
 - b. Untersuchungen an den Mausmodellen im Hinblick auf interne und externe Faktoren, die an der Entstehung der Leukämie-Erkrankung beteiligt sind.

4.2 Neurodegenerative Erkrankungen

Da Nervenzellen elektrisch arbeiten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die durch niederfrequen-

te elektrische und magnetische Felder induzierten Ströme einen dauerhaften negativen Einfluss auf Nervenzellen haben könnten. Dies betrifft vor allem beruflich exponierte Personen, die häufig und längerfristig stärkeren Magnetfeldern als die allgemeine Bevölkerung ausgesetzt sind. Diese Felder treten bei bestimmten Tätigkeiten auf, zum Beispiel in der Nähe von Transformatoren, Starkstromleitungen, in Elektrizitätswerken oder in elektrisch betriebenen Transportmitteln. Für beruflich Exponierte hat ICNIRP für die im Gehirn erzeugte elektrische Feldstärke einen Basiswert von 0,1 V/m und für die übrigen Bereiche des Körpers von 0,4 V/m festgelegt (ICNIRP 2010). Daraus wurde ein konservativer Grenzwert von 1 mT abgeleitet, der die Einhaltung des Basiswertes gewährleistet. In der Realität wird dieser Basiswert meistens deutlich unterschritten.

4.2.1 Epidemiologische Studien zu neurodegenerativen Erkrankungen bei beruflicher Magnetfeld-Exposition

Bereits ab den 1990er Jahren wurde in mehreren epidemiologischen Studien der gesundheitliche Zustand von Personen, die beruflich niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt waren – überwiegend Arbeiter in großen Elektrizitätswerken – untersucht. Dabei war es oft schwierig, den Einfluss von Magnetfeldern von anderen möglichen Einflüssen, zum Beispiel Chemikalien, zu trennen. Ebenfalls war die retrospektive Bestimmung der tatsächlichen Exposition oft schwierig und ungenau. Die Qualität der jeweiligen Studien war dementsprechend unterschiedlich.

Zusammengefasst und bewertet wurden diese Arbeiten von Kheifets et al. (2009). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass es keinen konsistenten Zusammenhang zwischen einer Magnetfeldexposition und verschiedenen Erkrankungen (Hirntumoren, Leukämie, Brustkrebs, kardiovaskuläre Erkrankungen) gibt. Demgegenüber hat die Analyse aber ein erhöhtes Auftreten von einigen neurodegenerativen Erkrankungen bei beruflich Exponierten ergeben. Dies sind meist langsam fortschreitende Erkrankungen des Nervensystems mit zunehmendem Verlust von Nervenzellen, die häufig zu Demenz und/oder Bewegungsstörungen führen. Es wurde vor allem für die Alzheimer-Demenz und die amyotrophe Lateralsklerose (ALS), nicht aber für die Parkinson-Krankheit und die multiple Sklerose ein erhöhtes Risiko festgestellt. Bei ALS blieb dabei unklar, ob es sich um einen direkten Zusam-

menhang mit Magnetfeldern handelt, oder um einen Einfluss elektrischer Schläge, die an entsprechenden Arbeitsplätzen häufiger vorkommen können. Die Expositionswerte der am stärksten exponierten Arbeiter in Elektrizitätswerken lagen durchschnittlich bei 0,3–0,5 μT .

Eine weitere Meta-Analyse (Garcia et al. 2008) konzentrierte sich ausschließlich auf die Alzheimer-Demenz und berichtete aufgrund von 14 ausgewerteten Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien ebenfalls über ein erhöhtes Erkrankungsrisiko beruflich exponierter Personen. Die maximalen Expositionswerte lagen hier bei 0,2–2 μT .

Eine Einzelstudie (Röösli et al. 2007) wurde in der Schweiz an einem Kollektiv besonders hoch exponierter Lokführer durchgeführt. Die durchschnittliche Exposition betrug 20 μT . Es zeigte sich ein erhöhtes Risiko für Demenzerkrankungen im Allgemeinen sowie speziell für die Alzheimer-Demenz. Das Risiko für ALS war leicht erhöht, die Zahl der Fälle war aber sehr gering und das Ergebnis statistisch nicht signifikant. Es wurde kein erhöhtes Risiko für die Parkinson-Krankheit und multiple Sklerose gefunden.

4.2.2 Epidemiologische Studie an der allgemeinen Bevölkerung

Bisher wurde zum Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition und der Alzheimer-Demenz nur eine epidemiologische Studie an der allgemeinen Bevölkerung durchgeführt (Huss et al. 2008). Als Grundlage diente die gesamte Bevölkerung der Schweiz in den Jahren 2000 bis 2005. Die Ergebnisse zeigten ein erhöhtes Risiko für Alzheimer-Demenz bei Personen, die in einer Entfernung von weniger als 50 Metern zu einer Hochspannungsleitung (220–380 kV) wohnten. Das Risiko stieg zusätzlich mit der Wohndauer.

4.2.3 Alzheimer-Demenz

Die Alzheimer-Demenz ist eine Erkrankung des Gehirns, die überwiegend bei Personen im Alter über 65 Jahren auftritt. Infolge der steigenden Lebenserwartung der deutschen Bevölkerung steigt auch die Anzahl an Alzheimer-Demenz erkrankter Patienten und die gesellschaftliche Bedeutung der Krankheit. In der Zukunft ist mit einer weiteren Steigerung zu rechnen, daher wird intensiv nach Ursachen sowie Therapiemöglichkeiten gesucht. Nur etwa 5 bis 10 % der Erkrankungen sind erblich

bedingt, alle anderen entstehen spontan im Verlauf des Alterungsprozesses.

An der Entstehung der Alzheimer-Demenz sind unter anderem Mutationen in den Genen für einige Proteine (Amyloid-Vorläufer-Protein, Presenilin und Tau-Protein) beteiligt. Diese führen zu Ablagerungen des β -Amyloid-Peptids im Gehirn, das Plaques bildet und zum Absterben von Nervenzellen führt. Trisomien der Chromosomen 21 (Down-Syndrom) und 17, auf denen sich zwei der genannten Gene befinden, stellen ebenfalls ein erhöhtes Risiko dar, an der Alzheimer-Demenz zu erkranken. Weitere Ursachen werden in entzündlichen und oxidativen Prozessen im Gehirn vermutet. Ob und welche Rolle Umweltfaktoren spielen, ist unbekannt, eine gesunde Lebensweise soll sich aber protektiv auswirken.

Nach welchem biologischen Mechanismus niederfrequente Magnetfelder in die geschilderten Prozesse eingreifen könnten, ist unbekannt und wurde bisher kaum untersucht (Übersichtsarbeit siehe Maes, Verschaeve 2011). Es ist aus der Fachliteratur bekannt, dass starke Magnetfelder im Millitesla (mT)-Bereich in oxidative Prozesse eingreifen und die Bildung freier Radikale begünstigen können. Ebenfalls besteht die Möglichkeit, dass sie die Zellteilung beeinflussen. Eine epidemiologische (Sobel, Davanipour 1996) und eine experimentelle (del Giudice et al. 2007) Studie deuten darauf hin, dass niederfrequente Magnetfelder die Sekretion des β -Amyloid-Peptids begünstigen könnten.

4.2.4 Amyotrophe Lateralsklerose

Amyotrophe Lateralsklerose (Übersichtsarbeit siehe Wijesekera, Leigh 2009) ist eine degenerative Erkrankung der Nervenzellen, die aus dem Gehirn und dem Rückenmark die Muskelbewegungen steuern. Dadurch kommt es zu Muskelschwäche und Muskelschwund, was wiederum zu Geh-, Sprech- und Schluckstörungen führt. ALS ist sehr selten und tritt nur bei etwa 5 von 100.000 Personen auf. Diese erkranken meistens in einem Alter von über 50 Jahren. Die Krankheit ist nicht heilbar und führt im Durchschnitt innerhalb von 3 bis 5 Jahren zum Tod. Durch Therapien können nur die Symptome gelindert werden. Etwa 5 bis 10 % der Erkrankungen sind erblich bedingt, bei den restlichen Erkrankten sind die Ursachen weitestgehend unbekannt.

Etwa 20 % der erblichen Form von ALS sind durch eine Mutation des Gens für das Enzym Superoxid-

Dismutase verursacht, das an oxidativen Prozessen beteiligt ist. Weiterhin kommt es zu einem Anstieg des neuronalen Botenstoffes Glutamat, zu Proteinansammlungen, Funktionsstörungen von Mitochondrien, die am Energiehaushalt der Zellen beteiligt sind, und zum Zelltod. Ähnlich wie bei der Alzheimer-Demenz spielen freie Radikale und neuronale Entzündungen ebenfalls eine Rolle. Ob und welche Rolle Umweltfaktoren spielen, ist weitestgehend unbekannt, die Beteiligung einiger Metalle, wie Zink und Kupfer, die auch Bestandteile bestimmter Enzyme sind, wird diskutiert. Wie niederfrequente Magnetfelder in die genannten Prozesse eingreifen könnten, ist ebenfalls unbekannt und wurde bisher nicht untersucht. Eine Beteiligung an oxidativen oder entzündlichen Prozessen wäre ähnlich wie bei der Alzheimer-Demenz eine mögliche Hypothese.

4.2.5 Forschung zu neurodegenerativen Erkrankungen

Um die aufgezeigten Wissenslücken zu schließen und mögliche Wirkmechanismen aufzudecken, die helfen könnten, den in den epidemiologischen Studien gefundenen Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und Alzheimer-Demenz und ALS zu erklären, ist weitere vor allem experimentelle biologische Forschung nötig. Deshalb wird vom BfS das Forschungsvorhaben „Auswirkungen niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Entstehung und den Verlauf von neurodegenerativen Erkrankungen im experimentellen Modell“ an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz gefördert. Die Studie soll prüfen, ob und wie niederfrequente Magnetfelder im Tiermodell (transgene Mäuse mit Defekten in den an der Alzheimer-Demenz und an ALS beteiligten Genen) den Verlauf beider Krankheiten beeinflussen. Die Ergebnisse werden Ende 2013 erwartet. Nähere Informationen und ein erster Zwischenbericht sind im Internetangebot des BfS unter http://www.bfs.de/de/elektro/nff/weitere_informationen/Neurodegenerative_Erkrankungen (Abrufdatum: 16.01.2013) zu finden.

4.3 Weitere wissenschaftlich diskutierte Wirkungen

In ihren Environmental Health Criteria 238 zu den niederfrequenten Feldern (WHO 2007a) hat die WHO die wissenschaftlichen Publikationen zu diesem Themenbereich zusammengefasst und bewertet. Daraus hat sie eine Forschungsagenda (WHO 2007b) entwickelt. Die Bewertung der WHO wird hier kurz zusammengefasst. Ergänzend zu den an

relevanten gesundheitlichen Wirkungen orientierten Studien empfiehlt die WHO invitro-Experimente zur Klärung der möglichen biophysikalischen Mechanismen für die Wirkung niederfrequenter Felder auf biologisches Gewebe.

4.3.1 Nervensystem und Verhalten

Bekannte Effekte niederfrequenter Felder auf das Nervensystem sind die Stimulation von Nervenzellen und die Auslösung von Magnetophosphenen (siehe oben). Die Frage, ob niederfrequente Magnetfelder das Elektroenzephalogramm, den Schlaf oder die kognitive Leistungsfähigkeit beim Menschen, insbesondere auch bei Kindern, beeinflussen, ist bisher nicht geklärt. Entsprechende Untersuchungen hält die WHO für erforderlich.

4.3.2 Neuroendokrines System

Im Vordergrund bei der Untersuchung der möglichen Effekte niederfrequenter Felder auf die Hormonproduktion stand lange Zeit das Hormon Melatonin. Die Ergebnisse aus Studien am Menschen und aus Untersuchungen an Tieren oder isolierten Pinealdrüsen waren aber widersprüchlich. Eindeutige Effekte niederfrequenter Magnetfelder auf die Wirkung von Melatonin auf Zellen ergaben sich ebenfalls nicht. Auch hinsichtlich Effekten auf Stress-Hormone, Wachstumshormone oder Hormone, die den Stoffwechsel beeinflussen, gibt es keine konsistenten Ergebnisse. Die Experten erwarten keine damit verbundenen gesundheitlich nachteiligen Wirkungen niederfrequenter Felder (WHO 2007a).

4.3.3 Kardiovaskuläres System

Gesundheitlich relevante Wirkungen niederfrequenter Felder auf das kardiovaskuläre System konnten bisher nicht konsistent nachgewiesen werden, auch nicht bei höheren beruflich bedingten Expositionen (Kheifets et al. 2007).

4.3.4 Immunsystem und Blutbild

Untersuchungen an Erwachsenen oder an Tieren ergaben bisher keine eindeutigen Ergebnisse hinsichtlich der möglichen Wirkung niederfrequenter Felder auf das Immunsystem oder das Blutbild. In Bezug auf den kindlichen Organismus und das sich entwickelnde hämatopoetische System gibt es allerdings kaum veröffentlichte Ergebnisse. Da das möglicherweise erhöhte Risiko für Leukämie bei Kindern vor allem Kinder unter 5 Jahren betrifft, wird die Erforschung der Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf die Entwicklung des hämatopoetischen Systems

als vordringlich betrachtet. Eine wichtige Voraussetzung dafür sind geeignete Tiermodelle.

4.3.5 Fortpflanzung und Entwicklung

In epidemiologischen Studien zeigten sich bisher keine eindeutigen negativen Effekte einer mütterlichen oder väterlichen Exposition mit niederfrequenten Feldern auf die Fortpflanzung. Es gibt aber vereinzelte Hinweise auf ein erhöhtes Fehlgeburtsrisiko bei Exposition der Mutter (siehe Juutilainen 2003). Diesen Hinweisen sollte nachgegangen werden. In großen Säugetierstudien über mehrere Generationen wurden keine negativen Effekte niederfrequenter elektrischer Felder selbst mit hohen Feldstärken auf die vorgeburtliche Entwicklung gefunden. Untersuchungen an Nicht-Säugetieren, bei denen Störungen der frühen Entwicklung auftraten, werden als für den Menschen wenig relevant betrachtet. Für niederfrequente Magnetfelder zeigten sich in einigen Studien geringfügige Skelettanomalien, die aber als unbedeutend angesehen werden (siehe Juutilainen 2005).

4.3.6 Krebs

Seit den 1970er Jahren werden mögliche Zusammenhänge zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und Krebserkrankungen untersucht. Einige epidemiologische Studien fanden einen Zusammenhang zwischen einer Exposition mit niederfrequenten Feldern und dem Risiko an Brustkrebs, Hirntumoren und Leukämie zu erkranken (Kheifets et al. 1999). Andere Studien konnten diese Befunde aber nicht bestätigen. Neuere große epidemiologische Studien mit verbessertem Design ergaben zum Beispiel keinen Zusammenhang mehr zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und Brustkrebs. Eine zusammenfassende Bewertung der vorliegenden Studien ergibt bei Erwachsenen keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen niederfrequenten Feldern und dem Risiko, an Krebs zu erkranken, auch nicht bei lang andauernder Einwirkung (siehe Kheifets et al. 2009). Den Hinweisen aus epidemiologischen Studien auf ein möglicherweise erhöhtes Risiko für Hirntumoren bei Kindern sollte aber nachgegangen werden.

Eine direkte Schädigung der DNA und eine daraus resultierende Karzinogenität niederfrequenter Felder ist unwahrscheinlich, eine Wirkung der Felder auf eine durch andere Noxen ausgelöste maligne Entartung von Zellen kann aber nach bisherigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden. Der Untersuchung dieser möglichen Effekte wird in der WHO-Forschungsagenda (WHO 2007b) hohe

Priorität zuerkannt. Auch andere möglicherweise krebsfördernde Wirkungen niederfrequenter Felder sollten weiter untersucht werden.

4.3.7 Elektrosensibilität

Die Wissenschaft versucht seit langem, dem Phänomen „Elektrosensibilität“ auf die Spur zu kommen. Die davon betroffenen Personen führen verschiedene unspezifische Beschwerden, wie zum Beispiel Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen, auf das Vorhandensein niederfrequenter elektrischer und magnetischer aber auch hochfrequenter elektromagnetischer Felder in ihrer Umwelt zurück. Eine Studie des BfS hat gezeigt, dass sich knapp zwei Prozent der deutschen Bevölkerung selbst als elektrosensibel bezeichnen (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation_abges/risiko_025.html [Abrufdatum: 16.01.2013]).

Fazit der zahlreichen bisher durchgeführten Studien ist, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Feldern und den Beschwerden elektrosensibler Personen mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen ist. Diese Einschätzung wird auch von der WHO geteilt (WHO 2005).

5. Vorsorgeempfehlungen des BfS

Aufgrund der beschriebenen wissenschaftlichen Unsicherheiten hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkungen niederfrequenter Felder empfiehlt das BfS, bei dem anstehenden Ausbau der Stromtrassen ein zweistufiges Schutzkonzept zu verfolgen.

In Stufe eins sind Grenzwerte entsprechend dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik auf der Basis nachgewiesener Wirkungen festzulegen und gesetzlich zu verankern. In Planung und Vollzug ist die Einhaltung der Grenzwerte sicherzustellen.

Stufe zwei beinhaltet Vorsorgeregulungen. Unterhalb der Grenzwerte sind Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen, um den wissenschaftlichen Unsicherheiten Rechnung zu tragen und mögliche Gesundheitsrisiken zu minimieren. Auch die Vorsorge sollte gesetzlich verankert werden.

Der zusätzliche Immissionsbeitrag einer neuen oder wesentlich veränderten Hochspannungsleitung sollte die bestehende zivilisatorisch bedingte

Hintergrundbelastung an Orten, wo sich Personen gewöhnlich einen großen Teil des Tages aufhalten, nicht wesentlich erhöhen. Bei Gleichstromanlagen soll der zusätzliche Immissionsbeitrag nicht höher als die natürliche Hintergrundbelastung (Erdmagnetfeld) sein. Dies kann erreicht werden durch die technische Auslegung der Anlage (Phasenbelegung, Erdverkabelung etc.) und durch Beachtung bestimmter Abstände zwischen Anlage und Wohnungen (siehe Geschwentner, Pölzl 2011). Es ist aber auch festzuhalten, dass ein großer Teil der Feldexpositionen nicht durch Freileitungen verursacht wird, sondern durch häusliche Installationen und durch im Haus betriebene Elektrogeräte. Hier kann die Bevölkerung selbst in Eigenverantwortlichkeit wesentlich zur Reduzierung der Exposition beitragen. Empfehlungen dazu gibt das BfS unter http://www.bfs.de/de/elektro/faq/emf_faq_vorsorge.html (Abrufdatum: 16.01.2013).

Literatur

- Bundesregierung (1996): Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV). BGBl. I S. 1966.
- Comba P, Fazzo L (2009): Health effects of magnetic fields generated from power lines: new clues for an old puzzle. In: *Ann Ist Super Sanita* 45: 233–237.
- Crumpton MJ, Collins AR (2004): Are environmental electromagnetic fields genotoxic? In: *DNA Repair (Amst)* 3: 1385–1387.
- Del Giudice E, Facchinetti F, Nofrate V et al. (2007): Fifty Hertz electromagnetic field exposure stimulates secretion of betaamyloid peptide in cultured human neuroglioma. In: *Neurosci Lett.* 418(1): 9–12.
- Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J (2005): Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. In: *BMJ* 330: 1290.
- Garcia AM, Sisternas A, Hoyos SP (2008): Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a metaanalysis. In: *Int. J. Epidemiol.* 37(2): 329–340.
- Geschwentner D, Pölzl C (2011): Ausbau der Stromtransportnetze aus Sicht des Strahlenschutzes. In: *UMID* 3: 5–12.
- Huss A, Spoerri A, Egger M (2008): Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. In: *Am J Epidemiol* 169(2):167–175.
- IARC (2002): IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Nonionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).
- ICNIRP (1998): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields. In: *Health Physics* 74(4): 494–522.
- ICNIRP (2010): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz–100 kHz). In: *Health Physics* 99(6): 818–836.
- Juutilainen J (2003): Developmental effects of extremely low frequency electric and magnetic fields. In: *Radiat Protect Dosim* 106(4): 385–390.
- Juutilainen J (2005): Developmental effects of electromagnetic fields. In: *Bioelectromagnetics* 26 (S7): 107–115.
- Kheifets LI, Gilbert ES, Sussman SS et al. (1999): Comparative analyses of the studies of magnetic fields and cancer in electric utility workers: studies from France, Canada, and the United States. In: *Occup Environ Med* 56: 567–74.
- Kheifets L, Ahlbom A, Johansen C, Feychting M, Sahl J, Savitz D (2007): Extremely low-frequency magnetic fields and heart disease. In: *Scand J Work Environ Health* 33: 5–12.
- Kheifets L, Bowman JD, Checkoway H et al. (2009): Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. In: *Occup. Environ Med.* 66(2): 72–80.
- Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, Mezei G, Oksuzyan S, Schuz J, Swanson J, Tittarelli A, Vinceti M, Wunsch Filho V (2010): Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. In: *Br J Cancer* 103: 1128–35.
- Kheifets L, Afifi A, Monroe J, Swanson J (2011): Exploring exposure-response for magnetic fields and childhood leukemia. In: *J Expo Sci Environ Epidemiol* 21: 625–633.
- Kroll ME, Swanson J, Vincent TJ, Draper GJ (2010): Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case-control study. In: *Br J Cancer* 103: 1122–7.
- Maes A, Verschaeve L (2011): Can cytogenetics explain the possible association between exposure to extreme low-frequency magnetic fields and Alzheimer's disease? In: *J Appl. Toxicol.* 32(2): 81–87.
- Michaelis J, Schuz J, Meinert R, Menger M, Grigat JP, Kaatsch P, Kaletsch U, Miesner A, Stamm A, Brinkmann K, Karner H (1997): Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany. In: *Cancer Causes Control* 8: 167–174.
- Rööslä M, Lortscher M, Egger M et al. (2007): Mortality from Neurodegenerative Disease and Exposure to Extremely Low-Frequency Magnetic Fields: 31 Years of Observations on Swiss Railway Employees. In: *Neuroepidemiology* 28(4): 19–206.

Schüz J, Ahlbom A (2008): Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. In: *Radiat Prot Dosimetry* 132: 202–11.

Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J (2001): Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: results from a German populationbased case-control study. In: *Int J Cancer* 91: 728–35.

Schüz J, Grigat JP, Stormer B et al. (2000): Extremely low frequency magnetic fields in residences in Germany. Distribution of measurements, comparison of two methods for assessing exposure, and predictors for the occurrence of magnetic fields above background level. *Radiat. In: Environ Biophys* 3984: 233–240.

Schüz J, Lagorio S, Bersani F (2009): Electromagnetic fields and epidemiology: an overview inspired by the fourth course at the International School of Bioelectromagnetics. In: *Bioelectromagnetics* 30: 511–524.

Sobel E, Davanipour Z (1996): Electromagnetic field exposure may cause increased production of amyloid beta and eventually lead to Alzheimer's disease. In: *Neurology* 47(6): 1594–600.

Wertheimer N, Leeper E (1979): Electrical wiring configurations and childhood cancer. In: *Am J Epidemiol* 109: 273–84.

WHO (2005): Electromagnetic hypersensitivity. Fact sheet N°296.

WHO (2007a): Extremely Low Frequency Fields. *Environmental Health Criteria* 238.

WHO (2007b): WHO Research Agenda for Extremely Low Frequency Fields Genf, World Health Organization. www.who.int/pehemf/en (Abrufdatum: 16.01.2013).

Wijesekera LC, Leigh PN (2009): Amyotrophic lateral sclerosis. In: *Orphanet J Rare Dis* 4(3): 1–22.

Ziegelberger G, Baum C, Borkhardt A, Cobaleda C, Dassenbrock C, Dehos A, Grosche B, Hauer J, Hornhardt S, Jung T, Kammertöns T, Lagroye I, Lehrach H, Lightfoot T, Little MP, Rossig C, Sanchez-Garcia I, Schrappe M, Schüz J, Shalapour S, Slany R, Stanulla M, Weiss W (2011): Research recommendations toward a better understanding of the causes of childhood leukemia. In: *Blood Cancer Journal* 1, e1. doi:10.1038/bcj.2010.1.

Kontakt

Anne Dehos
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
AG-SG 1.4 Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
85762 Oberschleißheim
E-Mail: [adehos\[at\]bfs.de](mailto:adehos[at]bfs.de)

[BfS]

Gesundheitsprävention an Schulen – Lehrerfortbildung im Rahmen des UV-Aktionsplanes des Bundesamtes für Strahlenschutz

Health prevention at school –
a training class about UV radiation and primary prevention for teachers

Axel Malinek, Monika Asmuß

Abstract

The risk to get skin cancer almost tripled within the last 30 years. UV radiation is the main risk factor for this particular form of cancer. Thus, the Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) has been engaged for years to a responsible attitude on UV radiation. Appropriate protective measures should be adapted as early as possible with schools as one of the prime toe-holds for that.

Within the UV action plan put up by the BfS, some training classes have been accomplished in cooperation with the teacher training institute LISA (State Institute for School Quality and Teacher Training of Saxony-Anhalt, Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt) on the topic of “UV – physical basics, effects and protection”. The theme “Health prevention at school” provided the participants in-depth knowledge, discussions were initiated and methodical suggestions were made. Thus the teachers were sensitized for a sustainable introduction of protective measures against UV radiation and their integration in everyday’s school life. The specific approaches range from bringing up the topic within the particular school subjects over to information for parents and multi-subject projects up to techniques to optimize protection measures within the curriculum and on the schools’ premises.

Zusammenfassung

Das Risiko an Hautkrebs zu erkranken, hat sich in den letzten 30 Jahren verdreifacht. UV-Strahlung ist der wichtigste Risikofaktor für diese Krebsform. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) engagiert sich daher seit Jahren für einen verantwortungsvollen Umgang mit UV-Strahlung, der möglichst früh im Leben gelernt werden sollte. Schulen bieten hierfür einen wichtigen Ansatzpunkt.

Im Rahmen des UV-Aktionsplanes wurden in Kooperation mit dem Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (LISA) mehrere Lehrerfortbildungen zum Thema „UV-Strahlung – physikalische Grundlagen, Wirkungen und Schutz“ durchgeführt. Unter der Überschrift „Gesundheitsprävention an Schulen“ wurde Wissen vermittelt, Diskussionen angestoßen und methodische Hinweise gegeben, um für eine nachhaltige Einführung von UV-Schutz-Maßnahmen im Schulalltag zu sensibilisieren und eine Umsetzung dieser Maßnahmen im gesamten Schulalltag zu fördern. Dies reicht von der Thematisierung der Verhaltensprävention im Fachunterricht über Elterninformationen und fachübergreifende Projekte bis zur Aufnahme von Maßnahmen der Verhältnisprävention in den Lehrplan und der Umsetzung auf dem Schulhof.

Einleitung

UV-Strahlung und Hautkrebsrisiko

Allein in Deutschland erkranken nach aktuellen Hochrechnungen des Krebsregisters Schleswig-Holstein pro Jahr etwa 224.000 Menschen an Hautkrebs, rund 26.000 davon an der gefährlichsten Form, dem malignen Melanom. Diese Zahlen ergeben sich aus Hochrechnungen für 2012 auf Grundlage der Daten für das Jahr 2009 des Krebsregisters Schleswig-Holstein. Pro Jahr sterben nach der

amtlichen Todesursachenstatistik etwa 3.000 Menschen in Deutschland an Hautkrebs und dies, obwohl der Hauptrisikofaktor UV-Strahlung bekannt und die Bevölkerung grundsätzlich sowohl über die negativen Folgen übermäßiger UV-Exposition als auch über geeignete Schutzmaßnahmen informiert ist. Trotz langjähriger Aufklärungsarbeit gelingt es häufig nicht, theoretisches Wissen in verantwortungsvolles Verhalten umzusetzen.

Der Arbeit mit Kindern und Jugendlichen gilt in diesem Zusammenhang besondere Aufmerksamkeit. Starke UV-Exposition in der Kindheit wird als wichtiger Faktor für das lebenslange Hautkrebsrisiko betrachtet (z. B. Whiteman et al. 2001). Konsistente Evidenz für eine positive Assoziation zwischen Sonnenbränden in der Kindheit und Melanomrisiko zeigt die Meta-Analyse von Gandini et al. über Risikofaktoren für das maligne Melanom (Gandini et al. 2005).

Das BfS ist seit vielen Jahren im Bereich der Primärprävention aktiv. Es informiert auf verschiedenen Ebenen im Rahmen seines „UV-Aktionsplans“ über die Risiken eines sorglosen Umgangs mit UV-Strahlung aus natürlichen und künstlichen Quellen und versucht auf unterschiedlichen Wegen, wirkungsvolles Sonnenschutzverhalten zu fördern. Hierzu zählt auch die Informationskampagne „Sonne – aber sicher!“ des BfS (**Abbildung 1**).

Internationale Studien sprechen dafür, dass die Chancen, nicht nur das Wissen zu verbessern, sondern auch tatsächlich das Verhalten zu beeinflussen, bei jüngeren Kindern größer sind als bei älteren Kindern oder Jugendlichen. So stellten zum Beispiel Buller et al. in einer Studie zum Sonnenschutz bei Kindern zwischen 5 und 13 Jahren zwar bei allen einen signifikanten Wissenszuwachs fest, aber nur bei den jüngeren Kindern eine signifikante Auswirkung auf das Sonnenschutzverhalten (Buller et al. 2008).

Kinder und Jugendliche, Eltern, Erzieherinnen und Erzieher, Träger von Kindergärten, Lehrkräfte und Schulleitungen sowie Vereine sind daher wichtige Ansprechpartner für primärpräventive Maßnahmen.

Interventionen, die auf Wissensverbesserung und die Förderung eines angemessenen Sonnenschutzverhaltens abzielen, sind wichtig und notwendig. In vielen Studien wird jedoch neben der Wissensverbesserung die Bedeutung zusätzlicher verhältnispräventiver und umweltstruktureller Maßnahmen angesprochen (z. B. Dobbinson et al. 2009; Hart, de Marco 2008)

Kinder und Jugendliche verbringen in der Regel die mit der stärksten täglichen UV-Intensität verbundenen Stunden des Tages in Einrichtungen wie Kindertagesstätten, Kindergärten und Schulen. Bei diesen Einrichtungen liegt also eine erhebliche Mitverantwortung für die in ihrer Obhut befindlichen

Abbildung 1: Logo der BfS-Informationskampagne „Sonne – aber sicher“. Quelle: BfS.



Kinder und Jugendlichen, nicht nur im Hinblick auf Wissensvermittlung und Förderung gesundheitsbewussten Verhaltens, sondern auch hinsichtlich konkreter verhältnispräventiver Maßnahmen, wie der Bereitstellung von Schattenplätzen oder einer bewussten Lehrplangestaltung, die vor allem im Sommer auf Veranstaltungen (z. B. Sportunterricht) in den mit der höchsten UV-Intensität verbundenen Mittagsstunden verzichtet.

Die Erfahrung aus Interventionsprogrammen, wie sie vor allem in Australien und den USA durchgeführt wurden, lehrt: Einmalige Aktionen oder Unterrichtseinheiten können das Wissen über UV-Schutz verbessern, Interventionen, die auf eine nachhaltige Beeinflussung des Verhaltens abzielen, sollten jedoch intensiv, langfristig und auf Wiederholung angelegt sein. Dies zeigen erfolgreiche Programme wie *Kidskin* (Milne et al. 1999) oder *SunSafe* (Dietrich et al. 2000) sowie die Übersichtsarbeit von Hart und de Marco (2008).

Ziel des BfS ist daher, für eine nachhaltige Einführung von UV-Schutz-Maßnahmen im Schulalltag zu sensibilisieren und praxisnahe Anregungen zu geben. Eine für das BfS in diesem Zusammenhang neue Komponente, die Lehrerfortbildung, soll in diesem Artikel vorgestellt werden.

Beteiligte Institutionen

Konzeption, Inhalte und Ausrichtung der Lehrerfortbildung wurden in Abstimmung mit der pädagogischen Arbeitsstelle BNE (Bildung für eine nachhaltige Entwicklung) des Landesinstitutes für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (LISA) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) festgelegt. Das Landesinstitut konzipiert, organisiert und begleitet die Qualitätsentwicklung der Schulen Sachsen-Anhalts und ist für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften des Bundeslandes zuständig.

Zielsetzung

Ziel des BfS ist es, die Primärprävention im Bereich UV-Strahlung auch in der Schule zu thematisieren und über verschiedene Kanäle in den Schulunterricht einfließen zu lassen. Das Thema soll fachübergreifend oder im Rahmen der einzelnen Fachlehrpläne behandelt und es sollen Präventionsmaßnahmen zur Vermeidung UV-strahlungsbedingter Hautkrebskrankungen ergriffen werden.

Durchgeführte Veranstaltungen

Eine Kooperation zwischen LISA und dem BfS und daraus folgend eine Integration von Themen aus dem Bereich UV-Schutz/Hautkrebs-Prävention in die Lehrerfortbildungsmaßnahmen erfolgte erstmals 2010.

Ötztal Juli 2010

Unter dem übergeordneten Thema „Klimawandel am Beispiel der Alpengletscher im Gebiet der Vernaghütte“ fand im Juli 2010 eine Fortbildungsveranstaltung des LISA statt (**Abbildung 2**). Hauptaugenmerk der Veranstaltung lag auf den Mess- und Forschungseinrichtungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zur Klima- und Gletscherforschung. In diesem Zusammenhang wurde auf das bundesweite UV-Messnetz hingewiesen, das vom BfS zusammen mit dem Umweltbundesamt (UBA), dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und weiteren assoziierten Institutionen betrieben wird (http://www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_messnetz [Abrufdatum: 18.01.2013]).

Neben klimatischen und glaziologischen Themen wurden auch die physikalischen Grundlagen der UV-Strahlung behandelt sowie ein Überblick über den Stand der heutigen Erkenntnisse zur Wirkung von UV-Strahlung auf Mensch und Umwelt gegeben. Die Frage zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Umweltparameter „UV-Strahlung“ diente dabei als Einstieg.

Gesundheitliche Folgen übermäßiger UV-Exposition wurden allgemeinverständlich aufbereitet und vermittelt. Vorschläge für in den Schulalltag zu integrierende primäre Präventionsmaßnahmen zur Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch übermäßige UV-Bestrahlung wurden angesprochen. Dementsprechend lag ein besonderer Schwerpunkt auf der Diskussion zu Möglichkeiten der

Abbildung 2: Klimawandel am Beispiel der Alpengletscher vor Ort. Foto: Verfasser.



praktischen Umsetzung von Verhaltens- und Verhältnisprävention. Mögliche Ansätze zur Thematisierung im Fachunterricht wurden diskutiert. Dabei wurden auch methodische Hinweise seitens der Teilnehmenden gegeben und spielerische Ansätze zur Vermittlung der Unterrichtsinhalte ausprobiert.

Daneben wurde diskutiert, das Thema UV-Strahlung über den „Umweg“ Klimawandel in den Unterricht einfließen zu lassen und fachübergreifend oder im Rahmen der einzelnen Fachlehrpläne zu behandeln.

Auf den Internetseiten des BfS http://www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher/uv_grundlagen (Abrufdatum: 18.01.2013) wird ein Überblick über Grundlagen, den Stand der heutigen Erkenntnisse zur Wirkung von UV-Strahlung und Hinweise zum Schutz gegeben. Möglichkeiten zur Umsetzung dieser Erkenntnisse im Schulalltag zeigen die Unterrichtsmaterialien für Kitas, Grundschule und Sekundarstufe I (**Abbildung 3**). Sie sind online verfügbar oder kostenlos beim BfS zu bestellen (siehe unten).

Langeneß Juli 2012

In einem nächsten Schritt wurde die Kooperation mit dem LISA in den Rahmen der Aktivitäten zum UV-Aktionsplan des BfS gestellt. Ein Referent des Bundesamtes war eingeladen, im Juli 2012 einen Beitrag zum Thema „UV-Prävention“ bei einer Lehrerfortbildung zu halten. Ziel war die Ansprache von Multiplikatoren aus dem Bildungsbereich, diesmal vor allem im Kontext „Sommer, Sonne, Ferien“. Ort der Fortbildung war die Hallig Langeneß im Nationalpark Wattenmeer.

Abbildung 3: Infobroschüre für Lehrkräfte und Eltern. http://www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher/paedagogen (Abrufdatum: 18.01.2013). Quelle: BfS.



Fortbildungsziel

Unter dem Vorzeichen der anstehenden Schulferien galt es hier, das UV-Risiko und geeignete Präventionsmaßnahmen vor allem im Sommer zu thematisieren. Die Frage zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Umweltparameter „UV-Strahlung“ diente dabei erneut als Einstieg. Gesundheitliche Folgen übermäßiger UV-Exposition sollten allgemeinverständlich aufbereitet und vermittelt werden. Außerdem galt es, die im Schulalltag zu etablierenden primären Präventionsmaßnahmen zur Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch übermäßige UV-Bestrahlung zu erläutern.

Ablauf

Ausgehend von einem Beitrag zu Zusammenhängen von Klimawandel, Ozon(-loch) und UV-Strahlung wurden die physikalischen und biologischen Grundlagen der UV-Strahlung beleuchtet. Auf UV-Messung und das BfS-Messnetz wurde ebenso eingegangen wie auf die biologischen Wirkungen von UV-Strahlung und empfohlene Schutzmaßnahmen.

Der zweite Themenkomplex war überschrieben mit „Primäre Prävention Hautkrebs in der Schule“. Ausgehend von vorgestellten nationalen und internationalen Kampagnen wurden Präventionsansätze speziell im Schulumfeld angesprochen und diskutiert. Eine wichtige Komponente waren hierbei die bereits genannten UV-Unterrichtsmaterialien des BfS, die schon im Vorfeld der Veranstaltung zur Vorbereitung an die Teilnehmenden verschickt wurden. Während der Veranstaltung wurden Inhalt, Aufbau und Didaktik diskutiert. Eine Auswertung dieser Rückmeldungen aus der praktischen Arbeit ergab sowohl eine grundsätzliche Bestätigung der Qualität der Unterrichtsmaterialien als auch Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten.

Ergänzt wurden die Fachvorträge durch didaktisch-methodische Hinweise, wie das Thema UV-Strahlung in den Unterricht integriert werden kann. Hinzu kamen spielerische Lehr- und Lernansätze und eine praktische Umsetzung des Gehörten vor Ort, wie der Einsatz des Sonnenbrillen-Messsystems des BfS oder das Erstellen von UVI-Messreihen mit einem Optometer (**Abbildung 4**). Diese Messungen und weitere Gespräche zum Thema wurden auch an den beiden anderen Tagen der Veranstaltung fortgesetzt, wobei die Teilnehmenden oft nachhaken oder weitergehende Fragen stellten.

Abschließend wurden in Kleingruppen mögliche Ansätze für Gesundheitsprävention im Schulalltag, auf Klassenfahrten und in Verbindung mit außerschulischen Aktivitäten erarbeitet. Ein Beispiel war die Übersetzung der vorgestellten englischen „sun safe school check“-Broschüre (Klein Buendel Inc. 2002) an einer Europäischen Umweltschule im

Abbildung 4: Praktische Übung – UVI-Messung im Watt. Foto: Verfasser.



Rahmen des Englisch-Unterrichtes der 10. Klasse und mittelfristig die Zertifizierung zu einer „UV safe school/Sonnenschule“. Ein anderer Vorschlag war die Erstellung einer schultauglichen Bauanleitung für ein einfaches Sonnenbrillen-Messgerät. Ebenfalls diskutiert wurde eine gewünschte Multiplikatoren Ausbildung zum Thema UV-Strahlung (Prävention) für Lehrkräfte und außerschulische Umweltbildner in Rostock.

Insgesamt waren die Tage im Watt eine überaus gelungene Veranstaltung, da nicht nur Sachinhalte vermittelt werden konnten, sondern auch praktische Umsetzungsbeispiele entworfen und diskutiert wurden und so das Thema UV-Schutz bei der Zielgruppe Lehrkräfte/Schulen nachhaltig platziert werden konnte.

Thale Oktober 2012

Hierauf aufbauend war das BfS im Oktober 2012 eingeladen, ergänzend zur im Juli 2012 erfolgten Fortbildung im Nationalpark Wattenmeer einen weiteren Beitrag zum Thema „UV-Prävention“ zu leisten. Ort der Veranstaltung war das Aus- und Fortbildungsinstitut in Thale.

Fortbildungsziel

Ein wichtiges Ziel der Fortbildung war auch hier die Vermittlung von Grundlagenwissen. Vor allem sollten Multiplikatoren für das Thema UV-Schutz an Schulen sensibilisiert und im Schulalltag zu etablierende primäre Präventionsmaßnahmen zur Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch übermäßige UV-Bestrahlung erarbeitet werden. Ein besonderes Augenmerk sollte auf der Diskussion von Möglichkeiten der praktischen Umsetzung dieser Erkenntnisse und möglichen Ansätzen zur Thematisierung im Fachunterricht liegen. Ziel war im Besonderen die Planung einer UV-Informationstour durch Sachsen-Anhalt in der ersten Jahreshälfte 2013.

Auch für die Fachleute des BfS war die Fortbildung überaus nützlich: Sie bot eine gute Gelegenheit, von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Rückmeldungen bezüglich der Praxistauglichkeit der Materialien und Informationsangebote des BfS zu bekommen und die Möglichkeiten von UV-Schutzmaßnahmen an Schulen mit erfahrenen Praktikern zu diskutieren.

Ablauf

Einleitend wurde der eigene Hauttyp bestimmt und so in das Thema eingeführt. Ausgehend von einem Beitrag zu Zusammenhängen von Klimawandel, Ozon(-loch) und UV-Strahlung wurden dann die physikalischen und biologischen Grundlagen der UV-Strahlung erklärt, ebenso wurde auf UV-Messungen und das BfS-Messnetz eingegangen. Schwerpunkt des ersten Schulungsteils „Wissenschaftliche Grundlagen UV-Strahlung“ waren die biologischen Wirkungen von UV-Strahlung (u. a. DNA-Schäden, Wirkungen auf das Immunsystem, Vitamin D-Bildung, Hautalterung, Hautkrebs) und empfohlene Schutzmaßnahmen. Ergänzt wurden die Fachvorträge durch didaktisch-methodische Hinweise, wie das Thema UV-Strahlung in den Unterricht eingebaut werden kann. Hinzu kamen spielerische Lehr- und Lernansätze (z. B. UV-Quiz, Beispiele für Video-Clips) und eine praktische Umsetzung des Gehörten vor Ort, wie das Erstellen von UVI-Messreihen mit dem mitgebrachten Optometer.

Der sich daran anschließende Themenkomplex „Primäre Hautkrebs-Prävention in der Schule“ stand im Mittelpunkt der Fortbildung. Nationale und internationale Kampagnen wurden als Diskussionsgrundlage ebenso vorgestellt und diskutiert wie Präventionsansätze an Schulen. Eine erneute Auswertung der Unterrichtsmaterialien des BfS ergab vor allem bei den Grundschulmaterialien eine Bestätigung ihrer Qualität und praktischen Anwendbarkeit. Zumeist im Bereich der Sekundarstufenmaterialien wurden einige Verbesserungsvorschläge gemacht (z. B. wurden konkrete Aufgabenstellungen für die Schülerinnen und Schüler vermisst).

Hauptpunkt des zweiten Fortbildungstages war die Planung einer konkreten Aktion zur UV-Prävention an verschiedenen Schulen in Sachsen-Anhalt im Frühjahr 2013. Damit soll das Thema UV-Strahlung und Prävention landesweit „in die Fläche“ gebracht werden. Als ideal für einen längerfristigen Erfolg wurde darüber hinaus angesehen, die behandelten Themen im Lehrplan zu verankern und (bauliche) Standards für „sonnensichere“ Schulen festzuschreiben.

Zur Verdeutlichung der bestehenden Möglichkeiten war das UV-Infomobil des BfS vor Ort (**Abbildung 5**) und seine Einsatzmöglichkeiten im Schulkontext wurden demonstriert. Das „On board“-Sonnenbrillen-Messsystem fand dabei wie gewohnt großen Anklang (**Abbildung 6**). Einsatz-

möglichkeiten unterschiedlicher Medien (z. B. Videoclips, Poster) und des UV-Messsystems stießen auf reges Interesse. Bestellmöglichkeiten für die UV-Schulmaterialien und andere Informationsmaterialien aus dem BfS wurden intensiv genutzt.

Im Anschluss wurden in Kleingruppen mögliche Szenarien für einzelne Schulen entwickelt. Die Teilnehmenden entwarfen interessante Aktionen für ihre Schulen, die von Planung und Organisation eines Eltern-Informationstages zur UV-Prävention bis zu Themen im Kunstunterricht, wie „Selbstbild und Schönheitsideal“, reichten. Eine Schule plante zum Beispiel einen „Tag der Sonne“, der annähernd 15 Fachgebiete einbindet. Die Ideen reichten hier von Experimenten im Chemieunterricht (z. B. Blätter, die sich unter UV-Strahlung verfärben) bis zur Recherche von einschlägigen Gesetzen im Rahmen des Faches Wirtschafts- und Rechtslehre. Unter dem Arbeitstitel „Projekt UV-Strahlung“ plante eine andere Schule einen mehrwöchigen Themenschwerpunkt. Lehrplanbezug wird primär zu den Fächern Biologie (Grundlagen des Verhaltens anwenden, Sinnesorgan Haut), Geographie (ausgewählte Kernprobleme des globalen Wandels erörtern) und Physik (Wirkungen von Strahlung untersuchen und bewerten) hergestellt. Andere Fächer und Projekte arbeiten ergänzend zu.

Insgesamt war die Lehrerfortbildung für das BfS eine lohnende Erfahrung, da nicht nur Sachinhalte vermittelt werden konnten, sondern auch praktische Umsetzungsbeispiele entworfen und diskutiert wurden. Das BfS hofft, dass auf diesem Weg das Thema UV-Schutz bei der Zielgruppe Lehrkräfte/Schulen nachhaltig platziert werden konnte.



Abbildung 6: Vorstellung des Sonnenbrillen-Messsystems während der Fortbildungsveranstaltung. Foto: Verfasser.



Ausblick

Der vorläufige Abschluss der Zusammenarbeit mit dem LISA beim Thema UV-Strahlung und die Umsetzung der andiskutierten Aktionen findet voraussichtlich im April 2013 an ausgewählten Schulen in Sachsen-Anhalt statt. Hier wird auch das UV-Infomobil im Einsatz sein. Entscheidend bei dieser Aktion ist, dass die beteiligten Schulen selbst aktiv den Rahmen schaffen, innerhalb dessen das BfS einen Beitrag leistet.

Die gesamte Kooperation mit dem LISA könnte bei entsprechendem Erfolg der Aktion als Modell für die Platzierung des Themas UV-Prävention an Schulen in einem Bundesland dienen. Bereits angedacht ist, eine ähnliche Lehrerfortbildung in Kooperation mit dem Pädagogischen Landesinstitut Rheinland-Pfalz durchzuführen.

Danksagung

Für das BfS waren diese Veranstaltungen nicht nur Pflicht – sie haben vielmehr gezeigt, dass Arbeit in dieser Form allen Beteiligten auch Spaß macht! Ein herzlicher Dank allen, die durch ihr nicht selbstverständliches Engagement zum Gelingen beigetragen haben.

Weitere Informationen des BfS

UV-Unterrichtsmaterialien für Kindergärten und Kindertagesstätten sowie für Grundschulen (unter

dem Titel „Sonne – Ich passe auf!“ und Sekundarstufe I (unter dem Titel „Sommer, Spaß & Sonnenschutz!“), sind abrufbar unter http://www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher/paedagogen (Abrufdatum: 18.01.2013).

Literatur

Klein Buendel Inc. (2002): Sunny days healthy ways – A sun safe school guide <http://cancernm.org/rays/pdf/Sunny-Days-Healthy-Ways-Sun-Safe-School-Guide.pdf> (Abrufdatum: 18.01.2013).

Buller MK, Kane I, Martin RC et al. 2008: Randomized trial evaluating computer-based sun safety education for children in elementary school. In: Journal of cancer education 23: 74–79.

Dietrich AJ, Olson AL, Sox CH et al. (2000): Persistent increase in children's sun protection in a randomized controlled community trial. In: Preventive medicine 31: 569–74.

Dobbinson SJ, White V, Wakefield MA et al. (2009): Adolescents' use of purpose built shade in secondary schools: cluster randomised controlled trial. BMJ, 338, b95, doi:10.1136/bmj.b95.

Gandini S, Sera F, Cattaruzza MS et al. (2005): Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. In: European Journal of Cancer 41: 45–60.

Hart KM, DeMarco RF (2008): Primary Prevention of Skin Cancer in Children and Adolescents: A Review of the Literature. In: Journal of Pediatric Oncology Nursing 25: 67–78.

Milne E, English DR, Cross D et al. (1999): Evaluation of an intervention to reduce sun exposure in children: design and baseline results. In: Am J Epidemiol 150: 164–173.

Whiteman DC, Whiteman CA, Green AC (2001): Childhood sun exposure as a risk factor for melanoma: a systematic review of epidemiologic studies. In: Cancer Causes Control 12 (1): 69–82.

Kontakt

Axel Malinek
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
AG-SG 1.4 Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
Risikokommunikation
85762 Oberschleißheim
E-Mail: [amalinek\[at\]bfs.de](mailto:amalinek[at]bfs.de)

[BfS]

Zielgruppengerechte Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel

Target group-specific risk communication on food supplements

Stephanie Kurzenhäuser-Carstens, Mark Lohmann, Gaby-Fleur Böl

Abstract

The Federal Institute for Risk Assessment (BfR) has conducted a project on target group-specific risk communication on food supplements. Food supplements can pose health risks if not taken according to indications. The aim of the project was therefore to develop strategies for the optimisation of consumer information on potential risks of food supplements. To that end, 40 users of food supplements were interviewed in focus groups, data from a representative panel with 20,000 consumers was analysed and a panel survey with 4,122 users of food supplements was conducted. Based on the criteria group size, consumption intensity and low perceived risk, two target groups were identified as particularly relevant for future risk communication on food supplements. General and target-group specific communication recommendations were derived from these results and discussed at two expert workshops on consumer risk communication on food supplements.

Zusammenfassung

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat ein Projekt zur zielgruppengerechten Kommunikation zu Nahrungsergänzungsmitteln durchgeführt mit dem Ziel, Strategien zur Optimierung der Verbraucheraufklärung in diesem Bereich zu entwickeln. Hintergrund ist die Haltung des BfR, dass ein nicht indikationsgerechter Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln gesundheitliche Risiken in sich bergen kann. Im Rahmen des mehrstufigen Projektes wurden Fokusgruppen-Interviews durchgeführt, Daten eines repräsentativen Verbraucherpanels mit 20.000 Teilnehmern ausgewertet und 4.122 Verwender von Nahrungsergänzungsmitteln ab 20 Jahren befragt. Zwei Zielgruppen wurden identifiziert, die aufgrund ihrer Gruppengröße, Verwendungsintensität und geringen Risikowahrnehmung für die künftige Risikokommunikation besonders relevant erscheinen. Die abgeleiteten allgemeinen und zielgruppenspezifischen Kommunikationsempfehlungen wurden im Rahmen von zwei Expertenworkshops diskutiert.

1. Einleitung

Absatz und Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln haben seit Ende der 1990er Jahre deutlich zugenommen. Zu dieser Entwicklung beigetragen haben unter anderem die sich wandelnden gesellschaftlichen Verhältnisse und Lebensgewohnheiten, wie etwa die Alterung der Gesellschaft, die Beschleunigung des Lebensalltags und die Veränderungen bestehender Arbeits- und Sozialstrukturen. Für Verbraucherinnen und Verbraucher ist beim Kauf von Nahrungsergänzungsmitteln primär relevant, ob das Produkt im Hinblick auf die geplante Verwendung hilfreich ist, also ob ein Produkt beispielsweise zur Steigerung der körperlichen Fitness beitragen oder präventiv als Schutz vor bestimmten Erkrankungen wirksam sein kann. Nahrungsergänzungsmittel sind allerdings für gesunde Personen, die sich normal ernähren, in der Regel überflüssig (BfR 2013a).

Bei ausgewogener Ernährung bekommt der Körper alle Nährstoffe, die er braucht. Nur in bestimmten Fällen ist eine gezielte Ergänzung der Nahrung mit einzelnen Nährstoffen sinnvoll, zum Beispiel Folsäure bei Frauen mit Kinderwunsch und im ersten Schwangerschaftsdrittel. Der nicht indikationsgerechte Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln kann auch mit gesundheitlichen Risiken verbunden sein (Domke et al. 2004a und 2004b; Großklaus, Ziegenhagen 2006). Es ist daher erforderlich, Verbraucherinnen und Verbraucher für einen kritischen Umgang mit Nahrungsergänzungsmitteln zu sensibilisieren und über mögliche Risiken aufzuklären.

Ob zur Leistungssteigerung, Prävention oder unterstützenden Behandlung von Beschwerden – Nahrungsergänzungsmittel werden von Menschen

verschiedenster Altersgruppen und Bevölkerungsschichten aus unterschiedlichen Gründen konsumiert (Beitz et al. 2004; Goltz et al. 2012; Six et al. 2008; Verbraucherzentrale NRW 2011a). Darüber hinaus zeigt die Erfahrung der Risikokommunikation, dass Empfehlungen und Stellungnahmen zu möglichen gesundheitlichen Risiken von den Menschen unterschiedlich aufgefasst und umgesetzt werden (z. B. Lohmann et al. 2012; Kurzenhäuser, Epp 2009; Renn 2006). Um effektive, zielgruppengerechte Strategien für die Aufklärung von Verbraucherinnen und Verbrauchern über Nahrungsergänzungsmittel entwickeln zu können, ist es daher wichtig, die unterschiedlichen Verwendungsmotive, Nutzen- und Risikowahrnehmung sowie weitere Aspekte des Gesundheits- und Informationsverhaltens zu berücksichtigen. Auf Grundlage dieser Informationen können maßgeschneiderte Kommunikations- und Dialogmaßnahmen abgeleitet werden, die den Zielgruppen entsprechend ihres Wissenstandes und ihrer Interessen entgegenkommen.

Ziel des im Folgenden vorgestellten Projekts war es daher, durch die Identifikation und Charakterisierung von relevanten Zielgruppen einen Beitrag zur Optimierung der bestehenden Verbraucheraufklärung zu Nahrungsergänzungsmitteln zu leisten. Im Rahmen des Projekts wurden zudem strategi-

sche Ansätze entwickelt, wie die identifizierten Zielgruppen im Rahmen der Risikokommunikation erreicht werden können.

2. Methode

Die Identifikation der Zielgruppen für die Verbraucheraufklärung zu Nahrungsergänzungsmitteln erfolgte in einem mehrstufigen Verfahren. **Abbildung 1** gibt einen Überblick über die Projektstruktur.

2.1 Sachstandsanalyse

In einem ersten Schritt wurde eine Sachstandsanalyse durchgeführt (Oktober 2008–Dezember 2008) mit dem Ziel, die bisherige Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel exemplarisch auszuwerten sowie relevante Daten aus der Nationalen Verzehrsstudie II (MRI 2008) und des Verbraucherpanels der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) zu sichten.

2.2 Fokusgruppen-Interviews

Zur Vorbereitung der geplanten Repräsentativbefragung wurden in einem zweiten Schritt vier Fokusgruppen-Interviews mit jeweils zehn Teilnehmern durchgeführt, die innerhalb eines Jahres mehr als sechs Mal Nahrungsergänzungsmittel ge-

Abbildung 1: Übersicht über die Befragungs- und Analyseschritte im Projekt „Zielgruppengerechte Risikokommunikation zu Nahrungsergänzungsmitteln“.



kauft hatten. Von den 40 Teilnehmern (24 Frauen, 16 Männer) waren 10 Personen 20–39 Jahre alt, 20 Personen 40–59 Jahre und 10 Personen 60–70 Jahre alt. Fokusgruppen-Interviews sind moderierte Gruppendiskussionen mit teilweise festgelegtem Ablauf; sie werden in der qualitativen Sozialforschung und in der Marktforschung eingesetzt, um Informationen über verschiedenste Einstellungen und Bewertungen der teilnehmenden Personen zu erhalten. Bei der vorliegenden Untersuchung standen vor allem die Motive und Gewohnheiten beim Kauf von Nahrungsergänzungsmitteln, das Informationsverhalten sowie die Nutzen- und Risikowahrnehmung im Vordergrund.

2.3 Auswertung von Daten des GfK medic scope® Verbraucherpanels

In einem dritten Schritt wurden Daten aus dem Verbraucherpanel medic scope® der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) erhoben und ausgewertet. Das Verbraucherpanel mit N = 20.000 Teilnehmern ist repräsentativ für die private deutsche Einkaufsbevölkerung ab einem Alter von 20 Jahren.¹ Im Panel wurde unter anderem das Selbstmedikationsverhalten der beteiligten Personen erfasst. Die Teilnehmer des Panels sind mit einem Hand-Scanner ausgestattet und scannen den Barcode jedes Produkts ein, das sie zur Selbstmedikation kaufen.

Für die Panelteilnehmer liegen darüber hinaus verschiedene soziodemographische Informationen (z. B. Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Einkommen) sowie Informationen zu Lebensstilen (hier Roper Consumer Styles) vor. Zusätzlich wurden die 20.000 Teilnehmer des Panels im April und Mai 2009 zu ihrem Ernährungs- und Gesundheitsverhalten befragt. Die Fragen zur Ernährung betrafen zum Beispiel konkrete Fragen zum Mittag- und Abendessen beziehungsweise zu Getränken, die verzehrt werden. Die Fragen zum Gesundheitsverhalten bezogen sich im Wesentlichen auf Fragen zur Häufigkeit von körperlichen und sportlichen Aktivitäten beziehungsweise zum Rauchen.

Aufgrund der Einkaufsprotokolle der 20.000 Panelteilnehmer wurden 4.626 Personen identifiziert, die in den letzten 12 Monaten Nahrungsergänzungs-

mittel oder rezeptfreie Arzneimittel zur Selbstmedikation gekauft hatten.

2.4 Repräsentative Befragung der Käufer aus dem GfK medic scope® Panel

Die im vorherigen Schritt ermittelten 4.626 Personen, die in den letzten 12 Monaten mindestens eine Packung Nahrungsergänzungsmittel oder rezeptfreie Arzneimittel zur Selbstmedikation gekauft hatten, wurden von Oktober 2009 bis Januar 2010 schriftlich-postalisch befragt. 4.122 Käufer von Nahrungsergänzungsmitteln beantworteten den Fragebogen (Rücklaufquote 89%). Die Befragung bezog sich vor allem auf die Verwendungsgewohnheiten und -motive im Zusammenhang mit Nahrungsergänzungsmitteln, auf den Wissensstand über die Präparate, die Risikowahrnehmung sowie das Informationsverhalten.

2.5 Segmentierung und Auswahl von Zielgruppen

Die Ergebnisse zur Ernährungs- und Gesundheitsbefragung wurden zur Bildung von Untergruppen innerhalb des gesamten Verbraucherpanels verwendet. Diese Untergruppen wurden anschließend auch innerhalb der Gruppe der Käufer von Nahrungsergänzungsmitteln gebildet.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse aus den vorliegenden Befragungen vorgestellt (vgl. BfR 2013b für eine ausführlichere Darstellung).

3.1 Verwendung, Einnahmegründe, und Risikowahrnehmung

Die Einkaufsprotokolle des GfK medic scope® Verbraucherpanels (N = 20.000) ergaben, dass im vorangegangenen Jahr 23 % der Teilnehmer mindestens eine Packung Nahrungsergänzungsmittel gekauft haben (n = 4.626). 45 % der Personen kauften Nahrungsergänzungsmittel ausschließlich in der Apotheke, 38 % im Massenmarkt und 17 % an beiden Einkaufsorten. Am häufigsten wurden gekauft: Magnesium (26 % der gekauften Produkte),

¹ Die Grundgesamtheit der privaten deutschen Einkaufsbevölkerung ab 20 Jahren entspricht 56,347 Millionen Personen. Das heißt, die befragten 20.000 Personen sind repräsentativ für die 56,347 Millionen Personen, die die Grundgesamtheit der privaten deutschen Einkaufsbevölkerung ab 20 Jahren bilden. Nach Hochrechnungen der GfK (2009) beträgt die Teilgruppe der Nahrungsergänzungsmittelkäufer innerhalb dieser Grundgesamtheit 27,515 Millionen Personen.

Vitamin- und Mineralstoff-Kombinationen (17%), Calcium (11%) und Vitamin-C-Präparate (8%).

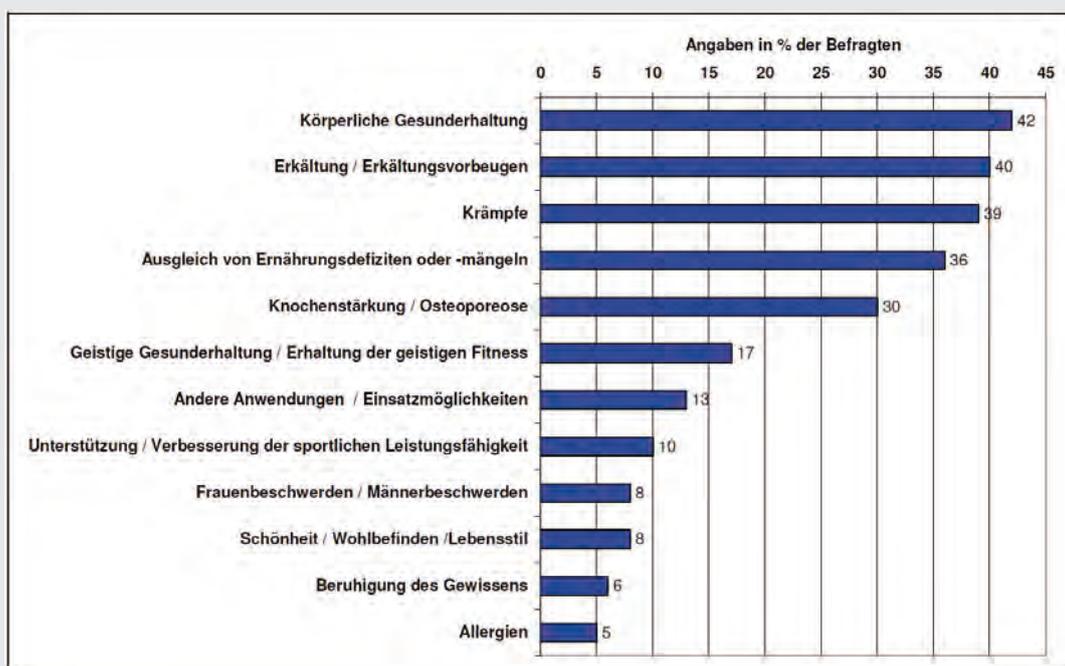
Ein Großteil der Nahrungsergänzungsmittelkonsumenten ist weiblich (60,9% Frauen, 39,1% Männer). Etwa die Hälfte der Nahrungsergänzungsmittelkonsumenten (49,9%) war 60 Jahre oder älter, ein Viertel (25,1%) war zwischen 45 und 59 Jahren alt (30–44 Jahre: 19,5%; 20–29 Jahre: 5,4%). Die Schulbildung hatte keinen Einfluss auf das Kaufverhalten, die Kaufhäufigkeit stieg mit zunehmendem Einkommen. Die meisten Packungen wurden für den eigenen Bedarf gekauft.

Neben den Einkaufsprotokollen, die den Einkauf von Nahrungsergänzungsmitteln über das Einscannen der Barcodes der Produkte real und objektiv dokumentieren, gab es auch eine Frage zur Selbstkategorisierung als Nahrungsergänzungsmittelkäufer innerhalb der letzten zwölf Monate. Von den 4.122 Teilnehmern der repräsentativen Befragung der 4.626 Nahrungsergänzungsmittel-Käufer im GfK medic scope® Verbraucherpanel gaben nur rund 57% an (n = 2.344), dass sie in den letzten zwölf Monaten Nahrungsergänzungsmittel für den persönlichen Gebrauch gekauft haben. 35% verneinten die Frage und konnten sich den Nahrungsergänzungsmittelkauf auch nicht vorstellen, 8% verneinten, aber konnten sich den Kauf vorstellen.

Eine Auswertung der Kaufhäufigkeit zeigte, dass diejenigen, die die Frage nach dem Nahrungsergänzungsmittelkauf korrekt mit „ja“ beantwortet haben, auch im Durchschnitt häufiger Nahrungsergänzungsmittel gekauft haben als jene, die die Frage verneint haben (Mittelwert 7,4-mal im Jahr, gegenüber rund 4-mal bei den anderen), sodass es sich hier um Gedächtniseffekte handeln könnte. Es ist aber auch denkbar, dass der Begriff Nahrungsergänzungsmittel im Alltag anders verwendet und deswegen nicht jeder Kauf von zum Beispiel Magnesium-Brausetabletten als Nahrungsergänzungsmittelkauf wahrgenommen wird.

Die folgenden Daten beziehen sich jeweils auf die Teilstichprobe der n = 2.344 Nahrungsergänzungsmittelkäufer, die sich auch als solche kategorisiert haben (s.o.). Davon berichteten 49% von einer nahezu täglichen Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln und jeweils 11% von einer Einnahme an mehr als 180 Tagen beziehungsweise an 91–180 Tagen in den letzten zwölf Monaten. **Abbildung 2** zeigt die Antworten auf eine offene Frage nach den Einnahmegründen. Die fünf häufigsten Gründe waren die allgemeine körperliche Gesunderhaltung, die Behandlung oder Prävention von Erkältungen und Krämpfen, der Ausgleich von Ernährungsdefiziten sowie die Knochenstärkung.

Abbildung 2: Anwendungsbereiche Nahrungsergänzungsmittel. Frage: „Haben Sie in den letzten 12 Monaten für die genannten Anwendungsbereiche oder -ziele Nahrungsergänzungsmittel für Ihren persönlichen Gebrauch gekauft?“ (Mehrfachnennung möglich). Teilstichprobe: ja – an Kauf erinnert, n = 2.344.



Rund 77 % der Teilnehmer bewerteten die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln als überhaupt nicht bis eher nicht riskant für die eigene Gesundheit, rund 15 % waren unentschieden und rund 8 % bewerteten die Einnahme als eher riskant bis sehr riskant. Diese geringe Risikoeinschätzung spiegelt sich teilweise in den Einnahmegewohnheiten wider. 22 % der Nahrungsergänzungsmittelkäufer gaben an, die Packungsinformation niemals oder nur selten zu lesen. Zwar gaben mehr Befragte an, die empfohlene Einnahmedauer und Dosierungsmenge einzuhalten, aber ohne die Informationen aus der Packungsbeilage sind diese Angaben eher unter Vorbehalt zu sehen. Dies ist umso bedeutsamer, als 85 % der Nahrungsergänzungsmittelkäufer angaben, meistens oder immer mehrere Nahrungsergänzungsmittel parallel einzunehmen.

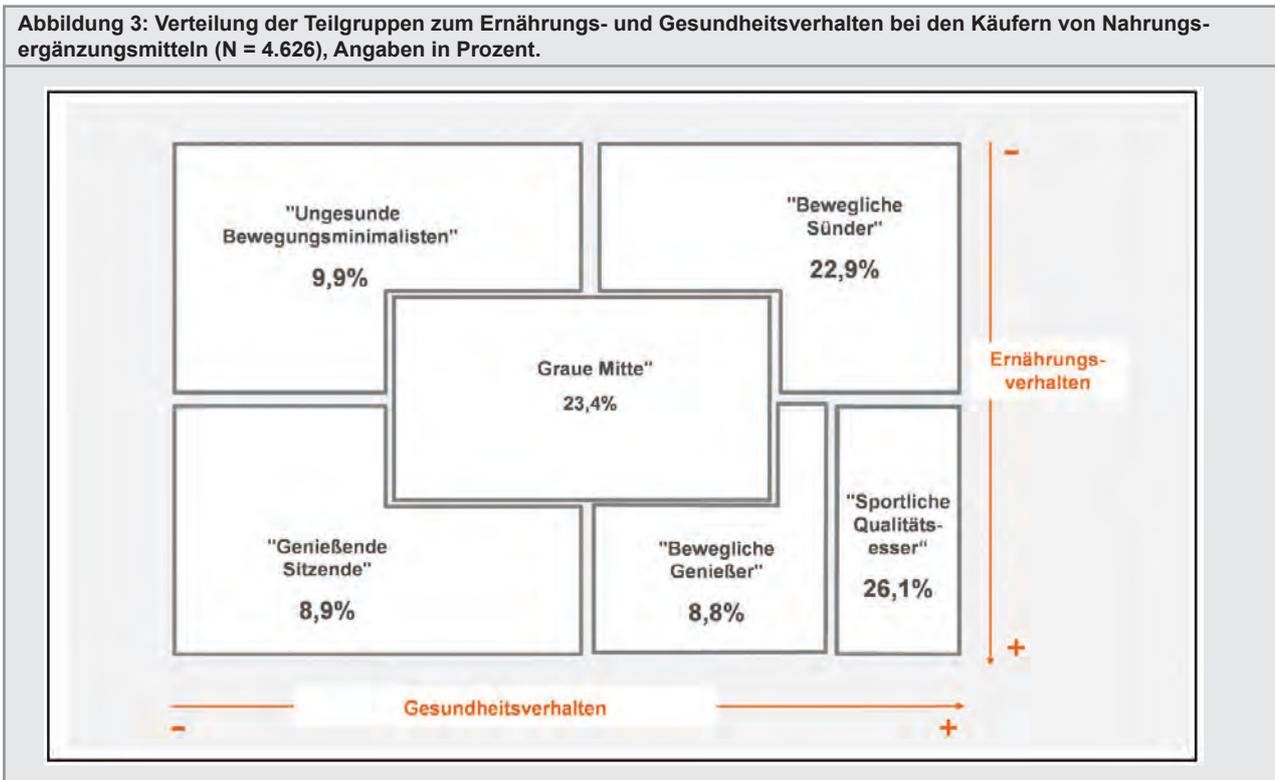
Auch in den Fokusgruppen-Interviews (N = 40), die im Vorfeld der Repräsentativbefragung durchgeführt wurden, zeigte sich, dass die potentiellen Risiken eines nicht indikationsgemäßen Nahrungsergänzungsmittelkonsums den Verwendern kaum bewusst waren und Informationen über solche Risiken eher abgewehrt als nachgefragt wurden. Vorherrschende Verwendungsmotive über alle Altersgruppen hinweg waren der Ausgleich eines befürchteten Mangels an Vitaminen und Vitalstoffen sowie die Beruhigung eines schlechten Gewissens

aufgrund von „Ernährungsünden“ oder einer ungesunden Lebensführung. Mit steigendem Alter werden Nahrungsergänzungsmittel dann zunehmend auch zur Behandlung von Gesundheitsbeschwerden eingesetzt.

3.2 Identifikation von Zielgruppen

Für welche Teilgruppen der Verbraucherschaft sind Nahrungsergänzungsmittel besonders relevant? Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Teilnehmer des GfK medic scope® Verbraucherpanels (N = 20.000) zunächst zu ihrem Ernährungs- und Gesundheitsverhalten befragt und dann mittels Clusteranalysen in sechs Teilgruppen eingeteilt. Dazu wurden aus den Befragungsdaten die beiden Dimensionen „Ernährung“ (alle Fragen zum Ernährungsverhalten, zum Getränkekonsum etc.) und „Gesundheitsverhalten“ (alle Fragen zu körperlichen und sportlichen Aktivitäten sowie zum Rauchen) gebildet. Auch innerhalb der Gruppe der Käufer von Nahrungsergänzungsmitteln (N = 4.626) finden sich diese Untergruppen mit vergleichbaren Anteilen wieder. In **Abbildung 3** sind die sechs Teilgruppen mit ihren jeweiligen Ausprägungen auf den beiden Dimensionen sowie ihrem prozentualen Anteil dargestellt. Die Gruppe der „Sportlichen Qualitätsesser“ beispielsweise besteht aus Personen, die sich zum einen sportlich beziehungsweise körperlich betätigen (Dimension Gesundheitsver-

Abbildung 3: Verteilung der Teilgruppen zum Ernährungs- und Gesundheitsverhalten bei den Käufern von Nahrungsergänzungsmitteln (N = 4.626), Angaben in Prozent.



halten) und sich zum anderen sehr gesund ernähren (Dimension Ernährungsverhalten).

Für die weitere Betrachtung und für die Erstellung von Strategien zur zielgruppengerechten Risikokommunikation über Nahrungsergänzungsmittel wurden zwei Gruppen ausgewählt. Kriterien für die Auswahl waren Gruppengröße, die Verwendungsintensität von Nahrungsergänzungsmitteln innerhalb dieser Gruppe sowie eine geringe Wahrnehmung potentieller Risiken durch den Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln. Die beiden Gruppen „Sportliche Qualitätsesser“ und „Bewegliche Sünder“ erfüllten diese drei Kriterien. Die Gruppen sind jeweils relativ stark besetzt (26,1% bzw. 22,9% der Nahrungsergänzungsmittelkäufer), die Verwendungsintensität von Nahrungsergänzungsmitteln in diesen beiden Gruppen ist am höchsten und die Wahrnehmung potentieller Risiken durch

den Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln ist hier besonders gering ausgeprägt.

Tabelle 1 listet die wichtigsten Eigenschaften der beiden Gruppen „Sportliche Qualitätsesser“ und „Bewegliche Sünder“ auf.

Die Gruppe der „Sportlichen Qualitätsesser“ ist dadurch gekennzeichnet, dass sie sich sehr gesund ernährt und sich regelmäßig sportlich betätigt. Diese Personen befolgen einen eher asketischen Gesundheitsstil, Nahrungsergänzungsmittel dienen der Absicherung, Kontrolle und Verstärkung ihrer gesunden Lebensweise. Auch die Personen in der Gruppe der „Beweglichen Sünder“ treiben Sport und räumen der Gesundheit einen hohen Stellenwert ein, sie sind jedoch eher hedonistisch orientiert. Die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln dient zur Kompensation kleiner Ernährungsünden und zur Leistungssteigerung.

Tabelle 1: Charakteristika der beiden ausgewählten Zielgruppen und Bestandteile der zugehörigen Kommunikationsstrategien zu Nahrungsergänzungsmitteln.		
	Sportliche Qualitätsesser	Bewegliche Sünder
Charakteristika		
Anteil der Gruppe bezogen auf N = 4.626 Käufer von Nahrungsergänzungsmitteln	26,1%	22,9%
Hochgerechnete Gruppengröße innerhalb der privaten deutschen Einkaufsbevölkerung ab 20 Jahren (56,347 Mio.)	7,2 Mio.	6,3 Mio.
Durchschnittsalter	58 Jahre	57 Jahre
Geschlechterverteilung	70% Frauen, 30% Männer	53% Frauen, 47% Männer
Gesundheits- und Ernährungsverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Disziplin bei Ernährung und Bewegung - eher „Asketen“ (keine Genussmittel) 	<ul style="list-style-type: none"> - sportlich aktiv, gelegentliche Ernährungssünden - eher „Hedonisten“ (Genussmittel: Kaffee, Alkohol)
Funktion von Nahrungsergänzungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> - Absicherung & Kontrolle - „Gesundheits-Verstärker“ 	<ul style="list-style-type: none"> - Kompensation für ungesunde Lebensführung - Leistungssteigerung
Präferenzen Kauforte	Apotheke > Drogerie > Lebensmittelgeschäfte	
Wo bislang Informationen über Nahrungsergänzungsmitteln erhalten	Apothekenumschau Arzt/Apotheker Beipackzettel Klassische Medien	
Kommunikationsstrategie		
Kernbotschaft	„Gefahr von Imbalancen durch die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln“	„Ausbalancieren auf natürliche, genussvolle Weise – Selbstschädigung durch Fehlanwendung vermeiden“
Settings	Frauenspezifische Settings	Freizeit, Gesundheit & Fitness
Themen	<ul style="list-style-type: none"> - Anspruch auf Selbstkontrolle - Anspruch auf Qualität und Sorgfalt bei der Produktwahl - Verantwortungsgefühl der „Gesundheitsmanagerin“ ansprechen 	<ul style="list-style-type: none"> - Anspruch auf Selbstkontrolle - Anspruch auf Qualität und Sorgfalt bei der Produktwahl - Verantwortungsgefühl - Ideale Kultiviertheit und Natürlichkeit - Lifestyle- und Wellnesstrends

Weitere Unterschiede zwischen den beiden Zielgruppen, die auch für die Ansprache in der Risikokommunikation relevant sind, zeigen sich in der demografischen Verteilung der Zielgruppen: So sind bei den „Sportlichen Qualitätsessern“ überwiegend Frauen (70%) vertreten, das Durchschnittsalter liegt bei 58 Jahren. Bei den „Beweglichen Sündern“ sind die Geschlechter annähernd gleich verteilt (47% Frauen vs. 53% Männern; Durchschnittsalter 57 Jahre).

Gemeinsam ist beiden Gruppen, dass es ihnen bei der Verwendung von Nahrungsergänzungsmitteln um ein „Ausbalancieren“ ihrer Gesundheit geht, entweder zur Verstärkung ihrer gesunden Lebensweise oder zur Kompensation von Defiziten. Sie streben danach, gesund, fit und attraktiv zu sein beziehungsweise zu bleiben. Nahrungsergänzungsmittel sind für sie ein unverzichtbarer Bestandteil, um diese Bedürfnisse zu befriedigen. Die potentiellen Risiken eines nicht indikationsgemäßen Nahrungsergänzungsmittelkonsums sind kaum bekannt und werden eher abgewehrt.

4 Implikationen für die Risikokommunikation

Für die Aufklärung der Verbraucherinnen und Verbraucher über Nahrungsergänzungsmittel lassen sich aus den vorliegenden Daten allgemeine und zielgruppenspezifische Kommunikationsempfehlungen ableiten.

Allgemeine Kommunikationsempfehlungen:

- Die Risikokommunikation sollte die Verwendungsanlässe und Verwendungsintensität sowie die damit verbundenen Risiken behandeln.
- Risiken der Überdosierung und der Paralleleinnahme von Nahrungsergänzungsmitteln und (rezeptfreien) Arzneimitteln sind zentral zu behandeln.
- Geringe Risikoeinschätzung und gegebenenfalls eine starke Abwehr gegenüber Risikoinformation bei Intensivverwendern sollten in der Risikokommunikation berücksichtigt werden.
- Eine generalisierte Aufklärung zum juristischen Status beziehungsweise Kategorisierung der Produkte ist nicht sinnvoll. Die Information über mögliche Risiken sollte weitgehend substanzspezifisch erfolgen.

Zielgruppenspezifische Kommunikationsempfehlungen:

In der Repräsentativbefragung der Verwender von Nahrungsergänzungsmitteln waren rund 50% der Teilnehmenden 60 Jahre und älter, ein weiteres Viertel war zwischen 45 und 59 Jahren alt. Zu den zielgruppenspezifischen Kommunikationsempfehlungen gehört daher bereits der Befund, dass es die klassischen Medien (TV / Radio / Zeitschriften) sowie die klassischen Autoritäten im Gesundheitsbereich (Arzt und Apotheker) sind, die für die mehrheitlich eher älteren Verwender von Nahrungsergänzungsmitteln von besonderer Bedeutung sind.

Für die Auswahl der Zielgruppen für die Risikokommunikation zu Nahrungsergänzungsmitteln können ganz unterschiedliche Kriterien verwendet werden, zum Beispiel Vulnerabilität der Zielgruppen, Verwendungsintensität oder Gruppengröße. Bestehende Informationsangebote für bestimmte Zielgruppen fokussieren beispielsweise auf Jugendliche (z. B. BZgA 2008; Verbraucherzentrale NRW 2011b) oder Sportler (Olympiastützpunkt Rheinland 2013). Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat sich im Rahmen des Projekts „Zielgruppenspezifische Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel“ dafür entschieden, die Kriterien Gruppengröße, Verwendungsintensität sowie eine geringe Risikowahrnehmung für die Auswahl der Zielgruppen zu verwenden und entsprechend eher sportliche Verwender von Nahrungsergänzungsmitteln ab 50 Jahren in den Fokus der Zielgruppenansprache zu stellen („Sportliche Qualitätsesser“ und „Bewegliche Sünder“).

Die Identifikation dieser Zielgruppen innerhalb der Nahrungsergänzungsmittelkäufer sowie die Befragungsergebnisse der Nahrungsergänzungsmittelkäufer wurden Ende 2010 und Mitte 2011 im Rahmen von zwei Expertenworkshops mit Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus den Bereichen Verbraucherschutz, Ernährungs- und Gesundheitskommunikation sowie Medien diskutiert. Ziel dieser Expertenworkshops war es, bei der Entwicklung von strategischen Ansätzen für die Risikokommunikation frühzeitig relevante Stakeholder aus dem Themenfeld Nahrungsergänzungsmittel in den Prozess der Risikokommunikation einzubeziehen. Für jede Zielgruppe wurden beispielhaft Kommunikationskonzepte zur Risikosensibilisierung ausgearbeitet, die die zugrunde liegenden Verwendungsmotive berücksichtigen und lösungsorientierte Vorschläge zur Gestaltung von Kom-

Abbildung 4: Beispiel eines fiktiven Kampagnenplakats aus einem Expertenworkshop für die zielgruppengerechte Risikokommunikation zu Nahrungsergänzungsmitteln (hier am Beispiel Selen für die Zielgruppe „Bewegliche Sünder“).



munikationsangeboten anbieten (siehe Beispiel in **Abbildung 4**). Aktuell laufen am BfR die Vorbereitungen für die praktische Umsetzung der erarbeiteten Kommunikationsempfehlungen gemeinsam mit Kooperationspartnern und Multiplikatoren.

Literatur

Beitz R, Mensink GBM, Rams S et al. (2004): Vitamin- und Mineralstoffsupplementierung in Deutschland. In: Bundesgesundheitsblatt 47: 1057–1065.

BfR (2013a): Gesundheitliche Bewertung von Nahrungsergänzungsmitteln. http://www.bfr.bund.de/de/gesundheitliche_bewertung_von_nahrungsergaenzungsmitteln-945.html (Abrufdatum: 04.02.2013).

BfR (2013b): Abschlussbericht zum Projekt „Zielgruppengerechte Risikokommunikation zum Thema Nahrungsergänzungsmittel“. Im Druck.

BZgA (2008): Broschüre Fit ohne Pillen. http://www.bzga.de/botmed_35550700.html (Abrufdatum: 04.02.2013).

Domke A, Großklaus R, Niemann B et al. (2004a): Verwendung von Vitaminen in Lebensmitteln: Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. Teil I. BfR-Wissenschaft 03/2004. http://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_vitaminen_in_lebensmitteln.pdf (Abrufdatum: 04.02.2013).

Domke A, Großklaus R, Niemann B et al. (2004b): Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln: Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. Teil II. BfR-Wissenschaft 04/2004. http://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf (Abrufdatum: 04.02.2013).

GfK (2009): GfK medic scope® Nahrungsergänzungsmittel MAT 06/2009.

Goltz L, Schröder J, Kirch W (2012): Nahrungsergänzungsmittel – Evaluation der Patientenfragen an einen Arzneimittelberatungsdienst. In: Dtsch Med Wochenschr 137: 881–886.

Großklaus R, Ziegenhagen R (2006): Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln. Eine aktuelle Risikobewertung. In: Bundesgesundheitsblatt 49: 202–210.

Kurzenhäuser S, Epp A (2009): Wahrnehmung von gesundheitlichen Risiken. In: Bundesgesundheitsblatt 52: 1141–1146.

Lohmann M, Epp A, Röder B, Böhl GF (2012): Risikokommunikation des Bundesinstituts für Risikobewertung bei einem lebensmittelbedingten Ausbruch. In: Bundesgesundheitsblatt 56: 102–109.

MRI (2008): Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 1 Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen. Herausgeber Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel. Karlsruhe 2008.

Olympiastützpunkt Rheinland (2013): <http://www.koelnerliste.com/koelner-liste.html> (Abrufdatum: 04.02.2013).

Renn O (2006): Risk communication – consumers between information and irritation. In: Journal of Risk Research 9: 833–849.

Six J, Richter A, Rabenberg M et al. (2008): Supplementenkonsum bei Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse aus EsKiMo. In: Bundesgesundheitsblatt 51: 1202–1209.

Verbraucherzentrale NRW (2011a): Marktcheck: Internethandel mit Nahrungsergänzungsmitteln. <http://www.vzvbv.de/cps/rde/xbcr/vzvbv/Nahrungsergaenzungsmittelmarktcheck-vz-nrw-2011.pdf> (Abrufdatum: 04.02.2013).

Verbraucherzentrale NRW (2011b): Online Jugendmagazin Checked4you. <http://www.checked4you.de/UNI135825355901751/nem> (Abrufdatum: 04.02.2013).

Kontakt

Dr. Stephanie Kurzenhäuser-Carstens
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung Risikokommunikation
Max-Dohrn-Str. 10
10589 Berlin
E-Mail: [stephanie.kurzenhaeuser\[at\]bfr.bund.de](mailto:stephanie.kurzenhaeuser[at]bfr.bund.de)

[BfR]

„Information Retrieval“ / Informationsabfrage – über Suchmaschinen oder Datenbanken?

Information retrieval – search engines versus databases

Carolin Werner¹, Manuela Franke²

Abstract

In recent decades the amount of available information has increased enormously. Especially by using the internet there are innumerable possibilities of finding this mostly decentralized information. It is therefore all the more important to identify relevant and scientifically valuable information as well as to analyze one's own specific need for information. Important tools for this kind of retrieval are databases that have been quality checked and reviewed by scientific experts as well as analyzed and indexed by information specialists who evaluate the authenticity and integrity of the database's content. This article provides more details about information retrieval and discusses some of the main reasons why it is necessary to consider this important topic systematically.

Zusammenfassung

In zunehmendem Maße stieg in den letzten Jahrzehnten die Menge an verfügbaren Informationen und wird auch noch weiter ansteigen. Vor allem durch das Internet liegen diese in einer kaum zu erfassenden Anzahl häufig dezentralisiert vor. Umso wichtiger wird es, die für den eigenen Informationsbedarf erforderlichen Informationen zu filtern und auf ihren wissenschaftlichen Wert, die Exaktheit, hin zu prüfen. Ein wichtiges Instrument dabei sind von wissenschaftlichen Experten qualitätsgeprüfte Datenbanken, deren Dokumentinhalte von ausgebildeten Informationsspezialisten sowohl formell als auch inhaltlich erschlossen werden, um eine gezielte Recherche zu ermöglichen. Im vorliegenden Artikel soll diese Möglichkeit der Recherche näher erläutert und hauptsächlich Gründe aufgezeigt werden, warum es wichtig ist, sich mit der Thematik des ‚Information Retrieval‘, dem Wiederfinden beziehungsweise Abrufen von Informationen, außerhalb von Suchmaschinen zu beschäftigen.

Einleitung

In allen Bereichen der naturwissenschaftlichen und medizinischen Forschung sind valide und aktuelle Informationen unabdingbar. Nicht selten sieht man sich einer Vielzahl von Informationsangeboten gegenüber, deren wissenschaftlicher Wert oft fraglich ist oder nicht beurteilt werden kann. Verbunden mit der rasanten Entwicklung des Internets findet man heute über Suchmaschinen, wie beispielsweise Google oder Yahoo, Informationen zu einer Vielzahl von Themen. Doch sind diese oft nicht von Experten auf ihren Inhalt geprüft oder zitierfähig. Beispiele dafür sind im Netz frei verfügbare Wissensportale, welche durch die allgemeine und auch nichtwissenschaftliche Community bearbeitet

werden können. Für Privatpersonen, die sich einen Informationsüberblick verschaffen wollen, können diese Angebote von Suchmaschinen eine wichtige Informationsquelle sein. Schwierig wird es jedoch, wenn man für wissenschaftliche Zwecke exakte und damit zuverlässige Informationen sucht. Das ist nur möglich über Beiträge, Berichte oder Ähnliches aus Datenbanken, die von Experten aus dem jeweiligen Wissenschaftsgebiet auf ihre Qualität überprüft worden sind. Generell sind vier Kriterien bei der Informationsbeschaffung essentiell: die Vollständigkeit der Informationen, die Genauigkeit der Erfassung, die Validität sowie die Aktualität, vor allem bei neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

¹ Studentin der Informationswissenschaften, Studiengang Information und Dokumentation an der FH Potsdam, zurzeit Praktikantin im Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD).

² Diplom-Dokumentarin, Medizinische Dokumentarin im Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) des RKI.

Wichtige Quellen für wissenschaftliche Informationen sind Fachzeitschriften, die ein sogenanntes ‚Peer-Review‘-Verfahren durchlaufen, das heißt, die darin publizierten Artikel werden vor Veröffentlichung auf ihre Qualität überprüft. Informationen zum Themenbereich Umweltmedizin sind in unterschiedlichsten Quellen zu finden. So ist die Umweltmedizin beispielsweise eng mit der Humanmedizin, Umwelttechnologie aber auch mit den Ernährungswissenschaften, der Biologie und der Chemie verknüpft. Häufig können jedoch keine klaren Grenzen zwischen den einzelnen Wissenschaften und deren Informationsangeboten gezogen werden. Dieser Aspekt der Interdisziplinarität ist bei einer auf Vollständigkeit angelegten Recherche sowie bei der Auswahl geeigneter Quellen immer zu beachten. Mittlerweile wird dem schon über eine enorme Auswahl an Datenbankanbietern („Hosts“) Rechnung getragen, die interdisziplinär erschlossene Datenbanken anbieten (Poetzsch 2005, S. 28). Für umweltbezogene Fragestellungen können beispielsweise die Informationsangebote des Umweltbundesamtes über <http://www.umweltbundesamt.de/service/weitere.htm> (Abrufdatum: 08.01.2013) genutzt werden.

Datenbankauswahl

Datenbanken können eine enorme Anzahl an Dokumenten umfassen, so beinhaltet beispielsweise die Datenbank MEDLINE mehr als 19 Millionen Datensätze (Fact Sheet Medline 2011). Von Datenbankanbietern wird meistens eine große Anzahl verschiedener Datenbanken angeboten, die zum Beispiel über Metadatenbanken nach Themenbereichen oder Ähnlichem gefiltert werden können. Zudem ist es auch möglich, mehrere Datenbanken gleichzeitig zu durchsuchen, was wiederum fundierte Kenntnisse im Umgang mit Datenbanken, deren Beschreibungen oder Klassifikationen sowie Abfragesprachen („Retrieval“-Sprachen, siehe auch weiter unten) erfordert, da teilweise unterschiedliche Indices oder spezielle Suchfelder verwendet werden. Für die Auswahl einer Datenbank sollten folgende Kriterien unbedingt bedacht werden: die inhaltliche, zeitliche, sprachliche und geographische Abdeckung der Informationen in dieser Datenbank für die gewünschte Informationsabfrage, die Art der Datenbank (Faktendatenbank, Volltextdatenbank, bibliographische Datenbank, „Referral“-Datenbank), die Update-Frequenz, in der die Daten aktualisiert werden, der Umfang des Datenbestands und selbstverständlich die Kosten.

Recherchekosten

Wissenschaftlich exakte und zuverlässige Informationen sind häufig nur über kostenpflichtige Datenbankangebote erhältlich. Die Kosten werden dabei nach verschiedenen Modellen berechnet. In vielen Datenbanken ist die eigentliche Durchführung der Recherche kostenlos, für die Anzeige und Ausgabe wird zum Teil jedoch ein Dokumentenpreis erhoben. Aufgrund möglicher anfallender Kosten muss eine Recherche effizient durchgeführt werden, was Kenntnisse der zur Verfügung stehenden Recherchemöglichkeiten beziehungsweise der „Retrieval“-Sprache erfordert. „Retrieval“-Sprachen sind aus verschiedenen Kommandos und logischen Operatoren bestehende Eingabesequenzen innerhalb eines Suchfeldes. Diese können in Abhängigkeit von dem Datenbankanbieter sehr unterschiedlich sein. Für einen Laien können daher nicht nur erhebliche Kosten bei einer Recherche entstehen, da dieser möglicherweise die verschiedenen Recherchemöglichkeiten und -tools nicht ausreichend kennt, sondern die Suche kann auch zu einem nicht zufriedenstellenden Ergebnis führen. In einigen Fällen macht es Sinn, für die Informationssuche einen Spezialisten („Information Broker“) zu engagieren, zum Beispiel, wenn der Informationsbedarf sehr speziell ist und Informationen dazu nicht einfach über Suchmaschinen oder frei zugängliche Quellen erhältlich sind. Insbesondere Patentrecherchen sollten nie ohne professionelle Unterstützung durchgeführt werden, da sie bei falschen oder fehlenden Informationen zu erheblichen wirtschaftlichen Problemen führen können.

Rechercheablauf

Nicht zwangsläufig muss man eine Recherche in Auftrag geben, sondern kann diese auch selbst durchführen. Wichtig ist, dass man sich mit Datenbankrecherchen auskennt und seinen Informationsbedarf gezielt eingrenzt. Datenbankanbieter stellen den Nutzern auf ihren Websites genaue Beschreibungen ihrer Datenbanken sowie entsprechende Hilfen und Trainings zur Verfügung, um sich optimal auf eine Recherche vorbereiten zu können.

Vor einer Recherche sollte man die genaue wissenschaftliche Fragestellung eingrenzen. Dazu gehört die Analyse des tatsächlichen Informationsbedarfs. Eine konkrete Suchanfrage muss erstellt werden,

denn wird diese zu allgemein formuliert, erhält man zu viele irrelevante Dokumente.

Folgende Fragen sind seitens des Informationssuchenden vorab zu klären (Poetzsch 2006):

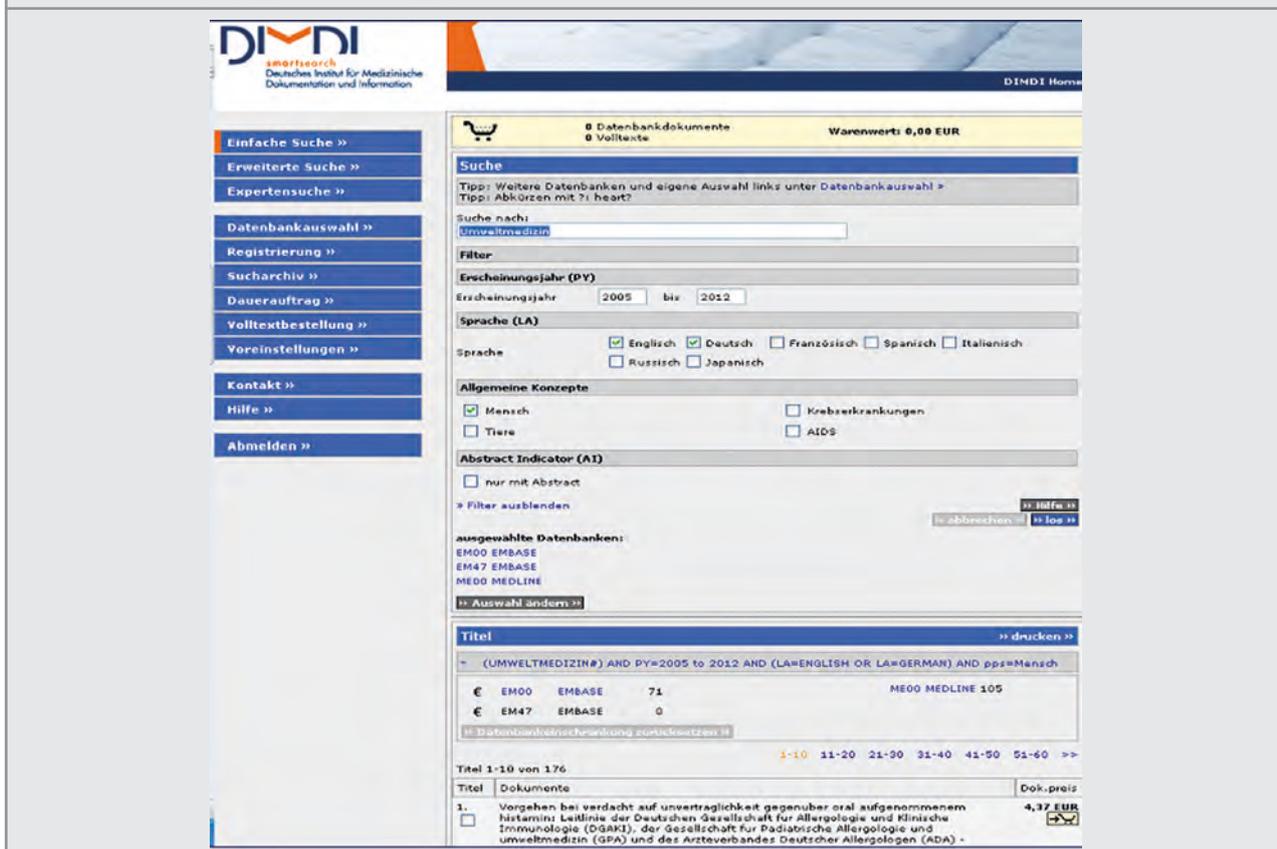
- Wie kann der Informationsbedarf eingegrenzt werden, beispielsweise über Einschränkung der Themengebiete und unter Nutzung wichtiger Schlagworte?
- Soll mit den Ergebnissen der Recherche das Thema möglichst genau bearbeitet beziehungsweise beschrieben werden oder geht es um eine möglichst vollständige Sammlung aller Dokumente, die es zu diesem Thema gibt?
- In welchem Zeitraum sollen Informationen gesucht werden, zum Beispiel in den letzten fünf Jahren?
- In welchen Sprachen können die Dokumente verfasst sein?
- In welcher Form und in welchem Format werden die Recherche-Ergebnisse benötigt (Word, PDF, Excel)?

- Werden komplette Volltexte erwartet oder reichen Abstracts beziehungsweise Literaturverweise aus?
- Bis wann werden die Recherche-Ergebnisse benötigt?
- Sind turnusmäßig über einen bestimmten Zeitraum zum gleichen Thema weitere Informationssuchen erforderlich (gegebenenfalls durch Nutzung eines Alert-Service) oder reicht eine einmalige retrospektive Recherche aus?
- Wie hoch dürfen eventuell auftretende Kosten bei der Recherche sein? Welches Budget steht zur Verfügung?

Datenbankanbieter DIMDI

Im Folgenden soll das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI), ein Institut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit, und dessen Datenbankangebote für Recherchen als ein Beispiel zur eigenständigen Informationssuche vorgestellt wer-

Abbildung 1: Recherchemaske bei DIMDI ohne Vertrag (DIMDI 2013).
 Quelle: https://portal.dimdi.de/websearch/servlet/FlowController/DisplaySearchForm;jsessionid=E34B37C65109F3380A1A0D5793DE6EA2.joey#__DEFANCHOR__ (Abrufdatum: 08.01.2013).



den. Neben diesem gibt es noch eine Vielzahl anderer Datenbankanbieter, so unter anderem Ovid (www.ovid.com), ein weiterer führender Anbieter von Informationen im Bereich Medizin. Alle Datenbankanbieter im Einzelnen zu nennen beziehungsweise vorzustellen, würde jedoch den Rahmen dieses Übersichtsbeitrages sprengen.

Das DIMDI arbeitet in seinen Aufgabenbereichen eng mit nationalen und internationalen Institutionen zusammen, unter anderem mit der Weltgesundheitsorganisation und EU-Behörden. Es betreibt ein eigenes Rechenzentrum und entwickelt moderne Software-Anwendungen für den Betrieb und den Zugriff auf die Informationssysteme und Datenbanken (siehe unter DATENBANKANBIETER). Dieses Institut bietet circa 60 Datenbanken im gesamten medizinischen Bereich und angrenzenden Gebieten für kostenfreie Recherchen und in rund 25 Datenbanken auch mit kostenfreien Datenbankdokumenten an. Für die Umweltmedizin relevante Datenbanken sind unter anderem: MEDLINE, produziert von der U.S. National Library of Medicine, EMBASE, produziert von Elsevier B.V., BIOSIS, produziert von Thomson Reuters oder das auch als Printmedium erhältliche „Deutsche Ärzteblatt“. Ohne große Vorkenntnisse kann man über die menügeführte Suchoberfläche „DIMDI SmartSearch“ recherchieren. Experten können über „DIMDI ClassicSearch“ Recherchen mit komplexen Frage-

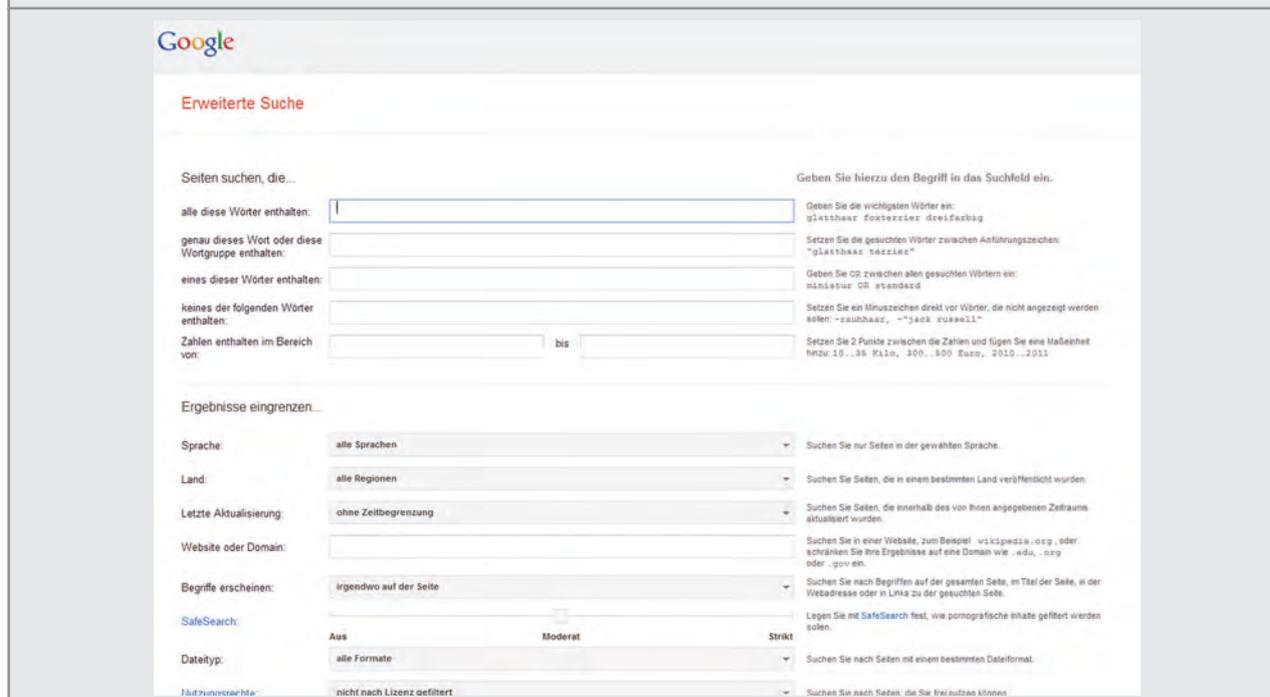
stellungen durchführen. Bei kostenpflichtigen Datenbankprodukten lohnt es sich, die Nutzungs- und Dokumentengebühren verschiedener Datenbankanbieter zu vergleichen.

Die Datenbank EMBASE wird beispielsweise von folgenden Anbietern vertrieben:

- Dialog (www.dialog.com)
- ProQuest Dialog (www.dialog.com/proquestdialog)
- Ovid (www.ovid.com)
- STN International (www.stn-international.de)
- DIMDI (www.dimdi.de)

Beim DIMDI sind Dokumente aus einigen Datenbanken (MEDLINE, Deutsches Ärzteblatt etc.) zusätzlich zur kostenfreien Recherche auch kostenlos verfügbar (**Abbildung 1**), Dokumente aus EMBASE und BIOSIS sind dagegen kostenpflichtig. Genaue Preisinformationen, Beschreibungen zur Datenbanknutzung oder auch Kurs- und Schulungsangebote bietet das DIMDI auf seiner Website www.dimdi.de an.

Abbildung 2: Erweiterte Suche bei Google (Google 2013).
 Quelle: http://www.google.de/advanced_search [Abrufdatum: 08.01.2013].



Suchmaschine Google

Aber nicht nur Datenbanken können als Informationsquelle dienen, sondern auch Suchmaschinen wie Google können, wenn auch eingeschränkt, genutzt werden. Der Unterschied zu Datenbanken besteht bei Suchmaschinen darin, dass sie nicht von eigens dafür zuständigen Experten auf ihren Inhalt und damit ihre Qualität geprüft werden.

Google bietet neben der allseits bekannten einfachen Websuche noch mehr. Wenn auch bei Weitem nicht so differenziert wie Dokumente in gepflegten Datenbanken, können erweiterte Suchen durchgeführt oder Ergebnisse nach gewünschten Formaten gefiltert werden. Anwendung finden zum Beispiel die gängigen logischen Operatoren (UND, ODER, NICHT). Der direkte Einstieg in die erweiterte Suche über die Startseite von Google ist nicht mehr möglich, doch nach dem gewohnten Starten einer einfachen Suchabfrage findet sich am unteren Ende der Seite der Link zur „Erweiterten Suche“ (www.google.de/advanced_search; **Abbildung 2**). Mit dieser „Erweiterte Suche“ lässt sich die Suchanfrage erheblich einschränken, was zu einer wesentlich überschaubareren Menge an Ergebnissen führt. Weitere Erläuterungen zu den Suchfunktionen bietet die Google-Hilfe, auf die ebenfalls am Ende jeder Ergebnisseite für eine Suchanfrage hingewiesen wird.

Fazit

Durch das Internet kann die Masse an vorhandenen Informationen nicht mehr mit einem Blick erfasst und wichtige Dokumente können leicht übersehen werden. Genaue Kenntnisse über das ‚Information Retrieval‘, das Wiederfinden von Informationen, sind für professionelle Recherchen unabdingbar. Die Ware „Information“ wird auf dem Markt als hochsensibles und wertvolles Gut gehandelt, da sie für Forschung und Entwicklung essentiell ist. Deshalb sollten für wichtige Recherchen geschulte Mitarbeiter oder gegebenenfalls extra dafür ausgebildete ‚Information Broker‘ eingesetzt werden, als Basis für gute Recherchen und um Zeit und Kosten zu sparen. Vor allem wenn es um aktuelle, valide Informationen geht, ist die Nutzung von geprüften Datenbanken unbedingt erforderlich. Suchmaschinen, wie beispielsweise Google oder Yahoo, bieten nur wenige Möglichkeiten für gezielte Suchaktionen. Sie sollten daher eher nur zum Erlangen eines ersten Informationsüberblicks eingesetzt werden.

Weiterführende Informationen

DATENBANKANBIETER DIMDI

Das DIMDI: <http://www.dimdi.de/static/de/dimdi/index.htm> (Abrufdatum: 21.01.2012).

Datenbankrecherche: <http://www.dimdi.de/static/de/db/index.htm> (Abrufdatum: 21.01.2013)

Medizinische Literatur und Fakten finden: <http://www.dimdi.de/static/de/db/basisinfo-db.pdf> (Abrufdatum: 21.01.2013).

WEITERE DATENBANKANBIETER

- Deutsches Ärzteblatt: <http://www.aerzteblatt.de>
- Dialog: <http://www.dialog.com>
- Elsevier B.V.: <http://www.elsevier.com>
- ProQuest Dialog: <http://www.dialog.com/proquestdialog>
- STN International: <http://www.stn-international.de>
- Thomson Reuters: <http://www.ip-science.thomsonreuters.com>
- U.S. National Library of Medicine: <http://www.nlm.nih.gov>

(Abrufdatum aller Datenbankanbieter: 08.01.2013)

WEITERE DATENBANKEN

- German Medical Science (gms): <http://www.egms.de/dynamic/de/index.htm>
- New England Journal of Medicine: <http://www.nejm.org/>
- Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS®), verfügbar über DIMDI: <http://www.dimdi.de>

(Abrufdatum aller Datenbanken: 08.01.2013)

INFORMATIONSMITTLUNGSTELLEN

Öffentlich-rechtliche Informationsvermittlungsstellen (Stand: Mai 2012): <http://www.dimdi.de/static/de/db/service/ivs/ivs1.htm> (Abrufdatum: 08.01.2013).

Privatwirtschaftliche Informationsvermittlungsstellen – Informationsbroker (Stand: August 2012): <http://www.dimdi.de/static/de/db/service/ivs/ivs2.htm> (Abrufdatum: 08.01.2013).

Literatur

Factsheet Medline (2011): <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/medline.html> (Abrufdatum: 08.01.2013).

Poetzsch E (2005): Naturwissenschaftlich-technische Information: Online, CD-ROM, Internet. 2., völlig neu bearb. Aufl. Berlin: Poetzsch. ISBN: 978-3-938945-00-1.

Poetzsch E (2006): Information Retrieval: Einführung in Grundlagen und Methoden. 5., völlig neu bearb. Aufl. Berlin: Poetzsch. ISBN: 978-3-938945-01-8.

Kontakt

Carolin Werner, Manuela Franke
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und
Gesundheitsmonitoring
Zentrum für Krebsregisterdaten
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: caroline.werner[at]fh-potsdam.de,
FrankeM[at]rki.de

[RKI]

Kommission Umweltmedizin am Robert Koch-Institut hat ihre Arbeit begonnen

Commission Environmental Health at the Robert Koch Institute has started its work

Abstract

The commission Environmental Health newly appointed by the Federal Ministry of Health (BMG) in the year 2012, advises the Robert Koch Institute (RKI) and the Federal Environment Agency (UBA) on environment associated risks with significance for health and has taken up its work to selected thematic key aspects.

Zusammenfassung

Die vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) im Jahr 2012 neuberufene Kommission Umweltmedizin berät das Robert Koch-Institut (RKI) und das Umweltbundesamt (UBA) zu umweltassoziierten Risiken mit Bedeutung für die Gesundheit und hat ihre Arbeit zu ausgewählten thematischen Schwerpunkten aufgenommen.

Die vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) im Jahr 2012 neuberufene Kommission Umweltmedizin berät das Robert Koch-Institut (RKI) und das Umweltbundesamt (UBA) zu umweltassoziierten Risiken mit Bedeutung für die Gesundheit und hat ihre Arbeit zu ausgewählten thematischen Schwerpunkten aufgenommen.

Die Kommission besteht aus 15 Mitgliedern, fünf ständigen Gästen (Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung und Länderarbeitsgruppe umweltbezogener Gesundheitsschutz), Vertretern aus dem UBA und dem RKI. Sie wird von einer Geschäftsstelle, die ihren Sitz im RKI hat, organisatorisch und fachlich betreut. Die Mitglieder sind für vier Jahre berufen. Die Kommission konstituierte sich am 2. März 2012 in Berlin. Auf dieser Sitzung wählten die Kommissionsmitglieder aus ihrer Mitte Frau Dr. Kerstin Leitner zur Vorsitzenden und Frau Prof. Dr. Claudia Hornberg sowie Prof. Dr. Annette Peters zu stellvertretenden Vorsitzenden. Die Kommission tagt in der Regel zweimal pro Jahr. Daneben sind auch Arbeitsgruppen-Sitzungen zu speziellen Fragestellungen vorgesehen.

Themen und Arbeitsgruppen

Die Kommission hat prioritäre Arbeitsschwerpunkte zu folgenden Themenbereichen festgelegt und entsprechende *Arbeitsgruppen* gebildet:

Beim Thema **Epidemiologische Studien** stehen Empfehlungen zum Schließen von vorhandenen Datenlücken, zum aktuellen Forschungsbedarf, zu methodischen Fragestellungen und zur Auswahl geeigneter Erhebungsinstrumente im Rahmen der bundesweiten Gesundheitssurveys und Umweltsurveys des RKI und des UBA sowie ergänzender epidemiologischer Studien im Vordergrund.

Zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von **artifiziellm Licht** und zu möglichen neuen **Gesundheitsrisiken im Zusammenhang mit der Energiewende**, zum Beispiel tieffrequenter Schall, ist die Neuarbeitung und die Aktualisierung bereits publizierter Stellungnahmen vorgesehen.

Zum Thema **Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels** evaluiert die Kommission Vorschläge zu Handlungsempfehlungen, die vom RKI und UBA im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) erarbeitet wurden. Diese sollen dann im nächsten Schritt mit Expertinnen und Experten der Länder und des Bundes diskutiert und abgestimmt werden.

Beim Schwerpunkt **Allergien** konzentriert sich die Arbeit der Kommission auf die Analyse der derzeitigen Datenlage und auf die Identifizierung von Forschungslücken in Deutschland. Ziel ist es weiterhin, Informationen zum Gesundheitsstatus der Bevölkerung und zu Expositionsrisiken besser zusammenzuführen.

Die **Qualität der umweltmedizinischen Versorgung** wird ebenfalls thematisiert. Derzeit wird eine Bestandsaufnahme der umweltmedizinischen Versorgung in Deutschland von der Kommission erstellt.

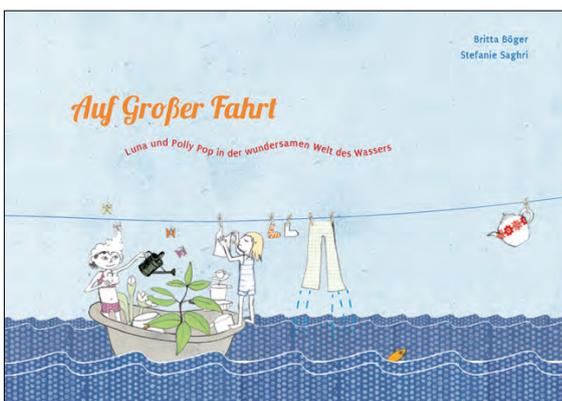
Durch ihre Aktivitäten leistet die Kommission einen wichtigen Beitrag zur evidenzbasierten Analyse und wissenschaftlichen Bewertung von umweltassoziierten Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung.

Weitere Informationen zur Kommission Umweltmedizin, den Kommissionsmitgliedern und ständigen Gästen finden Sie unter http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/UmweltKommission/umweltkommission_node.html (Abrufdatum: 15.01.2013).

Kontakt

Dr. Ing. Hildegard Niemann
Fachgebiet 22 – Epidemiologie nicht übertragbarer
Krankheiten
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
General-Pape-Str. 62–66
12101 Berlin
E-Mail: niemannh[at]rki.de

[RKI]



Diese Publikationen sind - auch in größerer Stückzahl - kostenfrei zu beziehen über:

Umweltbundesamt
 Fachgebiet II 1.1
 Geschäftsstelle „Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit“ (APUG)
 Corrensplatz 1
 14195 Berlin
 Internet: www.apug.de
 E-Mail: apug@uba.de