

Ausgabe 3 • 2012

September 2012

Weiterentwicklung von Lärmkarten für eine bessere Umweltkommunikation

Außerdem in diesem Heft:

Gesundheitliche Auswirkungen starker statischer Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie

Kurzfristige Prognosen der Krebsmortalität in Deutschland bis 2015

Ältere Menschen in der umweltepidemiologischen Gesundheitsforschung – Kenntnisstand und Defizite





UMID

Ausgabe 3 • 2012

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. 3/2012

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: Otto Durst / Fotolia.de

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

Weiterentwicklung von Lärmkarten für eine bessere Umweltkommunikation	5
Further development of noise maps for an improved environmental communication	
<i>Anna-Lena Kornfeld, Carsten Kurz, Matthias Hintzsche, Jochen Schiewe, Beate Weninger</i>	
Gesundheitliche Auswirkungen starker statischer Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie	11
Health effects of strong static magnetic fields of magnetic resonance imaging	
<i>Blanka Pophof</i>	
Kurzfristige Prognosen der Krebsmortalität in Deutschland bis 2015	16
German short-term cancer mortality predictions up until 2015	
<i>Jörg Haberland, Ute Wolf, Benjamin Barnes, Joachim Bertz, Stefan Dahm, Antje Laudi, Klaus Kraywinkel</i>	
Ältere Menschen in der umweltepidemiologischen Gesundheitsforschung – Kenntnisstand und Defizite	24
Elderly in environmental epidemiology – knowledge and gaps	
<i>Torben Vahle</i>	
Wichtige Ergebnisse der Fachtagung „Biogene Schadstoffe und Gesundheit“ 2012	29
Summary of the Symposium on biogenic contaminants 2012	
<i>Christiane Baschien, Regine Szewzyk, Heinz-Jörn Moriske</i>	

Weiterentwicklung von Lärmkarten für eine bessere Umweltkommunikation

Further development of noise maps for an improved environmental communication

*Anna-Lena Kornfeld¹, Carsten Kurz², Matthias Hintzsche³,
Jochen Schiewe⁴, Beate Weninger⁴*

Abstract

Beside the increasing public awareness of noise impacts on the environment and human health the public demand for a comprehensive communication of information on noise is growing. An important instrument in this context is the use of strategic noise maps, which can intelligibly inform the public about local noise problems and exposure. A study on behalf of the Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA) examined the usability of strategic noise maps for the fulfillment of this demand, analyzed shortcomings in form and content and shows possible enhancements. A concept for future noise mapping processes has been developed, where special noise characteristics can additionally be considered. The recommendations given for visual map encoding are based on the structure of the existing acoustical data.

Zusammenfassung

Mit dem zunehmenden Bewusstsein der Lärmauswirkungen auf Umwelt und menschliche Gesundheit gibt es auch einen wachsenden Bedarf an umfassender Kommunikation von Lärminformationen. Ein wichtiges Instrument hierbei sind strategische Lärmkarten, mit denen die Öffentlichkeit in verständlicher Form über Lärmprobleme und Belastungssituationen informiert werden soll. Eine im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) erstellte Studie untersuchte die Gebrauchsfähigkeit der Karten, analysierte formale und inhaltliche Defizite und zeigt Verbesserungsmöglichkeiten. Für künftige Lärmkartierungen wurde ein Konzept erarbeitet, das die besonderen Eigenschaften von Geräuschen berücksichtigt. Die Struktur der vorliegenden akustischen Daten ist hierbei Basis für die gegebenen Empfehlungen zur kartografischen Kodierung.

Einleitung

Die Europäische Umgebungslärmrichtlinie hat das Ziel, die Lärmbelastung der Bevölkerung in Europa zu mindern. Hierzu wird die Lärmexposition nach einheitlichen Kriterien erfasst und mithilfe von Lärmkarten visualisiert. Auf der Basis der Lärmkarten sollen zusammen mit der Öffentlichkeit die Lärmauswirkungen bewertet und wirksame Lärm-minderungsmaßnahmen im Rahmen der Lärmaktionsplanung entwickelt werden. Lärmkarten sind somit ein wichtiges Werkzeug für die Unterrichtung der Öffentlichkeit über die Lärmsituation.

Im Rahmen einer Studie für das Umweltbundesamt (UBA 2012) wurden die Defizite von strategischen Lärmkarten und Zusatzkarten für Straßenlärm sowohl formal als auch inhaltlich im Hinblick auf die Verwendung zur Öffentlichkeitsbeteiligung untersucht. Darauf aufbauend wurden Verbesserungsvorschläge für eine zielgruppen- und anwendungsfallorientierte Lärmkartierung erarbeitet.

¹ früher: HafenCity Universität Hamburg, Labor für Geoinformatik und Geovisualisierung, Hamburg;
inzwischen: DER SPIEGEL, Hamburg.

² Lärmkontor GmbH, Hamburg.

³ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

⁴ HafenCity Universität Hamburg, Labor für Geoinformatik und Geovisualisierung, Hamburg.

Ergebnisse der Analyse

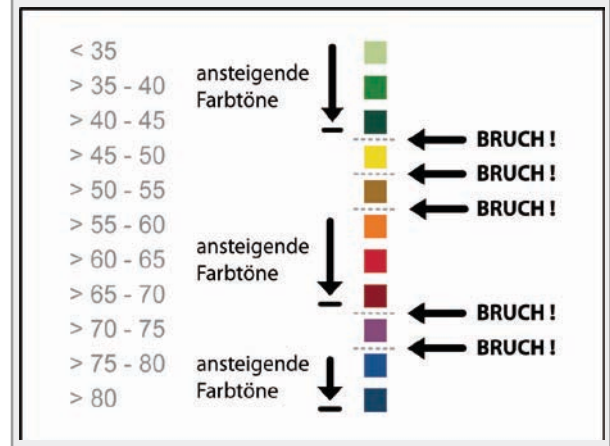
In einem ersten Schritt wurden die vorhandenen Anforderungen an Lärmkarten hinsichtlich der Karteninhalte, der kartografischen Darstellung und der Nutzergruppen beziehungsweise Anwendungsfälle analysiert. Dabei zeigte sich, dass die Karten aufgrund des hohen Abstraktionsgrades häufig für Laien schwer interpretierbar sind. Thematische Zusammenhänge sind Kartennutzern zum Beispiel häufig nicht bewusst. Dadurch werden die Möglichkeiten der Lärmkarten nur unzureichend genutzt.

Die in der 34. BImSchV nach DIN 18005-2 (DIN 18005-2 1991) festgelegten Vorgaben für Grundlagenkarten sind im Detail nicht ausreichend: So werden keine genaueren Angaben über Elemente gemacht, die die Orientierung und Lesbarkeit fördern können (z. B. zur Beschriftung oder zur Wiedergabe der Bebauung). Besondere Probleme der Darstellung von Lärmkarten auf Bildschirmen (relativ schlechte Auflösung) im Vergleich zu gedruckten Karten werden ebenfalls nicht berücksichtigt. Die Folge ist, dass der Hauptzweck der Grundkarten, die Förderung der Orientierung und Lesbarkeit, oft nicht erfüllt wird.

Ebenso ist die Wahl eines Kartentyps für die Darstellung von Schallpegeln nicht eindeutig vorgegeben. Grundsätzlich sind jedoch Isophonen-Bänder eine geeignete und allgemein akzeptierte Form. Andere Variationen einer flächenhaften Darstellung oder Vorgaben für die Wiedergabe von gegebenen punktuellen oder linienhaften Daten existieren allerdings nicht. Von der bandartigen Darstellung (laut DIN 18005-2) ist aus kartografischer beziehungsweise wahrnehmungspsychologischer Sicht dringend abzuraten: Die Darstellungen für breite Straßen erscheinen im Vergleich zu schmalen Straßen aufgrund der größeren abgedeckten Fläche wesentlich dominanter, obwohl der eigentliche Wert identisch ist.

Ein zentrales Problem der Lärmkarten ist die in der DIN 18005-2 festgesetzte Farbskala. Diese zeigt keine durchgängige Steigerung der Helligkeit (analog zu steigenden Pegelwerten). Stattdessen behindern diverse Helligkeitsbrüche bei den verwendeten (zu vielen) Farbtönen die intuitive Verständlichkeit der grafischen Darstellung (**Abbildung 1**). Eine modifizierte Farbkodierung wird daher dringend empfohlen.

Abbildung 1: Derzeit gültiges Farbschema nach DIN 18005-2 mit sieben verschiedenen Farbtönen und diversen Helligkeitsbrüchen.
Insgesamt sind fünf Brüche zu erkennen und nur drei kurze Abschnitte, in denen nachvollziehbare Farbabfolgen auftreten.



Um eine Lärmsituation umfassend interpretieren zu können, sind neben dem Schallpegel idealerweise noch weitere Parameter (wie Konflikt, Belastetenzahlen, Fassadenpegel) darzustellen. Hierfür gibt die DIN 18005-2 allerdings keine Vorgaben, sodass diese Darstellungen (wenn überhaupt vorhanden) nicht einheitlich gestaltet sind, was der Akzeptanz und Nutzung dieser wichtigen Informationen nicht förderlich ist.

Eine gruppensensitive und anwendungsbezogene Kartengestaltung wird in der Lärmkartierung kaum vorgenommen. Das mag damit zusammenhängen, dass bisher kaum Untersuchungen zur Nutzerakzeptanz durchgeführt worden sind, die Aufschluss darüber geben würden, wer sich warum und wie mit Lärmkarten beschäftigt. Erfahrungen aus anderen Anwendungsbereichen zeigen jedoch, dass eine nach Nutzergruppen und Anwendungsfällen differenzierte Kommunikation von umweltrelevanten Informationen Qualität und Quantität einer Nutzung erhöhen kann.

Eine grobe Einteilung der Nutzerinnen und Nutzer von Lärmkarten ergibt die folgenden drei Gruppen: a) Experten, b) mit der Umsetzung Beschäftigte und c) Laien. Es ist ratsam, neben der Nutzergruppe auch den Anwendungsfall der Lärmkarte bei der Erstellung zu berücksichtigen, da das Bedürfnis nach Information – und damit auch die Art der (kartografischen) Präsentation – je nach Anwendung verschieden sein kann.

Empfehlungen für künftige Lärmkartierungen

Kartografische Darstellung

Schon einfache Mittel können die Kommunikation von Umweltinformationen (hier der Lärmdaten) verbessern: Jede Karte sollte eine deutlich erkennbare Überschrift tragen, die eindeutig auf den Inhalt der Karte schließen lässt. Darüber hinaus sollte die Karte standardmäßig verschiedene Zusatzinformationen (Kartenrandangaben) enthalten. Hierzu gehören beispielsweise die deutliche Kennzeichnung der Aktualität und Verlässlichkeit der Daten durch ein Datum und eine Quelle. Weiterhin wird empfohlen, verwendete Fachbegriffe (z. B. Fassadenpegel) kurz zu erläutern. Zudem sollte der Kartenhintergrund zur Orientierung in der Karte stets vorhanden sein. Stark generalisierte Kartenabbildungen, etwa monochrome, topographische Karten, eignen sich gut als Kartenunterlage für die zentrale Lärmkartenthematik.

Neben der Hintergrundkarte können zusätzliche oder besonders hervorgehobene topographische Informationen und aussagekräftige Landmarken (z. B. Wasserflächen, U-Bahn-Stationen und Flughäfen)

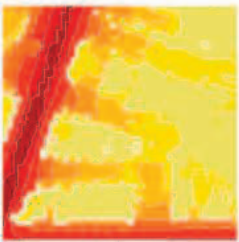
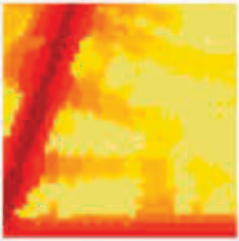
die Orientierung im städtischen Bild erleichtern (WG-AEN 2008).

Außerdem ist es sinnvoll, thematische Zusatzinformationen, die zur Interpretation der Lärmsituation beitragen können, in die Karte zu integrieren. Beispielsweise können besonders betroffene Objekte (Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser etc.) oder besondere Lärmquellen (z. B. Gewerbebetriebe) dargestellt werden. Ebenso können Informationen über die Verkehrsführung zur Diskussion von Lärmsituationen hilfreich sein. Durch das Einzeichnen von Sackgassen, Einbahnen und Parkverkehr kann ein besseres Verständnis für spezielle Problembe-reiche geschaffen werden. Auch das Einzeichnen von Geschwindigkeitsbegrenzungen, Lkw-Anteilen, Fahrbahnbelägen und die Standorte von Schallschutzwänden können eine Lärmsituation in vielen Fällen besser charakterisieren (UBA 2008).

Darstellung des Kartenthemas „Lärmpegel“

Grundsätzlich sollte sich der **Kartentyp** an der Struktur der vorliegenden Daten (d. h. punkt-, linien- oder rasterförmige Daten) orientieren: Die in der Praxis häufigsten Fälle – gleichmäßig verteilte

Abbildung 2: Empfehlung geeigneter Kartentypen in Abhängigkeit von der Struktur der vorliegenden Daten.

geg. Daten	Geeignete Kartentypen	geg. Daten	Geeignete Kartentypen	
Einzel- pegel	 Figurenkartogramm Punktpegelkarte Vektorformat (Punkte) Variation: Farbe	Isophone	 Isolinienkarte Isophonenkarte Vektorformat (Linien) Variation: Schrift	 Phonometrische Karte Isophonenbandkarte Vektorformat (Polygone) oder Rasterformat Variation: Farbe
	 Linienkartogramm Linienpegelkarte Vektorformat (Linien) Variation: Farbe		 Kontinuierliches Flächenkartogramm Kontinuierliche Rasterpegelkarte Rasterformat Variation: Sättigung, Intensität	 Klassifiziertes Flächenkartogramm Klassifizierte Rasterpegelkarte Rasterformat Variation: Farbe
Linien- pegel (z.B. Straßen- achsen)		Raster- pegel		

Rasterpegel oder Linienpegel entlang von Straßenachsen – sollten standardmäßig durch klassifizierte Rasterpegelkarten (klassifizierte Flächenkartogramme) beziehungsweise Linienpegelkarten (Linienkartogramme) wiedergegeben werden (**Abbildung 2**).

Nachfolgend werden die wesentlichen Kartentypen in Abhängigkeit von der gegebenen Datenstruktur vorgestellt. Hierzu wurden neben den kartografischen Bezeichnungen spezifische und eindeutige Bezeichnungen für das Thema Lärmpegel (Punktpegelkarte, Linienpegelkarte usw.) eingeführt:

- Für **Punktpegelkarten** wird empfohlen, die entsprechenden Werte durch die Variation von Farben bei konstanter Punktgröße darzustellen. Die sonst übliche Variation der Punktgrößen (bei konstanter Farbe) ist angesichts dichter Punktfolgen (z. B. an Fassadenpegeln) beziehungsweise zur Vermeidung von Verdeckungen in der Regel weniger geeignet.
- Für die Darstellung von Straßen und anderen linienhaft angeordneten Lärmpegeln sollten **Linienpegelkarten** verwendet werden. Dabei wird der Wert über vordefinierte Farben bei konstanter Linienbreite symbolisiert. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Linienpegelkarten nicht identisch sind mit den in DIN 18005-2 genannten „bandartigen Darstellungen“. Letztere charakterisieren zwar den Pegelwert über den Farbton, allerdings wird hier auch die Breite variiert (bzw. an die jeweilige Straßenbreite angepasst), was zu Fehlinterpretationen führt. Ferner assoziiert der Begriff „bandartige Darstellung“ einen Bezug zu den „Isophonen-Bändern“, der in diesem Kontext jedoch nicht gegeben ist.
- **Isophonenkarten** stellen Linien gleicher Pegelwerte dar. Häufig werden die Flächen zwischen den Isophonen mit einem einheitlichen Farbton ausgefüllt. Analog zu den Höhenschichtkarten („hypsometrische Karten“) könnte man daher von Pegelschichtkarten („phonometrischen Karten“) sprechen. Da sich in der Akustik aber bereits der Terminus „Isophonen-Bänder“ durchgesetzt hat, sollte von Isophonenbandkarten gesprochen werden.
- Bei gegebenen **Rasterpegeln** sollte eine entsprechende flächenhafte Darstellung gewählt werden. Grundsätzlich sind zwei Varianten denkbar: Zum einen kann die Farbtintensität oder -sättigung (bei

konstantem Farbton) jeder Rasterzelle proportional zum Pegelwert verändert werden (kontinuierliche Rasterpegelkarte). Zum anderen können die Pegelwerte vorab zu Pegelklassen zusammengefasst werden. Da in den Bestimmungen über die Lärmkartierung eine Einteilung in 5-dB-Klassen gefordert wird, ist diese Variante der Standardfall.

Bei der **Farbgebung** sollte prinzipiell das zentrale Kartenthema (z. B. die Lärmsituation) mit kräftigen, satten Farbtönen auf der Karte kommuniziert werden und sich so deutlich vom Kartenhintergrund abheben.

Die Daten, die den Lärm- oder Fassadenpegel beschreiben, sind logisch von niedrig bis hoch geordnet; diese Abfolge sollte sich auch in den Farben eindeutig wiederfinden. Auf diese Weise kann allein anhand der Farbe erkannt werden, ob es in einem angrenzenden Gebiet einen Anstieg oder eine Abnahme der Werte gibt. Gewöhnlich werden hohe Werte mit dunklen Farben und niedrige Werte mit hellen Farben dargestellt.

Basierend auf diesen Ausführungen wird als Alternative zur DIN 18005-2 eine ansteigende Farbfolge von hellem Gelbgrün über Orange nach Dunkelrot zur Darstellung des Lärmpegels empfohlen (**Abbildung 3**). Die lärmintensiven Bereiche ab 65 dB(A) sollten rot dargestellt werden, um mit dieser Signalfarbe eine mögliche Gesundheitsgefährdung anzuzeigen. Somit kann die Farbskala zusätzlich zur quantitativen Information auch qualitative Informationen vermitteln.

Bei der **Farbwahl** ist nicht nur auf Ästhetik und die Aussage zu achten, es muss auch beachtet werden, dass ungefähr 8 % der Männer und 0,4 % der Frauen eine Rot-Grün-Sehschwäche haben (Jenny, Kelso 2007). Diese bewirkt im Allgemeinen, dass die Farben Rot und Grün sehr ähnlich erscheinen. Es sollte daher auf Skalen verzichtet werden, die mit den Farben Rot und Grün verschiedene Ausprägungen anzeigen.

Fragen ergeben sich manchmal auch bei der Darstellung der Zahlenwerte in dB(A), da diese Angaben für Laien mitunter schwer verständlich sind. Es wird daher vorgeschlagen, in der **Legende** erläuternde Kategorien hinzuzufügen (z. B. „leichte“, „mittlere“ und „hohe“ Lärmbelastung).

Abbildung 3: Alternativer Farbvorschlag zur DIN 18005-2 für die Darstellung des Lärmpegels. Empfohlen wird eine Farbfolge von hellem Gelbgrün über Orange nach Dunkelrot. Angegeben sind die Farbcodes für verschiedene Ausgabegeräte (Drucker, verschiedene Bildschirme, Beamer).

		CMYK (Druck)	RGB (digital)	Hexadezimal (digital)
Lärmpegel Klassen nach DIN 18005 Teil 2				
<= 35		C=7 M=0 Y=37 K=0	R=244 G=242 B=184	#F4F2B8
> 35 - 40		C=7 M=0 Y=52 K=0	R=245 G=239 B=150	#F5EF96
> 40 - 45		C=13 M=0 Y=65 K=0	R=235 G=231 B=117	#EBE775
> 45 - 50		C=10 M=0 Y=87 K=0	R=242 G=230 B=43	#F2E62B
> 50 - 55		C=3 M=20 Y=90 K=0	R=249 G=203 B=29	#F9CB1D
> 55 - 60		C=0 M=38 Y=92 K=0	R=247 G=173 B=26	#F7AD1A
> 60 - 65		C=0 M=59 Y=92 K=0	R=239 G=130 B=34	#EF8222
> 65 - 70		C=0 M=87 Y=95 K=0	R=229 G=62 B=31	#E53E1F
> 70 - 75		C=10 M=100 Y=98 K=2	R=209 G=2 B=31	#D1021F
> 75 - 80		C=24 M=100 Y=99 K=22	R=160 G=20 B=29	#A0141D
> 80		C=52 M=100 Y=99 K=22	R=120 G=31 B=32	#781F20

Darstellung weiterer Kartenthemen in Lärmkarten

Der **Fassadenpegel** ist ein wichtiger Parameter, um die Lärmsituation darzustellen, der Bewohnerinnen und Bewohner direkt ausgesetzt sind. Wird der Lärmpegel flächig dargestellt, wird teilweise ein falscher Eindruck vermittelt, da die Werte in der Straßenmitte oft sehr hoch sind. Der Fassadenpegel hingegen fokussiert genau auf den Ort des Interesses: die Fassaden der Häuser. Der Fassadenpegel sollte deshalb in Form von Linienpegelkarten entlang der Gebäudeseiten dargestellt werden. Diese Methode ist aussagekräftig und ergibt ein klares Bild. Bei großen Maßstäben oder für Detailausschnitte eignet sich auch die punkthafte Darstellung. Bei kleinmaßstäbigen Karten hingegen können die Punktwerte nicht mehr differenziert beziehungsweise exakt abgelesen werden.

„Für die Prioritätensetzung von Maßnahmen ist es sinnvoll, die **Belastetenzahlen** nicht nur – wie von der Umgebungslärmrichtlinie gefordert – tabellarisch, sondern auch kartenmäßig darzustellen. Andernfalls sind „hot spots“ – also Gebiete, in denen viele Menschen (hohen) Lärmbelastungen ausgesetzt sind – nur schwer zu identifizieren“ (UBA 2008). Punktförmige Darstellungen bieten sich dann an, wenn die Zahl der Belasteten pro Gebäude eindeutig auslesbar ist, sofern dies da-

tenschutzrechtlich möglich ist. Ansonsten sollten Belastetenzahlen zu flächenförmigen Objekten aggregiert werden. Besonders geeignet ist die Verwendung der Lärmkennziffer, die sich aus dem Produkt Richtwertüberschreitung und Belastetenzahlen in einem Hektarraster ergibt (Bönnighausen, Popp 1988).

Nutzungsaspekte

Die Gebrauchstauglichkeit von Lärmkarten hängt davon ab, wie effektiv und effizient Nutzerinnen und Nutzer notwendige Informationen erhalten können. In der Analyse wurde bereits festgestellt, dass eine nach Nutzergruppen und Anwendungsfällen differenzierte Kommunikation umweltrelevanter Informationen nicht nur die Häufigkeit der Nutzung, sondern auch die Gebrauchstauglichkeit erhöhen kann. Neben der reinen kartografischen Gestaltung wird die Gebrauchstauglichkeit durch eine Anpassung an die Anwendungszwecke sowie an das notwendige Informationsbedürfnis verbessert.

Betrachtet man die Einbindung der Öffentlichkeit in der Lärmaktionsplanung nach dem Handbuch „Silent City“ (UBA 2008), lassen sich für die Ver-

wendung von Lärmkarten in der Öffentlichkeitsbeteiligung drei Phasen ableiten:

In der ersten Phase dienen Lärmkarten der Information über die derzeitige Lärmsituation. Sie sollen Bürgerinnen und Bürgern die Lärmsituation klar und im Detail veranschaulichen. Hierfür sollte eine Karte verwendet werden, die mit Hilfe von Straßennamen und Landmarken eine gute Orientierung ermöglicht und die Angabe des Lärmpegels oder des Fassadenpegels enthält.

In der zweiten Phase werden Lärmkarten bei der Mitwirkung der Öffentlichkeit an der Ausarbeitung eines Lärmaktionsplans und somit als Diskussionsgrundlage verwendet. In dieser Phase soll erläutert werden, nach welchen Kriterien Maßnahmen in der Lärmaktionsplanung ausgewählt wurden. Daher soll aus der Karte und den dazugehörigen Beschreibungen hervorgehen, wie Konfliktgebiete definiert sind. Sehr geeignet erscheint hierfür die Lärmkennziffer, die die Anzahl der betroffenen Personen berücksichtigt.

Die dritte Phase schließlich dient der Überprüfung der Maßnahmen: Für diese Fragestellung eignen sich Differenzkarten sehr gut, da sie Veränderungen durch geplante oder bereits umgesetzte Maßnahmen zeigen.

Auch können Lärmkarten inhaltlich erweitert werden, um dem heterogenen Informationsbedürfnis der Nutzerinnen und Nutzer Rechnung zu tragen. Die Forderung nach inhaltlicher Erweiterung geht zurück auf die Feststellung eines lückenhaften Verständnisses der Gesamtzusammenhänge in der städtischen Lärmproblematik. Aus diesem Grund sollten ergänzende Tabellen und Infografiken den Lärmkarten hinzugefügt werden. Diese Erweiterungen bedürfen eines stimmigen Gesamtlayouts, das zudem einen hohen Wiedererkennungswert aufweisen muss.

Fazit

Im Rahmen der Umgebungslärmrichtlinie werden Lärmkarten erstellt, die die Lärmsituation abbilden. Diese Karten werden nicht nur als Grundlage für die Lärmaktionsplanung, also die Durchführung konkreter Lärminderungsmaßnahmen verwendet, sondern eignen sich auch als effizientes Kommunikationsinstrument. Für diese Aufgabe müssen sie

allerdings noch stärker anwenderorientiert aufbereitet werden, um die komplexe Lärmproblematik in allgemeinverständlicher Weise zu veranschaulichen. Dies lässt sich durch die beschriebenen Verbesserungsmöglichkeiten erreichen. Die so weiterentwickelten Lärmkarten sind eine große Hilfe bei der Öffentlichkeitsbeteiligung, weil sie eine verständliche Darstellung der lokalen Lärmsituation ermöglichen und damit die Grundlage für die Vorschläge der Bürgerinnen und Bürger für Lärminderungsmaßnahmen bilden.

Literatur

Bönnighausen G, Popp C (1988): Die Lärmkennziffer-Methode, ein Beitrag zur Umweltverträglichkeitsprüfung. Hrsg.: Baubehörde, Freie und Hansestadt Hamburg 1988.

DIN 18005-2 (1991): Schallschutz im Städtebau; Lärmkarten; Kartenmäßige Darstellung von Schallimmissionen. Berlin: Beuth Verlag.

Jenny B, Kelso NV (2007): Color design for the colour vision impaired. *Cartograph. Persp.* 58: 61–67.

UBA (2008): Handbuch Silent City. Umgebungslärm, Aktionsplanung und Öffentlichkeitsbeteiligung. Hrsg.: Umweltbundesamt und Europäische Akademie für städtische Umwelt 2008. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3685.pdf> (Abrufdatum: 14.09.2012).

UBA (2012): Forschungsprojekt OptiLAP – Evaluierung und Optimierung der Lärmaktionsplanung nach der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG. Arbeitspaket 2.1: Analyse und Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit von Lärmkarten in der Öffentlichkeitsbeteiligung. UBA-Texte 27/2012. Umweltbundesamt. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4304.pdf> (Abrufdatum: 14.09.2012).

WG-AEN (2008): Working group on the assessment of exposure to noise (WG-AEN): Presenting noise mapping information to the public. <http://www.scribd.com/doc/11959575/Presenting-Noise-Mapping-Information-to-the-Public> (Abrufdatum: 14.09.2012).

Kontakt

Matthias Hintzsche
Fachgebiet I 3.4 „Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen“
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [matthias.hintzsche\[at\]uba.de](mailto:matthias.hintzsche[at]uba.de)

[UBA]

Gesundheitliche Auswirkungen starker statischer Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie

Health effects of strong static magnetic fields of magnetic resonance imaging

Blanka Pophof

Abstract

The Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) commissioned three scientific projects to investigate possible health effects of strong static magnetic fields used in magnetic resonance imaging. The fertility of male mice as well as the pregnancy of females including pregnancy rate and duration were not influenced by strong and repeated magnetic field exposure. The pups exposed during their embryonic development did not show any health relevant influences of the exposure, but did show a slightly delayed development regarding weight and opening of eyes, which was possibly caused by stress. The behavioral development of the pups remained unchanged. Several humans reported vertigo, nystagmus, magnetophosphenes and head ringing predominantly at 7 Tesla and during movement in magnetic field gradients. In spite of these unpleasant perceptions the magnetic fields did not have any influence on the cognitive performance of subjects and did not cause stress. Most volunteers got quickly accustomed to the exposure and the symptoms disappeared.

Zusammenfassung

In drei Forschungsvorhaben des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) wurden mögliche gesundheitliche Auswirkungen starker statischer Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie überprüft. In tierexperimentellen Studien war die Spermiogenese von männlichen Mäusen sowie Trächtigkeitsrate und -verlauf bei weiblichen Tieren durch eine wiederholte Magnetfeld-Exposition nicht beeinträchtigt. Die während der embryonalen Entwicklung exponierten Jungtiere zeigten keine gesundheitlich relevanten Einflüsse der Exposition, aber eine leicht verzögerte Entwicklung in Bezug auf Gewicht und das Öffnen der Augen. Das Verhalten der Jungtiere blieb unbeeinflusst. In Probandenstudien traten bei einigen Menschen vor allem bei 7 Tesla und bei Bewegungen im Gradienten des statischen Magnetfelds Schwindel, Lichtblitze und Klingeln im Kopf auf. Trotz dieser Wahrnehmungen hatten die Magnetfelder keinen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Testpersonen und verursachten keinen Stress. Die meisten Personen konnten sich an die Felder schnell gewöhnen und hatten dann keine Beschwerden mehr.

Einleitung

Bei der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT), einem in der Medizin häufig verwendeten bildgebenden diagnostischen Verfahren, kommen Personen mit starken statischen Magnetfeldern in Kontakt. Die aktuell in der Medizin verwendeten Geräte haben meist eine magnetische Flussdichte von 1,5 oder 3 Tesla (T), in der Forschung werden aber bereits Geräte mit 7, 9,4T und sogar 11,7T getestet. Zukünftig sollen diese auch in der medizinischen Diagnostik eingesetzt werden. Aktuelle Forschungsergebnisse geben keine Hinweise auf gesundheitliche Schäden durch Ganzkörperexpositionen mit Magnetfeldern bis zu 4 T. Die Auswirkungen stärkerer Magnetfelder sind aber bisher nur unzureichend untersucht.

Daher hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) drei Forschungsvorhaben zu gesundheitlichen Auswirkungen starker statischer Magnetfelder bis 7 T in Auftrag gegeben, die alle 2011 beendet wurden. Es ging dabei vor allem um den Schutz von schwangeren Patientinnen und des medizinischen Personals sowie um die kognitive Leistungsfähigkeit von Personen, die sich in starken Feldern und räumlichen Gradienten der statischen Magnetfelder bewegen. Eines der Vorhaben sollte klären, ob statische Magnetfelder einen Einfluss auf Fortpflanzung und die embryonale und postembryonale Entwicklung von Säugetieren haben. Ein weiteres Vorhaben untersuchte die Entwicklung des Verhaltens bei Jungtieren, die während ihrer Embryonalentwicklung

exponiert wurden. Das dritte Vorhaben befasste sich mit möglichen Auswirkungen starker statischer Magnetfelder auf die kognitive Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und den Stress bei Menschen.

Auswirkungen von Magnetfeldern auf Fortpflanzung und Entwicklung

In den letzten Jahrzehnten wurde MRT zunehmend auch bei schwangeren Frauen und in der Gynäkologie zur Diagnostik eingesetzt. Die Entwicklung leistungsfähigerer Tomographen mit höheren Feldstärken zur Verbesserung der Bildqualität erfordert die Überprüfung der biologischen Sicherheit. Deswegen untersuchten Fachleute an der Universität Duisburg-Essen im Forschungsvorhaben „Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT auf die Endpunkte Fortpflanzung und Entwicklung im Tiermodell“, ob und gegebenenfalls welchen Einfluss starke statische Magnetfelder auf die Entwicklung von Spermien bei männlichen erwachsenen Mäusen sowie auf den Trächtigkeitsverlauf und die Entwicklung der Embryonen bei weiblichen Mäusen haben. Zudem wurde die Fruchtbarkeit männlicher und weiblicher Mäuse, die während ihrer gesamten Embryonalentwicklung täglich statischen Magnetfeldern ausgesetzt worden waren, getestet (Grümmer 2011). Die Ergebnisse haben vor allem Bedeutung für die Sicherheit schwangerer Patientinnen sowie des medizinischen Personals.

Männliche Mäuse wurden 21 Tage lang und trächtige weibliche Mäuse 18 Tage lang täglich 75 Minuten im Isozentrum und am Eingang eines 1,5-T- und eines 7-T-Tomographen mit statischen Magnetfeldern exponiert (**Abbildung 1**) oder zur Kontrolle scheinexponiert (0 T). Die zur Bildgebung notwendigen Gradientfelder und hochfrequenten Felder waren nicht zugeschaltet.

Die Fruchtbarkeit der exponierten Männchen war – wie Spermiovitalität, Morphologie sowie die Untersuchung der Hoden zeigten – nicht negativ beeinflusst. Bei Weibchen zeigte sich kein Einfluss der Magnetfeld-Exposition auf Trächtigkeitsrate, Trächtigkeitsdauer, Wurfgröße und Geschlechterverteilung der Jungtiere. Es wurden keine Resorptionen (Verlust von Embryonen) beobachtet.

Bei den während der embryonalen Entwicklung exponierten Jungtieren wurden keine Fehlbildun-

Abbildung 1: Mäuse im Zentrum und am Eingang eines Tomographen. Quelle: Universität Duisburg-Essen.



gen (Nabelschnurbruch, Hirnbruch, Missbildungen von Gliedmaßen) beobachtet. Fehlbildungen der Augenanlagen traten sehr selten auf und zeigten keinen Einfluss der Magnetfeld-Exposition, waren also bei nicht exponierten Tieren gleich häufig wie bei exponierten. Bei den meisten während der embryonalen Entwicklung exponierten Gruppen zeigte sich gegenüber den Kontrollen eine leicht verzögerte Entwicklung in Bezug auf Gewicht und das Öffnen der Augen, wobei die bei 7 T exponierten Tiere weniger betroffen waren als die bei 1,5 T. Alle Werte lagen im normalen physiologischen Bereich und die Tiere waren gesund.

Es zeigte sich kein Einfluss der Magnetfeld-Exposition auf Hoden und Spermienentwicklung bei den jungen, während ihrer embryonalen Entwicklung exponierten Männchen. Bei Verpaarung mit nicht exponierten Weibchen waren diese Männchen, gemessen an der Trächtigkeitsrate, genau so fruchtbar wie scheinexponierte Tiere. Die Exposition von jungen Weibchen während ihrer Embryonalentwicklung zeigte nach Verpaarung mit nicht exponierten Männchen keinen Einfluss auf die Trächtigkeitsrate, Anzahl der Embryonen und die Resorptionsrate; ihre Plazenten und bei 7 T auch die Embryonen zeigten aber ein signifikant reduziertes Gewicht.

Das geringere Gewicht der Embryonen und Plazenten könnte einen negativen Einfluss der Exposition bedeuten, allerdings waren alle Embryonen normal entwickelt.

Insgesamt ergibt sich aus der Studie, dass die Spermio-genese von männlichen Mäusen sowie der Trächtigkeitsverlauf bei Weibchen durch eine wiederholte starke Magnetfeld-Exposition nicht beeinträchtigt waren. Die während der gesamten embryonalen Entwicklung täglich exponierten Jungtiere zeigten keine gesundheitlich relevanten Einflüsse der Exposition, aber eine gegenüber den Kontrollen leicht verzögerte Entwicklung in Bezug auf Gewicht und das Öffnen der Augen. Die weitere Entwicklung der Jungtiere nach der Geburt war normal. Es lässt sich nicht ausschließen, dass Gewichtsverminderung und verzögerte Augenöffnung nicht direkt durch die statischen Magnetfelder hervorgerufen wurden, sondern auf eine Stresssituation während der Exposition zurückzuführen sind, da die Tiere während der Exposition Verhaltensänderungen zeigten (sie blieben zum größten Teil bewegungslos), die darauf schließen lassen, dass sie die Felder wahrnehmen konnten.

Diese Ergebnisse an trächtigen Mäusen geben Hinweise darauf, dass einerseits keine schwerwiegenden gesundheitlichen Wirkungen bei schwangeren Frauen und Embryonen beziehungsweise Föten durch starke statische Magnetfelder bis 7 T hervorgerufen werden, andererseits Beeinträchtigungen nicht ausgeschlossen werden können, die aber keine langfristigen Wirkungen zur Folge haben. Es ist auch zu beachten, dass Patientinnen und das medizinische Personal in der Realität nicht so regelmäßig solch hohen magnetischen Flussdichten ausgesetzt werden. Aus Vorsorgegründen sollte dennoch das Nutzen-Risiko-Verhältnis bei jeder MRT-Untersuchung von Schwangeren medizinisch streng abgewogen werden (SSK 2002). Eine MRT-Untersuchung ist anderen bildgebenden Verfahren, die nachweislich krebserregende ionisierende Strahlung nutzen, wie beispielsweise Röntgen oder Computertomographie (CT), vorzuziehen. In diesem Fall sollten allerdings die Expositionsniveaus so niedrig wie möglich gehalten werden. So sollten die Untersuchungen insbesondere nicht an Hochfeldsystemen durchgeführt werden.

Auswirkungen einer Magnetfeld-Exposition während der Embryonalentwicklung auf das Verhalten

Das Vorhaben „Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT während der Embryonalentwicklung auf kognitives und emotionales Verhalten bei Mäusen“ wurde am Zentralinstitut für Seelische Gesundheit Mannheim durchgeführt. Es schloss sich an das Vorhaben zur Fortpflanzung und Entwicklung an und untersuchte die Entwicklung des emotionalen und kognitiven Verhaltens (Ängstlichkeit, Lernfähigkeit) bei männlichen und weiblichen Jungtieren, die während ihrer Embryonalentwicklung exponiert wurden (Gass 2011; Hoyer 2012).

Studien mit Nagern bieten die Möglichkeit, sowohl akute als auch Langzeiteffekte einer Magnetfeld-Exposition in systematischer Weise zu untersuchen. Dabei können insbesondere Verhaltensanalysen dazu beitragen, auch subtilere Effekte einer Magnetfeld-Exposition auf das sich entwickelnde Gehirn nachzuweisen. In der vorliegenden Studie wurde das Verhalten von jungen erwachsenen Mäusen untersucht, die während der gesamten Embryonalentwicklung täglich für 75 Minuten einem statischen Magnetfeld von 7 T Feldstärke ausgesetzt waren. In zahlreichen standardisierten Verhaltenstests sowohl für emotionales Verhalten (Ängstlichkeit, Depressivität) wie auch für Lernen und Gedächtnis konnten in Abhängigkeit von der Exposition keine Verhaltensauffälligkeiten nachgewiesen werden. Es wurden durchgehend geschlechtsspezifische Unterschiede gefunden. Das spricht für eine hohe Empfindlichkeit der Tests, mit denen auch geringfügige Unterschiede nachgewiesen werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Verhalten und die Lernfähigkeit der während der Embryonalentwicklung exponierten Jungtiere normal entwickelten und die im Vorhaben zur Fortpflanzung beobachtete geringfügige Verzögerung der körperlichen Entwicklung keinen weiteren negativen Einfluss hatte. Ergebnisse aus Tierexperimenten sind zwar nicht vollständig auf Menschen übertragbar, sie deuten aber darauf hin, dass eine MRT-Untersuchung von schwangeren Patientinnen die gesunde Entwicklung ihrer Kinder nicht beeinträchtigt.

Auswirkung von Magnetfeldern auf kognitive Leistungsfähigkeit

Das Vorhaben „Auswirkung der Exposition mit starken statischen Magnetfeldern auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Probanden“ wurde am Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg gemeinsam mit dem Zentralinstitut für Seelische Gesundheit Mannheim durchgeführt. Es wurde überprüft, ob und in welchem Maße das Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit von Patienten und im Besonderen des medizinischen Personals durch die Exposition mit statischen Magnetfeldern oder durch eine langsame gleichmäßige Bewegung in räumlichen Gradienten statischer Magnetfelder beeinträchtigt werden (Rauschenberg 2012). Insbesondere bei operativen Eingriffen unter MR-Kontrolle muss gewährleistet sein, dass die Leistungsfähigkeit des medizinischen Personals nicht eingeschränkt ist und Patienten dadurch nicht gefährdet werden. Diesbezüglich gibt es aus der Fachliteratur Hinweise, dass gerade die für operative Eingriffe so wichtigen Bereiche wie visuelle Wahrnehmung, Auge-Hand-Koordination und Reaktionsvermögen durch Magnetfelder beeinträchtigt sein können (de Vocht 2007).

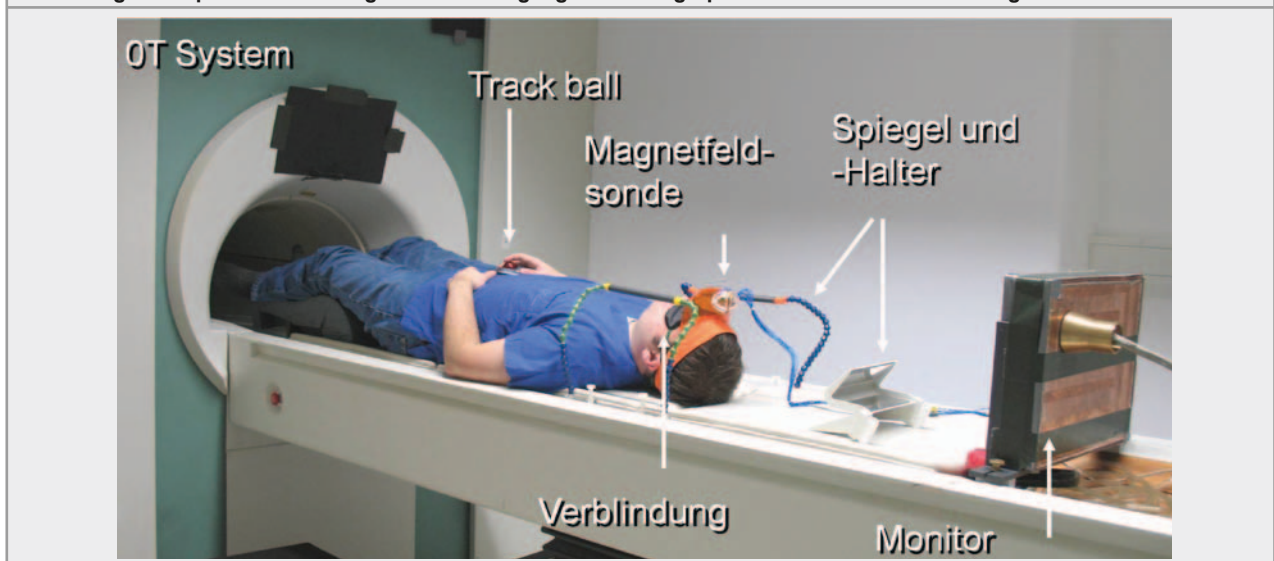
Aufgrund einer ausführlichen Literaturrecherche (Heinrich 2011) wurden zehn unterschiedliche Tests zu Aufmerksamkeit, Reaktionszeit, Gedächtnis, Auge-Hand-Koordination, visueller Kontrastsensitivität und visueller Auflösung ausgewählt. Weiterhin wurden Befindlichkeit und Stressbelastung untersucht. Alle Tests wurden im statischen

Magnetfeld von drei Tomographen verschiedener Magnetfeldstärke (1,5, 3 und 7 T) und zur Kontrolle im feldfreien Raum bei gleichen Umgebungsbedingungen durchgeführt. Zur Erfassung der Magnetfelder wurde ein Messgerät entwickelt, mit dem gleichzeitig die lokale magnetische Flussdichte und deren zeitliche Änderung für einzelne Probanden gemessen werden konnte (Groebner 2011).

Insgesamt wurden 41 Testpersonen (21 Männer und 20 Frauen) im Alter von 18 bis 34 Jahren bei allen Feldstärken jeweils einmal im Zentrum der Magnetbohrung und einmal während einer langsamen kontinuierlichen Bewegung durch den Gradienten des statischen Magnetfeldes am Eingang des Scanners untersucht (**Abbildung 2**). Die Untersuchung war einfach verblindet, die Probanden waren also nicht darüber informiert, in welcher Feldstärke sie jeweils getestet wurden. Es wurden jeweils alle zehn Kognitionstests durchgeführt.

Es zeigten sich keine signifikanten Effekte der verschiedenen statischen Magnetfelder bis 7 T auf die Ergebnisse der einzelnen Kognitionstests. Bezüglich des Wohlbefindens zeigte sich für das Auftreten von Schwindel, Nystagmus (unkontrollierte Augenbewegungen), Lichtblitzen und Klingeln im Kopf ein signifikanter Zusammenhang mit der Feldstärke. Schwindel war bei 7 T signifikant stärker ausgeprägt als unter allen anderen Bedingungen. Nach einer kurzen Gewöhnung von einigen Minuten traten bei 80 % der Testpersonen die Symptome nicht mehr auf. Die Messung der Stresshormone vor, während und nach der Untersuchung anhand von Blut- und

Abbildung 2: Testperson mit Messgeräten am Eingang des Tomographen. Quelle: DKFZ Heidelberg.



Speichelproben ergab keine signifikanten Effekte der Feldstärke. Die per Fragebogen erfassten Schätzungs-raten der Testpersonen, in welcher Feldstärke sie sich an einem bestimmten Untersuchungstag befunden hatten, ergaben, dass die Verblindung erfolgreich war. Die Testpersonen konnten die Feldstärke nicht besser als zufällig schätzen.

Insgesamt ergibt sich aus der Studie, dass die Leistungsfähigkeit von Personen in Bezug auf visuelle und motorische Fähigkeiten sowie Reaktionsvermögen und Gedächtnis während eines Aufenthaltes in statischen Magnetfeldern sowie während langsamer Bewegungen in räumlichen Gradienten statischer Magnetfelder nicht anhaltend beeinträchtigt ist. Aus diesem Grund besteht keine Gefahr für Patientinnen und Patienten, schnelle Bewegungen in Feldgradienten sollten aber trotzdem vermieden werden. Für empfindliche Personen kann eine MRT-Untersuchung mit unangenehmen Empfindungen verbunden sein, diese bedeuten jedoch kein gesundheitliches Risiko. Die Symptome klingen bei den meisten Probanden nach kurzer Zeit, spätestens aber kurz nach Ende der Untersuchung, ab. Viele Personen gewöhnen sich bereits während der Untersuchung an die Felder und haben anschließend keine Beschwerden mehr.

Danksagung

Ein herzlicher Dank gilt allen an den Forschungsvorhaben beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Duisburg-Essen, des Krebsforschungszentrums Heidelberg und des Zentralinstituts für Seelische Gesundheit Mannheim, die durch hervorragende wissenschaftliche Arbeit die hier zusammengefassten Ergebnisse erzielt haben.

Weitere Informationen des BfS

- **Biologische und gesundheitliche Wirkungen statischer Magnetfelder:** http://www.bfs.de/de/elektro/nff/wirkungen/Wirkungen_statische_Magnetfelder.html (Abrufdatum: 05.07.2012).
- **Beeinflussen starke statische Magnetfelder die Gesundheit?:** http://www.bfs.de/de/elektro/nff/weitere_informationen/Statische_Magnetfelder.html (Abrufdatum: 05.07.2012).
- **Forschungsvorhaben des BfS zur Wirkung starker statischer Magnetfelder:** http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/stellungnahmen/statische_mag-netfelder.html (Abrufdatum 11.07.2012).

- **Magnet-Resonanz-Tomographie:** http://www.bfs.de/de/ion/medizin/diagnostik/alternativ_schnittbildverfahren/mrt.html (Abrufdatum: 05.07.2012).

Literatur

de Vocht F, Glover P, Engels H et al. (2007): Pooled analyses of effects on visual and visuomotor performance from exposure to magnetic stray fields from MRI scanners: application of the Bayesian framework. In: J Magn Reson Imaging 26(5): 1255–1260.

Gass P (2011): Effects of repeated exposure with strong static magnetic fields of MRI during embryogenesis on cognitive and emotional behaviour in mice. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201112226829> (Abrufdatum: 22.06.2012).

Groebner J, Umathum R, Bock M et al. (2011): MR safety: simultaneous B0, dΦ/dt, and dB/dt measurements on MR-workers up to 7 T. In: MAGMA 24(6): 315–322.

Grümmer R, Ladd ME, Winterhager E (2011): Effects of repeated exposure to strong static magnetic fields of MRI on the endpoints reproduction and development in an animal model. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201112226819> (Abrufdatum: 22.06.2012).

Heinrich A, Szostek A, Nees F et al. (2011): Effects of static magnetic fields on cognition, vital signs, and sensory perception: a meta-analysis. In: J Magn Reson Imaging 34(4): 578–763.

Hoyer C, Vogt MA, Richter SH et al. (2012): Repetitive exposure to a 7-Tesla static magnetic field of mice in utero does not cause alterations in basal emotional and cognitive behavior in adulthood. In: Reprod. Toxicol. 34(1): 86–92.

Rauschenberg J, Heinrich A, Paslakis G (2012): Effects of exposure to strong static magnetic fields on the cognitive performance of volunteers. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201203127647> (Abrufdatum: 22.06.2012).

SSK (2002): Empfehlungen zur sicheren Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. BAnz Nr. 72.

Kontakt

Dr. Blanka Pophof
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
AG-SG 1.1 Biologische Strahlenwirkungen,
Biologische Dosimetrie
85762 Oberschleißheim
E-Mail: [bpophof\[at\]bfs.de](mailto:bpophof[at]bfs.de)

[BfS]

Kurzfristige Prognosen der Krebsmortalität in Deutschland bis 2015

German short-term cancer mortality predictions up until 2015

Jörg Haberland, Ute Wolf, Benjamin Barnes, Joachim Bertz, Stefan Dahm, Antje Laudi, Klaus Kraywinkel

Abstract

For many years, the total cancer mortality among men and women in Germany has been declining and it is expected that this trend will continue in the next few years. However, some cancer sites show increasing death rates, such as lung cancer in women who might become the leading cancer mortality site among women in the near future. Due to the demographic changes in Germany the absolute number of cancer deaths is expected to increase slightly till 2015 to roughly rounded 220,000 cases.

Zusammenfassung

Seit vielen Jahren ist die Krebssterblichkeit (Krebsmortalität) insgesamt bei Männern und Frauen in Deutschland erfreulich rückläufig und wird sich dieser Schätzung zufolge auch in den nächsten Jahren so weiterentwickeln. Dennoch weisen einige Krebsarten ansteigende Sterberaten auf, wie beispielsweise Lungenkrebs bei Frauen, der sich zukünftig zur häufigsten Krebstodesursache bei Frauen entwickeln könnte. Außerdem wird durch den zu erwartenden demografischen Wandel die absolute Zahl an Krebssterbefällen bis 2015 voraussichtlich leicht ansteigen auf dann jährlich rund 220.000 Fälle.

Hintergrund

Von den in Deutschland im Jahr 2010 insgesamt verstorbenen 858.768 Personen erlagen 218.268 einem Krebsleiden (ICD-10 C00-97 ohne C44). Damit sind rund ein Viertel aller Sterbefälle auf bösartige Neubildungen zurückzuführen, wobei sich dieser Anteil seit den 1990er Jahren zwar nur geringfügig, aber dennoch erhöht hat. Diese Entwicklung belegt einmal mehr die große gesundheitspolitische Bedeutung von Krebserkrankungen, die auch im Zusammenhang mit dem zu erwartenden demografischen Wandel (Alterung der Bevölkerung) voraussichtlich weiter zunehmen wird.

Traditionell analysiert das Robert Koch-Institut (RKI) seit mehreren Jahrzehnten das Krebsgeschehen in Deutschland, das unter anderem auch die Entwicklung der Krebsmortalität beinhaltet. Mit dem Bundeskrebsregisterdatengesetz von 2009 wurde „die regelmäßige Schätzung und Analyse der jährlichen Krebssterberaten“ sogar zu einer gesetzlichen Aufgabe des neu gegründeten Zentrums für Krebsregisterdaten (ZfKD) am RKI (Bundeskrebsregisterdatengesetz 2009; Wolf et al. 2011). Das Institut hat in den vergangenen Jahren nicht nur die zurückliegende, sondern auch die zukünftige Ent-

wicklung des Krebssterbegeschehens untersucht, die für die wissenschaftliche Forschung und administrative Planung ebenfalls wichtig ist (Schön et al. 2003; Haberland et al. 2006; Haberland et al. 2010). Darauf aufbauend werden in diesem Beitrag mit aktuell verfügbaren Daten kurzfristige Prognosen der Krebssterbefälle und -raten bis zum Jahr 2015 dargestellt und diskutiert. Neben dem Vergleich der Entwicklung von Krebs insgesamt mit dem gesamten Sterbegeschehen werden für zahlreiche wichtige Krebseinzellokalisationen die Ergebnisse der Extrapolationen aufgeführt.

Datenbasis

Grundlage für die Auswertungen bilden die vom Statistischen Bundesamt jährlich publizierten alters- und geschlechtsspezifischen Daten der Todesursachenstatistik in Deutschland von 1995 beziehungsweise 1998 bis zum aktuell verfügbaren Jahr 2010. Im Jahr 1998 erfolgte eine Umstellung von der ICD-9-Klassifikation auf die gegenwärtig noch aktuelle ICD 10, sodass durch die Wahl dieses Startjahres hier keine Rekodierungen notwen-

dig werden, die bei Einzellokalisationen teilweise mit Schwierigkeiten verbunden sind. Die Mortalitätsdaten stehen über den Beobachtungszeitraum in 5 Jahres-Altersklassen (0–4 Jahre, 5–9 Jahre, ..., 80–84 Jahre, 85 Jahre und älter) zur Verfügung.

Als Bezugsgröße für die Sterbefälle dient die fortgeschriebene durchschnittliche Jahres-Wohnbevölkerung der statistischen Ämter und bezieht damit alle in Deutschland wohnhaften Personen ohne Berücksichtigung ihrer Staatsangehörigkeit ein. Über das Jahr 2010 hinaus bietet das Statistische Bundesamt im Rahmen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, nach Alter und Geschlecht gegliedert, Stichtagsbevölkerungsdaten bis zum Jahr 2060 in verschiedenen Varianten an (Statistisches Bundesamt 2009). Die einzelnen Varianten beschreiben unterschiedliche Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Geburtenhäufigkeiten, der Lebenserwartung und der Zuwanderung. In diesem Beitrag wird die Variante 1-W1 berücksichtigt, mit überwiegend gemäßigten Annahmen bezüglich der drei Einflussfaktoren. Da sich die Bevölkerungszahlen der einzelnen Varianten in den ersten Jahren bis 2015 nur relativ gering unterscheiden im Vergleich zum weiteren Verlauf bis 2060, sind die Auswirkungen auf die Prognosen der Krebssterblichkeit nur von untergeordneter Bedeutung und werden hier nicht näher betrachtet. Die als Stichtagsbevölkerungen zum Ende eines jeden Jahres vorliegenden Bevölkerungsvorausberechnungen werden über jeweils zwei aufeinander folgende Jahre gemittelt, um die zur Berechnung von Raten notwendigen durchschnittlichen Bevölkerungszahlen zu erhalten.

Methoden

Zur Modellierung alters-, geschlechts- und periodenspezifischer Raten werden schon seit langem log-lineare Modelle unter Annahme einer Poissonverteilung eingesetzt. Hakulinen und Dyba schlagen solche Modelle mit linearen Trendverläufen für kurzfristige Voraussagen von Krebsinzidenzraten vor (Hakulinen, Dyba 1994; Dyba, Hakulinen 2000). Um die Genauigkeit der Voraussagen besser beurteilen zu können, leiten die Autoren für die Prognosewerte sowohl approximative Konfidenz- als auch Prognoseintervalle ab. Auch wenn längere Zeitreihen zur Verfügung stehen, verwenden sie bewusst allein die letzten Jahre zur Modellschätzung, um möglichst nur aktuelle Trendentwicklungen

für die Extrapolationen zu berücksichtigen. Weiterhin empfehlen die Autoren im Zusammenhang mit ansteigenden Trends, auf eine logarithmische Transformation in der Modellierung zu verzichten, um exponentiell wachsende Prognosen zu vermeiden. Darüber hinaus wird in den vorgeschlagenen Modellen die Möglichkeit von Überdispersion berücksichtigt, die tendenziell mit steigendem Aggregationsniveau der Daten eine zunehmende Bedeutung erlangt. Die Methode wird unter anderem auch von der International Agency for Research on Cancer (IARC) zur Prognose nationaler Krebsinzidenz und -mortalität in Europa eingesetzt (Ferlay et al. 2007; Ferlay et al. 2010). In diesem Beitrag wird das etablierte Verfahren zur kurzfristigen Voraussage der Krebsmortalität in Deutschland bis 2015 eingesetzt. Um für die Prognosen möglichst parametersparsame Modelle zu verwenden, wird hier zusätzlich in den einzelnen Altersklassen geprüft, ob statt der linearen Trends besser nur konstante Trendverläufe verwendet werden sollten. Hierzu wird als Modellauswahlkriterium das „Bayesian Information Criterion“ (BIC) eingesetzt. Außerdem wird im Falle von Überdispersion im Zusammenhang mit rückläufigen Trends eine negative Binomialverteilung anstelle einer Poissonverteilung unterstellt, was primär die Varianzschätzungen beeinflusst und weniger die Prognosen selbst.

Die Gruppe Krebs gesamt (ICD-10 C00-97 ohne C44) wird in dem vorliegenden Beitrag nicht separat modelliert, sondern resultiert aus der Summe aller hier untersuchten Einzellokalisationen zuzüglich einer entsprechenden Restgruppe, deren Ergebnisse allerdings nicht präsentiert werden. Mit diesem Vorgehen ist eine Additivität der Schätzungen gewährleistet und außerdem lassen sich so tendenziell die Gefahren von Überdispersion vermeiden. Um die zukünftige Bedeutung von Krebs am gesamten Sterbegeschehen beurteilen zu können, wurden darüber hinaus Prognosen für die ICD-10-Gruppe A00-T98 (alle Todesursachen) erstellt. Anders als für Krebs gesamt wurde diese Gruppe an dieser Stelle insgesamt modelliert. Auch wenn in der hoch aggregierten Gesamtgruppe die Gefahr von Heterogenität stärker gegeben ist, wurde auf eine separate Modellierung der Untergruppen mit anschließender Aggregation verzichtet, da die Gesamtsterblichkeit nicht im Fokus dieser Untersuchung steht, sondern hier nur dazu dient, die Krebssterblichkeit daran zu messen.

Neben den Prognosen auf der Basis der altersspezifischen linearen Trendextrapolationen werden in diesem Beitrag zusätzlich Vorhersagen präsentiert, die auf den vereinfachenden und teilweise unrealistischen Annahmen beruhen, dass die 2010 zuletzt beobachteten Mortalitätsraten künftig unverändert bleiben (konstante Raten). Kombiniert mit den Bevölkerungsvorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes lassen sich mit diesen alternativen Schätzungen allein die Konsequenzen der zukünftigen Bevölkerungsstrukturveränderungen quantifizieren, die im Rahmen des demografischen Wandels in Deutschland zu erwarten sind und die in der Politik sowie in den Medien vielfach diskutiert werden.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der auf die Europabevölkerung altersstandardisierten Mortalitätsraten pro 100.000 der Bevölkerung bezüglich Krebs gesamt bei Frauen und Männern in Deutschland im Vergleich zur Gesamtsterblichkeit (ICD-10 A00-T98). Über den Beobachtungs- beziehungsweise

Schätzzeitraum von 1998 bis 2010 sinkt die beobachtete Krebsmortalität dauerhaft bei beiden Geschlechtern ebenso wie die Gesamtsterblichkeit, von wenigen Ausnahmen abgesehen (durchgezogene Linien). Die in der Grafik dargestellten Prozentangaben beziehen sich im Beobachtungszeitraum auf die Rückgänge in den beobachteten Raten zwischen 1998 und 2010 sowie im Prognosezeitraum auf die Rückgänge in den extrapolierten Raten zwischen 2010 und 2015. Wie die Zahlen verdeutlichen, fällt der prozentuale Rückgang in der gesamten Sterblichkeit höher aus als bei Krebserkrankungen, mit einem jeweils stärkeren Rückgang bei den Männern gegenüber Frauen. In den Extrapolationen sinken auch nach 2010 die geschätzten beziehungsweise vorausgesagten Mortalitätsraten (gestrichelte Linien) dauerhaft und weichen teilweise schnell von den Prognosen ab, die auf den alternativen Annahmen zukünftig konstanter Mortalitätsraten basieren (horizontal gestrichelte Linien).

Absolut betrachtet führt diese aktuelle Schätzung zu insgesamt rund 220.000 Krebssterbefällen im Jahr 2015, was dann mehr als 600 Sterbefällen pro Tag entspricht. Gemessen an allen Todesursachen steigt der Krebsanteil bei Männern über die Jahre leicht an und liegt mit dann fast 30 % weiterhin über dem entsprechenden Anteil von 22 % bei Frauen, der über die Jahre sogar leicht rückläufig ist (**Tabelle 1 und 2**). Bei Frauen sinkt die absolute Zahl der Krebssterbefälle über die Jahre, bei Männern steigt sie dagegen an, trotz der rückläufigen standardisierten Raten. Anders als bei Frauen sinken die altersspezifischen Krebsraten bei Männern offensichtlich nicht stark genug, um die negativen Auswirkungen des demografischen Wandels zu kompensieren.

Unter der alternativen Annahme konstant gehaltener Sterberaten ab 2010 würde auch bei Frauen allein durch die zu erwartenden demografischen Veränderungen die Zahl der Krebssterbefälle bis 2015 auf einen Wert ansteigen, der noch über dem von 1998 liegt. Bei Männern fallen die Veränderungen in den absoluten Sterbezahlen unter der Annahme unveränderter Sterberisiken noch deutlicher aus. Gemessen an allen Todesursachen verringert sich in diesem Fall der Anteil der Krebssterbefälle bis 2015 bei beiden Geschlechtern geringfügig, was darauf schließen lässt, dass die Auswirkungen der zukünftigen demografischen Entwicklung auf die übrigen Todesursachen mindestens ebenso dramatisch ausfallen werden wie bei Krebs.

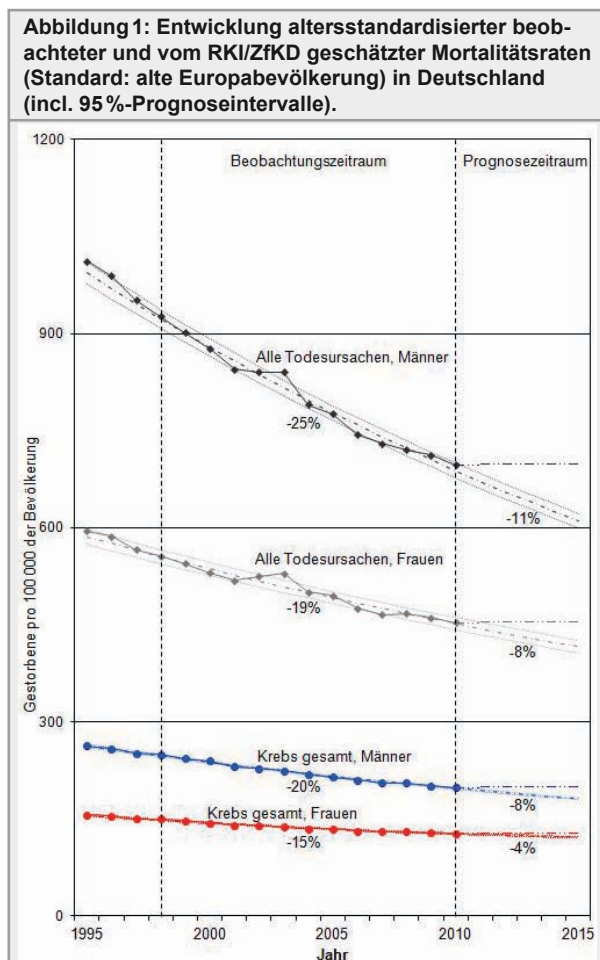


Tabelle 1: Beobachtete (Quelle: Statistisches Bundesamt) und vom RKI/ZfKD prognostizierte Zahl der Sterbefälle an Krebs für wichtige Lokalisationen sowie für Krebs gesamt und alle Todesursachen bei Männern in Deutschland (95%-Prognoseintervalle in eckigen Klammern).

Todesursache (ICD-10)	Jahr				
	1998	2010	2015		
	beobachtet		Prognose unter Annahme		
			linearer Trend		konstante Rate
Mundhöhle und Rachen (C00-14)	3.827	3.816	3.812	[3.643; 3.981]	4.090
Speiseröhre (C15)	3.045	3.837	4.192	[4.028; 4.356]	4.159
Magen (C16)	7.015	5.777	5.059	[4.881; 5.238]	6.467
Darm (C18-21)	13.684	13.489	13.338	[12.970; 13.706]	15.097
Leber (C22)	3.252	4.856	5.567	[5.366; 5.768]	5.306
Gallenblase und Gallenwege (C23-24)	1.385	1.234	1.090	[1.006; 1.173]	1.372
Bauchspeicheldrüse (C25)	5.400	7.538	8.298	[8.085; 8.510]	8.281
Kehlkopf (C32)	1.408	1.261	1.228	[1.140; 1.316]	1.379
Lunge (C33, C34)	28.675	29.381	29.126	[28.294; 29.958]	32.195
Malignes Melanom der Haut (C43)	1.026	1.568	1.678	[1.581; 1.775]	1.710
Prostata (C61)	11.417	12.676	12.490	[12.009; 12.971]	14.745
Hoden (C62)	205	166	176	[146; 206]	167
Harnblase (C67)	3.697	3.631	3.529	[3.338; 3.720]	4.213
Niere und Harnwege (C64-66, C68)	3.800	4.974	5.367	[5.149; 5.584]	5.577
Nervensystem (C70-72)	2.771	3.087	3.262	[3.136; 3.387]	3.266
Schilddrüse (C73)	303	275	261	[224; 298]	300
Morbus Hodgkin (C81)	261	169	160	[131; 189]	183
Non-Hodgkin-Lymphome (C82-85)	2.465	3.082	3.268	[3.130; 3.406]	3.434
Plasmozytom (C90)	1.664	1.981	2.033	[1.922; 2.144]	2.199
Leukämien (C91-95)	3.512	3.942	4.198	[4.029; 4.366]	4.406
Krebs gesamt (C00-97) ohne nicht-melanotischen Hautkrebs (C44)	108.633	117.856	119.892	[118.632; 121.152]	130.910
Alle Todesursachen (A00-T98)	393.447	409.022	410.235	[401.871; 418.599]	466.349

Die Entwicklung der Mortalitätsraten an Krebs gesamt resultiert aus der Aggregation aller Trendverläufe der untersuchten Einzellokalisationen. **Abbildungen 2 und 3** zeigen die Verläufe der auf die alte Europabevölkerung altersstandardisierten Mortalitätsraten pro 100.000 der Bevölkerung bezüglich der bei Männern und Frauen häufigsten Krebslokalisationen in Deutschland bis 2015. Die höchsten prozentualen Abnahmen in den extrapolierten standardisierten Raten zwischen 2010 und 2015 verzeichnen bei beiden Geschlechtern die bösartigen Tumoren der Gallenblase und der Gallenwege sowie Magenkrebs. Trotz der insgesamt rückläufigen Mortalitätsraten bei Krebs gesamt

weisen einige Lokalisationen ansteigende Trends auf. Unter den in **Abbildung 2 und 3** dargestellten bösartigen Tumoren zeigen sich bei Krebs der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) leicht ansteigende Trends. Ebenso steigen bei beiden Geschlechtern die standardisierten Mortalitätsraten von Leberkrebs an. Darüber hinaus weist auch Hodenkrebs bei Männern einen ansteigenden Trend auf. Bei Frauen zeigen sich außerdem zunehmende Trends bei den mit dem Rauchen assoziierten Krebserkrankungen der Speiseröhre, des Kehlkopfs und der Lunge sowie geringfügig auch beim malignen Melanom der Haut.

Tabelle 2: Beobachtete (Quelle: Statistisches Bundesamt) und vom RKI/ZfKD prognostizierte Zahl der Sterbefälle an Krebs für wichtige Lokalisationen sowie für Krebs gesamt und alle Todesursachen bei Frauen in Deutschland (95 %-Prognoseintervalle in eckigen Klammern).

	Jahr				
Todesursache (ICD-10)	1998	2010	2015		
			Prognose unter Annahme		
	beobachtet		linearer Trend		konstante Rate
Mundhöhle und Rachen (C00-14)	1.138	1.204	1.208	[1.119; 1.296]	1.276
Speiseröhre (C15)	921	1.142	1.320	[1.239; 1.401]	1.209
Magen (C16)	6.806	4.400	3.612	[3.465; 3.759]	4.700
Darm (C18-21)	16.010	12.510	11.263	[10.997; 11.528]	13.366
Leber (C22)	2.011	2.534	2.792	[2.662; 2.921]	2.694
Gallenblase und Gallenwege (C23-24)	3.221	2.041	1.649	[1.551; 1.747]	2.179
Bauchspeicheldrüse (C25)	6.234	7.950	8.595	[8.363; 8.827]	8.462
Kehlkopf (C32)	187	188	212	[182; 242]	195
Lunge (C33, C34)	9.296	13.627	15.659	[15.288; 16.030]	14.409
Malignes Melanom der Haut (C43)	1.004	1.143	1.220	[1.145; 1.294]	1.193
Brust (C50)	17.692	17.466	17.069	[16.670; 17.469]	18.368
Gebärmutterhals (C53)	1.960	1.524	1.367	[1.280; 1.454]	1.578
Gebärmutterkörper (C54, C55)	2.885	2.433	2.187	[2.071; 2.302]	2.575
Eierstöcke (C56)	6.027	5.599	5.312	[5.125; 5.499]	5.900
Harnblase (C67)	2.092	1.885	1.801	[1695; 1907]	2.034
Niere und Harnwege (C64-66, C68)	2.602	3.034	3.185	[3.030; 3.341]	3.243
Nervensystem (C70-72)	2.596	2.561	2.715	[2.587; 2.843]	2.668
Schilddrüse (C73)	646	431	363	[317; 409]	456
Morbus Hodgkin (C81)	264	147	114	[89; 139]	156
Non-Hodgkin-Lymphome (C82-85)	2.715	2.923	2.876	[2.719; 3.033]	3.127
Plasmozytom (C90)	1.901	1.850	1.813	[1.710; 1.916]	1.968
Leukämien (C91-95)	3.468	3.304	3.336	[3.172; 3.499]	3.513
Krebs gesamt (C00-97) ohne nicht-melanotischen Hautkrebs (C44)	103.720	100.412	99.949	[98.968; 100.931]	106.476
Alle Todesursachen (A00-T98)	458.935	449.746	454.547	[440.251; 468.844]	486.112

Bezüglich der lokalisationsspezifischen Fallzahlen werden nach dieser ZfKD-Schätzung die extrapolierten Sterbefälle an Speiseröhrenkrebs bei Frauen bis 2015 am stärksten um fast 16 % steigen, gefolgt von Lungenkrebs mit rund 15 % und Kehlkopfkrebs mit fast 13 %. Bei Männern wird der Anstieg bei Leberkrebs um rund 15 % absolut am stärksten sein, gefolgt von Pankreaskrebs (10 %).

Die Prognosen unter der alternativen Annahme unveränderter altersspezifischer Mortalitätsraten ab

2010 (jeweils letzte Spalte in **Tabellen 1 und 2**) liegen ausnahmslos über den 2010 zuletzt beobachteten Sterbefallzahlen. Da hier ausschließlich die zu erwartenden Bevölkerungsstrukturveränderungen mit einem stärkeren Anteil Älterer eine Rolle spielen, fallen die zukünftigen Werte tendenziell jeweils umso höher aus, je größer das mediane Sterbealter der betreffenden Krebserkrankung ist. Besonders deutlich wird das vor allem bei Männern mit Prostatakrebs.

Abbildung 2: Entwicklung altersstandardisierter beobachteter und vom RKI/ZfKD geschätzter Mortalitätsraten (Europabevölkerung) bezüglich der bei Männern häufigsten Krebslokalisationen in Deutschland (incl. 95%-Prognoseintervalle).

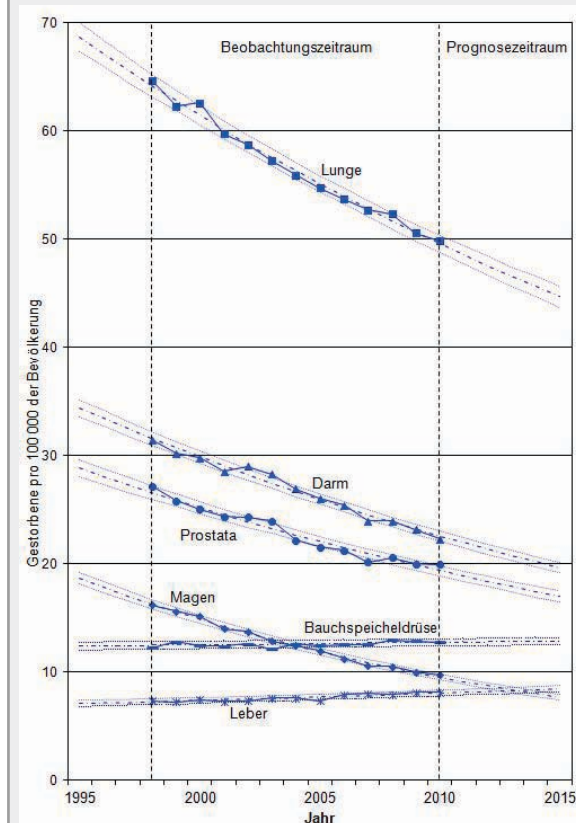
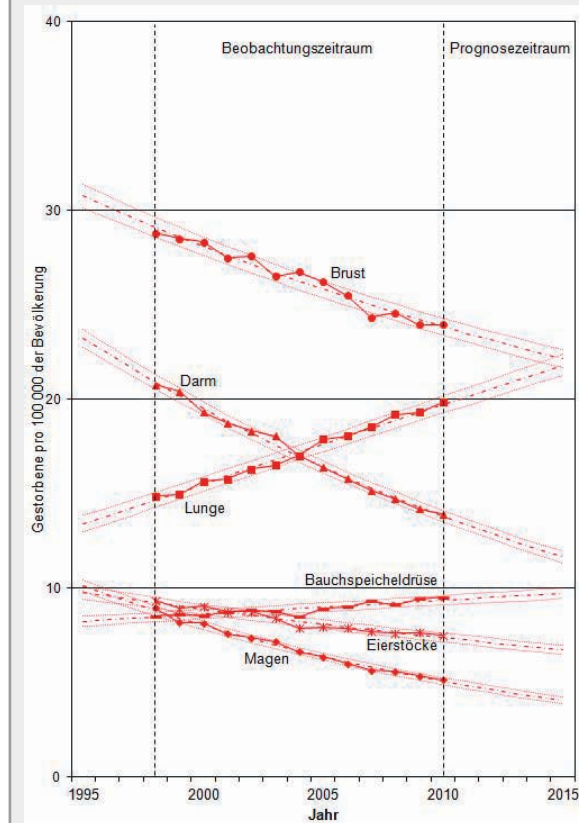


Abbildung 3: Entwicklung altersstandardisierter beobachteter und vom RKI/ZfKD geschätzter Mortalitätsraten (Europabevölkerung) bezüglich der bei Frauen häufigsten Krebslokalisationen in Deutschland (incl. 95%-Prognoseintervalle).



Diskussion

Nach den Ergebnissen dieser aktuellen Schätzung des ZfKD im RKI weist Lungenkrebs bei Frauen nach Speiseröhrenkrebs die höchsten prozentualen Anstiege sowohl in den Raten als auch den Fallzahlen auf und wird sich – wie die approximativen 95 %-Prognoseintervalle in **Abbildung 3** zeigen – schon 2015 nicht mehr signifikant von der Brustkrebsmortalität unterscheiden. Bei auch nach 2015 gleichbleibenden geschätzten Trendverläufen wird Lungenkrebs dann Brustkrebs als häufigste Krebstodesursache bei Frauen abgelöst haben. Hier zeichnet sich für Deutschland eine Entwicklung ab, die in anderen europäischen Staaten, wie Großbritannien, Dänemark, Polen und Ungarn sowie auch in den USA, längst eingetreten ist (Malvezzi et al. 2011; Siegel et al. 2011).

Die Mortalität an Bauchspeicheldrüsenkrebs wird nach den aktuellen Ergebnissen zukünftig weiterhin leicht ansteigen, bei Frauen etwas stärker als bei Männern. Die in den **Abbildungen 2 und 3** dar-

gestellten Trends der altersstandardisierten Raten resultieren aus der Aggregation der zugehörigen Trendschätzungen der insgesamt 18 altersspezifischen Raten, die teilweise unterschiedlich verlaufen. Beim Pankreaskarzinom sind die geschätzten Trends in den einzelnen 5-Jahres-Altersgruppen überwiegend konstant, bei Männern in den mittleren Altersklassen teilweise sogar leicht rückläufig. Erst in den höheren Altersgruppen steigen die altersspezifischen Trends bei beiden Geschlechtern an, was nach einer Aggregation dann letztlich auch bei den Männern zu den hier grafisch dargestellten zunehmenden Raten bis 2015 führt. Die geschätzte Entwicklung der Mortalitätsraten bei Bauchspeicheldrüsenkrebs in Deutschland ist vergleichbar mit aktuellen Prognosen bis 2012 für die Europäische Union (Malvezzi et al. 2012). Auch auf EU-Ebene zeigt sich, dass trotz des nur geringen Anstiegs der Mortalitätsraten an Pankreaskrebs dessen Bedeutung im gesamten Krebssterbengeschehen aufgrund der überwiegend rückläufigen Trends in den übrigen Krebstodesursachen deutlicher zunehmen wird (Malvezzi et al. 2011). **Abbildung 3** lässt erken-

nen, dass unter der Annahme unveränderter Trendverläufe über 2015 hinaus die Mortalitätsrate von Bauchspeicheldrüsenkrebs bei Frauen die Rate von Darmkrebs bis 2020 erreichen wird und sich in den darauffolgenden Jahren zur dritthäufigsten Krebstodesursache entwickeln könnte.

Die Mortalitätsraten an Brustkrebs bei Frauen sind europaweit seit Anfang der 1990er Jahre erfreulich rückläufig (Malvezzi et al. 2012). Die aktuell durchgeführte Schätzung des ZfKD zeigt auch für Deutschland einen entsprechenden Trend über den Beobachtungszeitraum bis 2010 und darüber hinaus. Im Rahmen der europäischen Krebsmortalitätsstudie schätzen Malvezzi et al. auch für Deutschland die Brustkrebsmortalität für das Jahr 2012 und erhalten einen auf die Weltbevölkerung altersstandardisierten Wert von 16,48. Dieser Studie zufolge hätte Deutschland damit die höchste Brustkrebsmortalität innerhalb der sechs separat untersuchten europäischen Länder (Frankreich, Deutschland, Italien, Polen, Spanien und Großbritannien). Der Prognosewert für Deutschland basiert dabei allerdings auf älteren bundesdeutschen beobachteten Mortalitätsdaten bis zum Jahr 2006. Schon der tatsächlich eingetretene standardisierte Wert von 16,35 für das Jahr 2010 liegt unter der Prognose der europäischen Studie. Gemäß dem rückläufig geschätzten Trend der aktuellen Untersuchung des ZfKD resultiert für Brustkrebs bei Frauen in Deutschland für das Jahr 2012 ein prognostizierter Wert von 15,79 (Weltbevölkerung). Mit diesem Ergebnis liegt Deutschland, verglichen mit den von Malvezzi et al. untersuchten europäischen Ländern, im Mittelfeld.

In der hier präsentierten aktuellen Schätzung des ZfKD fallen die Unterschiede zwischen den Prognosen auf der Basis der Trendextrapolationen bis 2015 und der alternativen Annahme zukünftig unveränderter Sterberisiken ab 2010 wesentlich geringer aus als in einer eigenen früheren Untersuchung (Haberland et al. 2006). Dies liegt im Wesentlichen in dem hier betrachteten deutlich kürzeren Prognosezeitraum von maximal fünf Jahren begründet, innerhalb dessen die vom Statistischen Bundesamt erwarteten demografischen Veränderungen gering ausfallen. Der Anteil der über 65-Jährigen wird demzufolge bei Männern bis 2015 gegenüber 2010 nur um etwas über 1 % steigen, bei Frauen liegt dieser Anstieg sogar noch darunter.

Die Einführung von Screening-Programmen verändert erfahrungsgemäß zumindest kurzfristig die

betreffende Inzidenz von Erkrankungen und in der Folge wünschenswerterweise auch die Mortalität. Derartig veränderte Rahmenbedingungen, insbesondere zum Ende eines Beobachtungszeitraums, erschweren selbst kurzfristige Prognosen. Dennoch können auch solche Voraussagen, von denen man von vornherein annehmen kann, dass sie nicht eintreffen, überaus informativ sein, zeigen sie doch, wie sich die Indikatoren zukünftig entwickeln würden, wenn solche Programme nicht stattgefunden hätten. Aus einem im Nachhinein vorgenommenen Vergleich der prognostizierten Werte mit den tatsächlich eingetretenen Werten lässt sich so unter Umständen der Einfluss der getroffenen Maßnahmen quantifizieren. Zumindest kann man bei starken Abweichungen der beobachteten von den ursprünglich prognostizierten Werten darauf schließen, dass Veränderungen in den Rahmenbedingungen stattgefunden haben müssen und Anlass geben, nach den Ursachen zu forschen. Prognosen sagen nur voraus, wie die Zukunft sein wird, falls sich die zugrundeliegenden Annahmen als richtig erweisen.

Fazit

Der Vergleich mit früheren Ergebnissen zeigt, wie stark Vorhersagen für die Zukunft mit Unsicherheiten verknüpft sind und weist auf die Notwendigkeit hin, solche Schätzungen fortlaufend durch aktuelle Daten zu verbessern. Es zeigt sich letztlich aber auch, dass das Krebssterberisiko keine unveränderbare Größe ist und unterstreicht einmal mehr die Notwendigkeit stetiger Bemühungen bezüglich Prävention, Früherkennung und Therapie, damit auch zukünftig die Krebsmortalität in Deutschland weiter sinkt.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Herrn Sc. D. Tadeusz Dyba vom finnischen Krebsregister in Helsinki für seine hilfreichen Anmerkungen.

Literatur

Bundeskrebsregisterdatengesetz (2009) In: Begleitgesetz zur zweiten Föderalismusreform vom 10. August 2009. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 53, ausgegeben zu Bonn am 17. August 2009, S 2707–2708.

Dyba T, Hakulinen T (2000): Comparison of different approaches to incidence prediction based on simple interpolation techniques. In: Statistics Med 19: 1741–52.

Ferlay J, Autier M, Boniol M et al. (2007): Estimates of the cancer incidence and mortality in Europe in 2006. In: *Annals of Oncology* 18: 581–592.

Ferlay J, Parkin DM, Steliarova-Foucher E (2010): Estimates of cancer incidence and mortality in Europe in 2008. In: *European Journal of Cancer* 46: 765–781.

Haberland J, Bertz J, Görsch B et al. (2006): Die zukünftige Entwicklung des Krebsgeschehens in Deutschland. In: *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 49: 459–467.

Haberland J, Bertz J, Wolf U et al. (2010): German Cancer Statistics 2004. In: *BMC Cancer* 10: 52. <http://www.biomedcentral.com/1471-2407/10/52> (Abrufdatum: 15.05.2012).

Hakulinen T, Dyba T (1994): Precision of incidence predictions based on poisson distributed observations. In: *Statistics Med* 13: 1513–1523.

Malvezzi M, Arfè A, Bertuccio P, Levi F et al. (2011): European cancer mortality predictions for the year 2011. In: *Annals of Oncology* 22: 947–956.

Malvezzi M, Bertuccio P, Levi F et al. (2012): European cancer mortality predictions for the year 2012. In: *Annals of Oncology* 2012.

Schön D, Haberland J, Bertz J et al. (2003): Weitere Entwicklung der Krebssterblichkeit in Deutschland bis zum Jahr 2010. In: *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 46: 68–69.

Siegel R, Ward E, Brawley O et al (2011): Cancer Statistics, 2011. In: *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 61/4: 212–236.

Statistisches Bundesamt (2009): Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden 2009. <http://www.gbe-bund.de> (Abrufdatum: 21.10.2011).

Wolf U, Barnes B, Bertz J et al. (2011): Das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) im Robert Koch-Institut (RKI) in Berlin. In: *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 54 : 1229–1234.

Kontakt

Dr. rer. oec. Jörg Haberland
Robert Koch-Institut
Abt. Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung
Zentrum für Krebsregisterdaten
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: haberlandj@rki.de

[RKI]

Ältere Menschen in der umweltepidemiologischen Gesundheitsforschung – Kenntnisstand und Defizite

Elderly in environmental epidemiology – knowledge and gaps

Torben Vahle

Abstract

In environmental epidemiological health research elderly get less attention than children or middle-aged adults although it can be assumed that older people are a risk group concerning environmental influences on health due to physiological changes and / or accumulation of pollutants over their life. The results show that concerning certain environmental factors, elderly may build a risk group. For example, they do have a generally higher sensitivity to airborne particles respectively air pollution and also higher lead levels in blood compared to younger people. The currently available results show that the issues environment, health and socio-economic status of elderly persons are rarely linked respectively are not linked at all. The overview presented here is part of the master's thesis of the author. The thesis was created under support of the Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA).

Zusammenfassung

In der umweltepidemiologischen Gesundheitsforschung finden ältere Menschen bisher weniger Beachtung als beispielsweise Kinder oder Erwachsene mittleren Alters. Dabei lässt sich vermuten, dass gerade ältere Menschen aufgrund von altersphysiologischen Veränderungen und/oder Schadstoff-Akkumulationen über die Lebensjahre hinweg hinsichtlich der Umwelteinflüsse auf ihre Gesundheit eine besondere Risikogruppe darstellen. So zeigt sich, dass ältere Menschen in Bezug auf bestimmte Umwelteinflüsse eine besonders vulnerable Gruppe bilden. Beispielhaft sind eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Feinstaub beziehungsweise Luftverschmutzung allgemein und höhere Bleiwerte im Blut von älteren im Vergleich zu jüngeren Menschen zu nennen. Die derzeit vorliegenden Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Themenbereiche Umwelt, Gesundheit und soziale Lage selten beziehungsweise oft auch gar nicht miteinander verknüpft betrachtet wurden. Der Artikel fasst Ergebnisse der Master-Arbeit des Autors zusammen, welche mit Unterstützung des Umweltbundesamtes (UBA) erstellt wurde.

Einleitung

Der demographische Wandel sorgt in Deutschland dafür, dass die Bevölkerung immer älter wird und sich der Altersaufbau der Gesellschaft verändert. Ursache hierfür sind eine allgemein steigende Lebenserwartung bei gleichzeitig sinkenden Geburtenraten. So wird etwa die Hälfte der Bevölkerung im Jahr 2025 älter als 47 Jahre sein, der Anteil der über 80-Jährigen an der Gesamtbevölkerung wird bis dahin auf über acht Prozent ansteigen. Dieser Wandel bedeutet für die Gesellschaft allgemein aber auch das Gesundheits- sowie soziale Sicherungssystem, dass Anpassungen und Änderungen der bisherigen Strukturen nötig werden (Große Star mann, Klug 2009). Daher ist es wichtig, Daten über die gesundheitliche Lage von älteren Menschen zu ermitteln sowie soziale Unterschiede zu

erkennen, um geeignete Maßnahmen zur Verbesserung planen und initiieren zu können.

Bisher finden ältere Menschen in Bezug auf umweltbezogene empirische Forschung jedoch wenig Beachtung. Oft stehen vor allem Kinder und Jugendliche im Fokus, wie sich am Beispiel des Kinderumweltsurveys (KUS) des Umweltbundesamtes (UBA) oder des Aktionsplans zur Verbesserung von Umwelt und Gesundheit der Kinder in der europäischen Region (CEHAPE) zeigt.

Wenn ältere Menschen im Kontext von Umwelt-Epidemiologie wie im Umweltsurvey von 1998 erfasst werden, so bilden sie oft nur einen kleinen Teil des Gesamtkollektivs und/oder werden nicht

in der gesamten Altersspanne erfasst, da vielfach Menschen über siebzig Jahren nicht mehr in Befragungen aufgenommen werden. Aufgrund einer steigenden Lebenserwartung der Allgemeinbevölkerung wird es aber zukünftig mehr ältere und hochaltrige Menschen in Deutschland geben. Bedingt durch eine grundsätzliche Abnahme von physiologischen Prozessen mit zunehmendem Alter lässt sich eine höhere Anfälligkeit von älteren Menschen gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen vermuten. Zudem ist der Mensch im Laufe seines Lebens positiven wie negativen Einflüssen aus seiner Umwelt ausgesetzt. Diese können direkt auf den Menschen wirken oder im Sinne einer Akkumulation ihre Wirkung kontinuierlich mit zunehmendem Alter steigern (Wurm 2010). Es gibt jedoch, resultierend aus der grundsätzlich dürftigen empirischen Datenlage, hierzu kaum verlässliche Aussagen zu einzelnen Einflüssen und deren Wirkung. Der folgende Artikel gibt eine Übersicht zum Kenntnisstand über umweltbedingte Gesundheitseinflüsse auf ältere Menschen und zeigt Defizite auf.

Analysierte Umwelteinflüsse auf ältere Menschen

Allergien

Allergien entstehen aufgrund einer oder mehrerer Umwelteinwirkungen (chemisch oder biologisch) und können körperliche Reaktionen in verschiedensten negativen Ausprägungen verursachen. Die Ergebnisse der LARES-Studie der WHO belegen, dass ältere Menschen im Vergleich zu Kindern oder Erwachsenen eine höhere Allergielast haben (**Abbildung 1**). Dies bezieht sich sowohl auf die Anzahl der Personen, die unter Allergien leiden,

als auch die Anzahl von Allergien pro betreffende Person (WHO 2007).

Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$)

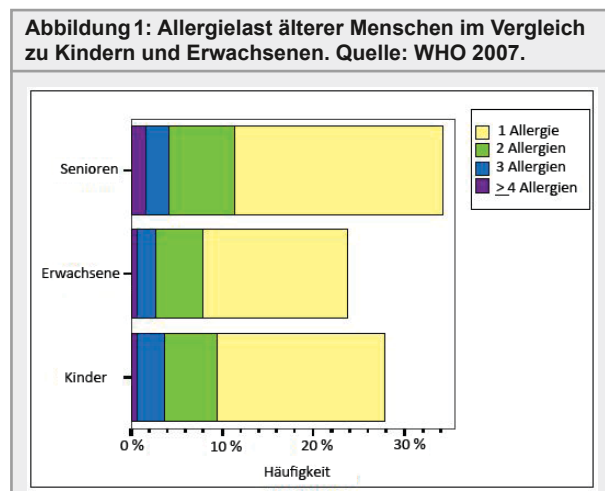
Bei älteren Menschen weisen die vorhandenen Forschungsergebnisse darauf hin, dass eine erhöhte Konzentration von PM_{10} und $PM_{2,5}$ ein vermehrtes Aufkommen von Entzündungsparametern im Körper verursacht und zu einem Anstieg des Blutdrucks führt (Höppe et al. 2005; Liu et al. 2009). Höhere $PM_{2,5}$ -Konzentrationen bewirken zudem eine Erhöhung der Herzfrequenz, ein Ansteigen von Endothelen (Peptidhormon zur Regulierung des Blutdrucks – ein Mehraufkommen verursacht Gefäßverengungen und führt damit zu Blutdrucksteigerung) und eine Abschwächung der Herzfrequenzvariabilität (Liu et al. 2009; Luttmann-Gibson et al. 2006). Eine längere Stickstoffdioxid-Konzentration (wie sie u.a. infolge von Verbrennungsprozessen vorkommt) soll besonders bei älteren Frauen zu einer Störung der Herzautomatie führen (Felber Dietrich et al. 2008).

Fachleute gehen davon aus, dass ältere Menschen besonders von einer Verringerung von Feinstaubemissionen profitieren würden und dadurch sogar ein Rückgang von Krankheitsleiden und Mortalität zu erwarten wäre (Cakmak et al. 2007; Bae 2009; Larrieu et al. 2007; Curtis et al. 2006).

Lärm

Lärm ist ein Umwelteinfluss, der unabhängig vom Alter eines Menschen negativ auf seine Gesundheit wirkt (Jarup et al. 2008). Neben einer Schädigung des Hörapparates zeigt die WHO anhand der Ergebnisse der LARES-Studie, dass Lärm, je nach Altersgruppe, verschiedene gesundheitliche Probleme verursacht (WHO 2007). So sind bei älteren Menschen nachfolgende Leiden dominant:

- der Schlaganfall und arthritische Symptome, verursacht durch störenden allgemeinen Verkehrslärm,
- der Schlaganfall, arthritische Symptome und Depressionen, verursacht durch störenden Nachbarschaftslärm,
- Asthma, arthritische Symptome und der Trend zur Depression durch Lärm, der die Nachtruhe unterbricht.



In Bezug auf Fluglärm wurde Folgendes festgestellt: Je höher die Lärmstufe ist, desto höher ist auch die beobachtete Verordnungsmenge von Medikamenten bei den betroffenen Menschen. Unter den Lärmbelasteten scheinen die älteren Personen besonders betroffen zu sein, da hier die Verordnungsmengen größer sind als bei jüngeren Personen – bei gleicher Intensität des Fluglärms (Greiser, Jahnsen, Greiser 2007).

Physikalisch-chemische Einflüsse

Mit zunehmendem Alter nimmt auch die Konzentration einiger (Schwer-)Metalle und verschiedener weiterer Stoffe oder Verbindungen im Körper zu (Becker et al. 2002; Langel 2009). Dies ist zum Beispiel darauf zurückzuführen, dass der Körper bestimmte aufgenommene Stoffe nicht oder nur teilweise verarbeiten kann beziehungsweise diese Stoffe einlagert statt ausscheidet. So können sich bestimmte Stoffe über die Jahre im Körper ansammeln.

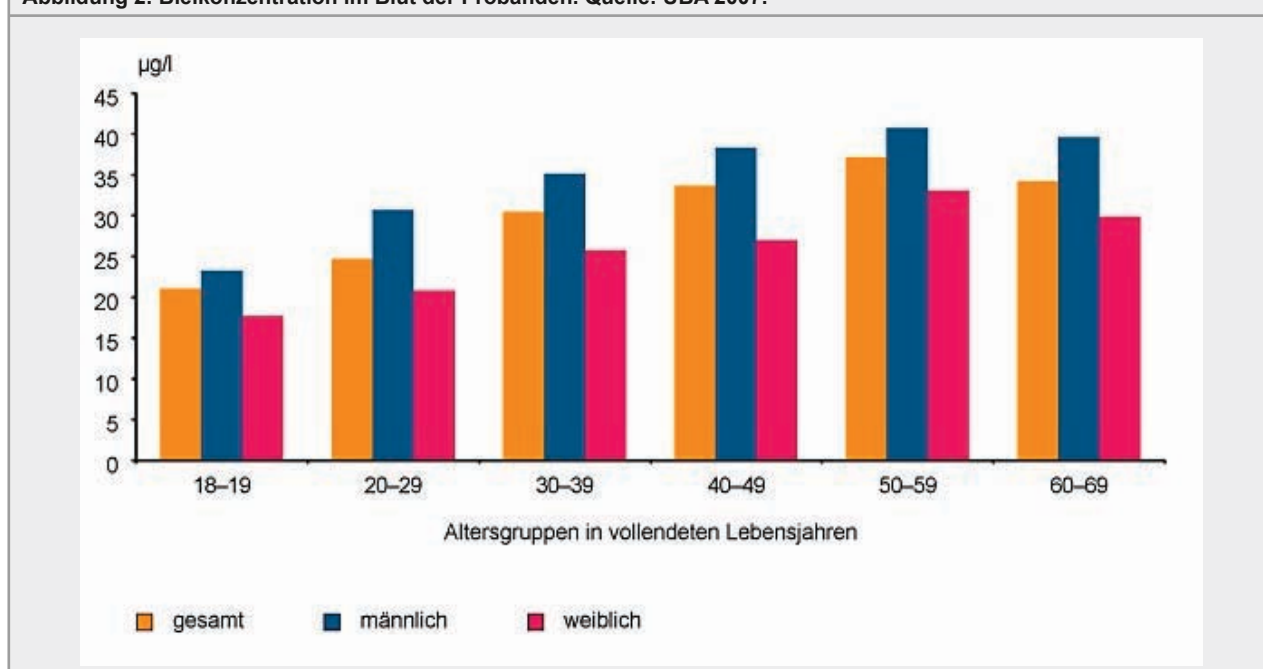
In den Untersuchungen des UBA im Rahmen des Umweltsurveys konnten ansteigende Bleikonzentrationen im Blut der Probanden bis zur Gruppe der 50- bis 59-Jährigen (**Abbildung 2**) gefunden werden (Umweltbundesamt 2007). Dieser Trend wurde auch im Rahmen eines Pilotprojektes der Umweltprobenbank des Bundes / Teilbank Humanproben bestätigt (Langel 2009). Der Anstieg von Cadmiumkonzentrationen im Körper von älteren

Menschen im Vergleich zu jüngeren kann als weiterer Beleg genannt werden. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass der Konsum von Tabakprodukten beziehungsweise eine mögliche Passivrauchbelastung einen Großteil der Cadmiumkonzentrationen im Körper eines Menschen erklären kann (ebd.). Die Belastung der Menschen in Deutschland mit Organchlorverbindungen und Chlorphenolen ist grundsätzlich als gering einzustufen. Jedoch gibt es in Bezug auf Organchlorverbindungen auch hier einen Alterszusammenhang beziehungsweise einen Anstieg dieser Stoffe mit zunehmendem Alter. Dies gilt dagegen nicht für Chlorphenole (ebd.).

Hitze

Ältere Menschen sind gegenüber Hitzewellen in Bezug auf Morbidität aber auch Mortalität gesundheitlich besonders anfällig. Zuletzt wurde dies durch die starke Hitzewelle im Jahr 2003 in weiten Teilen Europas und damit auch in Deutschland deutlich (Blättner et al. 2010; Jendritzky 2009; Heckenhahn 2009; Röcklöv, Forsberg 2010). Eine Erklärung hierfür ist, dass sich mit zunehmendem Alter die körperliche Konstitution insgesamt abschwächt. Im Falle von Hitzeperioden ist hierbei von Bedeutung, dass im Alter die Magerkörpermasse abnimmt, der Fettanteil des Körpers hingegen steigt. Dadurch steht einem älteren Menschen im Vergleich zu einem Erwachsenen mittleren Alters durchschnittlich 10 % weniger Gesamtkörperwassermasse zur Verfügung (Schnieders, Kolb 2004; Steffens, Fehrmann

Abbildung 2: Bleikonzentration im Blut der Probanden. Quelle: UBA 2007.



2004; von Wichert 2004). Weitere altersbedingte Veränderungen sind ein vermindertes Durstgefühl, nachlassende Wärmeregulationsfähigkeit sowie eine mangelnde Schweißproduktionsfähigkeit. Diese können zu einer mangelnden Körperkühlung im Bedarfsfall führen. Zudem nehmen ältere Menschen im Vergleich zu jüngeren vermehrt Medikamente ein (Greiser, Jahnsen, Greiser 2007). Dies kann in Kombination mit Hitzewellen einer Dehydrierung Vorschub leisten und lebensbedrohliche Ausmaße annehmen (von Wichert 2004; Schnieders, Kolb 2004; Steffens, Fehrmann 2004).

Vergiftungen und Verletzungen in der häuslichen Umwelt

Verletzungen und Vergiftungen betreffen besonders häufig ältere Menschen und geschehen hier vor allem im Haushalt und der haushaltsnahen Umgebung (Müller, Keil, Ellsäßer 2009). Dies begründet sich zu einem bedeutenden Teil auf Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates (bspw. Gelenkverschleiß, Rückenschmerz oder Osteoporose). Da Stürze eine große Gruppe des Unfallgeschehens von älteren Menschen ausmachen, ergibt sich unter Berücksichtigung der zuvor genannten Beeinträchtigungen ein erhöhtes Verletzungspotential (Saß, Wurm, Ziese 2009).

Darüber hinaus kommt es bei älteren Menschen im Haushalt aufgrund von Verwechslungen zu gefährlichen Vergiftungen. Als Beispiele können Reinigungsmittel, Duschgel oder Desinfektionsmittel genannt werden, die versehentlich – überwiegend oral – aufgenommen werden und so in den Magen-Darm-Trakt oder den Atmungsapparat gelangen können (Michalak 2002). Potentielle Gründe sind:

- abnehmender Geruchs- und Geschmackssinn,
- nachlassende Reflexfähigkeit (verzögertes Abbrechen einer Handlung),
- Sehschwäche,
- Verwirrtheit.

Mit zunehmendem Alter ist außerdem die Schleimhaut von Speiseröhre, Magen und Darm nicht mehr so widerstandsfähig wie bei jüngeren Menschen. Dies führt dazu, dass bereits geringe Mengen der zuvor genannten Mittel gesundheitlich relevante Folgen haben können (Michalak 2002; GBE-bund. de 2010).

Ausblick

Die Zusammenstellung zeigt, dass umweltbedingte Gesundheitsfaktoren die Gesundheit älterer Menschen auf zwei unterschiedlichen Wegen beeinflussen können: Auf der einen Seite gibt es Einflüsse, die zeitlebens auf den Menschen wirken. So kann sich beispielsweise ein Stoff über Jahre im Körper ansammeln. Auf der anderen Seite kann ein und dieselbe Belastung im Alter stärker wirken, da sich der menschliche Körper aufgrund altersphysiologischer Veränderungen in einer schwächeren Konstitution befindet.

Sozio-demographische Aspekte, wie Bildung, Einkommen, Geschlecht, Herkunft, Differenzierung in verschiedene Altersklassen jenseits des 70. Lebensjahres finden in den ausgewerteten Studien und Beiträgen kaum Beachtung. Fast ausschließlich wird der Ist-Zustand erhoben, eine Lebenslaufperspektive findet keine Berücksichtigung. Auch eine Verknüpfung der Themenfelder ältere Menschen und Umweltgerechtigkeit ist nur rudimentär vorhanden.

In Anbetracht des demographischen Wandels ist es notwendig, Wissensdefizite hinsichtlich umweltbedingter Gesundheitsrisiken für ältere Menschen durch intensivere Forschung abzubauen. Außerdem sollten vorhandene und neue Erkenntnisse mit Sozial-Daten verknüpft werden, um geeignete und vor allem zielgruppenspezifische Präventions- und Gesundheitsförderungsmaßnahmen zu planen und durchführen zu können.

Literatur

Ausführliche Literaturhinweise gibt der Autor in seiner Masterarbeit „Umweltbedingte Gesundheit älterer Menschen“. Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Bielefeld 2012. Die Literaturliste kann beim Autor angefordert werden.

Bae HJ, Park J (2009): Health Benefits of improving air quality in the rapidly aging Korean society. *Science of the total Environment*. 407: 5971–77.

Blättner B et al. (2010): Wohngebiete mit hitzeabhängigen Gesundheitsrisiken ermitteln. Soziodemographische und klimatische Kartierung als Planungsinstrument gezielter Prävention. *Bundesgesundheitsblatt*. 53: 75–81.

Becker K et al. (2002): *Umweltsurvey 1998. Band III. Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland*. Umweltbundesamt (Hrsg). Berlin.

- Cakmak S, Dales RE, Blanco Vidal C (2007): Air Pollution and Mortality in Chile: Susceptibility among the elderly. *Environmental Health Perspectives*. 115 (4): 524–7.
- Curtis L et al. (2006): Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*. 32: 815–30.
- Felber Dietrich D et al. (2008): Differences in Heart Rate Variability Associated with Long-Term Exposure to NO₂. *Environmental Health Perspectives*. 116 (10): 1357–61.
- GBE-Bund.de (2010): Indikator 3.24: Krankenhausfälle. www.gbe-bund.de (Abrufdatum: 06.10.2010).
- Greiser E, Jahnsen K, Greiser C (2007): Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes. FuE Vorhaben. Förderkennzeichen 201 51 100. Publikation des Umweltbundesamtes.
- Große Starmann C, Klug P (2009): Blick in die Zukunft. Deutschland verändert sich. In: Bertelsmann Stiftung (Hrsg): Wer, wo, wie viele? – Bevölkerung in Deutschland 2025. Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung: 5–13.
- Heckenhahn M (2009): Hitzebedingte Gesundheitsschäden im höheren Lebensalter – Prävention in der Kommune. *Hessisches Ärzteblatt*. 7: 480–3.
- Höppe P, Guth W, Schierl R, Nowak D (2005): Cor-PuScula – Longitudinale Kohortenstudie zur Erfassung akuter pulmonaler, kardinaler und hämatologischer Wirkungen von Feinstaub unter realen Umweltbedingungen. Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Hrsg). Erlangen.
- Jarup L et al. (2008): Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study. *Environmental Health Perspectives*. 116 (3): 329–33.
- Jendritzky G (2009): Der Klimawandel und gesundheitliche Auswirkungen. *Geographische Rundschau*. 9: 36–42.
- Langel D (2009): Umweltbezogene chemische Belastungsfaktoren und deren gesundheitliche Bedeutung im Seniorenalter. Dissertation zur Erlangung des Grades Doctor of Public Health (Dr. P.H.) der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld. <http://pub.uni-bielefeld.de/publication/2301991> (Abrufdatum: 11.09.2012).
- Larrieu S et al. (2007): Short term effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular diseases in eight French cities: The PSAS program. *Science of the Total Environment*. 387: 105–12.
- Liu L et al. (2009): Effects of Indoor, Outdoor, and Personal Exposure to Particular Air Pollution on Cardiovascular Physiology and Systemic Mediators in Seniors. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 51: 1088–98.
- Luttmann-Gibson H et al. (2006): Short-Term Effect of Air Pollution on Heart Rate Variability in Senior Adults in Steubenville, Ohio. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 48: 780–8.
- Michalak H (2002): Ältere Menschen – Risikogruppe bei Vergiftungen. *Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID)*. 2: 29–30.
- Mnich E, Grosse Frie K, Knesebeck von dem O (2008): Alte, Armut und Gesundheit – individuelle und gesellschaftliche Perspektiven. In: Richter A, Bunzendahl I, Altgeld T: Dünne Rente – Dicke Probleme. Frankfurt am Main: Mabuse Verlag: 15–36.
- Müller R, Keil A, Ellsäßer G (2009): Lebensqualität im Alter. Ministerium für Arbeit, Soziales, Frauen und Familie (Land Brandenburg) & Landesgesundheitsamt Brandenburg (Hrsg). In Puncto. 2.
- Röcklov J, Forsberg B (2010): The Effect of High Ambient Temperature on the elderly Population in Three Regions of Sweden. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 7: 2607–19.
- Saß AC, Wurm S, Ziese T (2009a): Somatische und psychische Gesundheit. In: Böhm K, Tesch-Römer C, Ziese T (Hrsg): Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gesundheit und Krankheit im Alter: 31–61.
- Schnieders M, Kolb G (2004): Exsikkose im Alter. In: *Medizinische Klinik*. 99 (8): 452–60.
- Steffens I, Fehrmann S (2004): Bericht zu einer Stellungnahme der Kommission „Hitzetote“ der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlich medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). In: Robert Koch-Institut (Hrsg): *Epidemiologisches Bulletin*. 24/2004.
- Ulrich R (2006): Demographische Methoden in den Gesundheitswissenschaften. In: Hurrelmann K, Laaser U, Razum O (Hrsg): *Handbuch Gesundheitswissenschaften*. Weinheim: Juventa: 301–18.
- Umweltbundesamt (2007): Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität. Inkorporation Schadstoffe. Blei im Blut. www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umwelt-daten/public/theme.do?nodeId=2887 (Abufdatum 28.09.2010).
- Vahle T (2012): Umweltbedingte Gesundheit älterer Menschen. Masterarbeit. Bielefeld: Universität Bielefeld. Fakultät für Gesundheitswissenschaften.
- Wichert von P (2004): Gefährdung durch atmosphärische Hitzewellen. Mitteilungen aus der AWMF. www.egms.de/static/pdf/journals/awmf/2004-1/awmf000035.pdf (Abrufdatum 20.04.2010).
- WHO (2007): Large Analysis and review of European housing and health status (LARES). Preliminary Overview. www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/107476/lares_result.pdf. (Abrufdatum 21.04.2010).
- Wurm S, Miest M, Tesch-Römer C (2010): Theorien zu Alter(n) und Gesundheit. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. 53: 498–503.

Kontakt

Torben Vahle
Universität Bielefeld
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
E-Mail: [torben.vahle\[at\]uni-bielefeld.de](mailto:torben.vahle[at]uni-bielefeld.de)
www.uni-bielefeld.de/gesundhw

[UBA]

Wichtige Ergebnisse der Fachtagung „Biogene Schadstoffe und Gesundheit“ 2012

Summary of the Symposium on biogenic contaminants 2012

Christiane Baschien, Regine Szewzyk, Heinz-Jörn Moriske

Abstract

The symposium on biogenic contaminants was held from June 18 to 20 2012 at the Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA). The medical section focused on the impact of mycotoxins and endotoxins on human health. The correlation between mycotoxin effects on cell cultures and health problems of inhabitants of moldy homes was shown. The damage of articular cartilage was mediated by low concentrations of endotoxins in vitro. Air from *Stachybotrys chartarum* growing on cardboard increased the interleukin 8 production in A549 cells. In the methods section the importance of standardization of total cell counts, dust analyses, MVOC measurements, and immunoassays was discussed. In the remediation section clearance of waste water damages, disinfection of mold, and fungal species indicating different moisture sources were presented. The parallel held fourth meeting of the mold-advice-networks in Germany revealed that local support for people with mold problems has to be set up, in particular for the socially disadvantaged.

Zusammenfassung

Im Juni 2012 fand am Umweltbundesamt (UBA) die Fachtagung für biogene Schadstoffe statt. Die Sektion „Medizin und Hygiene“ war auf Auswirkungen von Mykotoxinen und Endotoxinen auf die menschliche Gesundheit fokussiert. Die Korrelation zwischen zytotoxischen Wirkungen und gesundheitlichen Problemen der Bewohner von Schimmelwohnungen wurde gezeigt. Durch niedrige Konzentrationen von Endotoxinen wurden Gelenkknorpelzellen in vitro stark geschädigt. Luft von mit *Stachybotrys chartarum* bewachsenen Gipskartonplatten erhöhte die Interleukin 8-Produktion in A549-Zellen. In der Sektion „Analyseverfahren“ wurde die Bedeutung der Standardisierung von Gesamtzellzahlanalyse, Staubanalysen, MVOC-Messungen und Immunoassays diskutiert. In der Sektion „Schadensfeststellung“ wurde von der Sanierung von Abwasserschäden, einem Versuch zur Desinfektion von Schimmel und der Korrelation bestimmter Pilzspezies mit unterschiedlichen Feuchtigkeitsquellen berichtet. Das parallel stattfindende Treffen der Netzwerke Schimmelpilzberatung in Deutschland ergab, dass die lokale Unterstützung für Menschen mit Schimmelproblemen insbesondere für einkommensschwache Haushalte verbessert werden muss.

Einleitung

Vom 18. bis 20. Juni 2012 veranstalteten die beiden Fachverbände Berufsverband Deutscher Baubiologen (VDB) und Bundesverband Schimmelpilzsanierung (BSS) die erste gemeinsame Fachtagung für biogene Schadstoffe. Sie wurde in Kooperation mit dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg ausgerichtet und diente dem Austausch zwischen Fachleuten verschiedenster Disziplinen. Die mit etwa 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmern gut besuchte dreitägige Veranstaltung war in die Sektionen (I) *Medizin und Hygiene*, (II) *Neue Analyseverfahren und Methoden* und (III) *Schadensfeststellung und Sanierungskontrolle* unterteilt.

Sektion „Medizin und Hygiene“

In der Sektion „Medizin und Hygiene“ lag der Schwerpunkt auf den toxischen Wirkungen bei Schimmelbefall in Wohnungen. Schimmelpilze können Mykotoxine und Bakterien können Endotoxine bilden und in die Raumluft abgeben. Mykotoxine sind Produkte des Stoffwechsels von Schimmelpilzen. Endotoxine sind Bestandteile der Zellwand Gram-negativer Bakterien. Im Gegensatz zu Infektionen und Allergien sind die reizenden und toxischen Wirkungen von Schimmelpilzen bisher nur wenig untersucht worden. Die Konzentrationen an Mykotoxinen in der Innenraumluft sind zu niedrig, um akute Vergiftungserscheinungen auszulösen. Es wird allerdings vermutet, dass auch geringe Toxinkonzen-

trationen, wie sie im Innenraum bei Schimmelbefall nachgewiesen wurden, unspezifische Symptome wie unter anderem neurologische, endokrine und entzündliche Störungen verursachen können.

Nach einem Einführungsvortrag von Herr Dr. Fischer (LGA Baden-Württemberg) über die Möglichkeiten und Grenzen von Zelltests fasste Herr Prof. Dr. Marth (Uni Graz) die Aussagekraft medizinischer Analysen hinsichtlich biogener Schadstoffe zusammen. Er betonte, dass eine klinische Diagnose nicht auf dem Ergebnis eines einzelnen Testverfahrens beruhen darf und nicht alle überschießenden Reaktionen des Immunsystems allergischen Reaktionen entsprechen. Für Allergene empfahl er parallel den Skin-Prick-Test und Immuno-CAP-Test/RAST zu verwenden, da der Skin-Prick-Test eine hohe Sensitivität und geringe Spezifität besitzt (d.h. negative Ergebnisse sind verlässlich), während es sich beim Immuno-CAP-Test umgekehrt verhält. Die Anwendung des LTT-Tests wird von ihm nicht empfohlen, da dieser trotz mehrjähriger Versuche nicht standardisiert werden konnte.

In drei Vorträgen wurden Studien zu biologischen Wirkungen bei Schimmelpilzwachstum im Innenraum vorgestellt. Der Umweltmediziner Dr. Johanning (Albany, NY, USA) berichtete von Untersuchungen an Patienten (n=115) mit neurologisch-kognitiven, endokrinen und immunologischen Störungen, die in feuchten und/oder verschimmelten Wohnungen leben. In der Innenraumluft wurden sowohl die Toxinkonzentrationen als auch die cytotoxischen Wirkungen der Toxine in Zellkulturtests über MTT und ELISA-Tests für Roridin A (ein makrozyklisches Trichothecen) gemessen. Es zeigte sich, dass in zwei Dritteln der Fälle cytotoxische Wirkungen festgestellt wurden, das heißt, es befanden sich in den Wohnungen der betroffenen Patienten biologisch wirksame Mykotoxin-Komponenten.

Das Messen der biologischen Aktivität von biogenen Innenraumtoxinen war auch Thema im Beitrag von Herrn Prof. Shakibaei (LMU, München) und Dr. Lorenz (Institut Dr. Lorenz, Düsseldorf): Sie berichteten, dass Endotoxine aus *E. coli* und aus bakteriell besiedelten Materialproben in geringen Konzentrationen in Laborversuchen Knorpelzellen schädigen. Solche Knorpelschädigungen als Symptom rheumatoider Arthritis kommen auch bei

Personen vor, die in schimmeligen und feuchten Wohnungen leben.

Frau Dr. Baschien (UBA, Berlin) stellte eine Studie zur Wirkung von luftgetragenen biogenen Schadstoffen auf Lungenzellen vor. In Mesokosmen wurde *Stachybotrys chartarum* auf Gipskartonplatten kultiviert und die Luft über einen Filter, der die Zellen zurückhält, gesammelt. Die gewonnene Luft aus den Mesokosmen wurde mittels Air-Liquid-System (Cultex®, Vitrocell) über Lungenzellen geleitet. Die MVOCs aus mit *Stachybotrys chartarum* verschimmelten Gipskartonplatten, aber auch die Luft aus den Mesokosmen mit feuchtem aber sterilem Gipskarton erhöhten die Interleukin 8-Produktion der Zelllinie A549.

Herr Dr. Seidl (TU München) referierte über die aktuellen Veränderungen in der mykologischen Taxonomie. Die Verknüpfung klassischer und moderner Methoden hat die Taxonomie um molekulare (z.B. DNA-Sequenz) und physiologische Merkmale (z.B. Sekundärmetabolite) erweitert. Die Taxonomie und auch die Nomenklatur der Pilze haben dadurch in jüngster Zeit viele Änderungen und Neuerungen erfahren. Herr Dr. Seidl forderte von taxonomischer Seite einen nachvollziehbaren Umgang mit nomenklatorischen Änderungen vor allem bei klinisch- und innenraumrelevanten Schimmelpilzarten und Dermatophyten.

Herr Dr. Sikorski (DSMZ, Braunschweig) gab einen sehr anschaulichen Überblick über die PCR-basierten qualitativen und quantitativen Methoden zum Nachweis von Schimmelpilzen. Er wies darauf hin, dass die meisten kommerziellen Anbieter von PCR-Methoden zur Schimmelpilzanalyse nur unzureichende Informationen über die Genwahl, Spezifität, Effizienz und Nachweisgrenze der angebotenen PCR-Methode offenlegen.

Sektion „Neue Analyseverfahren und Methoden“

In dieser Sektion wurden die Durchführung, die Aussagekraft und die Grenzen unterschiedlicher Nachweis- und Messverfahren vorgestellt. Einheitliche Verfahren sind eine wichtige Voraussetzung für verlässliche Messergebnisse und Grundlage für jede Bewertung. Besonders herausgestellt wurde von allen Vortragenden die Notwendigkeit der oftmals noch fehlenden Standardisierung der Me-

thoden. Im Detail vorgestellt wurden folgende Verfahren:

- **Gesamtzellzahlanalyse** (Frau Müller, Labor Urbanus, Düsseldorf) mittels Filtration (Camnea-Methode) und Ableitung des Schimmelschadensalters aus der Korrelation von KBE und Gesamtzellzahl. Hintergrund dieses Verfahrens ist die Annahme, dass ältere Schimmelpilzschäden aufgrund von Abtrocknung mehr Partikel emittieren als jüngere. Das toxische und allergene Potential von Schimmelpilzen geht von lebenden und toten Sporen und Myzelstücken sowie von Partikeln, an denen Mykotoxine anhaften, aus. Frau Müller empfiehlt daher die parallele Messung von KBE und Gesamtzellzahl.
- **Analyse von Hausstaub** (Dr. Gabrio, Stuttgart). Die Probenahme und die Probenbearbeitung zur Untersuchung von Hausstaubproben auf Schimmelpilze ließen sich in Versuchen des LGA Stuttgart und in Ringversuchen nicht standardisieren. Besonders die Gewinnung einer homogenen Probe erwies sich als sehr schwierig. Untersuchungsergebnisse wiesen immer eine sehr hohe Streuung auf, wie die Auswertung der Ringversuche „Reale Probe Hausstaub“ (LGA, Stuttgart) zeigte. Wegen der Schwierigkeiten bei der Standardisierung wurde die VDI-Richtlinie 4300, Blatt 8 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Probenahme von Hausstaub“ zurückgezogen und die Analyse von Hausstaub zur Abschätzung der Schimmelpilzbelastung als nicht empfehlenswert eingestuft.
- **MVOC-Messungen** (Dr. Lorenz). Herr Dr. Lorenz wies darauf hin, dass MVOC-Messungen und Luftkeimmessungen zur Bewertung der Gesundheitsgefährdung nicht geeignet sind, aber bei sachgerechter Interpretation eine Indikatorfunktion für versteckte Schimmelpilzquellen haben. Aus seiner Erfahrung mit über 2.000 Praxisfällen zeigte sich mit ganz wenigen Ausnahmen bei erhöhten MVOC-Werten bei der Bauteilöffnung Schimmelbefall. In Neubauten ist die Aussagekraft von MVOC-Messungen allerdings sehr eingeschränkt und wird während der ersten zwei bis drei Jahre nicht empfohlen.
- **Immunoassays für Mykotoxintests** (Prof. Märtlbauer, LMU, Oberschleißheim). Professor Märtlbauer wies darauf hin, dass die meisten Tests nur eine qualitative Aussagekraft besitzen.

Angemahnt wurde auch, dass die immunologischen Diagnosen immer auf den Ergebnissen mehrerer unterschiedlicher Tests beruhen sollten.

- **Schimmelpilzspürhund** (Frau Dr. Herrnstadt, Umwelt- und Innenraumanalytik, Kassel und Frau Krauß, GREH Hundeschule, Berlin). Schimmelpilzspürhunde werden erfolgreich zum Aufspüren verdeckter Schimmelpilzschäden eingesetzt. Dies wurde eindrucksvoll von Frau Krauß und ihren Hunden im Hörsaal demonstriert. Die Spürhunde und die Hundeführerin müssen dabei ein gut ausgebildetes Team bilden und mit dem vor Ort beauftragten Sachverständigen zusammenarbeiten. Die Richtlinie des BSS zur Qualitätssicherung für den erfolgreichen Einsatz von Schimmelpilzspürhunden liegt als Gründruck vor (<http://bss-schimmelpilz.de/downloads/pruefung-von-schimmelpilzspuerhunden/>, Abrufdatum: 06.09.2012).
- **Bestimmung der Holzfeuchte** (Dr. Scheiding, IHD, Dresden). Zur Einschätzung des Befallrisikos von Hölzern durch holzerstörende oder holzverfärbende Pilze ist die Holzfeuchte, gemessen an mehreren Messstellen (Oberflächen- oder Tiefenmessung) eine wichtige Größe. Holzfeuchten von mehr als 15 Prozent an Oberflächen begünstigen den Befall durch Schimmelpilze. Bei Feuchten von mehr als 20 Prozent erhöht sich das Befallsrisiko durch holzerstörende Pilze.

Außerdem wurden zwei Probleme der Schimmelpilzsanierung angesprochen: Herr Betz (Sachverständigenbüro für Gebäude- und Innenraumanalytik, Hellertshausen) gab einen Überblick über Trocknungsmaßnahmen und wies insbesondere darauf hin, dass bei Trocknung unterschiedlicher Bauteile unbedingt auf Verfahren zu achten ist, welche die Freisetzung von Partikeln verhindern. Ein weiteres Problem ist die Bewertung von Feuchteschäden bei Fußböden. Hierzu stellte Herr Dr. Moriske (UBA, Berlin) die neue Bewertungshilfe vor. Von Feuchteschäden betroffene Fußbodenkonstruktionen stellen Raumnutzende und Sachverständige vor die schwierige Aufgabe der Bewertung und Beurteilung eines kompletten Austauschs oder Verbleibs der Bodenmaterialien. Die neue Bewertungshilfe ist in zwei Bewertungsstufen gegliedert: In der Bewertungsstufe 1 werden Szenarien vorgestellt, bei denen je nach Trocknungsmöglichkeit, technischen Gründen, wie zum Beispiel der

Funktionalität eines Fußbodenaufbaus, der Wahrscheinlichkeit mikrobiellen Wachstums oder der Geruchsbildung schnell entschieden werden kann, ob ein Ausbau erforderlich ist oder nicht. Bewertungsstufe 2 wird zu Hilfe genommen, wenn sich in der Bewertungsstufe 1 die Notwendigkeit einer detaillierten mikrobiologischen Analyse ergeben hat. In der Bewertungsstufe 2 werden die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen in Verbindung mit anderen wichtigen Kriterien anhand eines Punkteschemas beurteilt.

Herr Dr. Trautmann (Umweltmykologie, Berlin) beschrieb die Schritte der notwendigen Standardisierung von Methoden für die Bewertung von mikrobiologischem Befall von Materialien und Oberflächen. Häufig ist schon die von den Fachfirmen angewandte Probenahme-strategie unterschiedlich und eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen – besonders im Streitfall zwischen zwei Parteien – nicht gegeben. Bei Materialuntersuchungen sind vor allem die Hintergrundkonzentration und die abgeleiteten Bewertungskategorien abzustimmen. Methodische Vereinheitlichung ist im Bereich der Ablösung der Mikroorganismen von Materialproben, Ausplattierung der Material-suspensionen und Anwendung von Bezugsgrößen für die ermittelte Mikroorganismen-Konzentration wünschenswert. Mit der DIN ISO 16000-20 „Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenzahl“ und DIN ISO 16000-21 „Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme von Materialien“ sind zwei Richtlinien zur Standardisierung geplant. Herr Dr. Trautmann wies auf die Wichtigkeit von Ringversuchen hin, um Parameter für Standardisierungen einschätzen zu können.

Sektion „Schadensfeststellung und Sanierungskontrolle“

Frau Bonner (Karlsruhe) stellte die VDI-Richtlinie 6202 „Sanierung schadstoffbelasteter Gebäude und Anlagen“ vor. Herr Weiß (IHD, Dresden) gab einen anschaulichen Überblick zum Einfluss der Holzstruktur auf die Anfälligkeit gegenüber Schimmelpilzen.

Herr Dr. Lorenz präsentierte ein Konzept zur Feuchtigkeits-Freimessung zur Kontrolle von Trocknungsmaßnahmen. Er schlug einen Zielwert von 9 bis 10 Gramm Wasser je Kilogramm Luft im Dämm-Material vor (wenn Temperatur nicht un-

ter 17°C). Dabei dürfen Messungen frühestens 24 Stunden nach Abschalten der Geräte erfolgen. Herr Münzenberg (anbus analytik, Fürth) wies darauf hin, dass Temperaturmessungen zur Ursachensuche nur als Langzeitmessungen sinnvoll sind.

Prof. Kramer (Uni Greifswald) berichtete über ein Praxisbeispiel zur erfolgreichen Desinfektion der Raumluft mit Wasserstoffperoxid (H₂O₂) im Krankenhausbereich nach einem Wasserschaden und Kontamination mit Schimmelpilzen. Messungen zeigten aber, dass Schimmelpilze im Fugenputz nicht nachhaltig durch die Desinfektionsmaßnahme reduziert werden konnten. Frau Krocze (anbus analytik, Fürth) berichtete von einer missglückten Desinfektion einer Estrichdämmung mit einem Desinfektionsmittel auf Basis von H₂O₂ und Fruchtsäuren. Bei der Sanierungskontrolle wurden teilweise noch hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen und Bakterien nachgewiesen.

Dr. Klus (BMA-Labor, Bochum) präsentierte die Ergebnisse einer Untersuchung zur Korrelation von Feuchteursache und auftretenden Schimmelpilzarten. So traten *Cladosporium*-Arten vor allem bei Kondensatschäden und *Chaetomium*-Arten sowie *Stachybotrys chartarum* und *Scopulariopsis*-Arten vor allem bei Durchfeuchtungsschäden auf.

Weitere Beiträge beschäftigten sich mit der Rechtslage im Zusammenhang mit Fallstricken bei der Planung und Ausführung sowie bei der Beauftragung von Sanierungsarbeiten (von Lehoczy-Semmelweis, Meiningen) beziehungsweise den Möglichkeiten einer außergerichtlichen Einigung im Streitfall (Prof. Meiendresch, Aachen). Bei der Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzschäden in Wohnräumen kommt es in Deutschland häufig zu Gerichtsverfahren. Da Prozesse viel Geld und Zeit kosten, ist es häufig sinnvoll, zunächst eine außergerichtliche Einigung zu versuchen. Hierfür bieten sich Mediation, Schiedsgutachten, Adjudikation oder Schlichtung zur Konfliktbewältigung an.

Treffen der Netzwerke Schimmelpilzberatung

Parallel zur Konferenz fand das vierte Treffen der Netzwerke Schimmelpilzberatung statt. Diese Netzwerke haben sich in einigen Städten und Regionen Deutschlands gebildet, um Betroffenen bei Schimmelproblemen im Innenraum beratend zu

helfen. In ihnen sind Verbraucherzentralen, Gesundheitsämter, Medizinerinnen und Mediziner, Sachverständige, Mieter- und Vermietervereinigungen und teilweise auch Versicherungen vertreten. Einige Netzwerke sind auch in der Lage, meist kostenlose Hilfe durch Beratung und Begehung vor Ort zu leisten. Bei dem Treffen wurde allerdings überdeutlich, dass Merkblätter und Richtlinien sowie die alleinige telefonische Beratung bei vielen von Schimmelpilzproblemen Betroffenen nicht zu einer Lösung führen. Vielmehr ist es dringend notwendig, in ganz Deutschland Hilfsangebote für Privatpersonen mit Schimmelpilzbefall in der Wohnung aufzubauen. Hierbei ist die Unterstützung und Beratung einkommensschwacher Haushalte eine vordringliche Aufgabe.

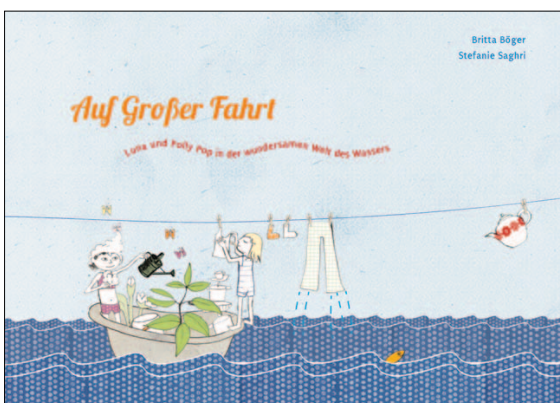
Weiterführende Informationen

Die Abstraktbände zur Tagung sind zu beziehen bei: <http://www.baubiologie.net/literatur-und-presse/tagungsbaende-pilztagungen-des-vdb/> (Abrufdatum: 22.08.2012).

Kontakt

Dr. Christiane Baschien
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.4 „Mikrobiologische Risiken“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [Christiane.Baschien\[at\]uba.de](mailto:Christiane.Baschien[at]uba.de)

[UBA]



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